ROČNÍK VIII | ROK 2014 | ČÍSLO 1
ISSN 1802-212X | vydáno: prosinec 2014

UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM
Fakulta životního prostředí

# studia. OECOLOGICA

## METODY IDENTIFIKACE KOROZI PODPORUJÍCÍCH BAKTERIÍ U PALEONTOLOGICKÝCH MATERIÁLŮ

## THERMO EFFECT EXAMINATION OF THE LITHIUM-POLYMER BATTERIES DURING DISCHARGE

## VÝSLEDKY ODCHYTU STŘEVLÍKŮ (COLEOPTERA: CARABIDAE) DO ZEMNÍCH PASTÍ

ČASOPIS
STUDIA OECOLOGICA
Ročník VIII
Číslo 1/2014

**Redakční rada:**
doc. Ing. Pavel Janoš, CSc. – šéfredaktor
Ing. Martin Neruda, Ph.D. – výkonný redaktor
prof. RNDr. Olga Kontrišová, CSc.
doc. RNDr. Juraj Lesný, Ph.D.
doc. MVDr. Pavel Novák, CSc.
Ing. Jan Popelka, Ph.D.
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

**Technický redaktor:**
Mgr. Ing. Petr Novák

**Recenzenti**:
Ing. Jana Hubáčková, CSc., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha
doc. Ing. Petr Kotlík, FCHT Vysoké školy chemicko-technologické v Praze
Ing. Jan Matkovič, FŽP Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem
prof. Ing. Svatopluk Matula, CSc., FAPPZ České zemědělské univerzity v Praze
Mgr. Antonín Roušar, ZŠ Ekoškola Údlice, Chomutov
RNDr. Michal Řehoř, Ph.D., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most
Mgr. Martin Šlachta, Ph.D., ZF Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích
Ing. Josef Trögl, Ph.D., FŽP Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem

**Foto obálky**
Mgr. Diana Holcová, Ph.D.

Vydává: FŽP UJEP v Ústí nad Labem
Tisk: AZ Media Ústí n.L.

Toto číslo bylo dáno do tisku v prosinci 2014
ISSN 1802-212X
MK ČR E 17061

# OBSAH

VPLYV ZÁKLADNÝCH FYZIKÁLNYCH A CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ NA VODOODPUDIVOSŤ PÔD NA HORSKOM ÚZEMÍ
*Lucia KOŘENKOVÁ, Peter MATÚŠ* ..... *3*

STUDIUM METOD IDENTIFIKACE KOROZI PODPORUJÍCÍCH BAKTERIÍ U PALEONTOLOGICKÝCH MATERIÁLŮ
*Jana ŘÍHOVÁ Ambrožová, ANNA Urbanová, SANDRA Ondrčková, VLADIMÍRA Škopová* ... *15*

VÝSLEDKY ODCHYTU STŘEVLÍKŮ (COLEOPTERA: CARABIDAE) DO ZEMNÍCH PASTÍ NA LOKALITĚ BAŽANTNICE V ÚSTÍ NAD LABEM
*Diana HOLCOVÁ, Lucie KONRÁTOVÁ, Michal HOLEC* ..... *26*

THERMO EFFECT EXAMINATION OF THE LITHIUM-POLYMER BATTERIES DURING DISCHARGE
*Szabolcs KOCSIS SZÜRKE, DR. habil ISTVÁN LAKATOS* ..... *31*

KLIMATICKÉ ZMĚNY, ENERGETIKA A REKULTIVACE
*Stanislav ŠTÝS* ..... *40*

# VPLYV ZÁKLADNÝCH FYZIKÁLNYCH A CHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ NA VODOODPUDIVOSŤ PÔD NA HORSKOM ÚZEMÍ

# THE EFFECT OF BASIC PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ON WATER REPELLENCY OF SOILS OF UPLAND AREA

**Lucia KOŘENKOVÁ, Peter MATÚŠ**

Ústav laboratórneho výskumu geomateriálov, Prírodovedecká fakulta *Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: korenkova@fns.uniba.sk*

**Abstrakt**

Predložený príspevok sa zaoberá vzťahom medzi pôdnou vodoodpudivosťou a vybranými základnými fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami povrchových horizontov pôd územia Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny. Stálosť pôdnej vodoodpudivosti bola stanovená metódou WDPT (Water Drop Penetration Time) a jej veľkosť metódou MED (Molarity of an Ethanol Droplet). Testovaný súbor obsahoval 210 vzoriek, z ktorých 46 bolo vyhodnotených ako vodoodpudivých. Všetky vzorky vykazujúce miernu až extrémnu vodoodpudivosť boli odobraté z lesných pôd, poľnohospodársky využívané pôdy a pôdy pod trvalým trávnym porastom boli zmáčavé. Pôdy s vyšším obsahom ílu, nízkym obsahom organického uhlíka a vyšším pH boli menej náchylné na vodoodpudivosť. 83% vodoodpudivých pôd neobsahovalo uhličitan vápenatý.

**Abstract**

In this paper, the relationship between water repellency and some basic physical and chemical properties of soils' A horizons collected in the area of White Carpathian Mts. and Myjavská pahorkatina Upland was evaluated. Soil water repellency persistence was determined by the Water Drop Penetration Time (WDPT) method and its severity by the Molarity of an Ethanol Droplet (MED) method. The data set comprised of 210 samples, 46 of them were found water repellent. All samples exhibiting slight to extreme water repellency were collected from soils covered with forest, no repellency was observed in agricultural and grassland soils. Fine-textured soils, soils with low organic carbon content and alkaline soils were less prone to water repellency. 83% of water repellent soils contained no calcium carbonate.

**Kľúčové slová:** *pôdna vodoodpudivosť, piesok, íl, Cox, CaCO3, pH*

**Key words:** *soil water repellency, sand, clay, SOC, $CaCO_3$, pH*

## Úvod

Záujem o pôdnu vodoodpudivosť siaha ďaleko pred 20. storočie, a hoci tento termín neuvádza žiadna z vtedajších publikácií, je zrejmé, že mnohí z vedcov tej doby pozorovali jav vodoodpudivosti, akým sa zaoberáme aj v súčasnosti (DeBano, 2000). Počas nasledujúcich desaťročí sa záujem o pôdnu vodoodpudivosť a jej dôsledky prehĺbil, o čom svedčí aj exponenciálny nárast počtu súvisiacich článkov. Množstvo vedcov z celého sveta sa podieľa na výskumných štúdiách pokrývajúcich rôzne tematické oblasti a publikuje poznatky, ktoré prispievajú k lepšiemu chápaniu vodoodpudivých pôd. Priamo v teréne pôdna vodoodpudivosť často nie je dobre pozorovateľná, jednak kvôli prítomnosti vegetačného krytu, alebo v prípade ak pôda dosiahne určitý stupeň vlhkosti, hoci vodoodpudivosť sa prejavuje aj za vlhka (Jaramillo et al., 2000). Taktiež zadržiavanie dažďovej vody v lesnom opade (poľnohospodárske pôdy sú menej náchylné na vodoodpudivosť) môže zakryť fakt, že nedochádza k infiltrácií a priesaku. Kým nie je odstránený rastlinný pokryv, či *už* výrubom alebo v dôsledku požiaru, pôdna vodoodpudivosť nemusí znamenať problém. Akonáhle je však odstránený materiál

zadržiavajúci vodu a nechránená pôda je vystavená vysúšaniu, územie je ohrozené zvýšeným povrchovým odtokom vyskytujúcim sa počas prívalových dažďov, čo vedie k pôdnej erózii a zníženiu nasycovania pôdy vodou (Scott, 2000).

Obsah organickej hmoty, zrnitosť, pôdna reakcia a spôsob využitia zeme sú najdôležitejšími faktormi vplývajúcimi na zmáčavosť (Roberts a Carbon, 1971; McGhie a Posner, 1980; Dekker a Jungerius, 1990; Buczko et al., 2005; Hurraβ a Schaumann, 2006; Jordán et al., 2009). Výsledky tejto štúdie poukazujú na rastúcu tendenciu pôdy odolávať prieniku vody so zvyšujúcim sa obsahom organického uhlíka ($C_{ox}$) a piesku a klesajúcou hodnotou pH a obsahu $CaCO_3$. Vodoodpudivosť je často spájaná so spôsobom hospodárenia s pôdou (Gonzáles-Peñaloza et al., 2012; García-Moreno et al., 2013) a druhom vegetačného krytu (DeBano, 1981; Crockford et al., 1991; Doerr et al., 2000; Huffman et al, 2001; Buczko et al., 2005; Johnson et al., 2005). Lesné pôdy v záujmovej oblasti pokryli všetky stupne vodoodpudivosti (od zmáčavých až po extrémne vodoodpudivé), zatiaľ čo pôdy pod trvalým trávnym porastom a orné pôdy boli výhradne zmáčavé. To potvrdzuje doterajšie zistenia, že obrábanie pôdy prispieva k zvyšovaniu jej zmáčavosti (Blanco-Canqui, 2011). Príčinou môže byť zmena v kvalite organickej hmoty a používanie hnojív. Je tiež pravdepodobné, že namiesto priameho vplyvu obsahu $CaCO_3$ na hodnoty WDPT alebo MED, sú v skutočnosti za vyššiu vodoodpudivosť zodpovedné rôzne iné aspekty súvisiace s vápenatými pôdami (častý nedostatok primeranej vlhkosti, vysoký obsah $C_{ox}$, ľahšia textúra).

## Materiál a metódy

### *Odber pôdnych vzoriek*

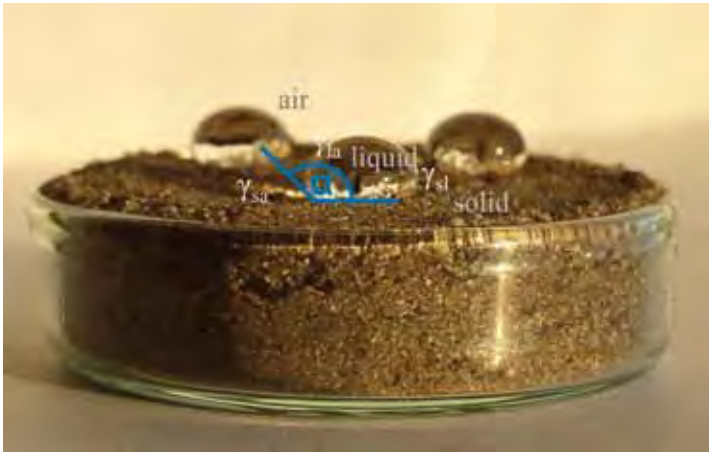
Hlavným kritériom pre výber reprezentatívnych vzoriek bol predpoklad výskytu pôdnej vodoodpudivosti. Výber vhodných pôdnych predstaviteľov bol uskutočnený na základe štúdia pôdnych máp a pôdny prieskum vykonaný podľa Príručky terénneho prieskumu a mapovania pôd (Čurlík a Šurina, 1998). Pre potreby tejto práce boli na záujmovom území odobraté z hĺbky 0 - 20cm vzorky rôznych typov pôdy. Vzhľadom k rôznorodému geomorfologickému a pedologického charakteru Bielych Karpát nemohlo byť vzorkovanie vykonané v úplne pravidelnej mriežke, približný rozostup medzi jednotlivými sondami bol 5 km$^2$. Pôdy boli klasifikované podľa Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (Kolektív, 2000).

### *Príprava a spracovanie pôdnych vzoriek*

Pôdne vzorky boli sušené pri izbovej teplote po dobu jedného týždňa za účelom dosiahnutia konštantnej hmotnosti, následne podrvené, preosiate cez 2-mm sito, zbavené štrku a väčších rastlinných zvyškov. Takto pripravená jemnozem bola opatrne premiešaná a uskladnená v tmavých polyetylénových vreckách pre potreby analýz.

### *Laboratórne analýzy vybraných fyzikálnych a chemických pôdnych vlastností*

Stálosť vodoodpudivosti bola určená pomocou WDPT (*Water Drop Penetration Time*) testu, čo je asi najjednoduchšia, najbežnejšia a najpraktickejšia metóda používaná na vyhodnotenie tohto parametra. WDPT je mierou času, ktorý potrebuje uhol α na to, aby sa zmenil z jeho pôvodnej hodnoty väčšej ako 90° na hodnotu blížiacu sa 90° (Letey et al., 2000), Obr.1. Tento postup odlíši vodoodpudivé pôdy ($\alpha > 90°$) od zmáčavých ($\alpha < 90°$).




**Obr. 1** Kvapky vody na vodoodpudivom povrchu

*α = uhol, ktorý zviera dotyčnica k povrchu kvapaliny s pevným povrchom, $\gamma_{sa}$ = povrchové napätie na rozhraní pevnej fázy a vzduchu, $\gamma_{la}$ = povrchové napätie na rozhraní kvapaliny a vzduchu, $\gamma_{sl}$ = povrchové napätie na rozhraní pevnej fázy a kvapaliny*

Metóda spočíva v umiestnení niekoľkých kvapiek destilovanej vody na hladký povrch pôdy pomocou lekárskeho kvapátka a zaznamenaní času potrebného na ich kompletné vsiaknutie (Letey, 1969). Pôda sa považuje za vodoodpudivú, ak kvapka spontánne nevsiakne do pôdy (t.j. povrchové napätie povrchu pôdy je nižšie ako povrchové napätie kvapky) v určitom časovom intervale. Pre potreby tejto štúdie bolo na povrch každej pôdnej vzorky aplikovaných desať kvapiek destilovanej vody a pôda bola označená ako vodoodpudivá, ak čas priesaku prekročil 5 s (Bisdom et al., 1993); v prípade rozdielnych časov bola vypočítaná priemerná hodnota času vsiaknutia kvapky. Objem vodnej kvapky bol cca 0,05 ml. Kvapky boli vypúšťané z približne 10 mm výšky z dôvodu minimalizácie porušenia pôdneho povrchu kvapkou (Wylie et al., 2001). Pri meraniach WDPT > 1 h boli vzorky pôdy prikryté viečkami, aby sa zabránilo vyparovaniu vody z kvapky. Na základe výsledkov WDPT testu boli pôdy zaradené do nasledovných tried: < 5s, zmáčavé; 5-60s, mierne; 60-600s, silne; 600-3600s, veľmi silne; > 3600s, extrémne vodoodpudivé pôdy (Dekker a Ritsema, 1995), Tab.1. Meranie WDPT vykonávané na suchých vzorkách je považované za najvhodnejšie, pretože eliminuje rozdiely v pôdnej vlhkosti (Moral Garcia, 1999).

Veľkosť vodoodpudivosti bola stanovená pomocou MED (*Molarity of an Ethanol Droplet)* testu, *ktorý je* nepriamou metódou merania povrchového napätia $\gamma_{sa}$ na rozhraní pôdy a vzduchu a udáva, ako silno je kvapka vody odpudzovaná pôdou v čase jej aplikácie na pôdny povrch (Doerr, 1998). Výhodou testu je jeho rýchlosť, takže je veľmi vhodný pre terénne merania, kde dlhé časy stálosti vodoodpudivosti robia WDPT test príliš časovo náročným (Wallis et al, 1991). MED test využíva známe povrchové napätia štandardizovaných roztokov etanolu vo vode, kedy s klesajúcou koncentráciou (molaritou) etanolu rastie povrchové napätie roztoku; do úplne zmáčavej pôdy voda ľahko prenikne pri nulovej molarite etanolu. Kvapka s nižším povrchovým napätím $\gamma_{la}$ (vyššou koncentráciou etanolu) ako je povrchové napätie $\gamma_{sa}$ infiltruje do pôdy ľahšie než kvapka s vyšším povrchovým napätím (nižšou koncentráciou etanolu), ktorá ostane nejakú dobu ležať na povrchu pôdy. Kvapky sa aplikujú na hladký povrch pôdy pomocou kvapátok podobne *ako* pri *WDPT teste,* zvyčajne v poradí od vysokého povrchového napätia smerom ku klesajúcemu, až kým kvapka nezostane ležať na povrchu dlhšie, ako je čas stanovený na jej infiltráciu. Veľkosť vodoodpudivosti 46 pôdnych vzoriek, ktoré boli na základe výsledkov WDPT testu označené ako vodoodpudivé, bola stanovená pomocou 0,5, 1, 2, 3, ... 32 % roztokov etanolu. Objem roztoku v kvapke bol cca 0,05 ml. Výsledky MED testu môžu byť prezentované ako molarita - MED index (King, 1981; Harper a Gilkes, 1994), povrchové napätie na rozhraní pevná fáza/ vzduch $\gamma_{sa}$, povrchové napätie $\gamma_{ND}$ kvapky etanolu, ktorá vsiakne do pôdy pod uhlom 90° (Carrillo et al. 1999) alebo koncentrácia kvapky etanolu, ktorá prenikne do pôdy v stanovenom časovom intervale (Dekker a Ritsema, 1994), ktorý bol pre potreby tejto práce zvolený na 3s (Doerr, 1998). V tak krátkom čase totiž ešte nedochádza k zmene (oslabeniu) vodoodpudivosti.

Na základe molarity etanolu (mol $l^{-1}$) boli rozlíšené nasledovné úrovne vodoodpudivosti pôd (Doerr, 1998): 0-0,85 M zmáčavé, 0,85-1,45 M slabo, 1,45-2,22 M stredne, 2,22-3,07 M silne, 3,07-6,14 M veľmi silne, > 6,14 M extrémne vodoodpudivé pôdy (Tab.1).

Výsledky MED testu boli použité na výpočet približných hodnôt povrchového napätia na rozhraní pevnej a plynnej fázy $\gamma_{sa}$, ktorými takisto môžeme charakterizovať zmáčavosť pôdnych vzoriek.

V prvom kroku bolo vypočítané 90° povrchové napätie $\gamma_{ND}$ (mN $m^{-1}$):

$$\gamma_{ND} = 61,05 - 14,75 \ln (M + 0,5)$$

kde M je molarita, ktorej hodnota bola získaná pomocou MED testu. Následne boli vypočítané hodnoty $\gamma_{sa}$ (mN $m^{-1}$) (Carrillo et al., 1999; Regalado a Ritter, 2005):

$$\gamma_{sa} = \gamma_{ND} / 4\ \Theta^2$$

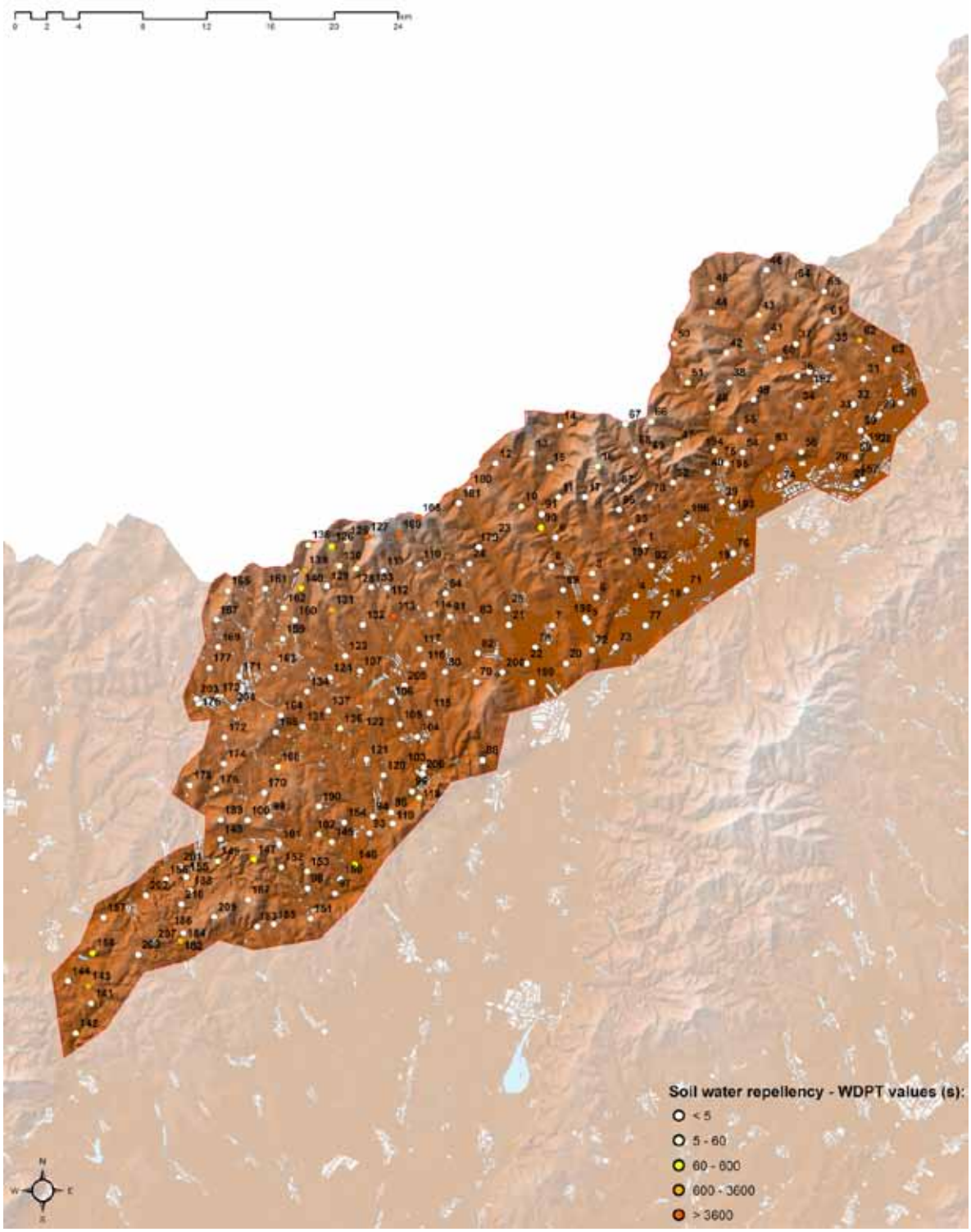
kde Θ je konštanta, ktorá sa mení s molekulárnymi vlastnosťami pevnej látky a kvapaliny. Jej hodnota pre pôdy je približne 0,6 (Regalado a Ritter, 2005).

Nakoľko teplota a relatívna vzdušná vlhkosť môžu ovplyvniť výsledky, pôdna vodoodpudivosť všetkých vzoriek bola v súlade s autormi Dekker a Ritsema (1994) meraná za kontrolovaných podmienok, pri konštantnej teplote (22,5 ± 2,5°C) a relatívnej vlhkosti vzduchu < 50%.

Pôdne vzorky boli ďalej podrobené zrnitostnej analýze, stanoveniu pôdnej reakcie a percentuálneho obsahu $CaCO_3$ a $C_{ox}$. Percentuálny obsah piesku, prachu a ílu bol stanovený pipetovacou metódou podľa Fialu et al. (1999) a pôdny druh následne určený podľa USDA-FAO textúrneho trojuholníka. Pôdne pH bolo zmerané potenciometricky v deionizovanej vode a v 1M KCl v pomere pôda:roztok 1:2,5; obsah $CaCO_3$ pomocou Jankovho vápnomera (Fiala et al., 1999); a obsah $C_{ox}$ oxidometricky, mokrou cestou (Walkley a Black, 1934).

## Výsledky a diskusia

Z testovaného súboru 210 vzoriek (vz.) bolo 46 označených ako vodoodpudivých, čo predstavuje 22% všetkých pôd. Podľa nameraných hodnôt WDPT, 29 vz. bolo vyhodnotených ako mierne, 6 vz. silne, 5 vz. veľmi silne a 6 vz. extrémne vodoodpudivých (Obr.2). Pôdnou vodoodpudivosťou boli najviac postihnuté rankre (75%), regozeme (43%) a kambizeme (26%), hoci tieto výsledky sú podmienené rozdielnou mierou výskytu jednotlivých pôdnych typov na danom území a tým aj rôznym počtom vzoriek pri jednotlivých pôdach (Tab.2). Najdlhší čas potrebný na prienik vody do pôdy bol 78 756 s (kambizem modálna) a najvyššia použitá koncentrácia etanolu 32% (rendzina modálna). Užšia súvislosť medzi výsledkami WDPT a MED testu nebola preukázaná, najmä nie pre stredne vodoodpudivé pôdy. Povrchové napätie na rozhraní pevná fáza/vzduch sa u mierne vodoodpudivých pôd pohybovalo v rozmedzí 47,87-35,84 mN $m^{-1}$. Interval 34,08-30,04 mN $m^{-1}$ zahŕňal mierne až extrémne vodoodpudivé pôdy, ale väčšina pôd v tejto kategórii sa vyznačovala silnou vodoodpudivosťou. γsa väčšiny veľmi silne až extrémne vodoodpudivých pôd bolo v rozpätí 29,49-23,40 mN m-1 (Tab. 1). Všetky vodoodpudivé pôdy boli pokryté lesmi s prevažným zastúpením hrabu, buka a duba. Zmáčavé pôdy sa vyskytovali v lesných oblastiach (32%), na lúkach (22%), a boli využívané aj na poľnohospodárske účely (46%). Rozdiely existujú aj medzi poľnohospodárskymi pôdami s odlišným spôsobom obrábania. Orané pôdy sa obvykle vyznačujú žiadnou alebo len veľmi slabou vodoodpudivosťou, kým bezorbové metódy hospodárenia môže vyvolať mierny nárast vodoodpudivosti v pôdach, čo možno pripísať zvýšeniu obsahu organického uhlíka (Blanco-Canqui a Lal, 2009).




