

FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY  
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE



Zacharová, A., Vanek, M.

## **Ekológia a environmentalistika**

Zborník príspevkov doktorandov

z 11. ročníka Študentskej vedeckej konferencie

2014

TECHNICKÁ UNIVERZITA



**FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY  
TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**

**Andrea Zacharová  
Miroslav Vanek**

**Zborník príspevkov doktorandov  
z 11. ročníka Študentskej vedeckej konferencie**

***Ekológia a environmentalistika***

**2014  
Technická univerzita vo Zvolene**

**Editori:** Ing. Andrea Zacharová, PhD.  
Ing. Miroslav Vanek, PhD.

## **EKOLÓGIA A ENVIRONMENTALISTIKA**

Zborník príspevkov doktorandov  
z 11. ročníka Študentskej vedeckej konferencie

---

### **Lektorovali:**

doc. Ing. Vladimír Kunca, PhD.  
Ing. Helena Hybská, PhD.  
Mgr. Hana Ollerová, PhD.

1. Vydanie v rozsahu 76 strán  
Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene  
Rok vydania: 2014  
Návrh obálky: Ing. Miroslav Vanek, PhD:  
Grafická úprava: Ing. Andrea Zacharová, PhD., Ing. Miroslav Vanek, PhD:

Za odbornú úroveň tejto publikácie zodpovedajú recenzenti a editori.  
Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Fakulta ekológie a environmentalistiky  
Technická univerzita vo Zvolene  
Masaryka 24  
960 53 Zvolen

ISBN 978-80-228-2645-7

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

## OBSAH

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| LADISLAV BAKAY, MICHAL PÁSTOR .....                                                                                                         | 7  |
| Fenológia kvitnutia jarabiny oskorošovej ( <i>Sorbus domestica</i> L.) v klimatických podmienkach juhovýchodnej časti Krupinskej planiny    |    |
| PAVEL BERTA .....                                                                                                                           | 15 |
| Funkcia zelených striech v urbanizovanom prostredí                                                                                          |    |
| JAROSLAV HRUDKA, ŠTEFAN STANKO .....                                                                                                        | 21 |
| Využitelnosť matematických modelov pri posudzovaní objektov čistiarní odpadových vôd                                                        |    |
| LUCIA HVOLKOVÁ .....                                                                                                                        | 31 |
| Diverzita a ekológia trúdnikov v intravilánoch vybraných mestských sídiel severného Slovenska                                               |    |
| LENKA MOLNÁROVÁ, ŠTEFAN STANKO .....                                                                                                        | 39 |
| Tvorba sedimentov v stokovej sieti                                                                                                          |    |
| LUKÁŠ PLOŠEK, JAKUB ELBL, ANTONÍN KINT .....                                                                                                | 45 |
| Corelation between content of carbon and nitrogen and leaching mineral nitrogen                                                             |    |
| IVETA SLIACKA .....                                                                                                                         | 53 |
| Diverzita a hostiteľská preferencia drevokazných trúdnikov v intravilánoch vybraných sídiel stredného Slovenska                             |    |
| LENKA ZOUBKOVÁ, IVA ROUBÍKOVÁ, JIŘÍ ŠEFL, PETR BANÝR,<br>IVANA RYBÁŘOVÁ .....                                                               | 65 |
| Comparison of anthropogenic substrates and unaffected soils in relation to phytocoenosis on selected localities of the Mostecká pánev Basin |    |



## **FENOLÓGIA KVITNUTIA JARABINY OSKORUŠOVEJ (*SORBUS DOMESTICA* L.) V KLIMATICKÝCH PODMIENKACH JUHOVÝCHODNEJ ČASTI KRUPINSKEJ PLANINY**

Ladislav Bakay, Michal Pástor

### **ABSTRACT**

#### **FLOWERING PHENOLOGY OF THE TRUE SERVICE TREE (*SORBUS DOMESTICA* L.) IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE SOUTHEAST PART OF THE KRUPINA PLATEAU**

The article deals with the flowering phenology of true service tree (*Sorbus domestica* L.) individuals on the localities Kosihovce and Čebovce during the years 2008-2012. The true service tree is a scattered broadleaved tree species, which grows in cultural landscapes as an extensive fruit tree or a rare forest species in the south Slovakia. It is sub-mediterranean tree species with its northern boarder of distribution in Slovakia. Therefore the monitoring of the phenological activity of the true service tree in this region is important from the view of climate change (increase of annual average temperature and decrease of annual precipitation) and its effects on woody plants. In total 11 adult individuals were observed in forest and open landscape. The beginning of flowering (BBCH FF 65) started on 122nd day of the Julian calendar with the total sum of effectice temperature TS10 (423°C). The analysis showed a synchronized flowering of monitored individuals.

**Keywords:** *Sorbus domestica* L., flowering, phenology, BBCH

### **ÚVOD**

Príspevok je zameraný na zhodnotenie periodicity kvitnutia jedincov jarabiny oskorusovej (*Sorbus domestica* L.) z lokalít Kosihovce a Čebovce. Jarabina oskorusová je sub-mediteránny druh so severnou hranicou rozšírenia na Slovensku, patrí medzi naše zriedkavé, sucho a teplo tolerujúce druhy drevín (LARRIEU et al, 2013). Tolerancia voči vodnému deficitu v pôde bola pri tejto drevine potvrdená aj experimentálne (PAGANOVÁ et al., 2009). Schopnosť oskorusy rásť aj v extrémnejších podmienkach prostredia na stanovištiach s nedostatkom vody jej dáva perspektívu pre širšie uplatnenie v krajine aj v urbanizovanom prostredí. Práve preto je monitoring fenologickej aktivity tejto dreviny opodstatnený z hľadiska nastupujúcich klimatických zmien a reakcii tejto dreviny na postupnú aridizáciu.

### **MATERIÁL A METODIKA**

Fenologické pozorovania sme vykonávali na 11 dospelých stromoch jarabiny oskorusovej na lokalitách Kosihovce a Čebovce. Vytypované boli jedince, ktoré sme zaznamenali pri mapovaní jarabiny oskorusovej ešte v roku 2007. Nachádzajú sa v

katastri obcí Čebovce a Kosihovce v nadmorských výškach od 235-430 m. n. m. (Tab. 2). Obe lokality patria do kotlinovej klímy (Tab. 1), suchej až vlhkej (KK/T), s priemernou ročnou teplotou 8,5°C s ročným úhrnom zrážok 620 mm (TARÁBEK, 1980).

Tab. 1 Klimatická charakteristika lokalít Kosihovce a Čebovce (PAGANOVÁ et BAKAY, 2008)

| Lokalita  | Geomorfologická jednotka | Expozícia | Nadmorská výška (m n. m.) | Priemerná teplota (°C) | Priemerný ročný úhrn zrážok (mm) | Klimageografický typ/subtyp |
|-----------|--------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Kosihovce | Juhoslovenská kotlina    | J-JV      | 250                       | 8,5                    | 620                              | KK/T                        |
| Čebovce   | Krupinská planina        | J-JV      | 310                       | 8,5                    | 620                              | KK/T                        |

Dva hodnotené jedince rastú v lesnom poraste (pravdepodobne ide o stromy z prirodzeného náletu). Ostatné stromy rastú v sadoch a vinohradoch, kde boli pravdepodobne zámerne vysadené v sadoch a vinohradoch. Údaje o sledovaných jedincoch jarabiny oskorušovej, ktoré sú predmetom fenologických pozorovaní sa nachádzajú v Tab. 2.

Tab. 2 Charakteristika dospelých stromov jarabiny oskorušovej z lokalít Čebovce (Č) a Kosihovce (K) (údaje z 2007)

| Strom   | Výška (m) | Priemer kmeňa (cm) | Nadmorská výška (m n. m.) | Orientácia a sklon vo svahu | Zemepisné súradnice |               |
|---------|-----------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| 1.(Č1)  | 8         | 33                 | 237                       | 72° SV – V                  | 48°10, 760' N       | 19°13, 661' E |
| 2.(Č2)  | 9         | 34                 | 237                       | 72° SV – V                  | 48°10, 749' N       | 19°13, 667' E |
| 3.(Č3)  | 6,5       | 29                 | 239                       | 200° J - JZ                 | 48°11, 080' N       | 19°13, 556' E |
| 4.(Č4)  | 10        | 45                 | 270                       | 295° SZ – Z                 | 48°11, 422' N       | 19°13, 625' E |
| 5.(Č5)  | 5,5       | 23                 | 297                       | 227° JZ                     | 48°11, 512' N       | 19°13, 107' E |
| 6.(Č6)  | 9         | 27                 | 340                       | 96° V                       | 48°12, 104' N       | 19°12, 929' E |
| 7.(K1)  | 7,5       | 39                 | 313                       | 223° JZ                     | 48°11, 101' N       | 19°12, 305' E |
| 8.(K2)  | 13        | 73                 | 271                       | 218° JZ                     | 48°10, 961' N       | 19°12, 429' E |
| 9.(K3)  | 14        | 78                 | 278                       | 200° J – JZ                 | 48°10, 969' N       | 19°12, 535' E |
| 10.(K4) | 7,5       | 26                 | 430                       | 205° J – JZ                 | 48°11, 229' N       | 19°12, 205' E |
| 11.(K5) | 7,5       | 25                 | 411                       | 170° J                      | 48°11, 975' N       | 19°11, 998' E |

Pre mikroklimatickú charakteristiku oblasti sa použili údaje o priemerných teplotách vzduchu a priemernom úhrne zrážok za roky 2008-2012, ktoré sa zaznamenali na biometeorologickej stanici SHMÚ v Dolných Plachtinciach. Táto stanica bola najbližšia biometeorologická stanica k lokalitám Čebovce a Kosihovce. Hodnoty teploty vzduchu boli namerané suchým teplomerom o 7,14 a 21 hodine každého dňa. Následne sa vypočítala priemerná denná teplota z troch meraní o 7:00, 14:00, a 21:00. hodine (teda o 8:00, 15:00, 22:00 hodine letného času). Výpočet priemernej dennej teploty sa vypočítal na základe vzorca:

$$td = (t7 + t14 + 2 \times t21) : 4$$

Po získaní hodnôt priemerných teplôt sme vypočítali teplotné sumy z priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 10 °C (TS10), ktoré majú vplyv na



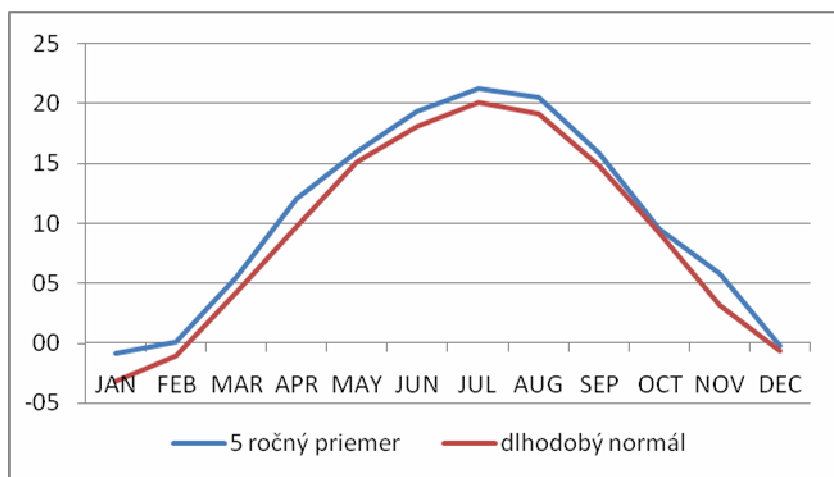
nástup fenofáz. Táto celková hodnota teplôt je stanovená k termínu začiatku kalendárneho roka. Získané údaje sme využili na zhotovenie termopluviogramov, ktoré sa zostavili podľa metodiky KOŽNÁROVEJ a KLABZUBU (2010) a popisujú teplotné a zrážkové pomery v pravouhlej súradnicovej sústave. Využívajú sa na graficky prehľadné hodnotenie variability počasia v jednotlivých rokoch, resp. k posúdeniu premenlivosti podnebia danej lokality vo viacročnom slede. Fenologické pozorovania sa v rokoch 2008-2012 realizovali periodicky v 7-dňových intervaloch. Vyhotovila sa fotodokumentácia a charakterizovali sa fenologické rastové fázy dospelých jedincov jarabiny oskorušovej. Morfológické zmeny a charakteristiky fenofázy BBCH 65 (plné kvitnutie) jarabiny oskorušovej sa určovali na základe modifikovanej BBCH škály pre určovanie fenologických fáz jarabiny oskorušovej (PAGANOVÁ et BAKAY, 2010). Za nástup fenologickej rastovej fázy sa považovalo obdobie, keď sa na stromoch prejavili charakteristické znaky príslušnej fenofázy minimálne v 50% zastúpení na jedincovi. Štatistické vyhodnotenie fenologickej rastovej fázy BBCH 65 – kvitnutie monitorovaných jedincov počas rokov 2008-2012 bolo uskutočnené pomocou Kruskal – Wallisovho testu na hladine významnosti 95%.

## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

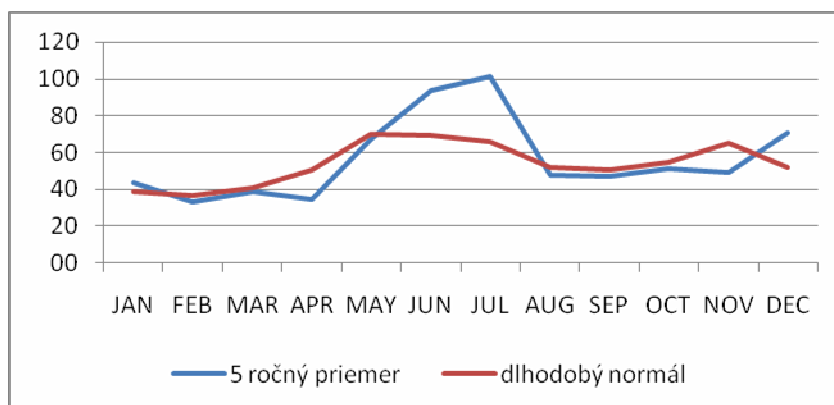
Roky 2008-2012, počas ktorých sa sledovala periodicitu kvitnutia oskorúš na lokalitách Kosihovce a Čebovce, sa odlišovali od dlhodobého 30-ročného normálu. Každý rok sa vyznačoval vyššou priemernou ročnou teplotou, vyššou sumou teplôt počas hlavného vegetačného obdobia a dlhším trvaním hlavného vegetačného obdobia (Tab. 3, Obr. 1-2). Priemerné mesačné teploty v jednotlivých mesiacoch v rokoch 2008-2012 boli vyššie ako je dlhodobý normál. Ani v jednom mesiaci neklesla priemerná mesačná teplota na hodnotu, resp. pod hodnotu dlhodobého normálu. Z Obr. 2 je zrejme výrazné kolísanie priemerného mesačného úhrnu zrážok v jednotlivých mesiacoch v rokoch 2008-2012. Koniec zimného a celé jarné obdobie (február-máj) malo podpriemerne nízky úhrn zrážok než je dlhodobý normál. Začiatkom vegetačného obdobia sa priemerný mesačný úhrn zrážok zvýšil. Zrážky, ktoré mali byť rovnomerne rozdelené v predchádzajúcich mesiacoch sa „vybúrili“ v mesiaci jún, júl. Po daždivom období nasledovalo suché obdobie mesiacov august, september, október, november. Klimatická charakteristika mesiacov vplývajúcich na kvitnutie sledovaných jedincov sú znázornené na termopluviogramoch (Obr. 3-5). Termopluviogramy mesiacov február, marec a apríl za roky 2008-2012 demonštrujú značné odchýlky od dlhodobého normálu v jednotlivých mesiacoch počas sledovaného obdobia. Najextrémnejší z hľadiska priemerných teplôt a úhrnu zrážok bol mesiac február. Výkyvy od normálu sú mimoriadne veľké a všeobecne môžeme konštatovať, že sa jedná o zvyšovanie teplôt a znižovanie úhrnu zrážok.

Tab. 3 Klimatické údaje z biometeorologickej stanice v Dolných Plachtinciach (At – aktívne teploty, HVO – hlavné vegetačné obdobie)

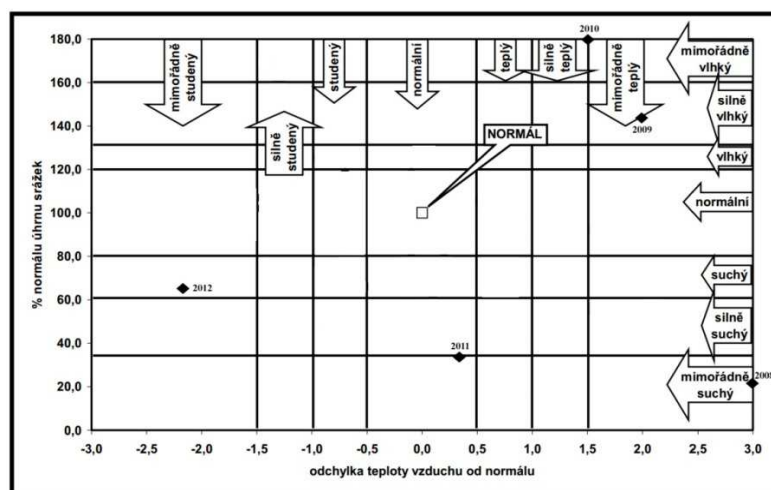
|        | Priemerná·<br>teplota·v·<br>°C | Priemerná·<br>teplota·za·<br>HVO·v·°C | Suma·<br>At·v·<br>°C·za·<br>HVO | Snečný·<br>svit·v·<br>hod·za·<br>rok | Priem·<br>zrážky·<br>za rok·<br>v mm | Začiatok·<br>HVO | Koniec·<br>HVO | Trvanie·<br>HVO·v·<br>dňoch |
|--------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|-----------------------------|
| 2008   | 10,7                           | 17,0                                  | 3250,1                          | 1967,4                               | 785,0                                | 9.IV.            | 16.X.          | 191                         |
| 2009   | 10,8                           | 18,0                                  | 3519,7                          | 1816,6                               | 606,4                                | 31.III.          | 11.X.          | 195                         |
| 2010   | 9,6                            | 15,9                                  | 3143,9                          | 1645,2                               | 1105,7                               | 24.III.          | 29.IX.         | 190                         |
| 2011   | 10,2                           | 17,5                                  | 3348                            | 2001,6                               | 418,4                                | 1.IV.            | 6.X.           | 189                         |
| 2012   | 10,4                           | 15,7                                  | 3728,7                          | 2076,2                               | 524,4                                | 17.III.          | 22.X.          | 219                         |
| Normál | 9,1                            | 16,0                                  | 2880,0                          | 1983,0                               | 648,0                                | 15.IV.           | 11.X.          | 180                         |



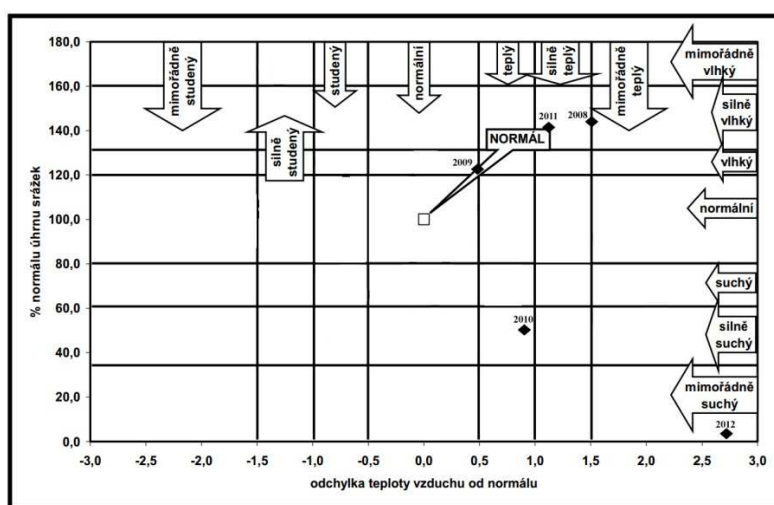
Obr. 1 Porovnanie priemerných mesačných teplôt v rokoch 2008-2012 s dlhodobým normálom



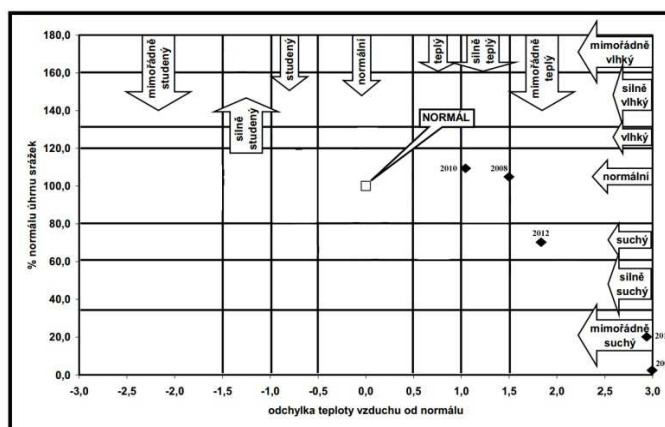
Obr. 2 Porovnanie priemerných mesačných úhrnov zrážok v rokoch 2008-2012 s dlhodobým normálom