**Obr. 2** Mapa Bielych Karpát a Myjavskej pahorkatiny s vyznačenými pôdnymi sondami a prislúchajúcimi triedami pôdnej vodoodpudivosti podľa nameraných hodnôt WDPT

**Tab. 1** Počet vodoodpudivých vzoriek v jednotlivých kategóriach WDPT (Water Drop Penetration Time) (Dekker a Ritsema, 1995), MED (Molarity of an Ethanol Droplet) (Doerr, 1998) a veľkosti povrchového napätia na rozhraní pevná fáza/vzduch ($\gamma_{sa}$)

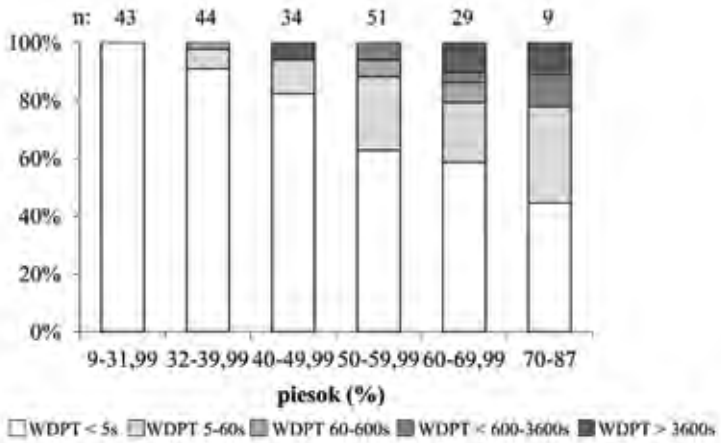
| Pôdny typ | | RM | FM | RN | RA | PR | HM | LM | KM | PG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WDPT (s) kategórie | 5-60 | - | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 16 | - |
| | 60-600 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - |
| | 600-3600 | - | - | 3 | 1 | - | - | 1 | - | - |
| | > 3600 | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 | 3 | - |
| MED (mol $l^{-1}$) kategórie | < 0,85 | - | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 | - |
| | 0,85-1,45 | - | - | - | 1 | 1 | - | 1 | 5 | - |
| | 1,45-2,22 | 3 | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| | 2,22-3,07 | - | - | 3 | - | - | - | 1 | 1 | - |
| | 3,07-6,14 | - | - | 3 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| MED (%) kategórie | 0,5-8 | - | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 15 | - |
| | 9-16 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | 3 | - |
| | 17-21 | - | - | 3 | - | - | - | 2 | - | - |
| | 22-26 | - | - | - | - | 1 | - | - | 2 | - |
| | 27-32 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - |
| **$\gamma_{sa}$ (mN $m^{-1}$) kategórie** | 47,87-35,84 | - | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 15 | - |
| | 34,08-30,04 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | 3 | - |
| | 29,49-23,40 | - | - | 3 | 1 | 1 | - | 2 | 2 | - |

*RM-Regozem, FM-Fluvizem, RN-Ranker, RA-Rendzina, PR-Pararendzina, HM-Hnedozem, LM-Luvizem, KM-Kambizem, PG-Pseudoglej*

**Tab. 2** Celkový počet vzoriek a počet vodoodpudivých vzoriek v pôdach

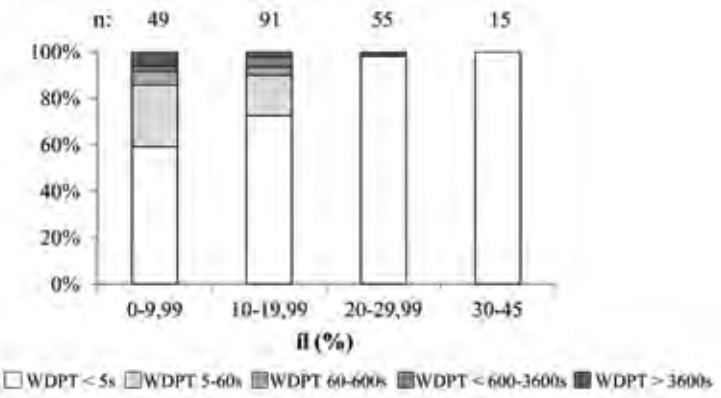
| Pôdny typ | RM | FM | RN | RA | PR | HM | LM | KM | PG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Počet vzoriek | 7 | 30 | 12 | 20 | 9 | 21 | 30 | 76 | 5 |
| Počet vodoodp. vzoriek | 3 | 1 | 9 | 3 | 3 | 1 | 6 | 20 | 0 |

Pôdy obsahovali 9,32-86,60% piesku a 0,82-44,36% ílu. Obsah častíc < 0,05 mm sa pohyboval medzi 13,40 - 90,68%. Všetky vzorky s obsahom piesku nižším ako 32,68% boli zmáčavé. Počet vodoodpudivých pôd začal narastať, keď obsah piesku vo vzorkách prekročil 40% (Obr. 3). Štyri zo šiestich extrémne vodoodpudivých vzoriek obsahovali > 60% piesku. Pôda (fluvizem modálna) s najvyšším obsahom pieskovej frakcie bola zmáčavá, pravdepodobne v dôsledku vysokého obsahu $CaCO_3$ (11%) a nízkeho obsahu $C_{ox}$ (0,66%).

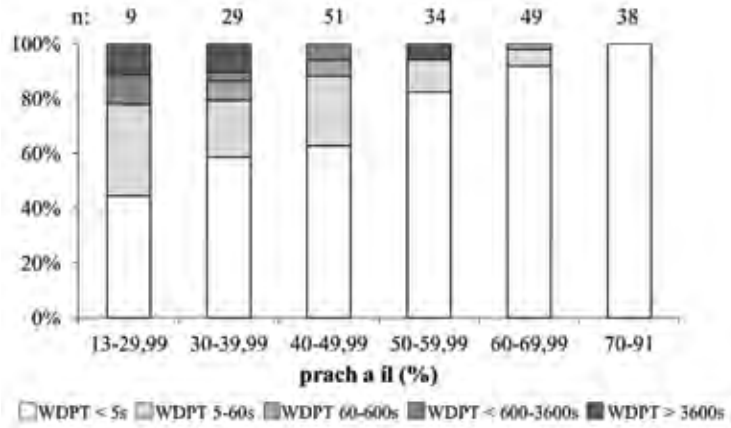



**Obr. 3** Podiel vodoodpudivých a zmáčavých pôd podľa percentuálneho obsahu piesku; n = počet vzoriek

Väčšina vodoodpudivých pôd (30 vz.) obsahovala < 12,32% ílu. Pôdy s obsahom ílu > 22,28% boli všetky zmáčavé. Vzorka (kambizem modálna) vyznačujúca sa najvyššou vodoodpudivosťou obsahovala 14,76% ílu. Ďalšie dve extrémne vodoodpudivé vzorky obsahovali 18,16% (luvizem pseudoglejová) a 22,16% (ranker kambizemný) ílu, pričom obidve boli nekarbonátové, s veľmi kyslou pôdnou reakciou a veľmi vysokým obsahom $C_{ox}$. Niektoré zrnitostne stredne ťažké pôdy, hlinité a piesčito-ílovito-hlinité, sa vyznačovali vysokou vodoodpudivosťou. Získané výsledky potvrdzujú zistenia autorov ako Jamison (1946), Roberts a Carbon (1971), Bishay a Bakhati (1976), a Dekker (1988), že hrubozrnné pôdy s vyšším obsahom piesku sú náchylnejšie na vodoodpudivosť než ílovité pôdy v dôsledku nižšieho špecifického povrchu ich častíc (Obr. 3,4,5).

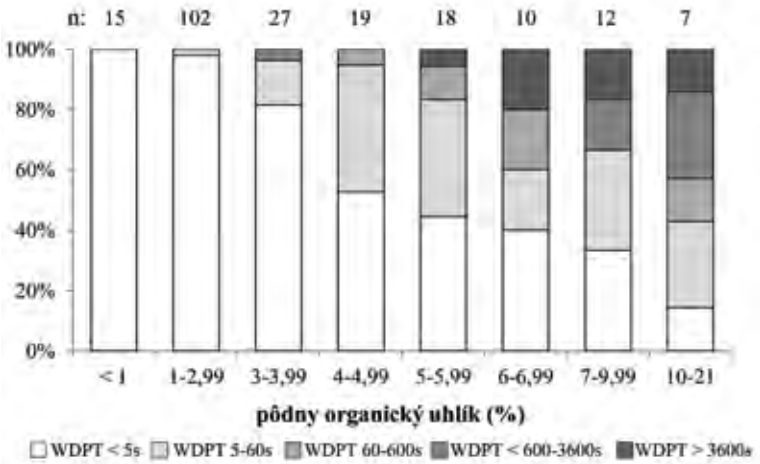



**Obr. 4** Podiel vodoodpudivých a zmáčavých pôd podľa percentuálneho obsahu ílu; n = počet vzoriek




**Obr. 5** Podiel vodoodpudivých a zmáčavých pôd podľa percentuálneho obsahu frakcie < 0,05 mm; n = počet vzoriek

Obsah $C_{ox}$ v pôdach sa pohyboval v rozpätí 0,52-20,94%. Najvyššou variabilitou obsahu $C_{ox}$ sa vyznačovali rankre (2,81-20,94%) a kambizeme (0,91-19,76%). Tieto pôdy zároveň patrili k najviac poznačeným pôdnou vodoodpudivosťou. Fluvizeme a pseudogleje mali veľmi úzky rozsah hodnôt obsahu $C_{ox}$ (0,53-3,13% a 0,67-2,04%). Obsah $C_{ox}$ sa v pôdach menil aj podľa spôsobu využívania krajiny; lesné pôdy vykazovali vyššie hodnoty (0,66-20,94%), obsah $C_{ox}$ vo vzorkách odobratých z orných pôd a lúk bol v podobnom intervale, a to 0,52-4,55% a 0,53-4,17%. V pôdach s obsahom $C_{ox}$ < 3,1% sa nachádzali iba dve vodoodpudivé vzorky. S výnimkou jednej vzorky (kambizem pararendzinová) boli všetky pôdy s obsahom $C_{ox}$ > 8,06% vyhodnotené ako vodoodpudivé. Z výsledkov je zrejmý trend znižovania počtu zmáčavých pôd s rastúcim obsahom $C_{ox}$ (Obr. 6).



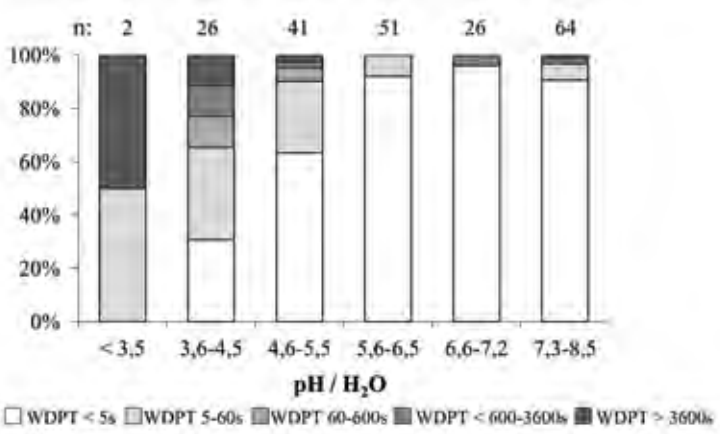

**Obr. 6** Podiel vodoodpudivých a zmáčavých pôd podľa percentuálneho obsahu pôdneho organického uhlíka ($C_{ox}$); n = počet vzoriek

Obsah $CaCO_3$ sa pohyboval v rozmedzí 0-63%, väčšina pôd (62%) však bola nekarbonátová. 100% fluvizemí, 90% rankrov a 89% pararendzín bolo obohatených o $CaCO_3$. Dve vodoodpudivé vzorky sa vyznačovali vysokým obsahom $CaCO_3$ (50% a 51%), vodoodpudivosť bola v tomto prípade pravdepodobne zapríčinená vysokým obsahom $C_{ox}$ a vysokým podielom pieskovej frakcie. Na rozdiel od autorov Dekker a Jungerius (1990) prezentujúcich nezávislosť veľkosti vodoodpudivosti od obsahu $CaCO_3$, 83% vodoodpudivých pôd neobsahovalo $CaCO_3$.

Pôdna reakcia bola veľmi silne kyslá (0,95% pôd) až mierne alkalická (30% pôd) podmienená typom materskej horniny (silikátový a karbonátový materiál), vegetačného krytu a pomerne vlhkými a chladnými klimatickými podmienkami. pH/$H_2O$ sa pohybovalo medzi 3,46 a 8,31 a pH/KCl medzi

2,92 a 7,96. Kambizeme sa vyznačovali najširším, fluvizeme a pseudogleje najužším rozsahom pH. Posledné spomenuté boli intenzívne poľnohospodársky využívané a zmáčavé. Väčšina kyslých pôd patrila zástupcom rankrov, ktoré boli zároveň najmenej poľnohospodársky atraktívne. Vodoodpudivé pôdy boli pozorované v pomerne širokom rozpätí pH (3,46-8,05). 72% vodoodpudivých pôd malo hodnoty pH/KCl < 4,31.

Na rozdiel od autorov Roberts a Carbon (1971) a Steenhuis et al. (2001), ktorí vo svojich prácach uvádzajú, že pôdna vodoodpudivosť sa neobjaví za alkalických podmienok, bola vodoodpudivosť zistená u 9% alkalických pôd. Jedna z extrémne vodoodpudivých vzoriek (pararendzina kambizemná) obsahovala až 19,8% $CaCO_3$ a bola mierne zásaditá. Dôležitú úlohu tu však pravdepodobne zohral vysoký (83,16%) obsah piesku. V súlade s autormi Ritsema a Dekker (1998) a Hurraß a Schaumann (2006), pri všetkých pôdnych typoch s výskytom vodoodpudivých pôd, nárast pH vo všeobecnosti znamenal lepšiu zmáčavosť (Obr. 7).




**Obr. 7** Podiel vodoodpudivých a zmáčavých pôd v jednotlivých kategóriach pH/H2O (podľa Čurlíka et al., 2003); n = počet vzoriek

## Záver

Pre účely tejto práce bol testovaný súbor obsahujúci 210 pôdnych vzoriek vyznačujúcich sa rôznymi stupňami pôdnej vodoodpudivosti. Podľa výsledkov WDPT testu bolo 22% vzoriek vyhodnotených ako mierne až extrémne vodoodpudivých, všetky boli odobraté zo zalesnených plôch. Výsledky potvrdzujú výskyt vodoodpudivosti u rôznych subtypov kambizemí, regozemí, rankrov, v menšej miere tiež rendzín, pararendzín a luvizemí. Hodnoty WDPT sa pohybovali od 0 s po 22 hod. Vzorka kambizeme modálnej s obsahom piesku 60,72%, obsahom $C_{ox}$ 9,05%, nulovým obsahom $CaCO_3$ a veľmi silne kyslou pôdnou reakciou bola vyhodnotená ako najvodoodpudivejšia. Obsah $C_{ox}$ bol výrazne vyšší vo vodoodpudivých pôdach v porovnaní so zmáčavými. 38% pôd, predovšetkým fluvizemí, rendzín a pararendzín, obsahovalo $CaCO_3$, a to až do hodnoty 63%; táto skupina obsahovala 17% vodoodpudivých pôd. Podľa hodnôt pH /$H_2O$ boli pôdy charakterizované ako veľmi silne kyslé až mierne zásadité. pH vodoodpudivých pôd pokrývalo takmer celý interval nameraných hodnôt, 3,46-8,31. Keďže sledované územie bolo rozľahlé a pomerne rôznorodé, aj jeho pôdy boli zrnitostne rozdielne. Čo sa týka pieskovej frakcie, viac ako polovica rankrov, rendzín, pararendzín a fluvizemí obsahovala viac než 50% piesku. Z tejto skupiny pôd s vysokým podielom piesku bola polovica vzoriek odobratých z rankrov vyhodnotená ako vodoodpudivá. Fluvizeme obsahovali iba jednu mierne vodoodpudivú vzorka. Zmáčavosť pôd sa významne zvyšovala s rastúcim obsahom ílu a klesajúcim obsahom piesku.

## Literatúra

BISDOM, E.B.A., DEKKER, L.W., SCHOUTE, J.F.T (1993) Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. Geoderma 56: pp. 105-118.

BISHAY, B.G., BAKHATI, H.K. (1976) Water repellency of soils under citrus trees in Egypt and means of improvement. Agricultural Resources Review 54: pp. 63-74.

BLANCO-CANQUI, H. (2011) Does no-till farming induce water repellency to soils? Soil Use and Management 27: pp. 2-9.

BLANCO-CANQUI, H., LAL, R. (2009) Extent of soil water repellency under long-term no-till soils. Geoderma 149(1-2): pp. 171-180.

BUCZKO, U., BENS, O., HÜTTL, R.F. (2005) Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (Pinus sylvestris) and beech (Fagus sylvatica). Geoderma 126(3-4): pp. 317-336.

CARRILLO, M.L.K., LETEY, J., YATES, S.R. (1999) Measurement of initial soil-water contact angle of water repellent soils. Soil Science Society of America Journal 63: pp. 433-436.

CROCKFORD, H., TOPALIDIS, S., RICHARDSON, D.P. (1991) Water repellency in a dry sclerophyll eucalypt forest - measurements and processes. Hydrological Processes 5: pp. 405-420.

ČURLÍK, J., BEDRNA, Z., HANES, J., HOLOBRADÝ, K., HRTÁNEK, B., KOTVAS, F., MASARYK, Š., PAULEN, J. (2003) Pôdna reakcia a jej úprava. Jaroslav Suchoň, Suma print, Bratislava, 250 str.

ČURLÍK, J., ŠURINA, B. (1998) Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd. VÚPOP, Bratislava, 134 str.

DEBANO, L.F. (1981) Water repellent soils: A state-of-the-art. USDA Forest Service General Technical Report PS W-46. Berkeley, California, 21 pp.

DEBANO, L.F. (2000) Water repellency in soils: a historical overview. Journal of Hydrology 231-232: pp. 4-32.

DEKKER, L.W. (1988) Verspreiding, oorzaken, gevolgen en verbeteringsmogelijkheden van waterafstotende gronden in Nederland. Rapport nr. 2046 Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands, 54 str.

DEKKER, L.W., JUNGERIUS, P.D. (1990) Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. Catena 18: pp. 173-183.

DEKKER, L. W., RITSEMA, C.J. (1994) How water moves in a water repellent sandy soil 1. Potential and actual water repellency. Water Resources Research 30(9): pp. 2507-2517.

DEKKER, L.W., RITSEMA, C.J. (1995) Fingerlike wetting patterns in two water-repellent loam soils. Journal of Environmental Quality 24: pp. 324-333.

DOERR, S.H. (1998) On standardizing the 'Water Drop Penetration Time' and the 'Molarity of an Ethanol Droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. Earth Surface Processes and Landforms 23: pp. 663-668.

DOERR, S.H., SHAKESBY, R.A., WALSH, R.P.D. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. Earth Science Review 51: pp. 33-65.

FIALA, K., KOBZA, J., MATÚŠKOVÁ, Ľ., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., BÚRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ, B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D., PECHOVÁ, B. (1999) Záväzné metódy rozboru pôd. Čiastkový monitorovací systém - pôda. VÚPOP, Bratislava, 142 str.

GARCÍA-MORENO, J., GORDILLO-RIVERO, Á.J., ZAVALA, L.M., JORDÁN, A., PEREIRA, P. (2013) Mulch application in fruit orchards increases the persistence of soil water repellency during a 15-years period. Soil and Tillage Research 130: pp. 62-68.

GONZÁLES-PEÑALOZA, F.A., CERDÀ, A., ZAVALA, L.M., JORDÁN, A., GIMENEZ-MORERA, A., ARCENEGUI, V. (2012) Do conservative agriculture practices increase soil water repellency?: A case study in citrus-cropped soils. Soil and Tillage Research 124: pp. 233-239.

HARPER, R.J., GILKES, R.J. (1994) Soil attributes related to water repellency and the utility of soil survey for predicting its occurrence. Australian Journal of Soil Research 32: pp. 1109-1124.

HUFFMAN, E.L., MACDONALD, L.H., STEDNICK, J.D. (2001) Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range. Hydrological Processes 15: pp. 2877-2892.

HURRASS, J., SCHAUMANN, G.E. (2006) Properties of soil organic matter and aqueous extracts of actually water repellent and wettable soil samples. Geoderma 132(1-2): pp. 222-239.

JAMISON, V.C. (1946) Resistance to wetting in the surface of sandy soils under citrus trees in central Florida and its effect upon penetration and the efficiency of irrigation Soil Science Society of America Proceedings 11: pp. 103-109.

JARAMILLO, D.F., DEKKER, L.W., RITSEMA, C.J., HENDRICKX, J.H.M. (2000) Occurrence of soil water repellency in arid and humid climates. Journal of Hydrology 231-232: pp. 105-111.

JOHNSON, M.S., LEHMANN, J., STEENHUIS, T.S., DE OLIVEIRA, L.V., FERNANDES, E.C.M. (2005) Spatial and temporal variability of soil water repellency of Amazonian pastures. Australian Journal of Soil Research 43: pp. 319-326.

JORDÁN, A., ZAVALA, L.M., NAVA, A.L., ALANÍS, N. (2009) Occurrence and hydrological effects of water repellency in different soil and land use types in Mexican volcanic highlands. Catena 79: pp. 60-71.

KING, P.M. (1981) Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. Australian Journal of Soil Research 19: pp. 275-285.

KOLEKTÍV (2000) Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP, Bratislava, 76 str.

LETEY, J. (1969) Measurement of contact angle, water drop penetration time, and critical surface tension. In: DeBano, L.F., Letey, J., (eds.), Proceedings of a Symposium on water repellent soils. May 6-10, 1968, Riverside, CA, 354 str.

LETEY, J., CARRILLO, M.L.K., PANG, X.P. (2000) Approaches to characterize the degree of water repellency. Journal of Hydrology 231-232(1-4): pp. 61-65.

MCGHIE, D.A., POSNER, A.M. (1981) The effect of plant top material on the water repellence of fired sands and water repellent soils. Australian Journal of Agricultural Research 32: pp. 609-620.

MORAL GARCIA, F.J. (1999) Hidrologia de los suelos arenosos del parque natural del entorno de Donana. Doctoral Thesis. University of Cordoba, Spain, 334 str.

REGALADO, C.M., RITTER, A. (2005) Characterizing water dependent soil repellency with minimal parameter requirement. Soil Science Society of America Journal 69(6): pp. 1955-1966.

RITSEMA, C.J., DEKKER, L.W. (1998) Three-dimensional patterns of moisture, water repellency, bromide and pH in a sandy soil. Journal of Contaminant Hydrology 31: pp. 295-313.

ROBERTS, F.J., CARBON, B.A. (1971) Water repellence in sandy soils of southwestern Australia: I. Some studies related to field occurrence. Field Station Record Division Plant Industry CSIRO, Australia, 10: pp. 13-20.

SCOTT, D.F. (2000) Soil wettability in forested catchments in South Africa; as measured by different methods and as affected by vegetation cover and soil characteristics. Journal of Hydrology 231-232(1-4): pp. 87-104.