Obr. 3 Termopluviogram pre mesiac február v rokoch 2008-2012



Obr. 4 Termopluviogram pre mesiac marec v rokoch 2008-2012



Obr. 5 Termopluviogram pre mesiac apríl v rokoch 2008-2012

Nástup fenologickej fázy FF 65 pri všetkých sledovaných jedincoch bol jednotný a pripadal priemerne na 122. deň juliánskeho kalendára (JDAY). Rozpätie medzi zaznamenanými dňami kvitnutia (BBCH FF65 – plné kvitnutie) bol 16 dní čo v priemere znamenalo rozdiel TS10 (206,7°C) s relatívne nízkymi variačnými koeficientmi (Tab. 4). Tento jednotný nástup medzi sledovanými jedincami oskoruše

nám potvrdil aj fakt, že sme nenašli štatisticky signifikantný rozdiel medzi nástupom fenologickej fázy – plné kvitnutie monitorovaných jedincov počas sledovaného obdobia 2008-2012 (Tab. 6). K podobným záverom sa dopracoval BAKAY (2010). V Tab. 5 vidíme štatisticky preukazné rozdiely v nástupoch monitorovaných jedincov do fenologickej fázy plné kvitnutie. Rozdiely sú síce preukazné, ale jedná sa len o rozpätie 9 dní medzi mediánmi a priemerami. Pravdepodobne na kvitnutie mal najväčší vplyv apríl, ktorý v sledovaných rokoch môže byť charakterizovaný ako arídnejší v porovnaní s dlhodobým normálom. K získaniu hodnovernejších záverov potrebujeme kontinuálne sledovať fenologickú aktivitu jarabiny oskorušovej. Táto úloha bola začatá založením Fenologickej záhrady na ÚKSÚP Dolné Plachtince.

Tab. 4 Popisná štatistika termínu kvitnutia (JDAY) oskoruše s príslušnými sumami teplôt (TS 10) v rokoch 2008-2012 na lokalitách Čebovce a Kosihovce

|                            | TS 10 SUM         | JDAY           |
|----------------------------|-------------------|----------------|
| Počet sledovaní (N)        | 55                | 55             |
| Počet sledovaných jedincov | 11                | 11             |
| <b>Priemer</b>             | <b>427,105 °C</b> | <b>122,073</b> |
| Štandardná odchýlka        | 68,0302           | 3,96211        |
| Variačný koeficient        | 15,9282%          | 3,2457%        |
| Minimum                    | 327,9°C           | 115,0          |
| Maximum                    | 534,6°C           | 131,0          |
| Rozpätie                   | 206,7°C           | 16,0           |



Obr. 6 Grafické vyjadrenie priemerného nástupu plného kvitnutia (BBCH FF 65) jedincov za sledované obdobie

Tab. 5 Nástup fenologickej rastovej fázy BBCH 65 – kvitnutie počas rokov 2008-2012.  
Vyhodnotený Kruskal – Wallisov test na hladine významnosti 95% (p value= 7,7761E-9)

| Rok     | Počet jedincov | Priemer JDAY   | Median         | Štandardná odchýlka | Variačný koeficient | Minimum | Maximum |
|---------|----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|---------|---------|
| 2008    | 11             | 127,818        | 129,0 <b>a</b> | 2,99393             | 2,34234%            | 124,0   | 131,0   |
| 2009    | 11             | 118,636        | 120,0 <b>b</b> | 3,5291              | 2,97472%            | 115,0   | 122,0   |
| 2010    | 11             | 121,727        | 121,0 <b>c</b> | 1,3484              | 1,10772%            | 121,0   | 125,0   |
| 2011    | 11             | 119,182        | 120,0 <b>b</b> | 1,4013              | 1,17576%            | 117,0   | 120,0   |
| 2012    | 11             | 123,0          | 123,0 <b>d</b> | 0,0                 | 0,0%                | 123,0   | 123,0   |
| Celkovo | 55             | <b>122,073</b> |                | 3,96211             | 3,2457%             | 115,0   | 131,0   |

Tab. 6 Popisná štatistika termínu kvitnutia (JDAY) sledovaných jedincov oskoruše počas rokov 2008-2012 na lokalitách Čebovce a Kosihovce

| Strom   | Priemer (JDAY) | Štandardná odchýlka | Variačný koeficient (%) | Minimum | Maximum | Rozpätie |
|---------|----------------|---------------------|-------------------------|---------|---------|----------|
| 1.(Č1)  | 120,8          | 3,76829             | 3,11944%                | 115,0   | 125,0   | 10,0     |
| 2.(Č2)  | 122,0          | 3,0                 | 2,45902%                | 117,0   | 125,0   | 8,0      |
| 3.(Č3)  | 121,8          | 2,16795             | 1,77992%                | 120,0   | 125,0   | 5,0      |
| 4.(Č4)  | 120,6          | 3,50714             | 2,90807%                | 115,0   | 124,0   | 9,0      |
| 5.(Č5)  | 123,6          | 5,07937             | 4,10952%                | 117,0   | 131,0   | 14,0     |
| 6.(Č6)  | 123,4          | 4,39318             | 3,56011%                | 120,0   | 131,0   | 11,0     |
| 7.(K1)  | 122,0          | 5,83095             | 4,77947%                | 115,0   | 131,0   | 16,0     |
| 8.(K2)  | 121,6          | 5,07937             | 4,17711%                | 115,0   | 129,0   | 14,0     |
| 9.(K3)  | 120,2          | 4,14729             | 3,45032%                | 115,0   | 125,0   | 10,0     |
| 10.(K4) | 123,4          | 4,39318             | 3,56011%                | 120,0   | 131,0   | 11,0     |
| 11.(K5) | 123,4          | 3,36155             | 2,72411%                | 120,0   | 129,0   | 9,0      |
| Celkovo | 122,073        | 3,96211             | 3,2457%                 | 115,0   | 131,0   | 16,0     |

## ZÁVER

Na základe interpretovaných výsledkov sa nezistili štatisticky významné rozdiely v nástupe kvitnutia medzi jednotlivými jedincami jarabiny oskorušovej v lesnom poraste a vo voľnej krajine. V roku 2012 bol dokonca nástup kvitnutia pre všetky jedince rovnaký. V nástupe kvitnutia medzi rokmi sme však zaznamenali štatisticky preukazný rozdiel medzi mediánmi. Maximálny rozdiel medzi nástupmi kvitnutia pri všetkých sledovaných jedincov bol 9 dní. Celkovo sa sledovalo 11 dospelých jedincov, ktorých začiatok základnej rastovej fázy kvitnutie pripadalo v sledovanom období v priemere na 122. deň juliánskeho kalendára (JDAY) s priemernou teplotnou sumou TS10 (423°C). Získané údaje nasvedčujú o jednotnom nástupe sledovaných jedincov do fenologickej rastovej fázy kvitnutie (BBCH FF 65). Záverom je vhodné dodať, že jedince jarabiny oskorušovej si aj napriek značným mikroklimatickým výkyvom počas sledovaného obdobia zachovali jednotný nástup kvitnutia čo svedčí, že dané podmienky sú pre nich ekologicky optimálne.

## POĎAKOVANIE

*Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0246/13 Stratégie využitia vody xerofytnými drevinami a bylinami v urbanizovanom prostredí a krajine a KEGA 012SPU-4/2013 Program celoživotného vzdelávania arboristov na Slovensku.*

## LITERATÚRA:

BAKAY, L., 2010: *Rast, vývin a vitalita jarabiny oskorusovej (Sorbus domestica L.) vo vzťahu k jej využitiu v urbanizovanom prostredí*. Dizertačná práca. Nitra: SPU, 2010. 119 p.

BAKAY, L. PAGANOVÁ V. 2010: *Biologické vlastnosti jarabiny oskorusovej (Sorbus domestica L.) v meniacich sa podmienkach prostredia*, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2010. 91 s. ISBN 978-80-552-0425-3.

KOŽNÁROVÁ V., KLABZUBA J. 2010: Možnosti využitia termopluviogramů a klimagramů pro vizualizaci počasí a podnebí, In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*, 2010. s. 19-26

LARRIEU L., GONIN P., COELLO J. 2013: Autecology of the Wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), the Service tree (*Sorbus domestica* L.) and the other *Sorbus* species. In : Gonin P. (coord.) et al. – *Autecology of broadleaved species*. Paris : IDF, 2013. 65 p.

PAGANOVÁ V., BAKAY, L., 2008: Perspektívy pestovania jarabiny oskorusovej (*Sorbus domestica* L.) na Slovensku, In: *Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany SAV* 2008, 214-225 pp., ISBN 978-80-970028-9-3.

PAGANOVÁ, V., JUREKOVÁ, Z., DRAGÚŇOVÁ, M., LICHTNEROVÁ, H., 2009: Physiological response of service tree (*Sorbus domestica* L.) under conditions of differentiated water regime, In: *Acta horticulturae et regiotecturae*, mimoriadne číslo, Nitra, 2009.s. 13-33

TARÁBEK, K., 1980: Klimageografické typy. In. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Slovenská akadémia vied, Slovenský úrad geodézie a kartografie, Bratislava, 1980. pp.64.

## ADRESA AUTOROV

Ing. Ladislav Bakay, PhD., KBZ FZKI, SPU v Nitre, Tulipánova 7, 94976 Nitra, Slovensko, e-mail: [lazlo.bakay@gmail.com](mailto:lazlo.bakay@gmail.com)

Ing. Michal Pástor, KPTK FEE, TU vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko, e-mail: [michalpastor65@gmail.com](mailto:michalpastor65@gmail.com)

## VÝHODY POUŽITIA ZELENÝCH STRIECH V URBANIZOVANOM ÚZEMÍ

Pavel Berta

### ABSTRACT

#### ADVANTAGES OF GREEN ROOFS USING IN THE URBANIZED AREAS

The aim of the ongoing project is extend the current knowledge of the rainwater management in the urban areas. Intermediate objectives: research the filtering ability of green roofs, runoff water quality and possibility of green roofs as an additional source of potable water in urban areas, the possibility use some materials for the construction of green roofs, their impact on the hydrological properties of green roofs and improve the water quality runoff from them.

**Key words:** green roof, substrate, layers of green roof

### ÚVOD

Zelené strechy majú veľa výhod ale aj nevýhod. O rozhodnutí použiť zelenú strechu rozhoduje veľa ekonomicko-ekologických faktorov. Výhody zelených striech: zlepšenie tepelnoizolačných vlastností striech, pohlcovanie hluku, regulácia teploty a vlhkosti v mestách (udržiavanie vlastnej mikroklimy), požiarnej odolnosti. Kľúčová vlastnosť zelených striech z hľadiska nakladania s dažďovými vodami v urbanizovaných povodiach je retencia a detencia zrážkových vôd. Nevýhody sú zvýšené nároky na konštrukciu strechy (vrátane potreby vyššej statickej únosnosti nosnej konštrukcie) a nutnosť aspoň občasnej údržby, najmä údržby zelene.

Akumulovaná voda tvorí pôdnu zásobu vody, ktorá slúži rastlinám na evapotranspiráciu. Aby sa však voda na streche nehromadila v nadmernom množstve, pod akumuláčnou vrstvou sa nachádza drenážna vrstva, cez ktorú voda pomaly a postupne odteká. Tým sa hydrologický režim takejto sústavy značne približuje prirodzenému povodiu, t.j. pomalému odtoku vody z povodia. Podľa literatúry je objem odtoku z takéhoto typu striech iba približne 30 % z objemu spadnutej zrážky (t.j. 70 % objemu tvorí výpar). Pri vyhodnocovaní kvality odtoku zo zelených striech má dôležitú úlohu ročné obdobie a intenzita zrážkovej udalosti. Steusloff (1998) modeloval retenčnú kapacitu extenzívnej zelenej strechy a uvádza účinnosť zachytenia ťažkých kovov na úrovni 92 - 99% v letnom období, resp. 34 - 91% počas zimného obdobia. Na zachytenie ťažkých kovov, ale aj iných znečisťujúcich látok z ovzdušia má významný vplyv aktívna vegetačné obdobie rastlín.

Zelené strechy majú aj významnú tlmivú schopnosť vzhľadom na kyslé dažde, vyskytujúce sa na urbanizovaných povodiach. Teemusk and Mander (2007) porovnávali kvalitu odtoku zo zelenej strechy a klasickej bitúmenovej strechy. Hodnoty pH zo zelenej strechy boli pritom podstatne vyššie, stúpili z hodnoty 5,2 - 5,6 na 7,2 - 8,3.

Ako sa uvádza v publikácii (Rowe, 2010), je potrebné vyvíjať a využívať také rastové substráty zelených striech, ktoré minimalizujú vyplavovanie živín a ďalších

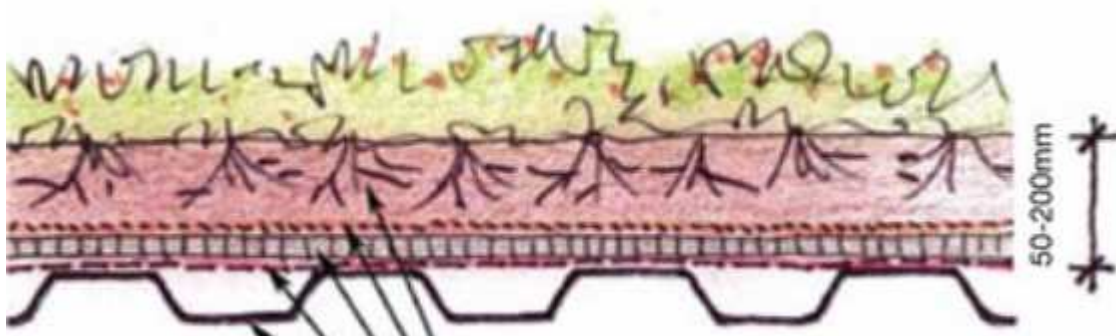
znečisťujúcich látok a pritom poskytujú zodpovedajúce fyzikálne a chemické vlastnosti pre rast rastlín. Organická hmota zahrnutá do podkladu je veľmi prospešná pre rast rastlín, ale pri jej rozklade môže dôjsť k výluhu živín. Ekonomické podmienky vyžadujú, aby na substrát boli využité materiály, ktoré sú lokálne dostupné a sú vhodné pre navrhovanú konštrukciu strechy - výber rastlín, klimatické pásmo, ako aj pre predpokladanú úroveň údržby. Komponenty, ako sú napr. recyklované materiály alebo vedľajšie produkty, majú potenciál využitia, ale musia byť zvážené koncentrácie znečisťujúcich látok. Riešením môže byť aj pridanie filtračných materiálov na zachytávanie znečisťujúcich látok a je možné, že aj rastliny môžu izolovať alebo fytoremediačne odstraňovať znečisťujúce látky v odpadových vodách pred ich vypustením do recipientov (Baker a Brooks, 1989).

Z tohto dôvodu chceme experimentálny výskum zamerať aj na možnosť využitia odpadových materiálov, z ktorých je vytvorená substrátová vrstva pre rastliny. Za vhodný materiál

považujeme odpadové kaly z komunálnych čistiarní odpadových vôd, nesmú byť však nadmerne znečistené napr. ťažkými kovmi. Ako je spomínané vyššie, druhou možnosťou je pridanie filtračných materiálov priamo do konštrukcie strechy, alebo ich zaradením do odtokovej oblasti. Preto ďalším zámerom projektu je preskúmať možnosti využitia materiálu – prírodného zeolitu, ktorého pomerne veľké ložiská sa nachádzajú na východnom Slovensku. Tento materiál má vynikajúce absorpčné schopnosti a v kombinácii s filtrom z aktívneho uhlia by mohol vytvoriť efektívny systém na redukcii znečistenia na odtoku zo zelenej strechy.

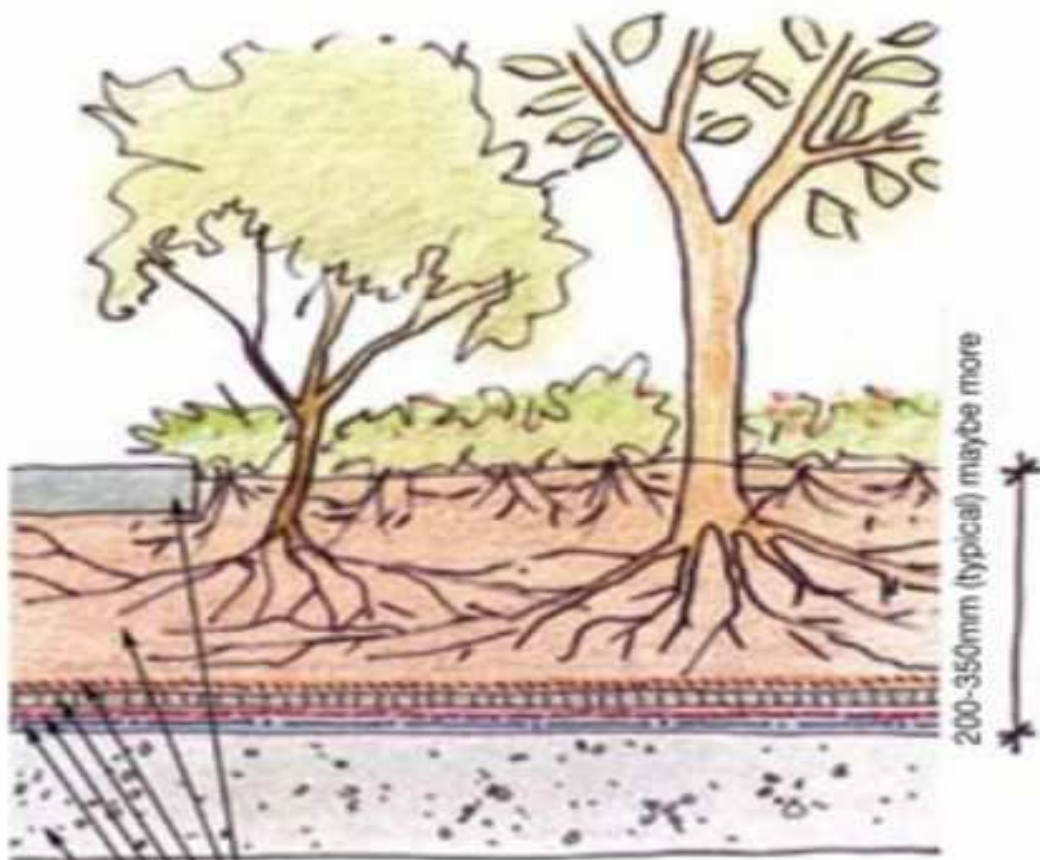
Typická skladba vrstiev zelenej strechy pozostáva z vrchnej vegetačnej vrstvy, akumuláčnej vrstvy (nemusí byť), filtračnej vrstvy, drenážnej vrstvy a ochrannej vrstvy proti prerastaniu koreňov.

Rozoznávame dva základné typy zelených striech s extenzívnou a intenzívnou zeleňou. Extenzívne (Obr. 3) strechy majú únosnosť 60 až 300 kg/m<sup>2</sup>. Malá únosnosť podmieňuje zeleň a rastliny rozrastajúce sa do plochy s hĺbkou substrátu 6 až 15 cm. Intenzívne (Obr. 4) strechy majú únosnosť 1000 kg/m<sup>2</sup>. Hrúbka substrátu (zeminy) je 1 až 1,3 m, ktorá je vhodná na vytvorenie záhrady s použitím kvetov, kríkov a nízkych stromov.



Obr. 1 Príklad extenzívnej zelenej strechy





Obr. 2 Príklad intenzívnej zelenej strechy

## OPIS PROJEKTU ZELENEJ STRECHY

Projekt zmenšeného laboratória in situ na streche stavebnej fakulty sa podarilo zrealizovať za pomoci grantov „Mladý výskumník 2012“ a VEGA č. 1/0691/13 „Zvýšenie retencie a detencie zrážkového odtoku v urbanizovaných povodiach“.

Postavili sa štyri modelové zelené strechy s rovnakou celkovou výškou ale s rôznou konštrukciou jednotlivých vrstiev a rôznym zložením rastlinného substrátu (príklad vid'. obrázky nižšie).

Experiment bude slúžiť na overenie platnosti získaných vzťahov a závislostí na základe výsledkov jednak vlastných terénnych experimentov, prípadne aj dostupných výsledkov experimentálnych meraní iných autorov.