STEENHUIS, T.S., RIVERA, J.C., HERNÁNDEZ, C.J.M., WALTER, M.T., BRYANT, R.B., NEKTARIOS, P. (2001) Water repellency in New York state soils. International Turfgrass Society Research Journal 9: pp. 624-628.

WALKLEY, A., BLACK, I.A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil O.M. and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: pp. 29-38.

WALLIS, M.G., SCOTTER, D.R., HORNE, D.J. (1991) An evaluation of the intrinsic sorptivity water repellency index on a range of New Zealand soils. Australian Journal of Soil Research 29: pp. 353-362.

WYLIE, L., ALLINSON, G., STAGNITTI, F. (2001) Guidelines for the standardisation of the water drop penetration time test.26thGeneral Assembly of the European Geophysical Society, EGS Nice France, 26-30 March 2001, Abstracts 3, pp. 631-633.

# STUDIUM METOD IDENTIFIKACE KOROZI PODPORUJÍCÍCH BAKTERIÍ U PALEONTOLOGICKÝCH MATERIÁLŮ

# STUDY OF METHODS OF IDENTIFICATION OF CORROSION EVOKED BACTERIA IN PALEONTOLOGICAL MATERIALS

**Jana ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ[1,2], Anna URBANOVÁ[1], Sandra ONDRČKOVÁ[1], Vladimíra ŠKOPOVÁ[1]**

[1]VŠCHT FTOP ÚTVP Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6, jana.ambrozova@vscht.cz, skopovav@vscht.cz
[2]Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Katedra přírodních věd, Králova Výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem

**Abstrakt**

Paleontologické materiály mají pro lidstvo značnou hodnotu, umožňují nám studium jak přírody okolo nás (např. nálezy fosilií), tak historie naší civilizace. Není proto divu, že se projevuje stále větší snaha tyto materiály ochránit před přirozeným rozkladem, aby mohly být využívány nejen dnešními badateli, ale snad i generacemi dalšími. Pozornost byla zaměřena na oxidaci pyritu, který je součástí fosilií, k jehož degradaci dochází oxidací za tvorby síranů, železnatých a vodíkových iontů. Pro zjištění nejvhodnějších metod způsobu uchovávání takovýchto materiálů je nejprve potřeba porozumět procesům jejich degradace a faktorům, které se na ní podílí. Mezi faktory abiotické patří například vzduch, voda, hodnota pH. Pod biotické faktory potom řadíme činnost bakterií. Při studiu exemplářů odebraných z půdního prostředí lze očekávat vysoký výskyt acidofilních mikroorganismů, které mají významný vztah ke koloběhu síry. Mezi nejčastěji se vyskytující rody patří *Thiobacillus*, *Leptospirillum, Acidiphilium* apod. Pomocí metod kultivačních a molekulární biologie byla stanovována přítomnost acidofilních bakterií na paleontologických exemplářích, konkrétně byla zaměřena pozornost na mikroorganismus *Thiobacillus ferrooxidans*. K identifikaci mikroorganismů byly použity kultivační metody využívající různé druhy médií, mikroskopické metody identifikace narostlých kolonií a buněk bakterií (fluorescenční značení) a metody molekulární biologie (PCR). Kultivačními metodami a metodami molekulární biologie byla prokázána přítomnost thionových bakterií na některých poškozených exemplářích, lze usuzovat na vlivu bakterií při degradaci povrchů. Dalším zjištěním je vhodnost současného použití kultivačních, mikroskopických i amplifikačních metod pro identifikaci korozi způsobujících bakterií.

**Abstract**

Paleontological materials are of utter importance for today´s civilisation. They enable us to study the nature around us (for example findings of fossils) and also our own history. Therefore, it is not surprising, that we try to preserve these materials and protect them from their natural degradation, in order to use them not only by the current researchers, but also by the next generations. The focus was on pyrite oxidation. Pyrite is a part of fossils and its oxidation causes the production of sulphates, ferrous and hydrogen ions. To find the best methods of material preservation, we need further understanding of the degradation processes and factors that are causing the oxidation. Factors are divided in abiotic (air, water and acidity) and biotic factors (bacterial activity). When studying soil examples, the presence of acidophilic bacteria can be found. *Thiobacillus*, *Leptospirillum* and *Acidiphilium* are acidophillic microorganisms who have a very important role in the sulphur cycle. Using cultivation methods and methods of molecular biology, the microorganism *Thiobacillus ferrooxidans* was detected on some of the studied paleontological materials. In this work were used cultivation methods based on various types of culture media, microscopic methods of bacteria colonies and cells identification (fluorescence dying) and molecular biology methods (PCR). Used cultivation procedures and PCR amplification method verified and identified the presence of thio-bacteria on paleontological materials; hereby it is possible discussed impact of bacteria in process of biodegradation. Another re-

sult there is availability of synchronous usage of cultivation, microscopic and amplification methods for detection and identification of corrosion evoked bacteria.

**Klíčová slova:** *mikrobiální koroze; paleontologické materiály; acidofilní mikroorganismy; kultivace; epifluorescenční metody; PCR*

**Key words:** *microbial corrosion; paleontological materials; acidophilic microorganisms; cultivation; epifluorescence methods; PCR*

## 1. Úvod

Pyrit ($FeS_2$), který je součástí kamenů či fosilií se působením abiotických i biotických faktorů rozkládá, např. oxidací sulfidů ve vodném prostředí může docházet až k tvorbě kyseliny sírové, která může exempláře dále poškozovat. Tato degradace představuje problém při snaze uchovat paleontologické exempláře. V rámci hledání vhodného způsobu uchovávání paleontologických vzorců a snahy o lepší porozumění průběhu degradace těchto materiálů, je řešen projekt DF12P01OVV031, jehož cílem je vylepšit metodiku preventivní i akutní konzervace sbírkových předmětů z oblasti paleontologie a mineralogie, které mohou být ohroženy produkty degradace sulfidů. Degradace materiálů je pozorovatelná na základě bílého, žlutého až zeleného zbarvení na povrchu materiálu (většinou doprovázeného sirným zápachem). Také mohou být sledovány trhliny v materiálu [1]. Řídícími faktory oxidace jsou velikost povrchu, jeho homogenita a struktura, přítomnost vody, teplota, hodnota pH, koncentrace kyslíku ať již vzdušného či rozpuštěného ve vodě a v neposlední řadě činnost mikroorganismů (bakterií a plísní) [1, 2].

Předložená práce byla zaměřena na problematiku studia mikrobiální koroze povrchu paleontologických nálezů a možnosti studia (kultivaci a stanovení) přítomných mikroorganismů podílejících se na biodeterioraci, speciálně thionových bakterií (a přímo *Thiobacillus ferrooxidans*).

## 2. Bakteriální koroze pyritů

Mikroorganismy se účastní přímo i nepřímo mnoha chemických reakcí a rozklad minerálů využívají při svém růstu [3]. Z dosud získaných poznatků lze předpokládat, že mezi nejdůležitější organismy, které oxidují sulfidické minerály, patří mikroorganismy produkující kyselinu sírovou [4]. V souvislosti s oxidací pyritu jsou velmi důležité, kromě mikroorganismů oxidujících sirné sloučeniny, i bakterie využívající pro svůj metabolismus ionty železa. Představiteli takovýchto mikroorganismů jsou chemolitotrofní bakterie. Aktivita bakterií může způsobit precipitaci minerálů, adsorpci či uvolnění kovů, a tvorbu či rozklad organokovových sloučenin. Rozpuštěné minerály mohou sloužit jako oxidovatelné substráty, donory či akceptory elektronů v redoxních reakcích a mohou být také přímou součástí buněčného metabolismu [3]. Vzhledem ke schopnosti produkovat kyselinu sírovou vyhovuje těmto mikroorganismům nízká hodnota pH, řazeny jsou tedy k mikroorganismům acidofilním. Další z charakteristických vlastností je schopnost vázat vzdušný oxid uhličitý. Zdrojem akceptorů elektronů je vzdušný kyslík v prostředí aerobním. V anaerobním prostředí jsou akceptory elektronů železité ionty. Zdrojem metabolické energie jsou rozdíly v potenciálu mezi redoxním párem elektronových donorů ($Fe^{2+}/Fe^{3+}$ či $S^0/SO_4^{2-}$) a akceptorem elektronů (např. $O_2/H_2O$) [5].

Acidofilní mikroorganismy je možno z průmyslového hlediska rozdělit do několika skupin, ať už se jedná o mezofilní proteobakterie, grampozitivní mírně termofilní bakterie či termofilní archea. Většina průmyslově využívaných proteobakterií má nejvyšší aktivitu metabolismu při teplotách nižších než 45 °C. Mezi nejznámější a nejvíce prostudovaný acidofilní mikroorganismus patří *Thiobacillus ferrooxidans*, který dokáže metabolizovat za aerobních i anaerobních podmínek [6]. Genom tohoto mikroorganismu byl intenzivně zkoumán, proto je *Thiobacillus ferrooxidans* často uváděn jako modelový organismus při studiu biooxidace [7]. Kromě tohoto mikroorganismu se na biooxidaci sulfidických minerálů podílí například bakterie *Leptospirillum* [5]. Mezi významné grampozitivní bakterie, které výhradně oxidují železo (nikoliv sloučeniny síry), patří bakterie *Acidimicrobium*

*ferrooxidans*. Mezi termofilní archea s vysokým potenciálem biooxidace minerálů, patří *Acidianus brierley*, *Metallosphera* a *Sulfobolus* [8].

Na oxidaci železnatých iontů na železité se mohou v přírodě podílet thionové bakterie, které mají zásadní vztah ke koloběhu síry [9, 10]. Mezi nejčastěji se vyskytující taxony patří rody *Thiobacillus*, *Leptospirillum* či *Acidiphilium*. Thionové bakterie získávají energii oxidací železa či síry, přičemž železo musí být v dvojmocné formě, zatímco síra může být v mnoha podobách, ať už se jedná o rozpuštěné či nerozpuštěné sulfidy, elementární síru a rozpustné sloučeniny, které inkorporují buď thiosíran ($S_2O_3^{2-}$) nebo tetrathionanový ion ($S_4O_6^{2-}$). Produktem transformace je potom sloučenina síry, která vlastní menší množství valenčních elektronů, konečným produktem jsou sírany [3].

Bakterie druhu *Thiobacillus ferrooxidans* jsou acidofilní, litotrofní, mezofilní, obligátně chemolitotrofní, nesporulující tyčinky, vyhovuje jim kyselé prostředí, aktivnější jsou v prostředí vlhkém. Uhlík získávají fixací atmosférického $CO_2$. Vhodná teplota pro život se pohybuje v rozmezí 20 – 35 °C. V přírodních podmínkách se vyskytují na místech, která by pro jiné bakterie byla naprosto neobyvatelná. Najdeme je v horkých pramenech, sopečných puklinách a sulfidických rudách s vysokou koncentrací kyseliny sírové [3]. Další druh bakterie z rodu *Thiobacillus*, který je schopen mikrobiální koroze je *Thiobacillus* thiooxidans. Tato bakterie dokáže oxidovat síru a rozpustné sirné sloučeniny. Studiemi bylo zjištěno, že koroze je účinnější, pokud se výše zmíněné druhy bakterií podílí na korozi společně, než když oxidují sloučeniny každý zvlášť.

Bakterie druhu *Leptospirillum ferrooxidans* se jeví jako pohyblivé, zakřivené tyčinky. Tyto bakterie jsou schopny fixovat oxid uhličitý, organické látky zpracovávat neumí, zdrojem energie jsou železnaté ionty, akceptorem elektronů je molekulární kyslík. Výskyt těchto bakterií je zaznamenáván převážně v aerobním prostředí (byl však nejednou popsán i případ fakultativně anaerobního chování). Celkově se jedná o vysoce specializované acidofilní mikroorganismy [3].

Bakterie rodu *Acidiphilium* jsou organotrofní, acidofilní, žijí převážně v půdním prostředí a využívají organické látky i $CO_2$ jako zdroj uhlíku a energie. Dále využívají redukovanou síru a železnaté ionty [11].

V prostředí s vyšší aciditou se kromě bakterií způsobujících korozi mohou vyskytovat i jiné, organotrofní mikroorganismy (např. houby), které jsou schopny žít z produktů litotrofního metabolismu jiných mikroorganismů. Role těchto organismů v korozních procesech je prozatím nejasná [3].

Z výše uvedeného lze shrnout, že největší podíl na procesu biologického vyluhování kovových rud, je přisuzován bakteriím *Thiobacillus ferrooxidans* a *Leptospirillum ferrooxidans* [6]. Oba uvedené druhy bakterií, pokud jsou současně přítomné v prostředí, spolupracují navzájem při degradaci pyritu a chalkopyritu (literární údaje uvádí, že samy o sobě nejsou schopny zmíněné degradace) [3].

# 3. Experimentální část práce

## 3.1 Charakteristika vzorků

Všechny vzorky analyzované během této práce byly dodány Národním muzeem. U hodnocených mineralogických vzorků byly zjištěny výrazné projevy alterace a degradace předmětů zejména pro vzorky Fe-sulfidů (pyrit, markazit). Jedna sada vzorků byla označená NAKI0003 – NAKI0011. Tyto vzorky sloužily pro první fázi zpracování, během které došlo k seznámení s materiálem, výběru vhodného média a zvolení vhodných metod kultivace a detekce mikroorganismů. Vzorky byly odebrány v rámci čerstvého terénního odběru v lokalitě Ahníkov II. Materiál byl sbírán těsně pod povrchem a po nálezu byl každý vzorek za původní vlhkosti uzavřen do zipovaného sáčku, týž den byl uložen do lednice. (Vzorek NAKI0003: silně degradovaný úlomek kosti, charakterizován bílým práškem. Vzorek NAKI0004: střední část masivní, kompaktní, protáhlé, duté kosti na povrchu se slabým žlutavým popraškem. Vzorek NAKI0005: úlomek delší trubkovité kosti s černohnědou vnitřní hmotou a povlakem síranů, silně degradovaný, bez patrné původní struktury, pokrytý volnými degradačními produkty makroskopicky práškovými, bílými až mírně žlutavými. Vzorek NAKI0006: silně degradovaný úlomek kosti pokrytý mikroskopickými drůzkami, makroskopicky práškem bělavé až žlutavé barvy. Vzorek NAKI0007: úlomek po-

rézní kosti s houbovitou tkání. Vzorek NAKI0011: krunýř želvy se silnou, tmavou krustou produktů degradace s podílem jílu z prostředí.)

Vzorky používané ve druhé fázi experimentů pocházely z lokality Lenešice (Louny) a byly označeny jako NAKI167 - NAKI175. Vzorky NAKI167 - NAKI171 sestávaly z vápnitého jílovce. Od doby sběru byly tyto vzorky souvisle chlazeny až do doby analýzy. Jednalo se o limonitizovaná jádra plžů. Vzorek NAKI170 byl jemně porušen puklinami, ostatní vzorky byly bez puklin. Vzorky NAKI172 - NAKI175 byly získány v období 30. - 70. let 20. století. Od 90. let byly uloženy v muzeu v Lounech, nejspíše od roku 2008 v Národním muzeu. V obou institucích byly uchovávány v pokojových podmínkách bez konzervace. U vzorku NAKI172 (slín) byly pravděpodobně přítomny produkty rozpadu pyritu. Vzorek NAKI173 (slín) byl silně limonitizovaný. NAKI174 byl vzorkem plže. Povrch vzorku vykazoval silné narušení prasklinami. Povrch vzorku plže NAKI175 byl narušen prasklinami.

## 3.2 Možnosti detekce mikroorganismů

Ke studiu mikroorganismů, přítomných na/ve vzorcích exemplářů byly zvoleny kultivační metody, využívající pomnožení mikroorganismů v tekutých médiích (přítomnost - vizualizaci barevné reakce) a na pevných médiích. K detekci těchto bakterií se tradičně využívá stanovení pomocí kultivace na selektivních kapalných nebo pevných médiích [14]. Aby bylo možné přítomné mikroorganismy studovat a popř. i zhodnotit jejich vliv na materiál, byly mikroorganismy získány louhováním vzorků exemplářů za definovaných podmínek. Kultivace thionových bakterií představují způsob zahrnující mnohá úskalí, kterými jsou např. dlouhá doba kultivace, nemožnost spolehlivě kultivovat čistý kmen či kulturu bakterií apod., a proto byly voleny i jiné způsoby identifikace pomocí metody molekulární biologie PCR.

### 3.2.1 Kultivační metody

Exempláře vzorků byly vloženy do sterilních plastových 100ml lahviček obsahujících 50 ml fyziologického roztoku (9 g NaCl na 1 litr destilované vody). Lahvičky s exempláři vzorků byly za účelem louhování uloženy na 24 h do termostatu při teplotě 25 °C až 30 °C. Vzorky výluhů byly použity pro následné pomnožení, izolaci a kultivaci přítomných acidofilních mikroorganismů.

Pro pomnožení, subkultivaci a izolaci byla použita 2 tekutá média: dle Fjodorova (předpis č. 76 [15]) a Thiobacillus broth – ThioB (M789 [16]), dle doporučení byla dodržena 7denní inkubace vzorků při teplotě 25 °C až 30 °C. Růst bakterií ve Fjodorovově médiu se projevuje mléčným zabarvením média, bílý zákal indikuje přítomnost vysrážené síry (barevná reakce = žlutavé zabarvení). Růst bakterií v ThioB médiu se projevuje vysrážením síry na povrchu média nebo na stěnách lahvičky/zkumavky použité pro kultivaci. Pro izolaci kolonií pomnožených v tekutém médiu bylo použito již připravené pevné médium ThioA (M788 [17]) určené speciálně pro bakterie rodu *Thiobacillus*. Kolonie thiobacilů jsou pozorovány jako malé, sírou impregnované kolonie s čirými zónami indikujícími oxidaci thiosíranu.

Spolu se vzorky výluhů byl nasazen bakteriální kmen *Thiobacillus ferrooxidans* CCM 4253 (zakoupen od Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity v Brně). Kultivace čistého bakteriálního kmene byla zvolena proto, aby bylo možné posoudit vzhled kolonií vyrostlých ze vzorků NAKI se vzhledem čisté bakteriální kultury. Přítomnost bakteriálního kmene CCM 4253 byla například v médiu dle Fjodorova indikována železitým zbarvením. Dalším důvodem pro kultivaci čistého bakteriálního kmene bylo jeho využití při optimalizaci postupů týkajících se molekulární biologie.

### 3.2.2 Metoda PCR

Za účelem detekce bakterií byly využity metody molekulární biologie, speciálně PCR. Výluhy vzorků byly nejprve odstředěny a získaná peleta byla použita pro izolaci DNA. K tomuto účelu byly použity Chemagic DNA Bacteria Kit a MasterPure™ Complete DNA and RNA Purification Kit. Při použití Chemagic DNA Kitu byla zvolena varianta postupu pro gramnegativní bakterie. Pro namíchání směsi pro PCR byl použit komerční kit Fast Start *Taq* DNA polymerase dNTPack. Použitá směs pro PCR byla vybrána z literatury a upravena [18]. Doporučeno bylo složení: libovolné množství vody bez nukleotidů, PCR pufr s $MgCl_2$ o finální koncentraci 2 mM $MgCl_2$, 1 µl směsi dNTP (každý

nukleotid 200 µM), primery 200 nM každý, *Taq* DNA polymeráza 0,4 µl. Vzorky byly následně vloženy do termocykléru, kde došlo k pomnožení DNA řetězců. K identifikaci byly použity specifické primery pro *Thiobacillus ferrooxidans* F1_thio (sense) ATGCGTAGGAATCTGTCTTT a R1_Thio (antisense) GGACTTAACCCAACATCTCA. Program se skládal ze tří kroků, které se cyklicky opakovaly. Denaturace DNA probíhala při 95 °C po dobu 30 s. Nasedání primerů probíhalo od 65 °C do 58 °C po dobu 30 s, teplota se snižovala o 1 stupeň ob jeden cyklus. Posledním krokem byla polymerace, která probíhala při 72 °C po dobu 2 min. Po dosažení teploty 58 °C probíhal celý cyklus 20krát (celým cyklem míněno denaturace 95 °C po 30 s, nasedání primerů 58 °C 30 s, polymerace 72 °C 2 min). Následovalo 10 min při 72 °C. Na konci byla teplota snížena na 4 °C. Po pomnožení DNA řetězců v termocykléru následovala agarózová elektroforéza. Byl použit 2% agarózový gel. Do agarózového média bylo přidáno červené barvivo Nancy 520. Elektroforéza byla spuštěna při napětí 100 V po dobu 60 - 100 min. Detekce vznikajících fragmentů byla potvrzena na transiluminátoru a fotograficky zdokumentována.

# 4. Výsledky

Z výluhu vzorku byl pipetován 1 ml do 30 ml kapalného média dle Fjodorova, 1 ml do 30 ml kapalného ThioB média a 1 ml výluhu vzorku pipetován na pevné médium ThioA. Kultivace trvala 7 dní. Vzhledem k tomu, že takto navržený postup měl za následek masivní nárůst plísní, které pravděpodobně potlačily růst thionových bakterií, byl postup upraven. Pro kultivaci byly použity výluhy vzorků po 7 denním louhování, objem 2 ml výluhu vzorku byl přidán k 8 ml tekutého média dle Fjodorova, dále byly 2 ml pipetovány k 8 ml tekutého ThioB média. Objem 1 ml výluhu vzorku byl rovněž pipetován na povrch pevného ThioA média. Tímto postupem se zvýšila pravděpodobnost záchytu a pomnožení acidofilních mikroorganismů ve/na zvolených médiích. To znamená, že pro zjištění přítomnosti a schopnosti růstu acidofilních mikroorganismů byla použita 3 média a 2 různé poměry objemu vzorku výluhu z exempláře a kultivačního média.

## 4.1 Vzorky NAKI0003 - NAKI0011

Při kultivaci (trvající 21 dní) ve zkumavkách v tekutém médiu dle Fjodorova a ThioB médiu byl pozorován bílý zákal a zabarvení vzorků. Bakterie rodu *Thiobacillus* provádí metabolickou činnost v slabě kyselém (či neutrálním) prostředí, jejich činností klesá hodnota pH v prostředí až na 4,5. Může docházet k produkci kyseliny sírové, způsobující pokles hodnoty pH až na 1,0. Z výše uvedeného důvodu byla zjišťována i hodnota pH použitých tekutých médií a médií se vzorky výluhů. Lze předpokládat, že pokles hodnot pH indikoval přítomnost acidofilních mikroorganismů (viz tabulka 1). Hodnota pH média dle Fjodorova byla před přidáním výluhu 9,17 a hodnota pH ThioB média 4,85.

**Tabulka 1.** Aktivita bakterií ve Fjodorovově médiu a ThioB médiu

| Vzorek / Médium | NAKI0003 | NAKI0004 | NAKI0005 | NAKI0006 | NAKI0007 | NAKI0011 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Výluh + Fjod.méd. (2 ml + 8 ml)** | Zákal pH 4,33 | - pH 5,60 | Zákal pH4,28 | Zákal pH4,34 | - pH 5,36 | Zákal pH 3,45 |
| **Výluh + ThioB méd. (2 ml + 8 ml)** | Zákal pH 4,55 | - pH 5,57 | Zákal pH 3,48 | Zákal pH4,93 | - pH 3,38 | Zákal pH 4,53 |

*Komentář k tabulce 1: pH bylo měřeno pomocí přístroje VOLTCRAFT PH-100 ATC*

Vysrážení síry na pevném ThioA médiu mělo indikovat růst bakterií. Acidofilní mikroorganismy byly určovány na základě typického mléčného zabarvení kolonií s čirým okrajem či krémového zabarvení kolonií s bílým okrajem. Okraje kolonií indikovaly sirný metabolismus mikroorganismu. Nevýhodou média ThioA byla jeho konzistence, po delší době kultivace docházelo k narušení povrchu a tvoření brázd. Heterotrofní acidofilní bakterie byly růžové a na okrajích vybarvené, nebo béžové s bílým okrajem typické pro rod *Acidiphilium*. Dále bylo možné pozorovat i blíže nespecifikované velké oválné a krémově zabarvené kolonie heterotrofních acidofilních bakterií. Kolonie bakterií oxidujících železo byly oranžovohnědé s paprsčitými okraji (viz tabulka 2).