Ďalšou použitou metódou bude počítačová simulácia: prednosťou tohto spôsobu riešenia úloh je skutočnosť, že pri riešení týchto úloh a posudzovaní rôznych alternatív je v niektorých prípadoch tento metodický postup jediný možný (napr. negatívne neovplyvňuje skúmanú lokalitu, vylúčenie rizík alebo neúmerných finančných nárokov vzhľadom na rozsah experimentu). Ďalej budú pri riešení projektu použité metódy štatistickej analýzy, a to za účelom zhodnotenia vplyvov jednotlivých parametrov na hodnoty hydrologických vlastností zelených striech.

Predpokladané výsledky experimentu:

1. zníženie maximálneho prietoku zrážkových vôd, ako aj celkového objemu odtoku (retencia - detencia),
2. redukciu znečistenia zrážkových vôd na zelených strechách, možnosťou sekundárneho využitia odtoku zo zelených striech (úžitková voda)

3. prieskum možností využitia niektorých materiálov (odpadové kaly z ČOV) ako substrátu na konštrukcie zelených striech
4. prieskum možností využitia niektorých filtračných materiálov (prírodné zeolity) za účelom zlepšenia kvality odtoku za účelom znovu využitia zrážkových vôd



Obr. 3 Laboratórium zelenej strechy.

## ZÁVER (SÚHRN)

Praktický prínos bude spočívať v možnosti využitia získaných poznatkov pri návrhu konštrukcie zelených striech, ako aj ich využitia ako retenčného alebo retenčného prvku v hydrológii urbanizovaného územia. Budúci výskum v oblasti použitia zelených striech by sa mal zamerať na výskum možností ich využitia ako zdroja úžitkovej vody, ďalej na možnosti využitia odpadových a recyklovaných materiálov pri ich konštrukcii a výstavbe, ako aj na prieskum možností nasadenia tejto progresívnej technológie vzhľadom na miestne a regionálne klimatické podmienky.

Výstupom projektu bude manuál odporúčaní a možností využitia technológie zelených striech pre komunálnu sféru (magistráty miest) z pohľadu vplyvu na mestskú infraštruktúru. Dôraz bude kladený aj na ekonomické aspekty tejto technológie a zhodnotenie jej prínosov pri rôznych úrovniach použitia v intravilánoch miest.

## POĎAKOVANIE

*Tento príspevok vznikol za podpory vedeckej grantovej agentúry VEGA v rámci riešenej grantovej úlohy grantovej úlohy VEGA č. 1/0691/13 „Zvýšenie retencie a detencie zrážkového odtoku v urbanizovaných povodiach“.*

## LITERATÚRA

TEEMUSK, A., MANDER, Ü, 2007. *Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: the effects of short-term events*. *Ecological Engineering* 30, 271-277.

VAN WOERT, NICHOLAUS D;D BRADLEY ROWE;ANDRESEN, JEFFREY A;RUGH, CLAYTON L; ET AL. : *Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth*. In: *Journal of Environmental Quality*; May/Jun 2005; 34, 3; ProQuest Technology Collection, pp. 1036.

ROWE, D.B., *Green roofs as a means of pollution abatement*, *Environmental Pollution* (2010)

BAKER, A.J. M., BROOKS, R.R., 1989. *Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements e a review of their distribution, ecology and phytochemistry*. *Biorecovery* 1 (2), 81-126.

STEUSLOFF, S., 1998. *Input and output of airborne aggressive substances on green roofs in Karlsruhe*. In: *Breuste, J., Feldmann, H., Uhlmann, O. (Eds.), Urban Ecology*. Springer-Verlag, Berlin.

## ADRESA AUTORA

Pavel Berta, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68, pavel.bera@stuba.sk



## VYUŽÍVANIE MATEMATICKÝCH MODELOV PRI POSUDZOVANÍ OBJEKTOV ČISTIARNÍ ODPADOVÝCH VÔD

Jaroslav Hrudka, Štefan Stanko

### ABSTRACT

#### THE USABILITY OF MATHEMATICAL MODELS IN ASSESSING SEWAGE TREATMENT OBJECTS

The Article points out on the issue of CFD modeling and the importance of addressing the processes taking place in the objects of wastewater treatment plants. This article explains the principles on which ANSYS FLUENT software works and also the usability of the solutions output models. there are explained flow equations and algorithms on which ANSYS software works. Subsequently are explained modeling methodology, which consists of: creating 3D geometry, creation of mesh, assignment of boundary conditions, define input parameters and finally the actual simulation. The final step in evaluating simulations are verify the inputs to the model using the measured values of existing objects..

**Key words:** mathematical model, sedimentation, WWTP

### DYNAMICKÉ MODELOVANIE

Modelovanie fyzikálnych javov je úzko spojené s modelovaním určitej formy pohybu matematickými prostriedkami. Pohyb tekutín súvisí s riešením rôznorodých problémov, ktoré sú dané fyzikálnymi modelmi:

- laminárne a turbulentné prúdenie.
- stlačiteľné a nestlačiteľné prúdenie.
- stacionárne, nestacionárne a prechodné prúdenie.
- prenos tepla, prirodzená a zmiešaná konvekcia.
- prenos chemických látok a chemických reakcií.
- viacfázové prúdenie, prúdenie s voľnou hladinou, prúdenie s poľnými časticami, bublinami, prípadne kvapkami.
- prúdenie pórovitým prostredím a iné.

Matematický model spočíva v definícií vyššie uvedených problémov. Vzhľadom na to, že sa jedná o deje rovinné, dvojrozmerné, osovo symetrické alebo trojrozmerné a časovo závislé, sú popísané sústavou parciálnych diferenciálnych rovníc, ktoré je potrebné rozšíriť numerickými metódami.

K riešeniu týchto problémov je možné využiť rôzne komerčné programové systémy, ako napríklad ANSYS Fluent, CFX a ďalšie. Veľmi dôležité je zostrojenie správneho výpočtového modelu, ktorý obsahuje matematické, fyzikálne a technické princípy. Pre tieto modely je nutné určiť všetky vstupné údaje softwaru, ktoré sú

potrebné pre model. Vo všetkých fázach vytvárania týchto modelov je potrebná opätovná kontrola vstupných údajov. V týchto modeloch musia byť rozčlenené všetky informácie o geometrii (dvojrozmerné alebo trojrozmerné útvary), údaje o pôsobení vonkajších síl, fyzikálne údaje (informácie o prúde médiu).

Dynamické modelovanie je postavené na určujúcich rovniciach prúdenia, ktoré vychádzajú z troch základných princípov:

- zachovanie hmotnosti.
- zachovanie hybnosti.
- zachovanie energie.

Tieto princípy sa vyjadrujú formou rovnice kontinuity, pohybových rovníc a rovnice energie. Formulujú sa ako systém parciálnych diferenciálnych rovníc (Navier-Stokesove rovnice).

## **METÓDY RIEŠENIA PARCIÁLNYCH DIFERENCIÁLNYCH ROVNÍC**

Diferenčná metóda je najstaršia všeobecne známa metóda riešenia diferenciálnych rovníc. Spočíva v nahradení derivácií diferenčnými podielmi s použitím Taylorovho rozvoja a následne odvodením diferenčných rovníc.

Metóda konečných objemov sa skladá z troch základných bodov:

- delenie oblasti na diskkrétne objemy použitím všeobecnej krivočiarej siete.
- bilancovanie neznámych veličín v individuálnych konečných objemoch a diskretizácia.
- numerické riešenie diskretizovaných rovníc

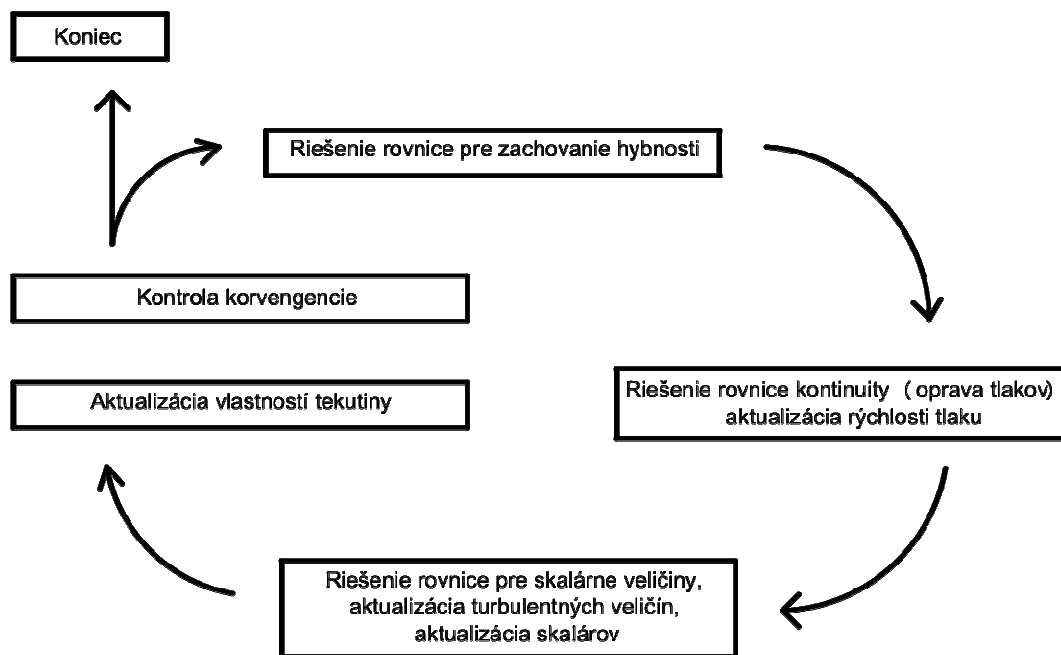
Software definuje diskkrétne konečné objemy použitím non-staggered schém, kde všetky premenné sú zachované v stredoch konečných objemov.

V súčasnosti sa začínajú používať aj modely prúdenia metódou konečných prvkov, ktorá spočíva na :

- násobenie diferenciálnych rovníc bázovými funkciami.
- delenie oblasti na trojuholníkové alebo štvoruholníkové prvky v 2D a štvorsteny respektíve šesťsteny v 3D.
- integrácia cez konečné elementy založené na variačnom prístupe.
- minimalizácia reziduálov.

Rovnice riešené v software Fluent sú rozšírením predchádzajúcich rovníc na trojdimenzionálny krivočiary súradnicový systém. Každá iterácia zostáva z nasledujúcich krokov:

- pohybové rovnice pre neznáme veličiny rýchlosti sú riešené s použitím veličín tlaku tak, aby sa aktualizovalo rýchlostné pole.
- rýchlosti určené v predchádzajúcom bode nemôžu spĺňať rovnicu kontinuity a preto sa určujú takzvané tlakové korekcie a následne aj korekcie rýchlostného pola.
- pomocou nových hodnôt rýchlostí sa rieši rovnica pre turbulentnú energiu  $k$  a disipáciu  $\epsilon$ .
- riešia sa ďalšie rovnice pre určenie teploty a ďalších skalárnych veličín.
- aktualizujú sa fyzikálne vlastnosti kvapalín (viskozita,...).
- kontrola konvergencie.



• Obrázok 1. Riešenie algoritmov v programe FLUENT

## INTERPOLAČNÉ POSTUPY

Fluent ukladá zložky rýchlosti a skalárnej veličiny v geometrických stredoch konečných objemov, ktoré sú definované sieťou. Z dôvodu výpočtového procesu je potrebné tieto hodnoty určiť na hraniciach konečných objemov. Tieto hodnoty sú získané interpoláciou, a je možné vybrať z 3 typov interpolačných postupov (zoradené od najpresnejšej):

- mocninová interpolácia
- kvadratická interpolácia (quick)
- integrácia druhého rádu (druhej diferencie)

Pri veľkých zmenách tlaku a prietoku je vhodné rozpočítať úlohu s najmenším radom presnosti a až po niekoľkých iteráciách je vhodné využiť presnejšie iterácie.

### Viacfázové modely prúdenia všeobecne

Veľké množstvo aplikácií v prírode ako aj v priemyslových technológiách sa týka kombinácií rôznych fáz. Pod pojmom fáza sa rozumie :

- plyn
- kvapalina
- tuhá látka.

V multifázovom prúdení je fáza definovaná ako identifikovateľná trieda materiálu, ktorý má čiastočnú inertnú odozvu na interakciu s prúdením a potenciálom poľa, v ktorom sa vyskytuje. Napríklad pevné častice rôznych veľkostí rovnakého materiálu, môžu byť považované za rôzne fázy, pretože každé zoskupenie častíc s rovnakou veľkosťou majú podobné dynamické vlastnosti v prúdovom poli. Do viacfázového prúdenia zahrňujeme riešenia nasledujúcich problémov: kavitácia, aerácia, vlnenie vodnej hladiny, extrakcia, emulizifikácia, separácia, homogenizácia,



premiešavanie, hydraulická doprava, sedimentácia, flotácia, cyklóny, pneumatická doprava, sila, spaľovanie, odparovanie a iné.

V praxi je možné pracovať s rôznymi variantmi viacfázového systému. Tieto varianty sú uvedené v nasledujúcom prehľade:

Plyn – kvapalina alebo kvapalina - kvapalina

- Prúdenie bublín plynu alebo veľkých kvapiek kvapaliny v spojitom prostredí.
- Prúdenie kvapiek v spojitkej fáze plynu.
- Pomalé prúdenie veľkých bublín.
- Prúdenie s voľnou hladinou, s jasne definovanou hladinou.

Plyn – pevná látka

- Prúdenie pevných častíc v plyne.
- Pneumatická doprava.
- Fluidizačné pole.

Kvapalina – pevná častica

- Prúdenie kalu.
- Sedimentácia.

Trojfázové prúdenie

- Kombinácia hore uvedených variantov.

## **MODELOVANIE PRÚDENIA V BLÍZKOSTI STIEN ( STENOVÁ FUNKCIA)**

Modelovanie prúdenia pri stene ovplyvňuje presnosť numerického riešenia v celej oblasti. V blízkosti stien sa riešené premenné rýchlo menia, výrazne sa tu uplatňuje prenos hybnosti a skalárnych veličín. Turbulencia je tesne pri stenách potlačovaná, avšak vo vonkajšej časti medznej vrstvy dochádza k výraznej produkcii turbulentnej kinetickej energie v dôsledku Reynoldsových napätí a gradientu stredných rýchlostí. Experimenty ukázali, že oblasti pri stenách (medzné vrstvy) môžu byť rozdelené na viacero častí. Bezprostredne pri stene sa nachádza viskózna (laminárna) podvrstva, prúdenie je tu skoro laminárne a molekulárna viskozita má dominantný vplyv na prenos hybnosti, tepla a hmotnosti. Vonkajšia časť medznej vrstvy sa označuje ako plno turbulentná vrstva. Dominantným procesom je tu turbulencia. Medzi laminárnou pod vrstvou a plno turbulentnou vrstvou sa vyskytuje prechodná vrstva, kde sa rovnakou mierou uplatňujú účinky molekulárnej viskozity a aj turbulencie.

Prúdenie v blízkosti steny sa modeluje dvoma spôsobmi:

- Použitím stenovej funkcie (wallfunction) pomocou ktorej sa preklenie oblasť laminárnej podvrstvy a prechodovej podvrstvy, kde sa uplatňuje molekulárna a aj turbulentná viskozita. (Oblasť medzi stenou a oblasťou plne vyvinutého turbulentného prúdenia).
- Modelovanie prúdenia pri stene (nearwall modeling) vrátane viskózne podvrstvy v súvislosti s jemnosťou siete.

Štandardné stenové funkcie umožňujú dostatočné presné riešenie pri veľkých Reynoldsových číslach. Nerovnovážna stenová funkcia rozširuje možnosť aplikácie stenovej funkcie na prípady, keď je prúdenie vystavené účinkom tlakového gradientu a nerovnováhe.

Tento prístup nie je vhodný, pokiaľ sa prúdenie líši od ideálnych predpokladov, na ktorých je metóda stenovej funkcie založená. Jedná sa napríklad o :



- prúdenie s nízkym Reynoldsovým číslom, veľký vplyv steny (napríklad prúdenie úzkou štrbinou, prúdenie veľmi viskózných tekutín, prúdenie s malou rýchlosťou).
- silný tlakový gradient vedúci k odtrhnutiu medznej vrstvy.
- významné pôsobenie objemových síl (odstredivé sily, prúdenie v blízkosti rotujúceho disku, Archimedove sily)
- trojrozmerné prúdenie v blízkosti stien (Ekmanová špirála, silno zakrivená medzná vrstva)

Pokiaľ charakter prúdenia odpovedá niektorému z hore uvedených prípadov a pokiaľ je nutné tieto javy zahrnúť do riešenia, potom je nutné pristúpiť k podrobnému modelovaniu stenového prúdenia (nearwall modeling).

## TVORBA GEOMETRIE A VÝPOČTOVEJ SIETE

Výpočtová sieť predstavuje systém rozdelenia výpočtovej oblasti na časti na seba nadväzujúcich 2D buniek v dvojrozmernom priestore alebo 3D buniek v trojdimenzionálnom priestore. Dá sa povedať že výpočtová oblasť pokrytá výpočtovou sieťou je základom matematického modelovania. Nakoľko samostatný matematický model je iba pasívnym nástrojom, ktorý dostáva zmysel až vo chvíli, keď je aplikovaný konkrétny problém.

Pokiaľ sa hovorí o matematických modeloch, ktoré sú založené na numerickom riešení systému parciálnych diferenciálnych rovníc a vyžadujú aj zadanie okrajových podmienok. Dá sa teda konštatovať, že možnosti realizovania úlohy sú silno limitované výkonom počítačovej techniky.

Platí niekoľko zásad:

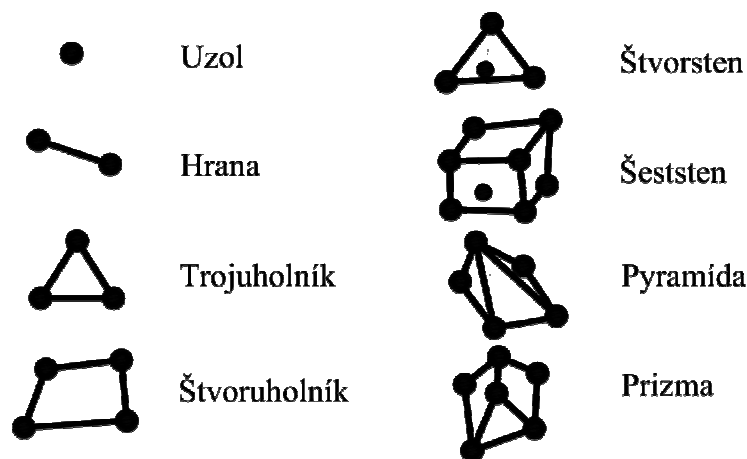
- výpočet je o to náročnejší (pomalší), čím viac rovníc je vo výpočtoch matematického modelu zahrnutých (podľa náročnosti a komplexnosti modelu);
- výpočet je o to náročnejší, čím viac buniek obsahuje výpočtová oblasť;
- výpočet je o to náročnejší, čím je kvalita výpočtovej siete menšia.

V záujme zvýšenia presnosti matematickej simulácie je nutné previesť tomu odpovedajúce nastavenia modelov. Do rôznych modelových fyzikálnych javov môžu svojím vplyvom zasahovať aj ďalšie nefyzikálne javy, ktoré je potrebné taktiež zohľadniť. Avšak s každým ďalším parametrom vstupujúcim do výpočtu pribúdajú ďalšie rovnice, ktoré matematický model musí riešiť. Preto sa môžu i pri rovnako definovanej výpočtovej oblasti a aj sieti, časy výpočtu sa môžu pri rôznych úlohách značne líšiť.

Počet buniek patrí k hlavným limitujúcim faktorom. Pri mnohých praktických úlohách sa množstvo buniek výpočtovej oblasti pohybuje v rádoch miliónov či až desiatok miliónov buniek. Tieto množstvá nie sú zanedbateľné nakoľko v každej z buniek sa počíta množstvo rôznych veličín. Preto je cieľom s ohľadom na budúci čas výpočtu redukovať počet buniek na nutné minimum.

Minimalizovanie počtu buniek by však nemalo byť uskutočňované na úkor kvality siete. Kvalitná sieť je taká, ktorá sa skladá z na seba nadväzujúcich geometricky pravidelných približne rovnako veľkých a pravidelne v celej výpočtovej oblasti rozložených elementov. Elementy by mali mať primeranú veľkosť, aby bolo možné zachytiť v dostatočnej miere modelovaný fyzikálny dej. Avšak z hľadiska reálneho možného počtu buniek v praxi nie je možné dodržať všetky ideálne predpoklady pre tvorbu siete. Preto sa používa zhusťovanie siete v miestach, ktoré sú z hľadiska prúdenia tekutín alebo šírenia tepla pre riešiteľa zaujímavé a naopak použitie riedkej

siete v nezaujímavých častiach. Zvláštnym prípadom sú zahustenia buniek a vytvorenie takzvanej medznej vrstvy v blízkosti stien. Tento prípad má za úlohu zachytiť veľké zmeny fyzikálnych veličín pri stene. Zahusťovanie buniek by malo byť plynulé. Pokiaľ by mala nastať zmena vo veľkosti buniek s príliš veľkým skokom v tvare, prejavilo by sa to zreteľne na priebehu výpočtu a aj v konečnom výslednom výpočte.