**Tabulka 2.** Kultivace na pevném ThioA médiu (z výluhů ve Fjodorovově a ThioB médiu), vzhled a charakter kolonií přítomných mikroorganismů

| Vzorek | Výluh + tekuté Fjodorovo médium (2 ml výluhu a 8 ml média) | Výluh + tekuté ThioB médium (2 ml výluhu a 8 ml média) |
|---|---|---|
| | **Následně aplikace 1 ml vzorku výluhu po subkultivaci (v tekutém Fjodorovo nebo ThioB médiu) na pevné ThioA médium v Petriho misce** | |
| **NAKI0003** | Přítomné zlatavě zabarvené kolonie plísní a bílé lesklé kolonie acidofilních bakterií, drobné mírně narezlé kolonie bakterií. | Přítomné zlatavě zabarvené kolonie plísní a blíže neidentifikovatelné kolonie acidofilních bakterií. |
| **NAKI0004** | Přítomné rezavě zabarvené kolonie bakterií s bílým okrajem. | Přítomné kolonie plísní a blíže neidentifikovatelné kolonie acidofilních bakterií. |
| **NAKI0005** | Přítomné rezavě zabarvené drobné kolonie bakterií. | Přítomné bílé krémové kolonie s průsvitným okrajem, mírně narezlé kolonie bakterií. |
| **NAKI0006** | Přítomné rezavě zabarvené drobné kolonie bakterií. | Přítomné kolonie plísní a bílé drobné kolonie bakterií. |
| **NAKI0007** | Přítomné bílé krémově zabarvené rozplizlé kolonie bakterií. | Přítomné lesklé bílé krémové kolonie s průsvitným okrajem, s hrbolky, mírně narezlé kolonie bakterií. |
| **NAKI0011** | Přítomné plísně a rezavě zabarvené drobné kolonie bakterií. | Přítomné plísně a mírně narezlé kolonie bakterií. |

Pro stanovení thionových bakterií pomocí metod molekulární biologie byly testovány 2 DNA izolační kity, a to 1: Chemagic DNA Bacteria Kit a 2: MasterPure™ Complete DNA and RNA Purification Kit. Na základě testování byl pro izolaci zvolen Chemagic DNA Bacteria Kit, který vykazoval dostatečně intenzivní signál. Jako pozitivní kontrola přítomného DNA sloužil bakteriální kmen CCM 4253 (očekávaná velikost vznikajících fragmentů po PCR při použití specifických primerů pro *T. ferrooxidans* je cca 1000 bp). Současně byl použit i obecný bakteriální *Bac* primer (očekávaná velikost vznikajících fragmentů po PCR při použití obecných bakteriálních primerů je cca 600 bp). Sumarizaci výsledků uvádí tabulka 3. Pro zajímavost je možné porovnat výsledky aplikované metody PCR s výsledky kultivačních stanovení, uvedených v tabulce 2 a současně i posoudit výpovědní hodnotu kultivačních stanovení, postupů louhování, úpravy vzorků a použitých médií.

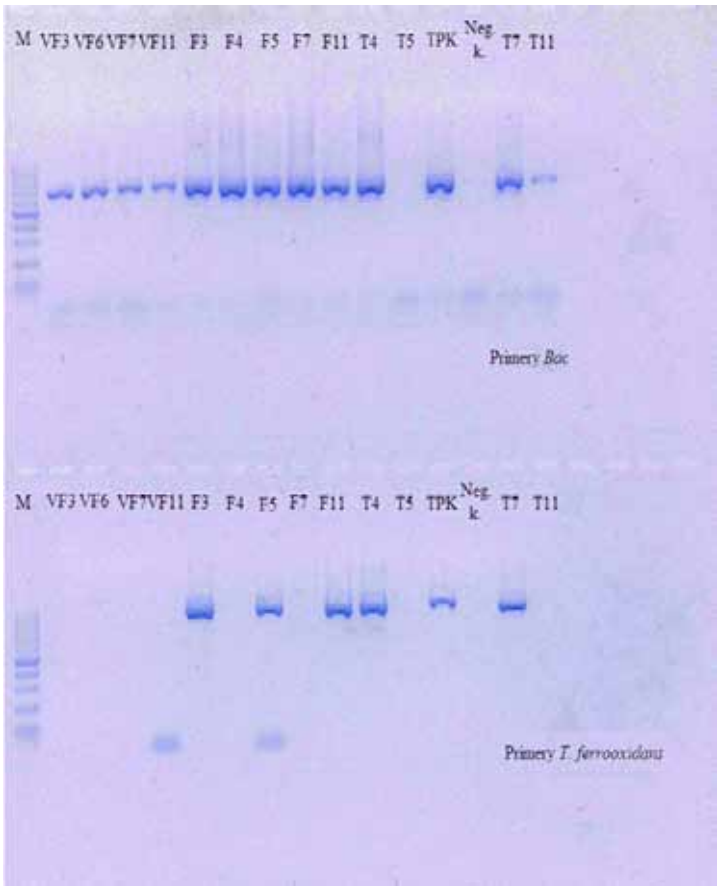
**Tabulka 3.** Výsledky PCR a odezva na přítomnost bakterií (*Bac* primer) a bakterií *Thiobacillus ferrooxidans*

| Vzorek | Výluh + tekuté Fjodorovo médium (2 ml výluhu a 8 ml média) | Výluh + tekuté ThioB médium (2 ml výluhu a 8 ml média) |
|---|---|---|
| | **Pozitivní/negativní výsledek PCR reakce** | |
| **NAKI0003** | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI0004** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI0005** | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI0006** | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI0007** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI0011** | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |

Pozitivní výsledek elektroforetické analýzy byl pozorován v případě, že vzorek po louhování, kultivaci a izolaci obsahoval bakteriální DNA. Po přidání PCR směsi a proběhnutí PCR reakce, během

které došlo k namnožení DNA řetězců, bylo možné pozorovat fragment o velikosti cca 600 bp, odpovídající fragmentu bakteriální DNA. To bylo pozorováno u vzorků NAKI0003, NAKI0004, NAKI0005, NAKI0006, NAKI0007 a NAKI0011.

Pozitivní odezva na přítomnost DNA bakterie *Thiobacillus ferrooxidans* byla pozorována v případě, že vzorek po louhování, kultivaci a izolaci obsahoval templátovou DNA tohoto mikroorganismu. Po přidání PCR směsi a proběhnutí PCR reakce, během které došlo k namnožení DNA řetězců, bylo možné pozorovat fragment o velikosti cca 1000 bp, odpovídající specifickému fragmentu DNA při použití primerů pro bakterii *Thiobacillus ferrooxidans*. To bylo pozorováno u vzorků NAKI0003, NAKI0004, NAKI0005, NAKI0007 a NAKI0011. Bylo tedy možné předpokládat, že ve výše zmiňovaných výluzích vzorků byly přítomny bakterie *Thiobacillus ferrooxidans* (viz Obr. 1).




M = Marker, Neg. k. = negativní kontrola (bez templátové DNA).

VF = 1 ml vzorku ve 30 ml média dle Fjodorova.

F = 2 ml výluhu vzorku v 8 ml média dle Fjodorova.

T = 2 ml výluhu vzorku v 8 ml ThioB média.

Vzorky NAKI0003 – NAKI0011, pro přehlednost psáno pouze poslední číslo označující vzorek.

FPK = pozitivní kontrola kmene v médiu dle Fjodora.

TPK = pozitivní kontrola v médiu ThioB.

*Bac* = obecné bakteriální primery (očekávaná velikost vznikajících fragmentů po PCR při použití obecných bakteriálních primerů je cca 600 bp).

Primery *T. ferrooxidans* (očekávaná velikost vznikajících fragmentů po PCR při použití specifických primerů pro *T. ferrooxidans* je cca 1000 bp).

**Obr. 1** Agarózová elektroforéza PCR produktů u vzorků NAKI

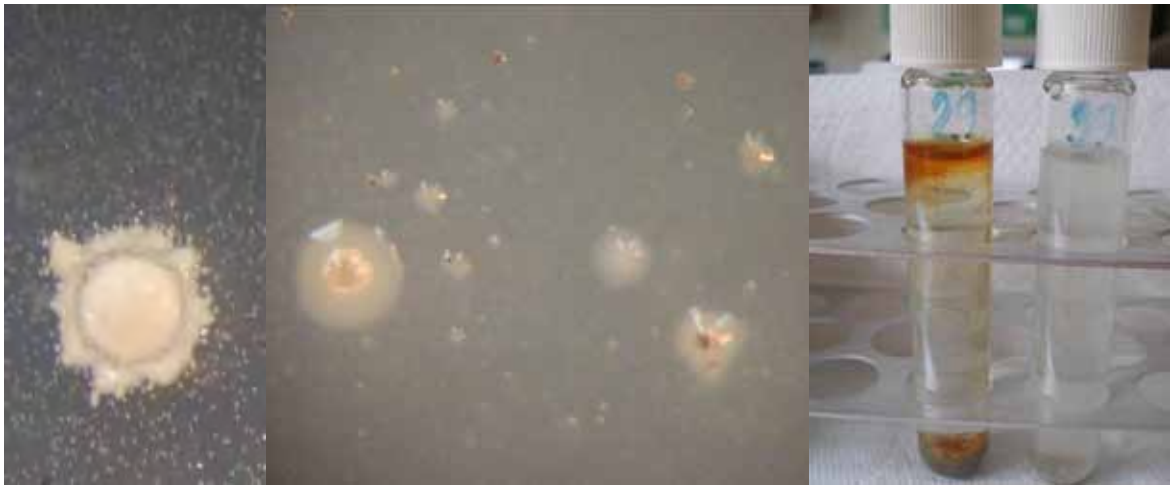
## 4.2 Vzorky NAKI167 - NAKI175

V tabulce 4 je uvedena aktivita bakterií a hodnota pH u nasazených vzorků výluhů. Na Obr. 2 je zdokumentován vzhled barevné reakce ve Fjodorově médiu a v ThioB médiu a následně pak kolonií rostoucích na ThioA médiu.

**Tabulka 4.** Aktivita bakterií ve Fjodorovově médiu a ThioB médiu

| Vzorek | NAKI 167 | NAKI 168 | NAKI 169 | NAKI 170 | NAKI 171 | NAKI 172 | NAKI 173 | NAKI 174 | NAKI 175 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Výluh + Fjod. méd. (2 ml + 8 ml)** | Zákal pH 7,68 | - pH 7,53 | Zákal pH 7,34 | Zákal pH 6,94 | Zákal pH 8,19 | Zákal pH 8,08 | Zákal pH 7,83 | - pH 8,58 | Zákal, sraž. pH 6,71 |
| **Výluh + ThioB méd. (2 ml + 8 ml)** | - pH 6,76 | - pH 6,29 | - pH 6,13 | Zákal pH 7,3 | Zákal pH 7,46 | - pH 5,12 | Zákal pH 5,16 | - pH 5,20 | Zákal pH 3,97 |

Komentář k tabulce 4: pH bylo měřeno pomocí přístroje VOLTCRAFT PH-100 ATC



**Obr. 2** Aktivita bakterií v tekutých médiích (zkumavka vlevo „29“ ve Fjodorovově médiu, zkumavka vpravo „39“ v ThioB médiu) a vzhled kolonií bakterií rodu *Thiobacillus*

**Tabulka 5.** Kultivace vzorku výluhu na pevném ThioA médiu

| Vzorek | Přítomnost a vzhled kolonií mikroorganismů |
|---|---|
| **NAKI167** | Přítomné krémově zabarvené kolonie bakterií, acidofilní mikroorganismy. |
| **NAKI168** | Přítomnost vysrážené síry, drobné bílé kolonie bakterií, převažovaly plísně. |
| **NAKI169** | Přítomné krémově zabarvené kolonie bakterií, acidofilní mikroorganismy. |
| **NAKI170** | Přítomné krémově a rezavě zabarvené kolonie bakterií. |
| **NAKI171** | Přítomné krémově zabarvené kolonie bakterií, acidofilní mikroorganismy. |
| **NAKI172** | Přítomné krémově, žlutě a rezavě zabarvené kolonie bakterií, dále plísně. |
| **NAKI173** | Přítomné zlatavě žluté kolonie bakterií. |
| **NAKI174** | Přítomné krémově a rezavě zabarvené kolonie bakterií. |
| **NAKI175** | Přítomné plísně. |

Výluhy vzorků v kapalných médiích byly centrifugovány, izolovány pomocí kitů, upraveny pomocí PCR a separovány pomocí gelové elektroforézy. Pozitivní výsledek elektroforetické analýzy byl pozorován v případě, že vzorek po louhování, kultivaci a izolaci obsahoval bakteriální DNA. Po přidání PCR směsi a proběhnutí PCR reakce, během které došlo k namnožení DNA řetězců, bylo možné pozorovat fragment o velikosti cca 600 bp, odpovídající fragmentu bakteriální DNA. To bylo pozorováno u vzorků NAKI167, NAKI168, NAKI169, NAKI171, NAKI172, NAKI173, NAKI174 a NAKI175. Pozitivní odezva na přítomnost DNA bakterie *Thiobacillus ferrooxidans* byla pozorována u vzorku NAKI174, lze tedy předpokládat, že se v uvedeném výluhu vyskytovaly bakterie *Thiobacillus ferrooxidans*.

**Tabulka 6.** Výsledky PCR a odezva na přítomnost bakterií (*Bac* primer) a bakterií *Thiobacillus ferrooxidans*

| Vzorek | Výluh + tekuté Fjodorovo médium (2 ml výluhu a 8 ml média) | Výluh + tekuté ThioB médium (2 ml výluhu a 8 ml média) |
|---|---|---|
| | Pozitivní/negativní výsledek PCR reakce | |
| **NAKI167** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI168** | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI169** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI170** | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI171** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI172** | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI173** | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI174** | + bakterie<br>+ *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |
| **NAKI175** | - bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* | + bakterie<br>- *Thiobacillus ferrooxidans* |

Při posouzení výsledků, uvedených v tabulce 5 a následně 6 je možné usoudit, že zlatavě žluté zbarvení kolonií indikovalo přítomnost železo oxidujících bakterií. Ty byly pozorovány ve vzorcích NAKI172 a NAKI173. Přítomné plísně znesnadňovaly pomnožování pomalu rostoucích bakterií, je možné, že zabránily růstu acidofilních a thionových bakterií ve vzorcích NAKI168, NAKI170 a NAKI175. Přítomnost acidofilních bakterií byla patrná na základě bílého krémového zbarvení kolonií u vzorků NAKI167, NAKI169 – NAKI174.

## Závěry

Cílem této práce bylo identifikovat mikroorganismy, které způsobují degradaci pyritu, a tím způsobují poškozování paleontologických materiálů. K identifikaci mikroorganismů byly použity jak metody kultivační, tak metody molekulární biologie. Cílem bylo jednak porovnat výsledky získané oběma metodami, zároveň bylo snahou zjistit spolehlivost daných metod a jejich vzájemnou propojenost při určování přítomnosti bakterií ať už obecně, či konkrétně bakterie *Thiobacillus ferrooxidans*. Vhodná volba médií pro kultivaci cílového organismu byla velmi důležitá. Kultivace thionových bakterií, jejichž přítomnost byla na degradovaných materiálech předpokládána, je velmi složitá a ačkoliv existují média doporučovaná, na kultivaci tohoto druhu bakterií, úspěšnost nebyla vždy zaručena. Acidofilní mikroorganismy potřebují delší čas a dostatek živin, aby se dostatečně pomnožily.

Pro kultivaci byla zvolena tři média. Kapalné médium dle Fjodorova a ThioB a pevné médium ThioA. Ani jedno z použitých médií nebylo zcela specifické. Nelze s určitostí tvrdit, že jedno z vybraných médií by mělo být preferováno při dalších kultivacích. Různé složení kapalných médií a odlišná hodnota pH nabízely vhodné podmínky pro kultivaci thionových bakterií. Na základě zvoleného způsobu kultivace bylo usouzeno, že nejvhodnější metodou kultivace bude zřejmě kombinace kultivací na všech 3 médiích. Použití pevného média ThioA ke kultivaci výluhu umožnilo sledovat vzhled narostlých kolonií bakterií. Z pohledu pod stereolupou na kolonie narostlé na ThioA médiu však nebylo možné vždy s jistotou určit, zda se jedná o druh *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans* či jiné mikroorganismy. Nevýhodou ThioA média byla jeho tekutější konzistence, po kultivaci delší než 14 dní docházelo k vytváření brázd na povrchu média a v některém případě i k porušení struktury

kolonie bakterie. Kultivace v obou typech kapalných médií měly tu výhodu, že v nich bylo možné sledovat zákal, který mohl signalizovat metabolickou aktivitu bakterií. Na základě různého vzhledu a zabarvení média, tvorby sraženin, i změny hodnot pH bylo možné přítomnost těchto mikroorganismů předpokládat.

Následně po zvolení vhodného poměru výluhu a kapalného média byla analýza pomocí metod molekulární biologie snadná, odezva na elektroforetickém záznamu byla velmi jasná. Použití metod molekulární biologie mohlo přítomnost předpokládaných mikroorganismů potvrdit. V rámci metod molekulární biologie byly výluhy vzorků po kultivaci odstředěny, vzniklé pelety byly použity pro izolaci DNA, PCR reakci a elektroforetickou analýzu. Za použití metod molekulární biologie byl potvrzen výskyt mikroorganismu *Thiobacillus ferrooxidans* (syn. *Acidithiobacillus ferrooxidans*) ve vzorcích NAKI0003, NAKI0005 a NAKI0011 (zvolený poměr 2 ml výluhu a 8 ml média dle Fjodorova), NAKI0004 a NAKI0007 (zvolený poměr 2 ml výluhu a 8 ml média ThioB) a ve vzorku NAKI174 (médium dle Fjodorova).

Bylo potvrzeno metodami kultivačními i pomocí metod molekulární biologie, že thionové bakterie se nachází na povrchu degradovaných materiálů. Lze tedy předpokládat, že se podílí na oxidaci paleontologických materiálů.

**Poděkování:** Vypracováno při řešení projektu DF12P01OVV031.

## Literatura

1. NEWMAN, A. Pyrite oxidation and museum collections: a review of theory and conservation treatments. *The geological curator*. 1998, 363-371.

2. KOLESÁR, P. Rozklad markasitu ve sbírkách pyritu a a možnost jejich konzervace. In: *Mineral.cz* [online]. 2001 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: http://www.mineral.cz/view.php?cisloclanku=2001122401

3. ADAMS, D. J. The role of microorganisms in acid rock drainage. *Http://geoinfo.nmt.edu* [online]. Weber State University, Ogden, Utah, 2005, 2008 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: http://geoinfo.nmt.edu/staff/mclemore/documents/adams_sme.pdf

4. BRIERLEY, C. L. Microbiological mining. *Scientific American*. 1982, č. 247, s. 42-50.

5. URÍK, M., Littera, P., Mikušová, P. Mikrobiálna oxidácia sulfidov. *Chemické Listy*. 2013, č. 107, s. 292-297.

6. RAWLINGS, D. E. Mesophilic, Autotrophic Bioleaching Bacteria: Description, Physiology and Role. *Biomining: Biotechnology Intelligence Unit*. 1997, s. 229-245.

7. ROHWERDER, T., GEHRKE, T., KINZLER, K., SAND, W. Bioleaching review part A. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2003-12-1, vol. 63, issue 3, s. 239-248. DOI: 10.1007/s00253-003-1448-7. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s00253-003-1448-7

8. GERICKE, M., PINCHES, A. Bioleaching of copper sulphide concentrate using extreme thermophilic bacteria. *Minerals Engineering*. 1999, vol. 12, issue 8, s. 893-904. DOI: 10.1016/S0892-6875(99)00076-X. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S089268759900076X

9. SMITH, E. E., SHUMATE, K. S. Sulfide to Sulfate Reaction Mechanism: A Study of the Sulfide to Sulfate Reaction Mechanism as it Relates to the Formation of Acid Mine Waters. Michigan, 1970. Water pollution control research series. Michigan University.

10. NORDSTROM, D. K. *Acid Sulfate Weathering*. Soil Science Society of America, 1982, s. 37-56. ISBN 978-0-89118-905-3.

11. MAHMOUD, M. A., WOODALL, W. H. Phase I Analysis of Linear Profiles With Calibration Applications. *Technometrics*. 2004, vol. 46, issue 4, s. 380-391. DOI: 10.1198/004017004000000455. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1198/004017004000000455

12. BANG, B. S. Framboidal pyrite and associated organic matrices. A risky composite for preservation of fossils. In: *IIC Nordic Group, Danish Section, XIII Congress preprints. Copenhagen, 7-11 September 1994*. Denmark: Nordisk Konservatorforbund. Danske Sektion, 1994, s. 65-82.

13. RIXON, A. *Fossil animal remains: their preparation and conservation*. [Atlantic Highlands] N.J.: distributed by Humanities Press, 1976. ISBN 04-851-2028-3.

14. JOHNSON, D. B. Selective solid media for isolating and enumerating acidophilic bacteria. *Journal of Microbiology Methods*. 1995, č. 23, s. 205-218.

15. ŠTĚPÁNEK, M. a kol. Biologické metody vyšetřování vod ve zdravotnictví. Avicenum, Praha, 1982, 408 s.

16. http://www.himedia.cz/katalog/product/M789 [online]

17. http://www.himedia.cz/katalog/product/M788 [online]

18. DEGEN, H. J., DEUFEL, A., EISEL, D. PCR Applications Manual. ROCHE DIAGNOSTICS GMBH. *Www.gene-quantification.de* [online]. Mannheim, Německo, 2006 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: http://www.gene-quantification.de/ras-pcr-application-manual-3rd-ed.pdf

# VÝSLEDKY ODCHYTU STŘEVLÍKŮ (COLEOPTERA: CARABIDAE) DO ZEMNÍCH PASTÍ NA LOKALITĚ BAŽANTNICE V ÚSTÍ NAD LABEM

# RESULTS OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA: CARABIDAE) BY PITFALL TRAPINGS ON LOCALITY BAŽANTNICE IN ÚSTÍ NAD LABEM

**Diana HOLCOVÁ, Lucie KONRÁTOVÁ, Michal HOLEC**

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Králova výšina 7, Ústí nad Labem, 400 96, Česká republika, michal.holec@ujep.cz, diana.holcova@ujep.cz

**Abstrakt**

V roce 2003 a 2013 proběhl orientační průzkum střevlíkovitých brouků na území „Bažantnice“ – významné oblasti z hlediska individuální výstavby a součásti katastrálního území Krásného Března v Ústí nad Labem. Území pokrývají převážně lesy, louky a ladem ležící a křovinami zarůstající bývalé louky. Celkem bylo zemními pastmi v obou letech zjištěno 33 druhů střevlíků. V nasbíraném materiálu se vyskytovaly pouze druhy běžné v lesních i nelesních společenstvech a druhy mírně narušené krajiny převažovaly nad druhy, charakteristickými pro krajinu silně člověkem ovlivněnou. V pastech dominovaly dva druhy lesních střevlíků, *Abax parellelepipedus* (Piller et Mitterpacher, 1783) a *Carabus hortensis* Linnaeus, 1758. Adaptabilní druhy převažovaly a tvořily 58% všech druhů.

**Abstract**

In 2003 and 2013, the survey of ground beetles was carried out in the territory “Bažantnice” an important point in terms of the individual housing and the part of the cadastral area of the Krásné Březno in Ústí nad Labem. The area is covered by forests, meadows and uncultivated meadows covered by the shrubby vegetation. In total 33 species of ground beetles were found by pitfall traps in both years. The collected material included the common species of the forest and open habitats and the species of slightly disturbed landscape prevailed over the species characteristic for a landscape heavily affected by human activities. Two species of the forest ground beetles dominated in the pitfall traps, Abax parellelepipedus (Piller et Mitterpacher, 1783) and Carabus hortensis Linnaeus, 1758. Adaptable species predominated and accounted for 58% of all species.

**Klíčová slova:** *střevlíci, Carabidae, faunistika, zemní pasti, louky, lesy, Ústí nad Labem*

**Key words:** *ground beetles, Carabidae, faunistic, pitfall traps, forests, meadows, Ústí nad Labem*

## Úvod

„Bažantnice“ je část volné mozaikovité luční i lesní krajiny, která leží v sv. části Ústí nad Labem. Lokalita navazuje na výstavbu individuálního bydlení a do budoucna je, dle současného platného územního plánu města Ústí nad Labem, určena k individuálnímu bydlení v rodinných domech. Vzhledem k tomu, že jde o významné území z hlediska dalšího rozvoje bydlení v Ústí nad Labem, bylo, na žádost Magistrátu města Ústí nad Labem, zpracováno hodnocení (HOLEC, 2003), jehož součástí bylo i zhodnocení přítomných střevlíkovitých brouků. V roce 2013 byl průzkum zopakován, v rámci projektu Interní grantové agentury UJEP. Cílem příspěvku je informovat o diverzitě této skupiny živočichů v rámci relativně neovlivněného území v době, než tato lokalita bude zastavena.

# Lokalita a metodika

## Lokalita

Řešené území „Bažantnice“ je součástí katastrálního území Krásné Březno, náležící do městského obvodu Ústí nad Labem - Neštěmice (Obr. 1). Leží na jižních a jihovýchodních svazích (cca od 170 do 220 m n. m.) údolí řeky Labe a sousedí se zástavbou obytných domů v ulicích Neštěmická a Ke třem křížům. Sledované území, o rozloze přibližně 300 x 300 m, lze stručně charakterizovat přítomností mozaiky otevřených, přechodových a lesních stanovišť. Mezi otevřenými společenstvy dominují obhospodařované a druhově chudé ovsíkové louky (k charakteristickým druhům rostlin patří např. *Arrhenatherum elatius, Anthriscus sylvestris, Dactylis glomerata*). Do těchto míst pak ve střední části lokálně pronikají společenstva teplomilnějších druhů (z charakteristických rostlin např. *Centaurea jacea, Falcaria vulgaris*, *Fragaria* spp., *Festuca* spp., *Linaria vulgaris, Thymus pulegioides* apod.). Tyto plochy jsou neobhospodařované a postupně zde dochází k zarůstání křovinami. Otevřená a křovinatá společenstva po obvodu lokality navazují na lesní porosty, často se vzrostlými duby. Ve spodní části lokality vyvěrá pramen vody. Převážně mezofilní charakter zdejších společenstev je zde vystřídán společenstvy druhů náročnějších na vlhkost a na živiny (z rostlin např. *Salix gracilis*, *Ranunculus repens, Urtica dioica* apod.). Územím prochází několik nezpevněných cest. K vegetaci podrobněji viz MACHOVÁ (2003).

## Metodika

Střevlíkovití brouci byli získáváni odchytem do sedmi zemních pastí naplněných fixační tekutinou 4% formaldehydu (2013: lgt. M. Holec, det. M. Šlachta; 2014: lgt. D. Holcová, det. M. Holec a rod Amara P. Moravec). Vybírání materiálu z pastí, které byly instalovány vždy v období od dubna do listopadu 2003 a 2013, probíhalo přibližně v měsíčních intervalech. Rozmístění pastí v rámci řešeného území je uvedeno pomocí GPS souřadnic níže (2 pasti byly umístěny v lese, 2 v otevřených lučních stanovištích, 2 na okraji lesa). Druhové složení střevlíků je uvedeno v tabulce 1. Materiál byl dále zhodnocen s využitím bioindikační klasifikace střevlíkovitých brouků podle Hůrky a kol. (1996). V klasifikaci autoři rozlišují tyto kategorie druhů: R – druhy s nejužší ekologickou valencí, většinou vzácné a ohrožené druhy přirozených a nepoškozených ekosystémů; A – adaptabilnější druhy se schopností obývat i druhotná, regenerovaná stanoviště (typické lesní druhy - přirozených i umělých lesů, pobřežní druhy vodních ekosystémů, druhy luk, pastvin apod.); E – eurytopní druhy, druhy nestabilních biotopů, druhy obývající člověkem silně přetvořenou krajinu. Nomenklatura byla použita podle Löbla a Smetany (2003).

GPS souřadnice sedmi zemních pastí: 50°40‘25.211“N, 14°5‘14.685“E; 50°40‘24.714“N, 14°5‘9.167“E; 50°40‘24.932“N, 14°5‘6.029“E; 50°40‘23.483“N, 14°5‘4.886“E; 50°40‘21.939“N, 14°5‘6.164“E; 50°40‘21.460“N, 14°5‘11.115“E; 50°40‘18.679“N, 14°5‘9.513“E

# Výsledky a diskuze

V letech 2003 a 2013 bylo na lokalitě „Bažantnice“ zjištěno celkem 1399 jedinců, náležících ke 33 druhům (viz Tabulka 1). Výskyt těchto druhů je v širším okolí více či méně běžný (viz např. Vysoký, 1989). Z hlediska hodnocení zastoupení jedinců podle jednotlivých kategorií bioindikační klasifikace střevlíkovitých brouků, 84% všech chycených jedinců náleželo mezi adaptabilní druhy, které tvořily 58% všech druhů. Zbytek tvořily druhy eurytopní. Druhy kategorie R nebyly zjištěny. V pastech dominovaly dva druhy lesních střevlíků, *Abax parellelepipedus* (Piller et Mitterpacher, 1783) a *Carabus hortensis* Linnaeus, 1758. Výsledky průzkumu dokládají polopřirozený, a tedy nepříliš degradovaný stav sledovaného území.

Přesto, že se výsledky zakládají pouze na orientačním průzkumu (orientační především z hlediska použití jediné metody sběru – odchytu do zemních pastí), jsou v souladu s našimi předpoklady, založenými na předchozí rekognoskaci terénu a orientačním průzkumu charakteru a druhového složení vegetace (MACHOVÁ, 2003). Na území se setkáváme jednak s lesními společenstvy, na které jsou

obecně v naší fauně vázány druhy především adaptabilních druhů střevlíků, a jednak s mozaikou lučních a místy xerofytních a floristicky bohatších společenstev, ve kterých nacházíme jak druhy adaptabilní, tak druhy vázané často na různá ruderální společenstva.

V rámci jednoročního průzkumu pavouků v roce 2003, byla na této lokalitě zjištěna převaha druhů i jedinců druhů z kategorie adaptabilních (HOLEC, 2005). Odlišností výsledků průzkumu pavouků bylo především zjištění osmi reliktních druhů (ve smyslu Buchara, 1992). Mírně odlišné výsledky využitím obou klasifikací a skupin živočichů, dokládají význam využívání více indikačních skupin.

## Poděkování

Práce vznikla v rámci projektu projektu Interní grantové agentury UJEP - Limity biodiverzity v kulturní antropogenizované krajině.

**Tab. 1:** Abecedně uspořádaný seznam druhů střevlíkovitých zjištěných na sledovaném území a jejich zařazení v rámci bioindikačních kategorií. A - adaptabilní druhy, E - eurytopní druhy

| DRUH | BIOINDIKAČNÍ KATEGORIE | POČET JEDINCŮ 2003/2013 |
|---|---|---|
| *Abax carinatus* (Duftschmid,1812) | A | 3/- |
| *Abax parallelus* (Duftschmid, 1812) | A | 2/- |
| *Abax parellelepipedus* (Piller et Mitterpacher, 1783) | A | 189/252 |
| *Amara communis* (Panzer, 1797) | A | -/2 |
| *Amara convexior* Stephens, 1828 | E | 1/3 |
| *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) | E | -/4 |
| *Bembidion obtusum* Audinet-Serville, 1821 | E | -/2 |
| *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777) | E | 8/2 |
| *Calathus melanocephalus* (Linnaeus, 1758) | E | -/3 |
| *Carabus cancellatus* Illiger, 1798 | A | 11/25 |
| *Carabus convexus* Fabricius, 1775 | A | 22/34 |
| *Carabus coriaceus* Linnaeus, 1758 | A | -/2 |
| *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 | E | -/1 |
| *Carabus hortensis* Linnaeus, 1758 | A | 137/186 |
| *Carabus intricatus* Linnaeus, 1761 | A | 11/19 |
| *Carabus nemoralis* O.F. Müller, 1764 | A | 65/89 |
| *Cychrus caraboides* (Linnaeus, 1758) | A | - /2 |
| *Harpalus latus* (Linnaeus, 1758) | A | 22/6 |
| *Harpalus luteicornis* (Duftschmid, 1812) | A | 8/2 |
| *Harpalus rubripes* (Duftschmid, 1812) | E | 6/14 |
| *Harpalus rufipes* (De Geer, 1774) | E | 7/28 |
| *Microlestes maurus* (Sturm, 1827) | E | -/2 |
| *Notiophilus aquaticus* (Linnaeus, 1758) | A | 2/- |
| *Notiophilus biguttatus* (Fabricius, 1779) | A | -/2 |
| *Ophonus laticollis* Mannerheim, 1825 | A | 2/- |
| *Ophonus rufibarbis* (Fabricius, 1792) | E | 1/3 |
| *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824) | E | 20/44 |
| *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) | E | 34/15 |
| *Pterostichus melas* (Creutzer,1799) | A | 3/- |

| | | |
|---|---|---|
| *Pterostichus niger* (Shaller, 1783) | A | 13/28 |
| *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787) | A | 8/34 |
| *Pterostichus strenuus* (Panzer, 1796) | E | 2/11 |
| *Synuchus vivalis* (Illiger, 1798) | E | 5/2 |

## Literatura

BUCHAR, J. (1992) Komentierte Artenliste der spinnen Böhmens (Araneida). *Acta Universitatis carolinae Biologica*, 36: 383-428.

HOLEC (2003) Střevlíkovití (Coleoptera: Carabidae). In HOLEC, M., MACHOVÁ, I. (Eds.): Biologické hodnocení dle §67 odst. 1. zák. 114/1992 Sb. a § 18 vyhl. č. 395/1992 „Krásné Březno – Bažantnice“. Deponováno na Magistrát Ústí n. L. 25 str.

HOLEC, M. (2005) Výsledky odchytu pavouků do zemních pastí na lokalitě Bažantnice v Ústí nad Labem. *Fauna Bohemiae Septentrionalis*, 30. 23-28.

HŮRKA K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Carabidae České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 565 s. (In English and Czech)

HŮRKA K., VESELÝ P., FARKAČ J., (1996) Využití střevlíkovitých (Coleoptera Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*, 32: 15 – 26.

LÖBL I., SMETANA A. (eds.), (2003) *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 1: Archostemata - Myxophaga - Adephaga.* Stenstrup: Apollo Books, 819 str.

MACHOVÁ, I. (2003) Vyšší rostliny. In HOLEC, M., MACHOVÁ, I. (Eds.): Biologické hodnocení dle §67 odst. 1. zák. 114/1992 Sb. a § 18 vyhl. č. 395/1992 „Krásné Březno – Bažantnice“. Deponováno na Magistrát Ústí n. L. 25 str.

VYSOKÝ V. (1989) *Střevlíkovití okresu Ústí nad Labem (Coleoptera: Carabidae)*. Příroda Ústecka II. Ústí nad Labem. 149 str.

**Obr. 1:** Vymezení území „Krásné Březno - Bažantnice“ (červeně) a lokalizace sedmi zemních pastí. Zelená linie ve spodní části obrázku znázorňuje biokoridor lokálního významu

# THERMO EFFECT EXAMINATION OF THE LITHIUM-POLYMER BATTERIES DURING DISCHARGE

**Szabolcs KOCSIS SZÜRKE[1], DR. habil ISTVÁN LAKATOS[2]**

[1] Széchenyi István University, SZE-KVJT, SZE-JKK, Győr, Hungary (kocsis.sz.szabolcs@gmail.com)

[2] Széchenyi István University SZE-KVJT, SZE-JKK, Győr, Hungary (lakatos@sze.hu)

**Abstract**

A significant focal point of the Research Centre of Vehicle Industry is on research into electric driven vehicles. Within this research field this study investigates the changing temperature during discharge of ultra-capacity lithium-polymer batteries applied in electric and hybrid vehicles.

The causes of temperature change during discharge effect depending on low voltage threshold and capacity are investigated. The applied measuring system with the relevant chemical background is also presented.

**Key words:** *Lithium polymer battery, battery testing, hybrid and electric vehicles, chemical structure of lithium-polymer batteries*

## Introduction

In recent years lithium-based batteries have become widespread due to increasing demand, financial investments and technological advantages (better energy density, longer lifetime, easier handling, rechargeability). They are also becoming more available, economical and reliable.

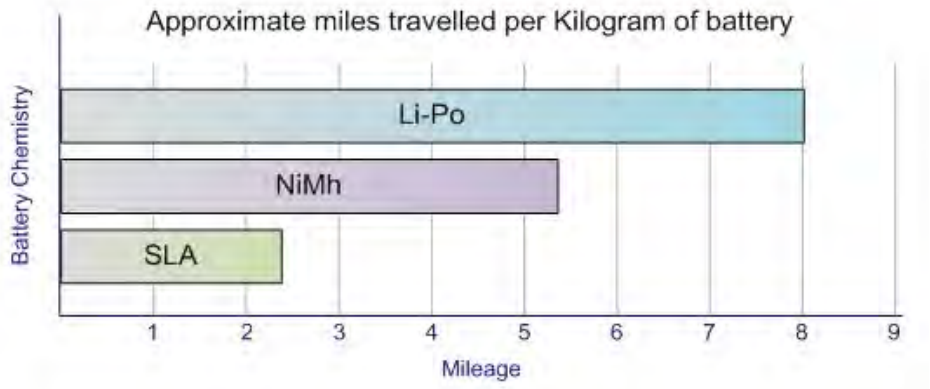



**Fig. 1** Comparison of different batteries [14]

Several development and operational problems can arise during battery application. One of the main difficulties is wear with capacity loss in case of continuous operation.

Main causes of the above mentioned phenomena:

- Overcharging or charging more than the nominative voltage level
- Over discharging or discharging lower than the nominative voltage level
- Wear and ageing problems

These are influenced by the following factors:

- Battery type

- Manufacturing method
- Connection system
- Application mode

In Figure 2 the default ideal charging and discharging sections given by the manufacturers can be seen.

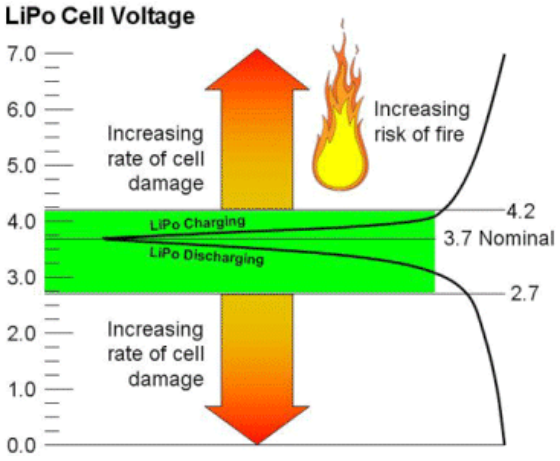



**Fig. 2** Default charging and discharging values by the manufacturer [11] [13]

In case of overcharging the battery can catch fire:

**Fig. 3** Overcharging [13] [11]

Over discharging can also significantly damage cells and result in considerable capacity loss; in some cases even the whole battery can be damaged. In order to have long-life battery cells and packs an optimal voltage interval is needed, which is the least destructive of cells. In the default lower discharge interval given by the manufacturer batteries can overheat and buckle. The goal is to select a voltage interval, which does not cause warming and full capacity is applicable.

The goal of this study is to define a voltage limit, which is optimal depending on capacity and lifetime. [10]

## Chemical reactions of lithium-polymer batteries

Charging and discharging process of lithium-polymer batteries can be seen in Figure 4.

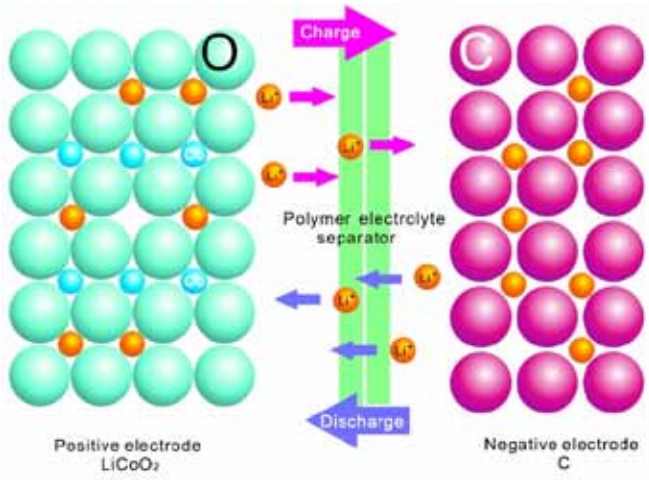



**Fig. 4** Charging and discharging process of lithium-polymer batteries [9]

Currently there are two commercialized technologies, both lithium-ion-polymer (where polymer stands for polymer electrolyte/separator) cells. These are collectively referred to as; polymer electrolyte batteries.

The battery is constructed as:

- Cathode: $LiCoO_2$ or $LiMn_2O_4$
- Separator: Conducting polymer electrolyte
- Anode: Li or carbon-Li intercalation compound

Typical reaction:

- Anode: carbon–Lix → C + xLi+ + xe−
- Separator: Li+ conduction
- Cathode: $Li_1{-}xCoO_2$ + xLi+ + xe− → $LiCoO_2$

Polymer electrolytes/separators can be solid polymers (e.g., polyethyleneoxide, PEO) plus $LiPF_6$, or other conducting salts plus $SiO_2$, or other fillers for better mechanical properties (such systems are not yet available commercially).

## Chemical Changes

Batteries are electrochemical devices which convert chemical energy into electrical energy or vice versa by means of controlled chemical reactions between a set of active chemicals. Unfortunately the desired chemical reactions on which the battery depends are usually accompanied by unwanted chemical reactions which consume some of the active chemicals or impede their reactions. Even if the cell‘s active chemicals remain unaffected over time, cells can fail because of unwanted chemical or physical changes to the seals keeping the electrolyte in place.

## Lithium Battery Failures

Over-Voltage

If the charging voltage is increased beyond the recommended upper cell voltage, typically 4.2 volts, excessive current flows give rise to two problems.

Lithium Plating

With excessive currents the lithium ions cannot be accommodated quickly enough between the intercalation layers of the anode; subsequently lithium ions accumulate on the surface of the anode

where they are deposited as metallic lithium. This is known as lithium plating. The consequence is an irreversible capacity loss and ultimately a short circuit between the electrodes.

### *Overheating*

Excessive current also causes increased joule heating of the cell, accompanied by an increase in temperature

Under-voltage / Over-discharge

Rechargeable lithium cells suffer from under-voltage as well as over-voltage. Allowing the cell voltage to fall below about 2,7 volts by over discharging or storage for extended periods results in progressive breakdown of the electrode materials.

Anodes: First the anode copper current collector is dissolved into the electrolyte. This increases the self-discharge rate of the cell and can ultimately cause a short circuit between the electrodes.

Cathodes: Keeping the cells for prolonged periods at voltages below 2,7 volts results in the gradual breakdown of the cathode over many cycles with the release of oxygen by the lithium cobalt oxide and lithium manganese oxide cathodes and a consequent permanent capacity loss.

## Equipment definition and unit connection for testing

Main devices for testing procedure:

- Power supply: Hameg HMP 4030
- Test load: EL-3000
- Data collector: NI Usb 6341
- Temperature sensors: NI Usb 6341
- Central computer for test with Labview software pack
- Battery: Turnigy nano-tech 5000 mAh
  - Maximum voltage: 4,2 V
  - Minimum voltage: 2,7 V
  - Capacity: 5 Ah

Both the power supply and test load can be connected to a computer via a USB port, at which the potential maximum baud rate is 115 k. Voltage and temperature values are collected by NI USB 5341 data collector card.

In Figure 5 the charging and discharging circuits with battery connection are structured.

**Fig. 5:** Scheme of battery testing equipment

A cyclic charging and discharging LabView program has been developed for realizing charging and discharging cycles. Tests can be carried out at different parameter settings.

Main program parameters:

- cycle counter;
- at charging: supply current and upper voltage limit;
- at conditioning;
- at discharging: discharging current value and lower voltage limit.

The outside and battery pack temperature is monitored continuously. Beyond a certain temperature limit the test is stopped.

Block scheme of the testing procedure can be seen in the following figure (Figure 6):

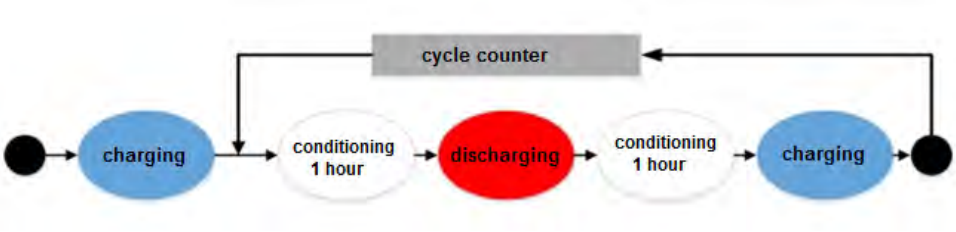



**Fig. 6:** Test cycle

Principles of test operation (order):

1. Battery charging by constant current till full charge and discharging till supply current falls under its limit
2. Charged battery conditioning for one hour
3. Discharging till threshold voltage falls under a certain limit
4. Conditioning for one hour
5. Start of second charging process

## Temperature dependency

Chemical reactions internal to the battery are driven either by voltage or temperature. Heat is a major battery killer, either excess of it or lack of it, and lithium secondary cells need careful temperature control.

### Low temperature operation

Chemical reaction rates decrease in line with temperature (Arrhenius Law). The effect of reducing the operating temperature is to reduce the rate at which the active chemicals in the cell are transformed. This translates to a reduction in the current carrying capacity of the cell both for charging and discharging. In other words its power handling capacity is reduced. Furthermore, at low temperatures, the reduced reaction rate (and perhaps contraction of the electrode materials) slows down, and makes more difficult, the insertion of the lithium ions into the intercalation spaces. As with overvoltage operation, when the electrodes cannot accommodate the current flow, the result is reduced power and anode plating with irreversible capacity loss.

### High temperature operation

Operating at high temperatures brings a different set of problems, which can result in the destruction of the cell. In this case, the Arrhenius effect helps to get higher power out of the cell by increasing the reaction rate, but higher currents give rise to higher $I^2R$ heat dissipation and thus even higher temperatures. This can be the start of positive temperature feedback and unless heat is removed faster than it is generated the result will be thermal runaway.

### Thermal Runaway

The operating temperature, which is reached in a battery, is the result of the ambient temperature augmented by heat generated by the battery. If a battery is subject to excessive currents the possibility of thermal runaway arises resulting in catastrophic destruction of the battery. This occurs when the rate of heat generation within the battery exceeds its heat dissipation capacity. There are several conditions which can bring this about:

- During charging the charging current induces an exothermic chemical reaction of the chemicals in the cell which reinforces the heat generated by the charging current.
- During discharging the heat produced by the exothermic chemical action generating the current reinforces the resistive heating due to the current flow within the cell.
- The ambient temperature is excessive.
- Inadequate cooling

## Own measurements

Two sensors are integrated for temperature effect tests:

1. One on the battery for battery pack heat measurement
2. One further from battery for outside temperature

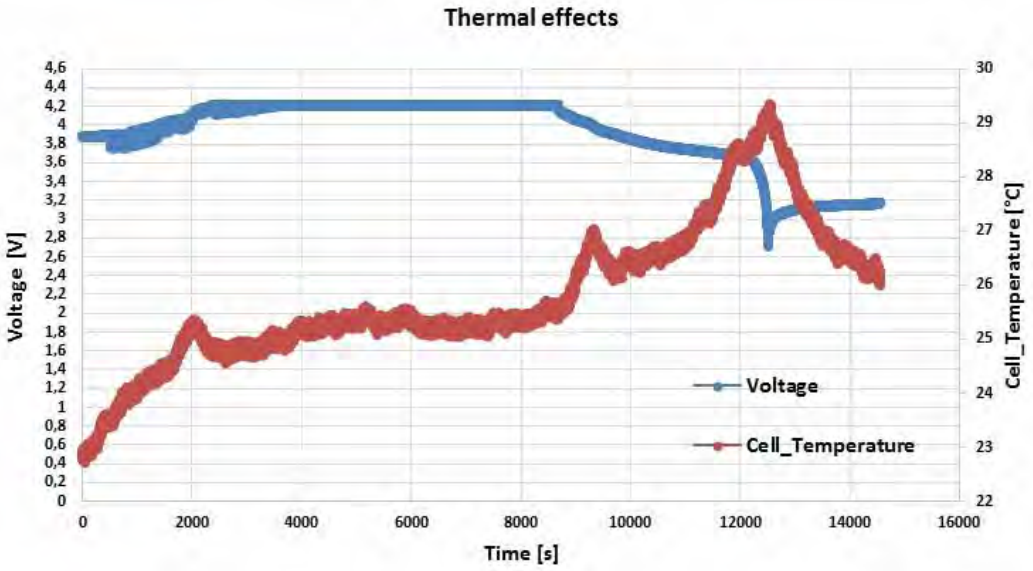



**Fig. 7** Temperature change at lower voltage limit 2,7V

It can easily be seen that there is a large jump in temperature change at the end of the discharging process. The difference between outside and cell temperature change is presented in Figure 8.