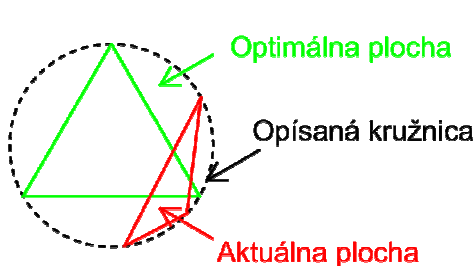
Obrázok 2. Tvar elementov tvoriacich výpočtovú sieť

### Kritéria pre posudzovanie kvality siete

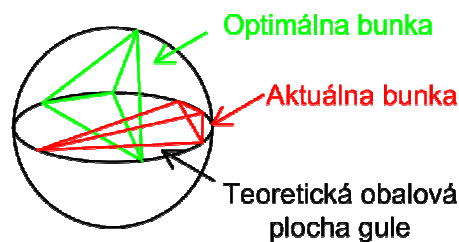
Kvalita siete sa posudzuje podľa:

- veľkosti buniek s ohľadom na modelovaný dej a požiadavky na presnosť výpočtu
- vhodnosti usporiadania buniek v priestore s ohľadom na konkrétny typ úlohy.
- kvality buniek (nesúmernosť elementov, atď).

Najvýznamnejším kritériom pre posudzovanie kvality elementov je nesúmernosť, keď sa posudzuje ako veľá sa bunka podobá tvarom čo možno najviac podobá ideálnemu pravidelnému geometrickému tvaru. Pokiaľ je bunka akokoľvek deformovaná tak kvalita siete je horšia. Obecne sa kvalita bunky vyjadruje bezrozmerným číslom v rozsahu 0-1, kde 0 znamená výsledok najlepší a naopak 1 znamená najhorší výsledok. Táto hodnota sa nazýva mierou skosenia bunky alebo aj miera deformácie (ang. Skawnessmeasure) .



Obrázok 3.Princíp posudzovania kvality 2D bunky pre trojuholníkové bunky



Obrázok 4.Princíp posudzovania kvality 3D bunky pre siete tvorené štvorstenmi

Pre určenie kvality 2D bunky, čiže jej miery deformácie, slúži nasledujúci vzťah:

$$\text{Skewness measure (TRI)} = \frac{S_{\text{optimal}} - S_{\text{real}}}{S_{\text{optimal}}}$$

Kde:  $S_{\text{optimal}}$  predstavuje optimálnu plochu bunky  
 $S_{\text{real}}$  predstavuje reálnu plochu bunky

Výsledná hodnota by nemala presiahnuť hodnotu 0,85. Pokiaľ sa tak stane, je potrebné bunku alebo celú sieť opraviť, aby nebola ohrozená realizovateľnosť a presnosť výpočtu.

Pre určenie kvality 3D bunky tvorenej štvorstenom platí:

$$\text{Skewness measure (TET)} = \frac{V_{\text{optimal}} - V_{\text{real}}}{V_{\text{optimal}}}$$

Kde:  $V_{\text{optimal}}$  predstavuje optimálny objem bunky,  
 $V_{\text{real}}$  predstavuje reálny objem bunky

Skewnesmeasure (TET) predstavuje anglický výraz pre mieru deformácie bunky a vzťahuje sa ku 3D sieťam. Výsledná hodnota by nemala presiahnuť hodnotu 0,9. Pokiaľ sa tak stane, je potrebné takúto bunku opraviť.

## VÝUŽITIE MATEMATICKÝCH MODELOV V ZDRAVOTNOM INŽINIERSTVE

V súčasnej dobe sa väčšina objektov linky čistenia odpadových vôd a aj objektov samotnej stokovej siete navrhuje pomocou empirických vzťahov. Preto sa naskytla možnosť inovácie týchto zaužívaných postupov, vďaka pokročilej výpočtovej technike ,pri navrhovaní a dimenzovaní týchto objektov alebo aj pri riešení problémov v existujúcich objektoch.

## ZÁVER

Výsledkom simulácií je množstvo informácií, ako sú rýchlosti, turbulentná kinetická energia, tlak, turbulentná viskozita, atď. Základným spôsobom získania prehľadu o simulovanom prúde v CFD sú grafické výstupy. Slúžia na identifikáciu problémových oblastí prúdenia. Ansys CFD využíva široké spektrum vizualizačných techník:

- izo- plochy – spájajú priestorové body s rovnakou hodnotou nastavenej veličiny.
- prúdové čiary (prúdnice) – spájajú body s okamžitým vektorom rýchlosti, nikdy sa nepretínajú, sú vhodné na zobrazenie dynamiky prúdenia.
- grafy – obyčajne dvoj- rozmerné zobrazenie závislosti dvoch premenných veličín s využitím dvoch súradnicových osí.
- rýchlostné vektory – zobrazujú rýchlosti alebo jednotlivé priestorové zložky rýchlostí v priestore alebo na zadanom povrchu.
- plošné diagramy – v zadanom rovinnom priereze ilustrujú farebne veľkosti zvolených veličín v závislosti od polohy v rovne.
- animácie, kompozície rôznych typov zobrazení – softvér je schopný generovať animácie na základe zmeny v čase, alebo rôzne rotácie objektov v priestore za účelom grafickej prezentácie.

Cieľom výskumu je analyzovanie hydraulických a prevádzkových procesov, ktoré prebiehajú v objektoch dažďových nádrží, sedimentačných nádrží a dosadzovacích nádrží. Po získaní poznatkov o týchto procesoch je ďalšou úlohou vytvorenie istej metodiky či už navrhovania nových objektov alebo aj optimalizácia existujúcich objektov.

Ďalšími úlohami výskumu sú:

- posúdenie hydraulických javov v objektoch
- posúdenie sedimentačných procesov a ich účinnosti
- vplyv teploty na účinnosť sedimentácie
- verifikácia modelov pomocou meraní na existujúcich objektoch
- simulácie rôznych alternatív ovplyvňujúcich prevádzku objektov

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0372-12

## LITERATÚRA

ANSYS FLUENT 12.0 (2009) *TheoryGuide*. Canonsburg : ANSYS Inc. .

DRTIL M., HUTŇAN M. (2002) *Technologický projekt - časť Procesy a technológie čistenia odpadových vôd*. Bratislava : STU. 978-80-89088-57-7.

GHAWI, ALIHADI. (2008) A numerical model of flow and settling in sedimentation tanks in wastewater treatment plants. Bratislava : STU Bratislava, SvF, ISBN 978-80-227- 2964-2

KOZÚBKOVÁ, MILADA. (2008) Modelování proudění tekutin FLUENT, CFX. Ostrava : VŠB- technická univerzita Ostrava.

MÄSIAR, E. (2000) *Hydraulika I.* STU v Bratislave ISBN 80-227-1312-0

MOLNÁR, V. (2011) *Počítačová dynamika tekutín: interdisciplinárny prístup s aplikáciami CFD.* Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, ISBN 9788081060489

URCIKÁN, P. (2011) *Stokovanie a čistenie odpadových vôd II.*,STU v Bratislave ISBN 978-80-227-3434-9

#### ADRESA AUTOROV

Jaroslav Hrudka, STU katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva,  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, email : [hrudka.jaroslav@gmail.com](mailto:hrudka.jaroslav@gmail.com)

Štefan Stanko, STU katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva,  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, email : [stefan.stanko@stuba.sk](mailto:stefan.stanko@stuba.sk)



## DIVERZITA A EKOLÓGIA DREVOKAZNÝCH TRÚDNIKOV V INTRAVILÁNOCH VYBRANÝCH MESTSKÝCH SÍDIEL SEVERNÉHO SLOVENSKA

Lucia Hvolková

### ABSTRACT

#### DIVERSITY AND ECOLOGY OF WOOD-DECAYING POLYPORES IN URBAN AREAS OF SELECTED TOWNS OF NORTHERN SLOVAKIA

Wood decaying fungi are studied in terms of phytopathological. There are most of studies about diversity and ecology of wood decaying fungi in forest ecosystem compared to the urban environment. We carried out terrain research in 4 towns of northern Slovakia during fructification growing period: May - July 2013. We recorded 93 polypores findings. The most commonly occurring taxa were *Trametes versicolor* and *Phellinus pomaceus*. Polypores colonized 90 host plants. The most frequently were colonized *Aesculus hippocastanum*, *Malus sylvestris*, *Salix alba* 'Tristis' and *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea'

**Key words:** diversity, ecology, polypores, host plant, urban area

### ÚVOD

Drevokazné huby predstavujú v urbánnych podmienkach vážne problémy. Zapríčiňujú hniloby na drevinách a nemajú nepriaznivý vplyv len na zdravie hostiteľov, ale aj na ich estetickú hodnotu (TELLO et al., 2005). SUPUKA et al. (1991) uvádzajú, že parazitická mykoflóra mestského sídelného prostredia je veľmi rôznorodá. Huby sa dostávajú do prostredia zo škôlok, z okolitých lesných porastov, zo sádov a záhrad. Odtiaľ sa vzduchom, vetrom a hmyzom, dažďom a často aj človekom prenášajú na dreviny pestované pre skrášlenie a celkové skvalitnenie životného prostredia. Z hľadiska rozširovania drevokazných húb sú zvlášť významné abiotické a biotické faktory. TAKEMOTO et al. (2010) poukazujú na nepriaznivé podmienky počasia – sucho, vysoké a nízke teploty, nadmerná vlhkosť ovzdušia, prebiehajúce globálne otepľovanie. SINCLAIR et al. (1987) uvádzajú, že huby môžu agresívne napádať dreviny prostredníctvom nadmerného tepla a sucha. SCHWARZE et al. (2000) potvrdzujú, že podmienky podnebia, ako kolísanie počasia a UV žiarenie, definitívne zapríčiňujú rozklad dreva po určitej dobe. KONIJNENDIJK et al. (2005) konkrétne opísali abiotické faktory ovplyvňujúce rozširovanie drevokazných húb na drevinách v mestskom prostredí – emisie z dopravy a priemyslu, nesprávna údržba drevín, ich úmyselné poškodzovanie, konštrukčné práce v blízkosti drevín atď. BALDER (1994) poukázal na vysoký obsah dusíka v pôdnom podloží spôsobené psím močom prevažne v parkoch v mestskom prostredí. Vysoký obsah dusíka tak môže viesť k vyššej miere degradácie spôsobenej hubami a spôsobuje zvýšenú dispoziciu k rozkladu dreva.