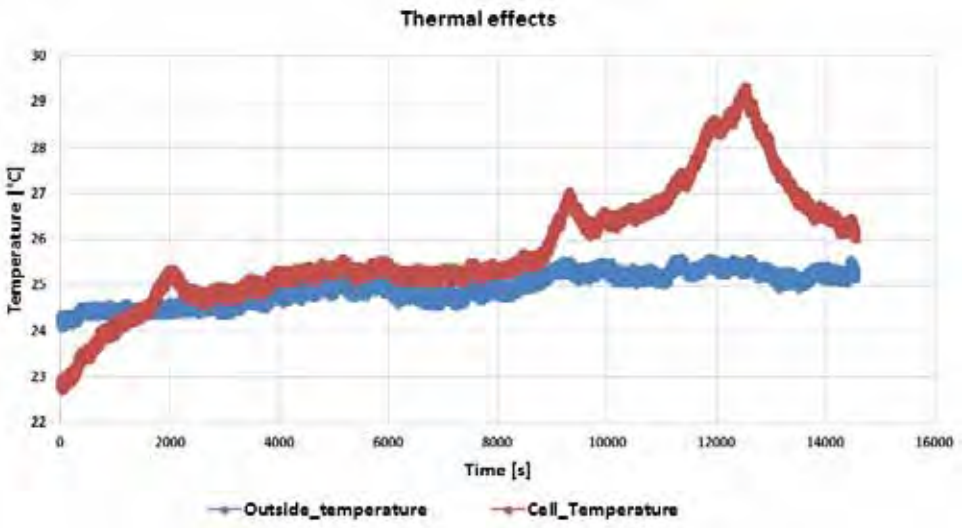



**Fig. 8** Temperature change

In the test the expected battery capacity was 66.600J, 18,5Ah. Used capacity based on the former values 72.233J which is 20,06Wh meaning 108,46% deviation from 100% comes from the novel battery condition and constant 5A (1C) load.

In the following test the lower voltage limit was 3,0V and the discharging current was 5A. In Figure 9 heat increase and voltage change are shown.

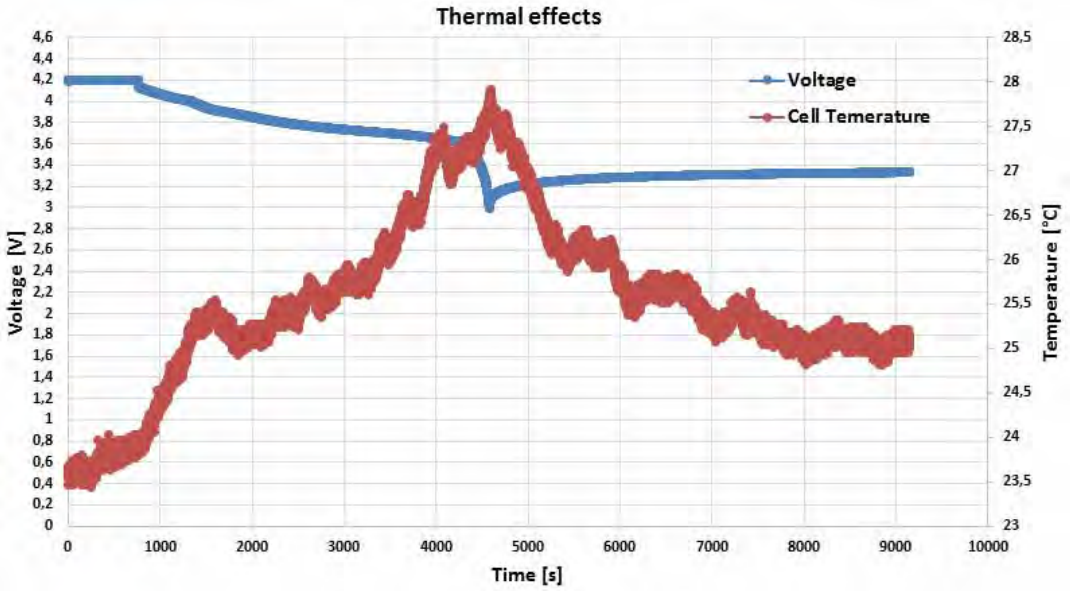



**Fig. 9** Temperature change at lower voltage limit 3V

The difference between outside and cell temperature change is presented in Figure 10.

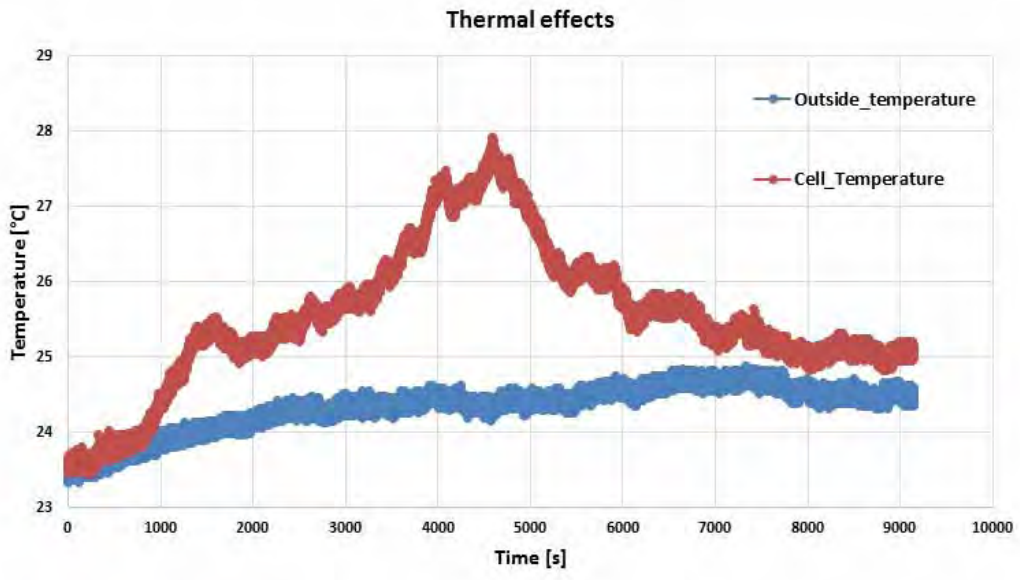



**Fig. 10** Temperature change at lower voltage limit 3V

In the test the expected battery capacity was 66.600J, 18,5 Wh. Used capacity based on the former values 72.155J which is 20,04 Wh meaning 108,34%.

## Summary

In temperature examination a substantial pack temperature increase was experienced during discharging. The reason for this is the acceleration of heat production at the end of discharging, since the difference in stationary voltage potential and voltage changes very fast. In order to avoid any difficulties the lower voltage value was increased, which resulted in decreased warming and hence used capacity approximately stayed the same. In the case of one cell there is also 1-1,5 ℃ less warming, which can mean a significant difference in cases of bigger packs.

Examination results show that the low voltage threshold between 2,7-3V is not necessarily ideal. It would be worth selecting a higher voltage threshold for a better temperature effect. In order to determine exact voltage levels whole low threshold voltage examinations and long-run tests are needed. These measurements are in progress and results will be published at a future date.

This is the method by which LiPo battery life time can be improved through determination of discharging cycles.

## REFERENCES

[1]. Benger, R., Wenzl. H., Beck, H.P, Jiang, M., Ohms, D., Schaedlich, G.: Electrochemical and thermal modeling of lithium-ion cells for use in HEV or EV application, World Electric Vehicle Journal Vol. 3 - ISSN 2032-6653 (2009)

[2] K. Péter, Sz. Gábor, Sz. J. Ádám, Sz. Zoltán: „Optimális akkumulátorrendszer fejlesztése villamos hajtású járművek részére," in Innováció és fenntartható felszíni közlekedés 2013 Budapest, 2013. augusztus 28-30., p.110-113

[3] Daowd, M., Omar, N., Verbrugge, B., Van Den Bossche, P., Van Mierlo, J.: *Battery Models Parameter Estimation based on Matlab/Simulink*, The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen 2010

[4]. Doughty, D.H., Butler, P.C., Jungst, R.G., Roth, E.P.: Lithium battery thermal models, , Journal of Power Sources 110 2002, p.357–363

[5] Chen, S.C., Wan, C.C., Wang, Y.Y.: *Thermal analysis of lithium-ion batteries*, Journal of Power Sources 140 (2005), p.111–124

[6] D. h. L. István. Ph.D: Modeling of a Naturally Aspirated Gasoline Engine in the GT-suite Software Environment, Matija Fajdiga; Jernej Klemenc (szerk.) IAT 2012 - Innovative Automotive Technology.Konferencia, Dolenjske Toplice, Szlovénia, 2012.04.12-2012.04.13. Ljubljana: LAVEK, 2012. pp. 77-94, (ISBN:978-961-6536-61-5)

[7] D. h. L. István. Ph.D: Diagnostic measurement for the effective performance of motor vehicles, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA (ISSN: 1785-8860) 10: (3) pp. 239-249. (2013), IF: 0.471

[8] B. Lawson: The Electropaedia (http://www.mpoweruk.com/)

[9] K. Sz. Szabolcs és D. h. L. István. Ph.D: "Akkumulátor tesztelési ciklusok kifejlesztése elektromos meghajtású járművekhez," in Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, Budapest, 2014. augusztus 25-27.p.93-97.

[10] S. Dhameja: Electric Vehicle Battery Systems Hardcover, October 9, 2001

[11] http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer_battery

[12] Zhe Hao, Wei: Lithium Polymer Battery DATA SHEET

[13] http://www.lipolbattery.com/

[14] http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery

# KLIMATICKÉ ZMĚNY, ENERGETIKA A REKULTIVACE

# CLIMATE CHANGE, ENERGY AND RECLAMATION

**Stanislav ŠTÝS**

20.10.2014

Zvyšování globálních teplot a časově souběžné zvyšování obsahu kysličníku uhličitého (CO2) jako skleníkového plynu v ovzduší vyústilo ve formulaci skleníkové hypotézy. Z historie planety Země je zřejmé, že k výkyvům klimatu dochází dominantně z přírodních příčin. Nové poznatky získané z vrtů v ledovcích prokazují závislost teplot a obsahu CO2, avšak vždy byla teplota příčinou a nikoli důsledkem zvyšování obsahu CO2. Skleníkový efekt je nesprávně ztotožňován se skleníkovou hypotézou. Metody modelového dlouhodobého projektování klimatu extrémně vysokých teplot a obsahů CO2 jsou objektivně kritizovány nezávislými vědci. Boj proti takto formulovaným klimatickým změnám je na globální, evropské a národní úrovni orientován iracionálně přednostně na dekarbonizaci. Měl by být směrován přednostně na adaptační opatření. Rekultivace území po hnědouhelné těžbě v severozápadních Čechách, orientovaná významně na zvyšování retenční a akumulační funkce krajiny, je příkladem adaptačních opatření. Vzniknou zde jezera o obsahu až 2,5 m3 * 10-9, což bude 45 % současného objemu všech vodních nádrží a rybníků České republiky, s potenciální možností i energetického využití v přečerpacích elektrárnách, což koresponduje s energeticky náročnými alternativami oteplování i ochlazování klimatu.

## 1. Vnější rámec problematiky

Po druhé světové válce následovalo období společenské regenerace, stimulované rychlým a často extenzivním rozvojem energeticky náročné ekonomiky, zdrojově orientované převážně na snadno dostupné uhlí. Důsledkem bylo extrémní **znečišťování ovzduší, půdy, vod a lesů**. Zpočátku lidé tolerovali zásadu, že když se kácí les, létají třísky. Devastace životního prostředí však přerostla do společensky neúnosné situace a doba ekologického temna se stala těhotnou potřebou boje za zdravé životní prostředí. V této době si lidé uvědomili i to, že během industriálního období se výrazně zvyšovaly globální teploty. Bylo to dáváno do souvislosti s růstem emisí skleníkových plynů (hlavně CO2), vznikajících spalováním našeho hlavního energetického zdroje, uhlí. Do skupiny chráněných složek životního prostředí se tak dostala i tematika **globálního oteplování**. Za situace, kdy docházelo k ekologizaci spalovacích procesů a ke snižování klasických emisí, a tím i ke zlepšování životního prostředí, se problematika boje za zdravé životní prostředí začala celosvětově dominantně orientovat na **boj s uhlíkem**, lépe řečeno s CO2 – oxidem uhličitým.

V době, kdy národní státy ztratily sílu účinně chránit své občany, byla v roce 1945 založena celosvětová **Organizace spojených národů** (OSN), v jejímž rámci následně vznikaly desítky agentur a organizací, mezi nimi i UNEP – Program OSN pro životní prostředí. Problémy však pokračovaly. Pro jejich řešení byl v roce 1968 založen světovými elitami **Římský klub**, jehož proklamovanou ideou je nutnost vytvoření ***Nového světového řádu*** s účinnějšími přístupy k demokracii, trhu, lidským svobodám a přírodním zdrojům. Z iniciativy a pod patronací tohoto nevládního sdružení vychází postupně řada publikací (1972 Meze růstu, 1974 Lidstvo v bodu zvratu, 1976 Populační bomba a **První světová revoluce -** King a Schneider 1991).

Na str. 70 této posledně citované publikace se dozvídáme, že *„demokracie již nestačí na řešení úkolů …“, na str. 71 pak: „Když nevíte, co s domácí politikou, odveďte pozornost k hrozbám z vnějšku. Sjednoťme národy proti vnějšímu nepříteli, buď skutečnému, nebo k tomu účelu vymyšlenému.“ A na str. 75 se otevřeně doporučuje: „Při hledání nového nepřítele, který nás sjednotí, nás napadlo, že se k tomu účelu dá využít znečištění, hrozba globálního oteplování, nedostatek vody, hladomor a podobně. …“ (v originále z roku 1991 na str. 115 „In searching for a new enemy to unite us, we came up with the idea that pollution, the threat of global warming, water shortages, famine and the like would fit the bill.“)***.[8] Boj proti klimatickému oteplování se stal součástí tendencí, usilujících

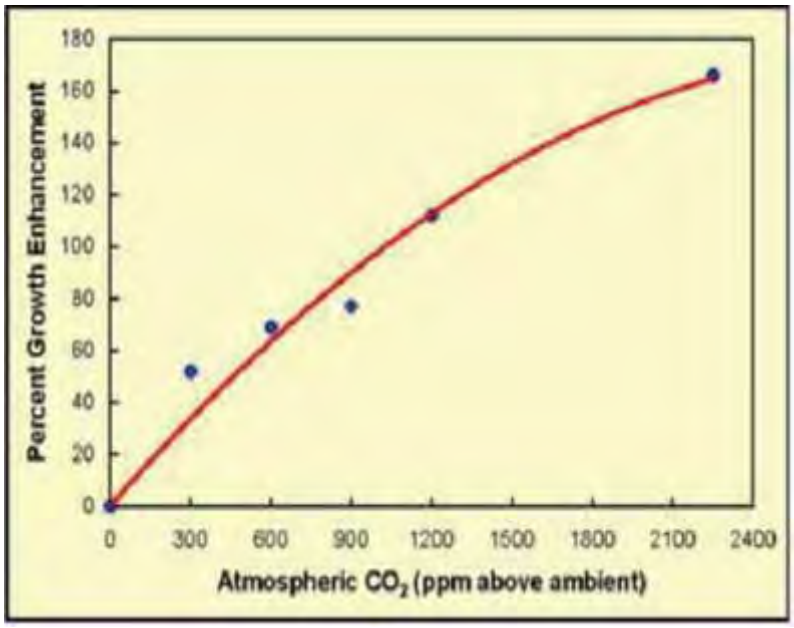
o **Nový světový řád**. V těchto souvislostech lze chápat i činnost **IPCC - Mezivládního panelu OSN pro změny klimatu**, který neustále stupňuje **hrozbu antropogenního globálního oteplování**. A to přesto, že závěry a doporučení IPCC jsou každým rokem zřetelněji ve shodě s růstem poznatků vyvracený vědeckou argumentací a kritizovány světovou vědeckou veřejností.

Materiály IPCC (Mezivládní panel pro změny klimatu) uvádějí, že za posledních 100 let se zvýšila globální teplota o 0,74 °C (v našich šířkách to je o 0,35 až 0,56 °C více). Za posledních 150 let se zvýšil obsah CO2 v atmosféře z 280 ppm na současných 400 ppm. A protože CO2 je skleníkový plyn, byla přijata **hypotéza o dominantním vlivu CO2 na vzrůst teploty** (skleníková hypotéza). V hodnoceném období se významně zvýšilo spalování fosilních paliv, především uhlí. Byl přesto přijat názor, že dominantním původcem oteplování je člověk.

Skleníková hypotéza vychází ze vztahu CO2 a teplot. Výpočty modelových prognóz jsou však velmi zjednodušené. Jsou výsledkem lineární extrapolace koncentrací CO2, kterým pak odpovídají zvýšené teploty. Prognosticky to je hodnoceno jako náhradní korelace. Podle světově uznávané prognostické autority profesora **J. Scotta Armstronga**, zakladatele Journal of Forecasting (Magazín prognostiky), jsou klimatologické modely prakticky bezcenné. V článku „Let's Deal in Science and Facts" (2010) píše: „Publikovali jsme studii (Green 2009), která ukazuje, že předpovědní postupy používané klimatickým panelem OSN porušují 72 z 89 relevantních pravidel prognostiky…"

Mezi nezávislými vědci převládají názory, že globální teplota je především funkcí vzájemné interakce přírodních, člověkem neovlivnitelných faktorů: hlavně vzájemné polohy Slunce a Země (Milankovičovy cykly), oscilace sluneční aktivity, magnetického pole Země, deskové tektoniky, thermohalinní cirkulace mořských proudů, které jsou globálním výměníkem tepla, vulkanické činnosti, dopadu vesmírných těles a oblačnosti. Z antropogenních faktorů to jsou aerosoly, velikost albeda a doslova životodárné skleníkové plyny – bez jejichž účinku by byla Země zamrzlá.

Jako oponentura IPCC, jehož členy jsou **vlády** členských států OSN, byl založen Mezinárodní **nevládní panel pro klimatické změny NIPCC**, sponzorovaný neziskovými organizacemi, který v dubnu 2014 vydal obsáhlou vědeckou analýzu s názvem „**Climate Change Reconsidered II: Biological Impacts.**" Její závěry jsou jednoznačné: lidský CO2 významně neovlivňuje klima a není znečišťující látkou. Naopak suchozemské i vodní vegetaci a následně i živočichům oxid uhličitý významně prospívá, což je zřejmé i z grafu:




**Graf č. 1:** Při 2 400 ppm CO2 vegetace roste asi o 170 % lépe. Současná koncentrace CO2 zatím dosáhla 400 ppm

Vlivem dlouhodobé mediální kampaně si lidé odvykají nahlížet na oxid uhličitý jako na přítele. Bez CO2 by však neprobíhala fotosyntéza, při které se vytvářejí životodárné organické látky. Uvádí se, že fotosyntetizující organizmy tak dokáží za jediný rok absorbovat cca 17,4 * 1010 tun atmosférického uhlíku. **Vyšší obsahy CO2 v ovzduší proto stimulují rozvoj zeleně**. **J. Patočka** (2013) uvádí, že satelitní studie australských vědců prokázaly, že „… *mezi roky 1982 až 2010 ve čtyřech sledovaných oblastech (okraje pouští v Austrálii, na jihu a severu Afriky, jihozápadě USA, na Blízkém východě a ve střední Asii) se zvýšila plocha zeleně o 11 %, což koreluje s nárůstem koncentrace CO2*. …".

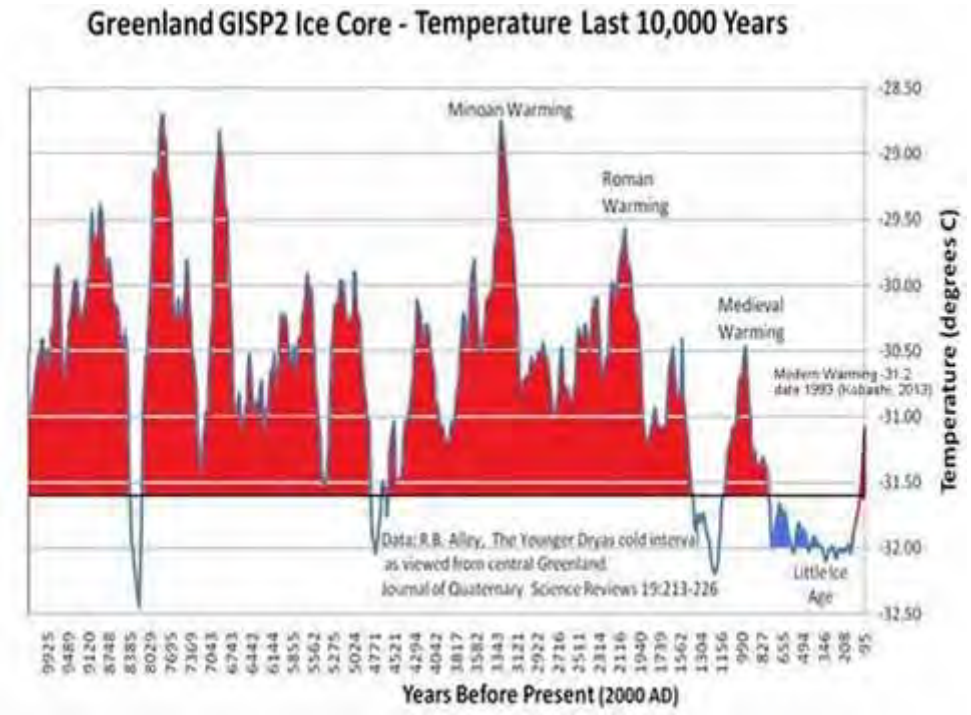
Iracionalita boje proti zvyšování obsahu CO2 v atmosféře je zřejmá i z poznatků z oblasti fyziologie rostlin. Díky fotosyntéze v rostlinách vlivem slunečního světla, CO2 a vody, za přispění minerálních látek, vznikají organické sloučeniny. Při zvýšené koncentraci CO2 ve vzduchu se zvyšuje příjem jednoho z hlavních účastníků fotosyntézy. Ta pak produkuje více organické hmoty. Zvyšování CO2 v atmosféře je následováno zvyšováním výnosů. Profesor Kutílek (2011) uvádí: „Ani teplota o 2 až 4 °C vyšší nezpůsobí žádnou újmu na výnosech. Hrubým odhadem se zvýšením koncentrace CO2 o jednu třetinu vzrostou výnosy nejčastěji pěstovaných kulturních plodin o 10 až 50 %." Boj proti emisím CO2 je kontraproduktivní a v rozvojovém světě přispěje k hladomorům. Podobné to je se stromy. Každý hektar dospělého lesa spotřebuje ročně průměrně cca 41 000 kg CO2 a atmosféru přitom obohatí o cca 30 000 kg kyslíku. Omezováním CO2 bychom nevyužili perspektivní příležitosti rychlejšího růstu lesů, což lze dokumentovat následujícím grafem:

**Graf č. 2:** Bez komentáře

CO2 není škodlivá emise, ale životodárný plyn. Dlouhodobý vývoj nás přesvědčuje, že posledních 500 mil. let se koncentrace CO2 stále snižuje. V období kambria (540 až 488 mil. let) dosahovala vrcholu, 4 500 až 7 000 ppm. Během křídy je zaznamenán pokles na 1 000 ppm a v terciéru již na 400 ppm. Zanikne-li život na Zemi, nebude to zvyšováním obsahu CO2, ale jeho dalším snižováním. Z dlouhodobého poklesu CO2 vytvořili **Lovelock a Whitfield** v roce 1982 hypotézu, že kritické hodnoty CO2 150 ppm bude dosaženo za 100 mil. let.

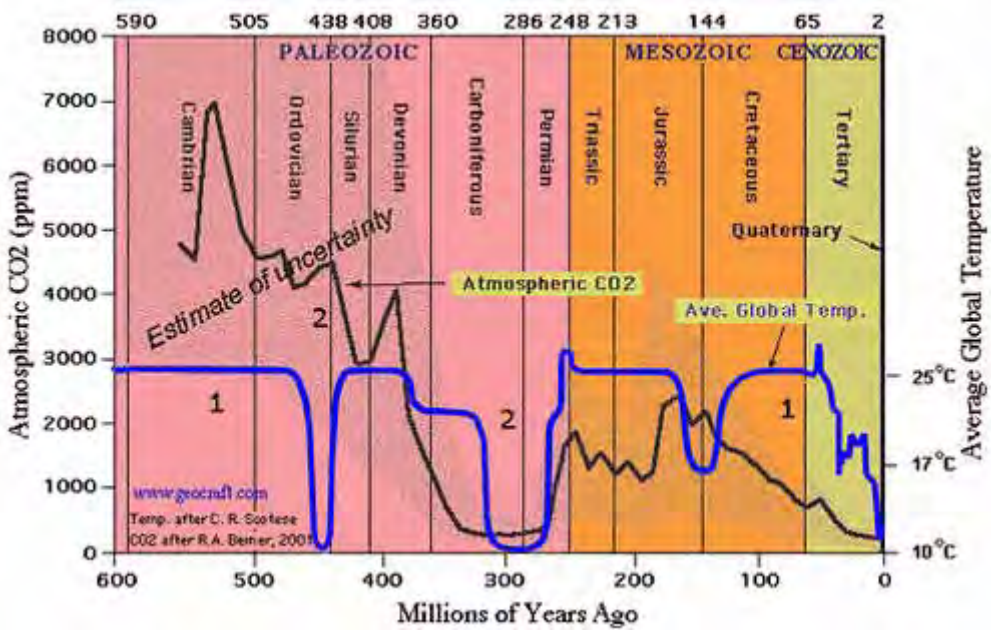
## 2. Geoklimatický kalendář

Zcela zásadní informace o dlouhodobém vývoji klimatu nám poskytují analýzy vzorků ledu z jádrových vrtů prováděných v grónském ledovci a v ledovcích Antarktidy. Z neporušených vzorků ledu, vrstev, které odpovídají časovým údajům, jsou zjišťovány obsahy CO2 a teploty:



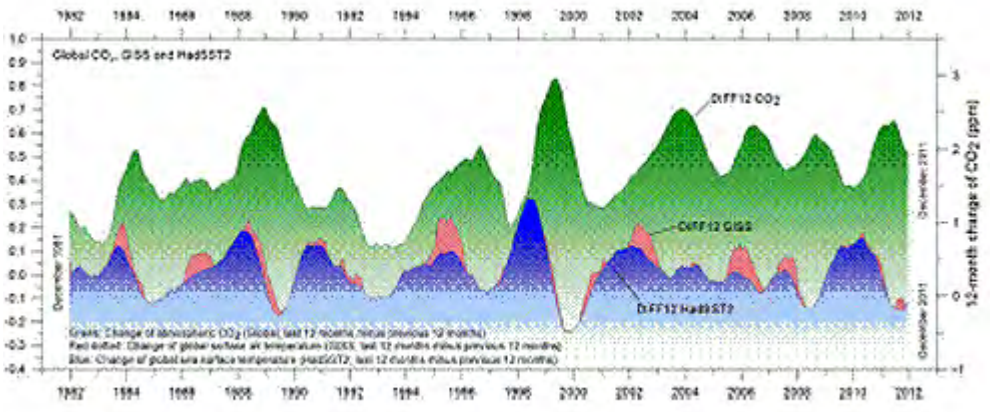

**Graf č. 3:** Příklad vývoje teplot za posledních dvanáct tisíc let, podle výzkumu v centrální části Grónského ledovce.

V interglaciálech se při zvýšené teplotě pravidelně zvyšoval obsah CO2 v atmosféře, což je logické, neboť vlivem zvýšené teploty doprovázené zvyšováním srážek a tím i produktivity ekosystémů se vždy uvolňovaly skleníkové plyny z povrchu Země. **Zvyšování obsahu atmosférického CO2 bylo tedy vždy nikoliv příčinou, ale důsledkem zvýšených globálních teplot**. Na bázi ledovcových vrtů byla vypracována a publikována již řada grafických dokumentů, které to jednoznačně prokazují.




**Z grafu č. 4** (Berner a Kothaval 2001) je zřejmé, že pro případ č. (1) před 550 mil. a 200 mil léty byly teploty prakticky stejné, ale úroveň CO2 je v prvním případě 7 000 ppm a v případě druhém 1 550 ppm. A ve druhém případě (2) je dokumentována situace před 450 mil. a před 300 mil. léty. V obou případech je teplota opět stejná, kdežto obsahy CO2 se významně lišily (4 500 ppm – cca 400 ppm).

**Následující graf č. 5** (Humlum et al. 2012), na kterém jsou modře vyznačeny teploty oceánů, červeně teploty povrchů pevnin a zeleně přírůstky CO2 prokazuje, že **růst obsahu CO2 vždy následně reaguje na růst teplot**:




Uvedený **graf č. 5**, vytvořený kolektivem vědců během výzkumu na Grónském ledovci, nám nejlépe poslouží pro orientaci v naší současné situaci globálního oteplování. Tento přehled prokazuje, že teploty se během holocénu neustále střídaly, přičemž teploty současného období, které se dosud ani nepřiblížily středověkému teplotnímu optimu, lze považovat za vyrovnávání po malé době ledové, kdy teploty se vracejí k průměru v holocénu. Doufejme, že současné období teplotní stagnace je pouhou epizodou a že směřujeme k dalšímu klimatickému optimu. Teplá období, vyznačující se vysokým příkonem sluneční energie a zpravidla i dostatkem srážek, se v celé historii vyznačovala civilizačním pokrokem. Studené periody lze považovat vesměs za synonymum neúrod, hladomorů, morových epidemií, ale i válečných výbojů za účelem dobytí a obsazení úrodnějších oblastí.

Méně příznivou alternativou k oteplování je předpověď ředitele Pulkovské observatoře **Ch. Abdusamatova**, který předpokládá, že do roku 2015 nastoupí počátek globálního **ochlazování**. V roce

2040 by měla sluneční aktivita dosáhnout nejnižší intenzity a k největšímu ochlazení, srovnatelnému s „malou dobou ledovou“, by mělo dojít v létech 2055 až 2060.

Co by se v naší krajině stalo, kdyby bylo v atmosféře o třetinu víc CO2, při oteplení na hodnoty stejné jako během tzv. boreálu (7. a 6. tisíciletí před naším letopočtem), kdy se teploty poměrně rychle zvýšily o 2 až 3 °C na cca 10 °C? Podle **M. Kutílka** (2008) toto oteplení stimulovalo rychlý rozvoj listnatých lesů s převahou dubu, lípy, jasanu a jilmu. Teplotní vzrůst by stimuloval **vhodné růstové podmínky**. Prokazují to výnosy ve sklenících při umělém zvyšování koncentrace CO2. V našich podmínkách by to v žádném případě neohrozilo pěstování běžných kulturních rostlin. Navíc by se otevřela možnost uplatnění většího podílu teplomilných druhů. Je prokázáno, že zvýšením koncentrace CO2 při dostatku světla a vody významně vzrostou i výnosy kulturních plodin.

Závěrem této části lze konstatovat, že **skleníkový efekt** je vědecky prokázaným poznatkem. Nelze jej však ztotožňovat s dosud experimentálně neprokázanou **skleníkovou hypotézou**, která vychází z víry, že současné globální oteplování je způsobováno dominantně člověkem, především emisemi CO2. Analýzami vrtů v ledovcích byla korelace globálních teplot a obsahu CO2 prokázána, avšak teploty se nikdy v geologické éře nezvyšovaly vlivem zvýšeného obsahu CO2. Vždy tomu bylo naopak. Současná teplotní tendence je zřejmě vyrovnáváním po malé době ledové. Klimatickým panelem predikované změny do roku 2010 by mohly dosáhnout teplot středověkého klimatického optima charakteristického příznivými podmínkami pro přírodu i člověka. K největšímu plus efektu by došlo v severních oblastech Kanady, Ruska a Skandinávie, jejichž úrodnost a obyvatelnost by se významně zvýšila. Ke klimatickým oscilacím dochází během celé geologické minulosti Země a není důvod předpokládat, že v našem období přestanou, neboť jsou dominantním důsledkem cyklického vývoje přírodních faktorů.

## 3. Řešení

Není-li v názorech na příčiny a důsledky vývoje klimatu shoda, je logické, že existují diametrálně odlišné názory na řešení této situace. Společenská problematičnost globálně oteplovací tematiky vyplývá především z toho, že **vědecky neověřená skleníková hypotéza lidské produkce CO2 a jejího vlivu na růst teplot** se stala jakýmsi axiomem, na jehož základě jsou producentům CO2 státy i nadnárodními organizacemi direktivně ukládány povinnosti realizovat **mimořádně nákladná protiopatření**. A to přesto, že se v závislosti na vývoji vědeckých poznatků, prokazujících přírodní oscilace klimatu nezávisle na lidských aktivitách situace výrazně mění. V roce 2005 sice Rusko Kjótský protokol podepsalo, čímž vstoupil v platnost, avšak největší světoví producenti CO2 stále stojí mimo. „Kjótu“ tak zůstává poslušná v podstatě Evropa, která produkuje v současné době 10 % světových emisí CO2 a tento podíl se stále snižuje. Přesto Evropská komise v **Zelené knize** (2013) ukládá nereálné úkoly: do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů v EU o 40 %, do roku 2050 o 80 až 95 % a podíl obnovitelných zdrojů energie do roku 2030 zvýšit na 30 %. Konstatuje, že „ … byly vyjádřeny obavy, že závazek EU bojovat proti změně klimatu se nedočkal plné odezvy mimo EU, má tato skutečnost dopad na konkurenceschopnost. …“. Evropa svými ekonomicky náročnými direktivami tuto tendenci však stále podporuje. Požadavek omezit zvýšení globální teploty do roku 2100 max. o 2 °C nebyl nikým dosud vědecky zdůvodněn. Je produktem „projektantů klimatu“. IPCC předpokládá, že omezit růst teploty je možné, pokud se podaří redukovat emise skleníkových plynů, hlavně CO2 o 40 až 70 % oproti úrovni roku 2010 do roku 2050, a nulových emisí dosáhnout do roku 2100 **naprostou dekarbonizací energetiky**, za předpokladu masového rozšíření technologií zachycování a ukládání CO2.

Za předpokladu, že dominantní část světových emitentů CO2 závěry Kjótského protokolu buď dosud neratifikovala, nebo od nich ustupuje, je zcela zřejmé, že plnění direktiv EU se velmi negativně projevuje na konkurenceschopnosti evropských států. Za této situace jsou pro nás rozporuplné informace bývalého komisaře EU pro podnikání a průmysl **Güntera Verheugena** velmi varovné. V roce 2012 se v souvislostech s energetickou politikou Evropské unie vyjádřil takto: *„ V dnešní EU o těchto podmínkách v zásadě rozhodují ekologické úvahy a ohledy. Ty jsou určovány velmi ambiciózní politikou klimatických změn a nikoli nezbytně potřebami hospodářskými. Je zřejmé, že omezování CO2 musí být prioritou nás všech. … Bezpečně se dá předpokládat, že problém úniku uhlíku bude narůstat*

*a bude hospodářství EU velice těžce postihovat ... což povede ke ztrátám pracovních míst v EU a ke zvyšování emisí CO2 mimo EU ... rozvojové ekonomiky staví své vlastní růstové příležitosti na uhlí ... očekává se, že světová spotřeba uhlí do roku 2035 vzroste o více než 55 % ... Stručně řečeno: Neměli bychom se vzdávat svého čelného postavení v celosvětovém boji proti změnám klimatu."*

A to vše za situace, kdy významná část světových vědců prokazuje neplatnost skleníkové hypotézy, nevěrohodnost závěrů IPCC a zdůrazňuje životadárné funkce CO2 v globálním ekosystému. Evropská komise plánuje pro boj s uhlíkem věnovat 20 % svého rozpočtu, přičemž za hlavní nástroje evropské **energetické politiky** považuje: Snižování emisí CO2, systém obchodování s emisemi, zdanění energie a konečně i zvyšování energetické účinnosti. Za těchto okolností se Evropa iniciativně a cíleně žene do nekonkurenceschopnosti, do ekonomické a sociální záhuby.

Vlivem vědecky neprokázaných závěrů IPCC jako politického orgánu je legitimní vědecký spor o klimatických změnách přehlušen politickým a mediálním šumem. Za této situace jsou navrhovány nejrůznější návody k obsluze termostatu Země, které předpokládají zřízení **světové komise orwellovského typu pro kontrolu klimatu** s právy zasahovat do záležitostí suverénních států, ustavení světového soudního dvora, mezinárodních ozbrojených sil oprávněných vynucovat realizaci rozhodnutí o bezuhlíkové energetice, zavedení uhlíkové diktatury pro záchranu lidstva. A to vše za situace, kdy dnes nikdo neví, zda se budou teploty zvyšovat či snižovat (již 17 let se globální teploty nezvyšují).

Guru zeleného hnutí **James Lovelock** v nové publikaci Mizející tvář Gaii: Poslední varování (Academia 2012), poučen racionálními hledisky došel k přesvědčení, že: „***Pokud nedokážeme předpovědět ani to, co se již stalo, jak můžeme důvěřovat předpovědím na příštích čtyřicet nebo devadesát let. Přesto se z politických činů a vládních iniciativ pro boj se změnami klimatu zdá, že odhady IPCC všichni přijímají jako spolehlivé a kvalifikované."***

Vycházíme-li z prokazatelného faktu, že koncentrace CO2 nejsou příčinou, ale důsledkem přírodou ovlivňovaného oteplování, pak modelové výpočty projektantů klimatu IPCC jsou nevěrohodné. Argumentace konsenzuálního souhlasu patří do politiky a ne do vědy. Opatření vůči oteplování klimatu není účelné orientovat na boj s uhlíkem, ale na **adaptační opatření** pro posílení imunity a produktivity zemědělských a lesních ekosystémů a odstraňování antropogenních hříchů páchaných na krajině a životním prostředí. V takovém případě by bylo 20 % rozpočtu Evropské komise určeného pro boj s CO2 účelně využito.

Jako lidé jsme v podstatě subtropickým druhem, který se později rozšířil po celé planetě. Vždy je nám bližší teplo než chlad a zima. Evolučně se lépe adaptujeme na teplo než na zimu. Je proto s podivem, že současné snahy o stabilizaci klimatu jsou významně orientovány proti oteplování. A to přesto, že teplé periody holocénu (klimatická optima) byly vždy příznivé pro rozvoj civilizací, kdežto chladná období byla doprovázena neúrodami, nemocemi a válkami. Již z toho vyplývá, že boj proti emisím CO2 za každou cenu je scestný. Racionální by bylo, abychom se na změnu klimatu připravili, a to především takovými opatřeními, která v českém prostředí dokáží **optimálně hospodařit srážkovou vláhou**.

Česko je geograficky situováno tak, že téměř všechny srážkové vody odtékají. Již z toho vyplývá mimořádná důležitost vody. Proto je nezbytné, abychom s ní zodpovědně hospodařili, aby povrchově neodtékala bez užitku, ale v maximální míře se vsakovala do půdy. Její rychlý povrchový odtok by se měl maximálně transformovat v pomalý odtok podpovrchový, který umožňuje využití vody pro vegetaci a doplňování zásoby podzemních vod. K tomu směřují **hydrologicky účinné způsoby lesního, zemědělského a vodního hospodaření**.

## 4. Souvislosti se Státní energetickou strategií (SEK)

Vztahy SEK k problematice globálního oteplování a k evropským direktivám omezování emisí CO2 jsou evidentní. Dosud platná SEK v těchto souvislostech konstatuje: „Rostoucí tlak na zvýšení ochrany klimatu a politická orientace Evropské unie na prosazování rozvoje obnovitelných zdrojů energie postupně mění strukturu zdrojů energetiky, vyvolává změny v uspořádání přenosových a distribučních sítí a zvyšuje nároky na environmentální parametry energetických zdrojů a zařízení."

Budou-li nekriticky akceptovány direktivy dané Evropou a převzaté českou exekutivou, které vesměs vycházejí z vědecky nezdůvodněné oficiální víry o společenské nebezpečnosti zvyšování obsahů CO2 v atmosféře, pak nutno akceptovat i neopominutelné důsledky, které se projeví ve snížené konkurenceschopnosti ekonomiky České republiky, v narušení sociální a hospodářské soudržnosti, ve znevýhodněném geopolitickém postavení ČR a tím i zvýšené dovozní závislosti a snížené energetické bezpečnosti. A to za situace, kdy ani Lisabonská smlouva nezavazuje členské státy k paušálnímu kopírování celoevropských klimaticko-energetických direktiv.

Tendence nekompromisního boje proti změně klimatu vycházejí prvotně z politicky ovlivňovaných direktiv, a druhotně z direktiv EU, které do „klimaticko-energetického balíčku" vedle racionální zásady zvyšování energetické účinnosti řadí i povinnosti

- zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na spotřebě energie v EU do roku 2020 na 20 % (13 % pro ČR),
- omezit zvýšení průměrné globální teploty na nejvýše 2 °C (tzn. max. koncentraci 450 ppm CO2) oproti úrovni před průmyslovou revolucí,
- snížit emise skleníkových plynů nejméně o 20 % do roku 2020 v porovnání s rokem 1990, nebo o 30 %, pokud se další země zaváže ke srovnatelnému snížení emisí a rozvojové země přispějí úměrně svým povinnostem a odpovídajícím možnostem.

***Pozn.:*** *Jednání v Kodani (2009) a ve Varšavě (2013) avizují, že svět mimo Evropu neakceptuje nereálné ambiciózní výzvy EU k omezování průměrné globální teploty na nejvýše 2 °C a ke snížení emisí alespoň o 50 % a souhrnným snížením rozvinutých zemí o alespoň 80 až 95 % do roku 2050 ve srovnání s hodnotami roku 1990.*

I v kontextu s novými vědeckými poznatky v oblasti dynamiky klimatu je v zájmu České republiky, aby novelizovaná SEK odmítla iracionální záměr Evropské unie snížit emise v rozsahu 80 až 95 % do roku 2050, což je pro ČR z hledisek charakteru ekonomiky i průmyslu, struktury energetického mixu, geografických podmínek a bez výrazně negativních dopadů na konkurenceschopnost a sociální stabilitu země nereálné.

Novelizovaná SEK ČR sice musí rámcově vycházet z právní úpravy energetické politiky dané Lisabonskou smlouvou. Ta však respektuje nezávislost členských států při volbě energetického mixu a skladby zásobování energiemi.

**Šetrný přístup SEK k životnímu prostředí a krajině** by měl být důsledně orientován na minimalizaci emisních škodlivin, na dodržení stropů a závazných limitů pro SO2, NOX, VOC (těkavé organické sloučeniny) a NH3. Uhelná energetika je v těchto souvislostech orientována na vysoce účinné technologie a minimalizaci emisních škodlivin. V těchto souvislostech nutno novelizovat i pohled na velmi nákladné technologie pro zachycování a ukládání CO2 (CCS), který se ve světle nových poznatků o vlivu CO2 na globální oteplování jeví jako přehnaný.

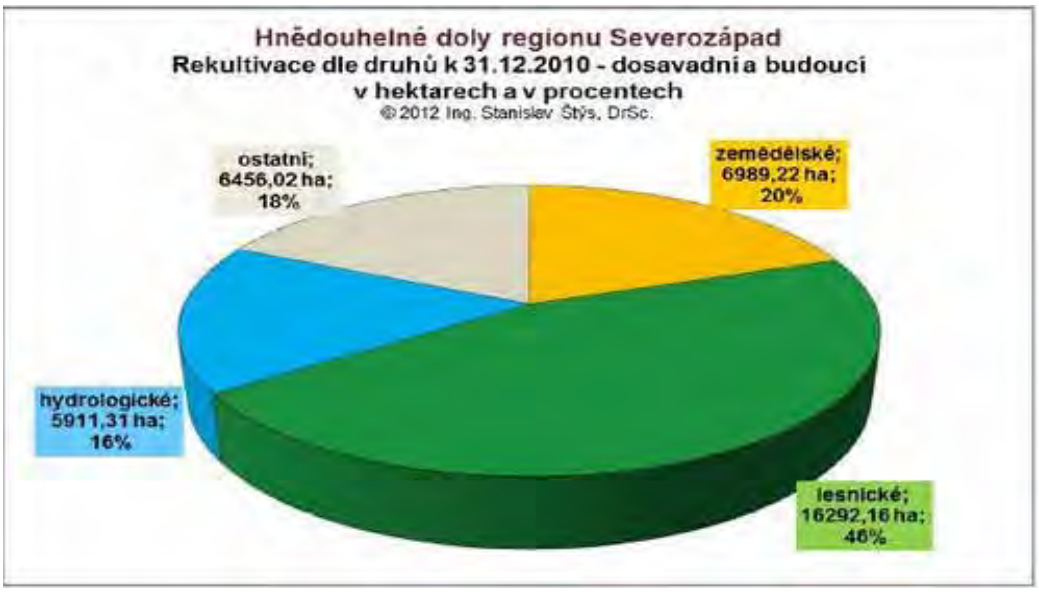
Novelizovaná SEK by měla racionálně přistupovat k našemu základnímu energetickému zdroji, k uhlí, jehož spalování není zdrojem škodlivého, ale životadárného CO2. Současné způsoby jeho těžby, včetně velkolomů, minimálně zatěžují životní prostředí, a rekultivací těžbou dotčených území vracejí krajinu jako plnohodnotnou, v souladu s prognostickými pohledy na potřeby příštích generací. V těchto souvislostech je důležité novelizovat pohled i na administrativní těžební limity, které dosud brání hospodárnému využití domácích zásob hnědého uhlí pro výrobu elektřiny a pro environmentálně účinné teplárenství. To si vyžádá i legislativní úpravu vzájemně vyvážených pravidel mezi těžebními společnostmi a majiteli nemovitostí v dobývacích prostorech. Územně technické řešení postupů těžby za územními limity, které již splnily své poslání a jsou nahrazeny opatřeními pro komplexní obnovu krajiny, je vhodné řešit v souladu s územně plánovací dokumentací, jejíž součástí je i hodnocení záměrů z hledisek vlivů na životní prostředí v rámci procesu EIA (ve smyslu zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí).

## 5. Rekultivace jako adaptační opatření

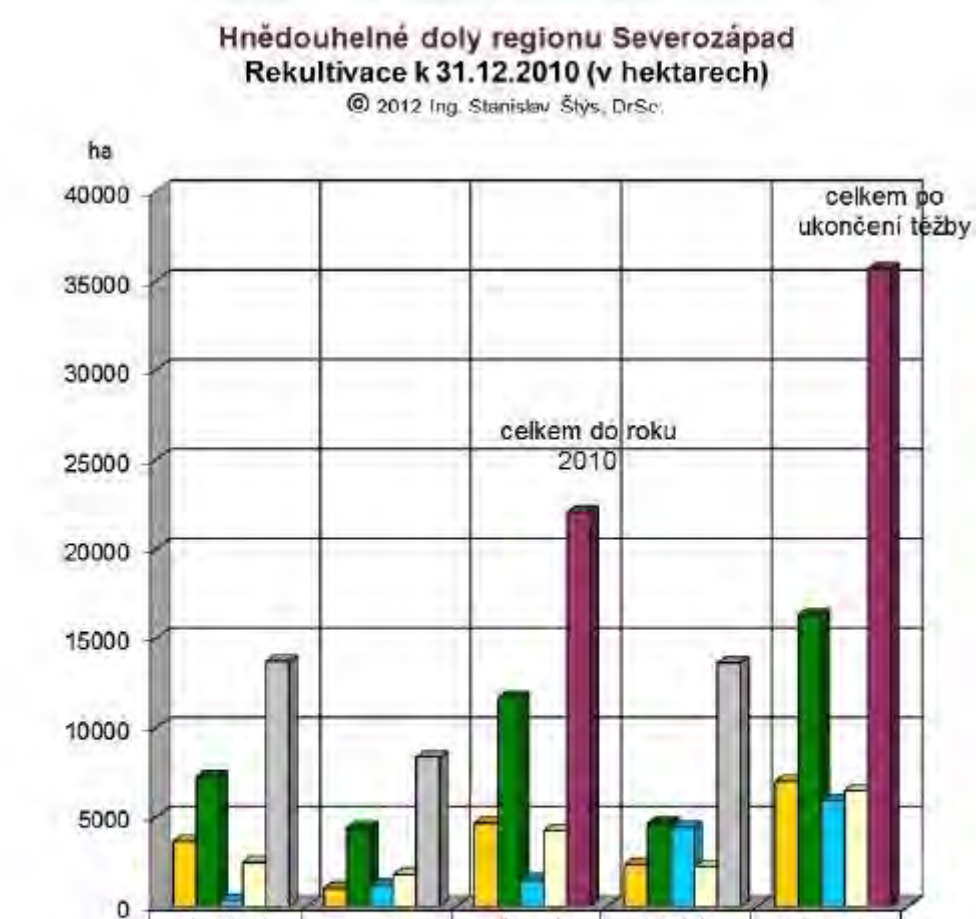
V těžebně průmyslové aglomeraci Severozápadních Čech je v tomto období těžba hnědého uhlí realizována výhradně velkolomovým způsobem. Ten vyniká vysokou kapacitou, výrubností a ekonomickou efektivitou. Technologickým důsledkem je totální destrukce krajiny v podobě lomů a vnějších výsypek. Dochází tak k radikální transformaci v subsystémech geologie, půdy, vody, klimatu a bioty v subsystémech fyto, zoo a mikrocenóz, k destrukci ekosystémů a lokálně i sociálních složek krajiny.

Již šedesátiletá rekultivační praxe však prokazuje, že byly nejen vypracovány, ale že jsou již běžně realizovány ekologicky a sociálně účinné metody rekultivací, jejichž výsledkem je tvorba území, které krajinu před těžbou dokonce předčí. Černobíle nerušíme společensky nezbytnou těžbu, realizujeme rekultivaci nejen jako nápravu, ale v tomto případě i jako preventivní adaptaci na klimatické změny.

Koncepce rekultivací se vyvíjela nejen v souladu s úrovní vědeckých poznatků, ale i v závislosti na změnách společenských podmínek. Prošli jsme prvotním ozeleňovacím obdobím, přes přednostní uplatňování obnovy zemědělského půdního fondu, který v republice rychle ubýval. Současné období je charakteristické snahou o optimální mix zemědělských, lesnických, hydrologických a rekreačních způsobů, který již **respektuje tendenci globálního oteplování**, což lze dokumentovat následnými grafickými přehledy, z nichž je patrný mimořádně vysoký podíl hydrologicky efektivních lesnických (46 %) a hydrologických (16 %) rekultivací (graf č. 6 a č. 7).




**Graf č.** 6




| | ukončené | rozpracované | celkem do roku 2010 | zbývá do konce těžby | celkem po ukončení těžby |
|---|---|---|---|---|---|
| zemědělské | 3 634,35 | 1 021,70 | 4 656,05 | 2 333,17 | 6 989,22 |
| lesnické | 7 256,26 | 4 396,39 | 11 652,65 | 4 639,51 | 16 292,16 |
| hydrologické | 336,99 | 1 158,90 | 1 495,89 | 4 415,42 | 5 911,31 |
| ostatní | 2 461,48 | 1 773,97 | 4 235,45 | 2 220,57 | 6 456,02 |
| celkem (ha) | 13 689,08 | 8 350,96 | 22 040,04 | 13 608,67 | 35 648,71 |

**Graf č.** 7

Tato rekultivační strategie respektuje nové poznatky o teplotním vývoji a předpokládá, že dojde-li k dalšímu oteplování, bude to zákonitě doprovázeno zvyšováním srážek, a to především v sousední krušnohorské oblasti. A v těchto souvislostech se v Mostecké a Sokolovské pánvi nabízí nejen ekologicky, ale i sociálně a ekonomicky mimořádně elegantní řešení spočívající ve **využití zbytkových jam lomů i výsypek v podkrušnohorské akumulační oblasti k maximální retenci a akumulaci vody**. To umožní, abychom z hrozby oteplování učinili přednost, neboť lze souhlasit s přesvědčením, že již v tomto století bude dominantní podmínkou udržitelného ekologického, ekonomického a sociálního vývoje **disponibilita vody**.

Každá krizová situace má zpravidla i druhou stránku mince. Je tomu tak i v podkrušnohorské oblasti. Těžební destrukce krajiny má i výhodu v podobě mimořádně velké disponibility těžbou uvolněných území, která je východiskem a potenciální výhodou mnoha možností krajinu využít v souladu s perspektivami vývoje přírody i společnosti. Až dosud byla prosazována tendence minimalizovat kubaturu zbytkových jam lomů. V souladu s poznatky o oteplování je účelné názor změnit a snažit se v konečných fázích těžby o to, aby po jejím ukončení zůstala zbytková jáma lomu o **maximální kubatuře**. Mimořádně velké zásoby vody nebudou cenné jen množstvím, ale i všestranně využitelnou kvalitou, která je zajišťována nejen zdrojově, ale i hloubkou lomů a výškou vodního sloupce.

Naprosto jedinečná významnost této koncepce hydrologických rekultivací vyplývá z geografické polohy dvou sousedních orografických celků. **Krušnohorského masívu**, jako chráněné oblasti

přirozené akumulace vod, kde zdrojem je vysoká srážkovost, která se bude souběžně s oteplováním zvyšovat s hlavním akumulačním prostředím vodohospodářsky cenných lesních ekosystémů a **podkrušnohorských pánví** s přirozenou akumulační charakteristikou, kterou lze významně zvýšit v rámci rekultivací výstavbou lomových jezer. Celostátní významnost této koncepce, která je (až na nejasnosti v dalším postupu lomu ČSA), v současné době již bezkonfliktně schválená a do značné míry již rozpracovaná, je zřejmá z následujícího tabelárního přehledu:

| Mostecká pánev | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Název lomu | Předpoklad zahájení napouštění | Plocha hladiny (ha) | Objem vody (mil. $m^3$) | Hloubka vody (m) | |
| | | | | prům. | max. |
| Bílina | po r. 2050 | 1 145,0 | 645,0 | 56,0 | 170,0 |
| Chabařovice | napuštěno | 226,0 | 35,0 | 15,6 | 23,3 |
| Ležáky-Most | napuštěno | 311,1 | 69,8 | 22,4 | 75,0 |
| ČSA | 2071 | 963,5 | 447,0 | 42,0 | 140,0 |
| Vršany+Šverma | 2050 | 390,0 | 73,6 | 18,8 | 40,0 |
| Libouš | 2038 | 1 083,2 | 248,0 | 22,9 | 75,8 |
| Vrbenský-Matylda | napuštěno | 38,7 | 1,4 | 3,5 | 4,0 |
| Barbora | napuštěno | 63,0 | 11,0 | 30,0 | 60,0 |
| Sokolovská pánev | | | | | |
| Medard-Libík | 2010 | 485,5 | 136,5 | 26,5 | 50,0 |
| Jiří | 2038 | 1 322,3 | 514,9 | 40,6 | 93,0 |
| Michal | napuštěno | 30,0 | 0,9 | 3,0 | 5,6 |
| Podkrušnohorské pánve celkem | | 6 058,3 | 2 183,1 | | |

Tato strategie je součástí legislativně a finančně garantovaného rekultivačního programu. Jeho významnost vyplývá především z následujících údajů:

- V současném období je v České republice dle statistických údajů 24 100 vodních nádrží a rybníků s celkovým objemem cca 5,5 mld. m3 vody.
- V Mostecké a Sokolovské pánvi vzniknou v časovém horizontu po ukončení těžby a rekultivací vodní plochy o výměře cca 6 060 ha a objemu cca 2,2 mld. m3 kvalitní vody.

*Pozn.*: U některých lomů lze kubaturu zbytkového prostoru ještě navýšit tak, aby výsledný objem těchto lomových jezer dosáhl 2,5 mld. m3, což představuje 45 % současné akumulace vodních nádrží a rybníků v České republice!

Vedle komplexního programu celostátní intenzifikace péče o zemědělství, lesnictví a vodní hospodářství by měl být tento rekultivační program v Mostecké a Sokolovské pánvi považován i za **adaptační opatření** pro případ významné klimatické změny – a sice pro obě alternativy: Oteplování i ochlazování. Obě tendence by byly spojeny i se zvyšováním nároků na energii. Vyjdeme-li z faktu, že výškový rozdíl podkrušnohorských pánví a náhorních částí sousedních Krušných hor je 500 až 600 metrů, je zcela reálné lomová jezera využít i k výstavbě celé soustavy **přečerpávacích elektráren**.

Nadnárodní i státní finanční prostředky určené pro řešení „klimatické strategie“ by měly být orientovány nikoli na iracionální boj s CO2, ale přednostně do sféry energetických úspor a zvyšování energetické účinnosti a do oblasti **adaptačních programů**, směrovaných na zvyšování retenční a akumulační schopnosti krajiny, do protierozních a protipovodňových programů, na obnovení trvale udržitelných způsobů využívání zemědělské půdy, na zvyšování hydrologických funkcí lesů s předností meliorovat a obnovovat imisně postižené horské lesní ekosystémy. Celkově řečeno – na zvyšování produktivity a diverzity ekosystémů tak, aby co nejlépe odpovídaly přírodní charakteristice a únos-

nému využívání území, a to v souladu s vědomím, že nejsme kořistníci, ale hospodáři Země, že i naše civilizace bude příštími generacemi hodnocena nejen podle toho, co poskytovala současníkům, ale především podle toho, co zanechala budoucím generacím v podobě nejen hmotných a duchovních statků, ale především v komplexní sféře krajiny a životního prostředí.

Zároveň je účelné zdůraznit, že klimaticko-energetická strategie Evropy i České republiky by měly být racionálně přehodnoceny, neboť **skleníkový efekt** je nesprávně ztotožňován s vědecky vyváženou **skleníkovou hypotézou**. Podrobněji je téma rozvedeno v článku **M. Kutílka** z roku 2012 - Klima v holocénu proti skleníkové hypotéze. A to v souladu s novými vědeckými poznatky, které prokazují, že zvyšováním lidské produkce CO2 je pouze nepodstatným aspektem současné tendence oteplování klimatu, že dlouhodobé prognózy oteplování provenience IPCC jsou výsledkem metodicky chybných projektů klimatu a že predikované zvyšování globálních teplot doprovázené zvýšenými srážkami se ve vztahu k přírodě neprojeví záporně, ale kladně. Za těchto okolností bychom měli novelizovat direktivy spojené s omezováním emisí CO2 až po dekarbonizaci velkých spalovacích zdrojů, s obchodováním s povolenkami na emise skleníkových plynů, s uhlíkovým zdaňováním. Direktivy klimatického balíčku lze považovat za iracionální.

Prostředky uvolňované na jeho realizaci by měly být účelně směrovány do úseku zabezpečení **energetické bezpečnosti státu**, pro případ výrazného oteplování do sféry **adaptační** a pro účely **kompenzací** negativních vlivů naší civilizace na přírodu a životní prostředí – a to v regionálním i celostátním měřítku. Celostátně hlavně na programy optimalizace vodního režimu v krajině a na zvýšení vodohospodářských funkcí lesa. V zemědělských případech, kdy jsou v České republice urychlenou erozí ohrožovány 2 mil. hektarů zemědělských půd, na důsledný protierozní a protipovodňový program. V těžebních oblastech pak do urychlení revitalizačních programů navazujících na zákonnou rekultivaci těžbou devastovaných pozemků, s cílem urychlit resocializaci těžbou postižených území.

## Literatura

(1) Aktualizace státní energetické koncepce České republiky, Praha, únor 2010

(2) Armstrong J. S., (2010): Let's Deal in Science and Facts

(3) Climate Change Reconsidered II: Biological Impacts

(4) Dvořák M., (2014) : EU zachraňuje klima a ničí Evropu, Neviditelný Pes, 7. 4. 2014

(5) Flanery T., (2007): Měníme podnebí. Dokořán, Praha, s. 270

(6) Humlum O., Stordahl K., Solheim J.-E. (2013): The phase relation between atmospheric carbon ioxide and global temperature Global and Planetary Change, Vol. 100, pp. 51-69.

(7) IPCC – Hodnotící zprávy mezivládního panelu pro změnu klimatu (I až V)

(8) King A., Schneider B., (1991): The First Global Revolution: A Report by the Council of The Club of Rome. – Pantheon Books, 286

(9) Kremlík V., (2014): Klimatologové klimatu ještě nerozumějí

(10) Kremlík V., (2014): Profesor Tol vystoupil z IPCC na protest proti klima alarmismu. 2. 4. 2014

(11) Kutílek M., (2008): Racionálně o globálním oteplování. Dokořán, Praha, s. 185

(12) Kutílek M., (2011): Uhlíkové šílenství, Neviditelný pes, 28. 77. 2011

(13) Kutílek M., (2012): Klima v holocénu proti skleníkové hypotéze, Vesmír, 2012/květen, s. 298-300

(14) Lomborg B., (2006): Skeptický ekolog. Dokořán – Liberální institut Praha, s. 587

(15) Lovelock J., (2012): Mizející tvář Gaii: Poslední varování, Academia

(16) Ložek V., (2007): Zrcadlo minulosti – Česká a slovenská krajina v kvartéru. Dokořán, Praha

(17) Patočka J., (2013): Emise oxidu uhličitého pomáhají ozelenit Zemi, Vesmír, roč.92, s.597

(18) Štýs S. a kol., (1981): Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, SNTL Praha

(19) Štýs S. a kol., (2014): Proměny Severozápadu, Český statistický úřad Praha

(20) Štýs S., (2013): Hydrologická rekultivace jako subsystém rekultivační transformace krajiny, Vodní hospodářství, 2013/4, s. 121-124

(21) Štýs S., (2014): Krajina naděje. Nakladatel St. Srnka, s. 222-230

(22) Verheugen G., (2012): Energetická politika v rámci EU – usilujeme o správnou rovnováhu, čas. UHLÍ, RUDY, GEOLOGICKÝ PRŮZKUM, č. 4/2012

# PRAVIDLA VYDÁVÁNÍ VĚDECKÉHO ČASOPISU STUDIA OECOLOGICA

1. Vědecký časopis Studia Oecologica (dále jen časopis) vychází zpravidla dvakrát ročně, obvykle na jaře a na podzim. Krom toho mohou být v průběhu roku zařazena další čísla časopisu, věnovaná specifickým tématům, např. významným projektům řešeným na FŽP apod.

2. Časopis je vydáván v tištěné podobě a současně je zveřejněna na internetových stránkách fakulty jeho elektronická verze.

3. V časopise jsou publikovány příspěvky, zaměřené na nejširší okruh otázek, týkajících se ekologie a tvorby a ochrany životního prostředí. Hlavními typy článků uveřejňovaných v časopise jsou:

   a) původní vědecká pojednání, vycházející z vlastního výzkumu,

   b) vědecké přehledové články (reviews),

   c) souhrny disertačních a habilitačních prací a nejlepších bakalářských a diplomových prací obhájených na fakultě,

   d) kronika, informace o významných konferencích, publikacích apod.

4. Publikování v časopis je určeno především akademickým pracovníkům FŽP a celé Univerzity J. E. Purkyně, přijímány jsou však i příspěvky ostatních odborníků z oblasti ekologie a ochrany životního prostředí a příspěvky pracovníků jiných environmentálně orientovaných pracovišť, včetně studentů.

5. Autor zodpovídá za původnost (originalitu) a odbornou i formální správnost příspěvku. V časopise nelze publikovat článek, který byl již publikován v jiném časopise, což autor stvrzuje, při předání příspěvku redakci, průvodním dopisem, který obsahuje prohlášení, že příspěvek je určen k publikaci v časopise Studia Oecologica. Dopis dále obsahuje jméno a kontaktní údaje hlavního autora, resp. autora zodpovědného za komunikaci s redakcí a dále návrh nejméně jednoho recenzenta příspěvku, který vyhovuje níže uvedeným kriteriím. Předáním příspěvku redakci dává autor najevo, že je obeznámen s podmínkami publikování v časopise Studia Oecologica a vyjadřuje svůj souhlas se zveřejněním příspěvku způsobem specifikovaným v těchto pravidlech a zavazuje se k dodržování níže uvedených etických principů při publikování.

6. Autoři příspěvků jsou povinni dodržovat zásady pro vědeckou, uměleckou a další tvůrčí práci tak, jak jsou formulovány v etickém kodexu akademických pracovníků. V souvislosti s publikováním článků v časopise Studia Oecologica se jedná zejména o zásady objektivity, vyhýbání se jakékoliv formě plagiátu a vyhýbání se fragmentaci výsledků a dělení dílčích výsledků do více publikací.

7. Rukopisy autorů jsou přijímány referentem/kou pro ediční činnost FŽP v průběhu celého kalendářního roku na adresu redakce: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, referent pro ediční činnost, Králova Výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem.

8. Textová část rukopisu je napsána v textovém editoru MS Word a odevzdává se zpravidla v elektronické podobě, včetně grafické dokumentace a obrazových příloh. Čistopis díla musí respektovat uvedené pokyny pro autory, zveřejněné na internetových stránkách fakulty v sekci „Studia Oecologica“ a v jednotlivých číslech časopisu.

9. Příspěvky jsou zveřejňovány v českém, slovenském, anglickém nebo německém jazyce. Příspěvky uveřejňovány v českém nebo slovenském jazyce, musí být současně doplněny anglickým nebo německým abstraktem.

10. Výběr příspěvků pro recenzní řízení provádí redakční rada časopisu, která si tak vyhrazuje právo odmítnout bez recenzního řízení příspěvky, které zjevně nevyhovují výše uvedeným zásadám nebo mají nevyhovující formální úroveň.

11. Původní vědecká pojednání a přehledné články jsou publikovány po nezávislém recenzním řízení. Příspěvky jsou posuzovány dvěma externími recenzenty, které navrhuje šéfredaktorem přidělený redaktor článku a schvaluje redakční rada časopisu. Externím recenzentem se rozumí recenzent, který není členem redakční rady časopisu a není pracovníkem stejného pracoviště jako autor či jeden ze spoluautorů příspěvku.

12. Na základě posudku recenzenta může redaktor článku vrátit příspěvek autorům k dopracování/přepracování. Pokud recenzent nedoporučí vydání díla, rozhodne o dalším postupu redaktor příspěvku. Autor je povinen přihlédnout k připomínkám recenzenta nebo řádně zdůvodnit jejich nerespektování. Redakční rada rozhoduje v konečné instanci o přijetí/nepřijetí příspěvku k publikování.

13. Textovou a grafickou korekturu textu před tiskem provádí autor, který zodpovídá za správnost a úplnost předloženého textu.

14. Časopis se tiskne v nákladu 150 ks. Počet výtisků však může být upraven podle předpokládaných požadavků.

15. Distribuci a evidenci časopisu zajišťuje referent pro ediční činnost ve spolupráci s příslušnými katedrami a zajišťují předání následujících výtisků:
    a) předání 20-ti povinných výtisků časopisu,
    b) autor a spoluautoři příspěvku mají nárok na 1 výtisk,
    c) děkan/ka obdrží 1 výtisk,
    d) proděkan/ka pro vědu obdrží 1 výtisk,
    e) členové redakční rady po 1 výtisku,
    f) odd. edice rektorátu obdrží 1 výtisk,
    g) pro representaci fakulty 10 výtisků (uloženo na děkanátě fakulty),
    h) knihovní fond 4 výtisky (z toho 2 ks pro pracoviště Most)
    i) 10 výtisků univerzitní knihovně pro výměnu mezi školami a knihovnami,
    j) 1 výtisk do archivu fakulty,
    k) zbylá část nákladu je rozdělena mezi katedry fakulty pro reprezentaci a knihkupectví UJEP k volnému prodeji

# PUBLISHING RULES OF THE STUDIA OECOLOGICA SCIENTIFIC JOURNAL

1. The Studia Oecologica Scientific Journal (hereinafter referred to as "Journal") is published twice a year, generally in spring and autumn. It is possible to include more issues, dealing with specific topics, e.g. significant projects solved within the scope of the Faculty of Environment, during the year.

2. The Journal is published in a printed version; simultaneously it is available on the faculty´s websites.

3. The published papers focus on questions related to ecology and environmental conservation and protection. The major types of papers are following:
   a) original scientific essays resulting from research work,
   b) scientific overview articles (reviews),
   c) summaries of post-gradual and inaugural dissertations as well as the best bachelor and master theses which were defended on the faculty,
   d) chronicle, information on significant conferences, publications etc.

4. The publication in the Journal is destined in particular to academic workers of the Faculty of Environment as well as of other faculties of J. E. Purkyně University. Papers of other specialists from the ecologic and environmental protection area as well as environmentally oriented places of work, students included, are accepted, too.

5. The author answers for the originality, scientific and formal correctness of the paper. It is not possible to publish articles which have been already published in another journal; the author confirms this by the cover letter, which contains the information that the paper is destined to be published in the Studia Oecologica Scientific Journal. The letter also includes data on the author, who is responsible for communication with the Journal redaction, and suggestion of at least one reviewer, who corresponds to the criteria mentioned below. Paper handover shows that the author is acquainted with the publishing terms and he agrees with paper publication following these terms. The author must also observe the below mentioned ethical principles of publishing.

6. The authors are required to follow the principles of scientific, artistic and another creative work that are set in the ethics code of academic workers. These are especially principles of objectivity, plagiarism and result fragmentation avoidance and dividing the results into several publications.

7. The manuscripts are accepted by the Officer of the publishing activities of the Faculty of Environment during the whole calendar year. The editor´s office address is: J. E. Purkyně University, the Faculty of Environment, the Officer of the publishing activities, Králova Výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem.

8. The text part of the manuscript must be written in MS Word and it is usually handed over as an electronic file, graphical documentation and appendix of figures included. The clean copy must agree with the instructions mentioned on the faculty´s websites, in the "Studia Oecologica" section, and in particular Journal issues.

9. The papers are published in Czech, Slovak, English and German. Those which are published in Czech and Slovak language must contain English or German abstract.

10. Papers intended to reviewer proceedings are chosen by the Journal Editorial Council that reserves the right to refuse the papers, which do not correspond to the above mentioned principles or have an inappropriate formal level.

11. The original scientific essays and well-arranged articles are published after the independent reviewer proceedings. The papers are criticized by two external reviewers, who are suggested by the paper editor, named by the Journal General Editor, and who are agreed by the Journal Editorial Council. The external reviewer cannot be a member of the Journal Editorial Council and he cannot be an employee of the same workplace as the paper authors.

12. The paper can be returned to authors to complete or rewrite in terms of reviewer report. If the reviewer does not recommend the paper to be published, following steps will be proceeded by the editor. The author is allowed to take account of the reviewer suggestions or give an appropriate reason for their ignoring. The Journal Editorial Council makes the final decision on the paper acceptance/non-acceptance.

13. Text and graphical correction is provided by the author, who is responsible for the correctness and completeness of the submitted text.

14. The Journal is printed in the number of 150 copies. The number of copies can be arranged according to supposed demands.

15. The Journal distribution and evidence is provided by the Officer of the publishing activities in connection with appropriate university departments. They provide handover of following copies:
    a) handover of 20 obligatory Journal copies,
    b) the authors are eligible for 1 copy,
    c) the Dean receives 1 copy,
    d) the Sub-dean for Science and Research receives 1 copy,
    e) each member of the Journal Editorial Council receives 1 copy,
    f) each member of the Rectorial department of edition receives 1 copy,
    g) ten copies will be left for the faculty representation (stored in the Dean´s Office),
    h) the Collection receives 4 copies (two copies are destined for Most workplace),
    i) the university library receives 10 copies (destined for the exchange between universities and libraries),
    j) one copy will be destined for the faculty archive,
    k) the rest will be divided between members of individual faculty departments for presentability purposes and the university bookshop for free sale