## MATERIÁL A METÓDY

Terénny výskum prebiehal v 4 mestských sídlach severného Slovenska □ Námestovo, Tvrdošín, Dolný Kubín a Ružomberok počas fruktifikačného obdobia máj □ jún 2013. Nálezy drevokazných trúdnikov boli odoberané z nasledovných kategórií urbánnej vegetácie: mestské parky a parčíky, sprievodná vegetácia (stromoradia, aleje, brehové porasty), vegetácia pri bytových domoch a sídliskách (medzibloková a vnútrobloková vegetácia), vegetácia občianskej vybavenosti (vegetácia pri obchodných domoch, zdravotníckych, kultúrnych, školských, športových zariadeniach).

Pri odbere vzoriek v teréne sme zaznamenávali: typ plodnice (resupinátna, semiresupinátna, klobúkatá), počet a umiestnenie plodníc na drevnom substráte. Pri drevine sme zaznamenávali druh dreviny, priemer kmeňa meraný vo výške 1,3 m ( $d_{1,3}$ ) a výšku dreviny, prípadné poškodenie dreviny (dutiny, trhliny, kalus, odlomené konáre, vyschnutá kôra). Pri lokalitách nálezu sme zaznamenávali konkrétne stanovištné podmienky (drevina ako súčasť brehového porastu, solitér, drevina na strmom svahu, znečistené prostredie v blízkosti nálezu).

### Odber a spracovanie odobratých vzoriek

Plodnice sme odoberali v konkrétnom vegetačnom období z drevného substrátu čo možno najšetrnejšie pomocou noža alebo sekerky. V prípade nedostupných nálezov sme použili fotoaparát. Jednotlivé vzorky sme ukladali do papierových vreciek aj s konkrétnym popisom nálezu priamo v teréne. Plodnice sme sušili v sušičke po dobu niekoľkých hodín. Doba sušenia závisela od nasiaknutia plodníc vodou. Po vysušení sme do papierových vreciek s exsikátmi vložili niekoľko klinčekov (*Caryophyllus aromaticus*) proti napadnutiu plodníc hmyzom.

### Determinácia spracovaných vzoriek

Exsikáty sme determinovali prostredníctvom determinačných kľúčov (HAGARA et al., 1999; HANSEN et KNUDSEN, 1992; BREINTENBACH et KRÄNZLIN, 1986; JÚLICH, 1984) makroskopicky. Pri determinácii sme sa sústredili na tieto makroskopické znaky: veľkosť, tvar, farba, povrch a konzistencia plodnice, hymenofor. Sporné taxóny sme determinovali mikroskopicky v laboratóriu prostredníctvom merania spór.

### Uschovanie vzoriek a herbár

Spracované a vysušené vzorky sa vložia do papierovej šédy s herbárovým štítkom a uložia do herbára na Katedre biológie a ekológie FEE TU vo Zvolene.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

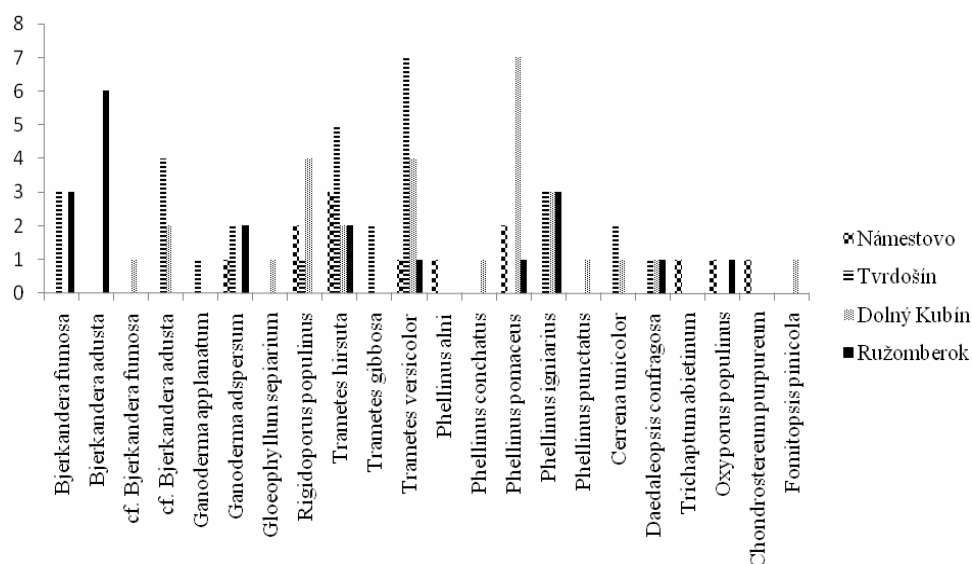
V jednotlivých kategóriách vegetácie v 4 mestských sídlach severného Slovenska bolo počas vegetačného obdobia máj - jún 2013 zaznamenaných 93 nálezov plodníc drevokazných trúdnikov (22 taxónov) (Tab.1).



Tab. 1 Prehľad taxónov a abundancie plodníc drevokazných trúdnikov v sledovaných mestských sídlach

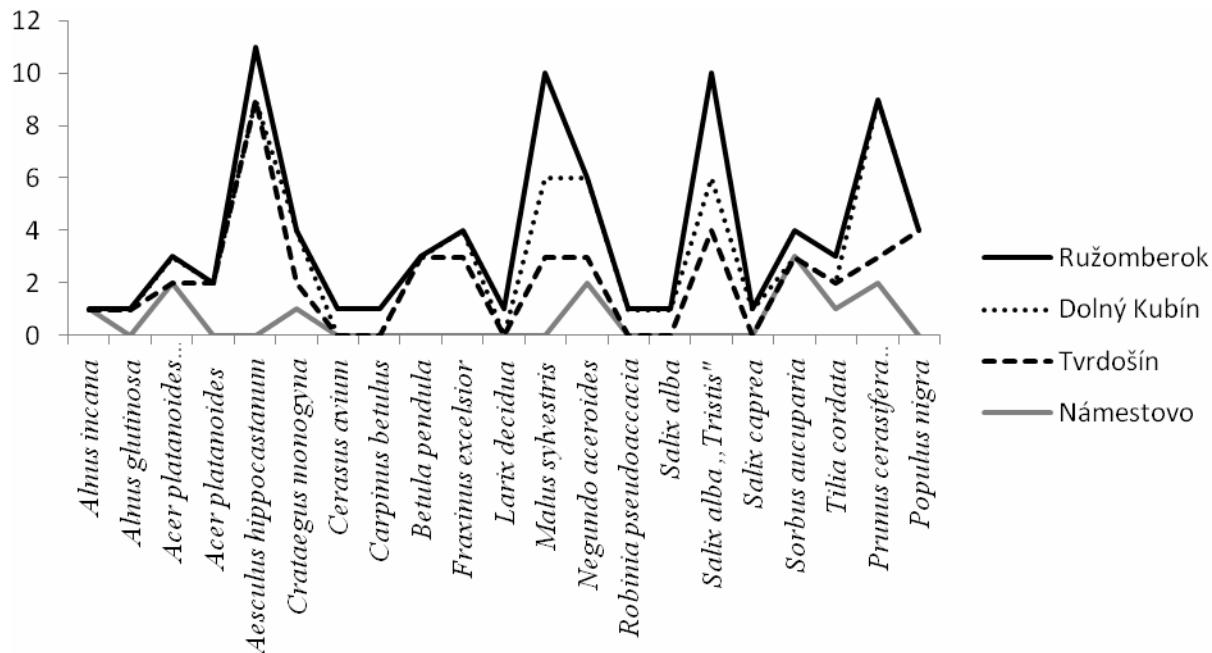
|                                 | Námestovo | Tvrdošín | Dolný Kubín | Ružomberok |
|---------------------------------|-----------|----------|-------------|------------|
| <i>Bjerkandera fumosa</i>       | 0         | 3        | 0           | 3          |
| <i>Bjerkandera adusta</i>       | 0         | 0        | 0           | 6          |
| cf. <i>Bjerkandera fumosa</i>   | 0         | 0        | 1           | 0          |
| cf. <i>Bjerkandera adusta</i>   | 0         | 4        | 2           | 0          |
| <i>Ganoderma applanatum</i>     | 0         | 1        | 0           | 0          |
| <i>Ganoderma adspersum</i>      | 1         | 2        | 0           | 2          |
| <i>Gloeophyllum sepiarium</i>   | 0         | 0        | 1           | 0          |
| <i>Rigidoporus populinus</i>    | 2         | 1        | 4           | 0          |
| <i>Trametes hirsuta</i>         | 3         | 5        | 2           | 2          |
| <i>Trametes gibbosa</i>         | 0         | 2        | 0           | 0          |
| <i>Trametes versicolor</i>      | 1         | 7        | 4           | 1          |
| <i>Phellinus alni</i>           | 1         | 0        | 0           | 0          |
| <i>Phellinus conchatus</i>      | 0         | 0        | 1           | 0          |
| <i>Phellinus pomaceus</i>       | 2         | 0        | 7           | 1          |
| <i>Phellinus igniarius</i> s.l. | 0         | 3        | 3           | 3          |
| <i>Phellinus punctatus</i>      | 0         | 0        | 1           | 0          |
| <i>Cerrena unicolor</i>         | 0         | 2        | 1           | 0          |
| <i>Daedaleopsis confragosa</i>  | 0         | 1        | 1           | 1          |
| <i>Trichaptum abietinum</i>     | 1         | 0        | 0           | 0          |
| <i>Oxyporus populinus</i>       | 1         | 0        | 0           | 1          |
| <i>Chondrostereum purpureum</i> | 1         | 0        | 0           | 0          |
| <i>Fomitopsis pinicola</i>      | 0         | 0        | 1           | 0          |
| Spolu:                          | 13        | 31       | 29          | 20         |

Na nasledujúcom obrázku (Obr. 1) je znázornená diverzita trúdnikov v jednotlivých mestských sídlach. Najpočetnejším nálezom bol *Trametes versicolor* (7 nálezov), *Phellinus pomaceus* (7 nálezov) a *Bjerkandera adusta* (6 nálezov). V Námestove sa najčastejšie vyskytoval *Trametes hirsuta* (3 nálezy), v Tvrdošíne *Trametes versicolor* (7 nálezov), v Dolnom Kubíne *Phellinus pomaceus* (7 nálezov) a v Ružomberku *Bjerkandera adusta* (7 nálezov).



Obr. 1 Počet nálezov plodníc vo vybraných mestských sídlach počas fruktifikačného obdobia máj - jún 2013

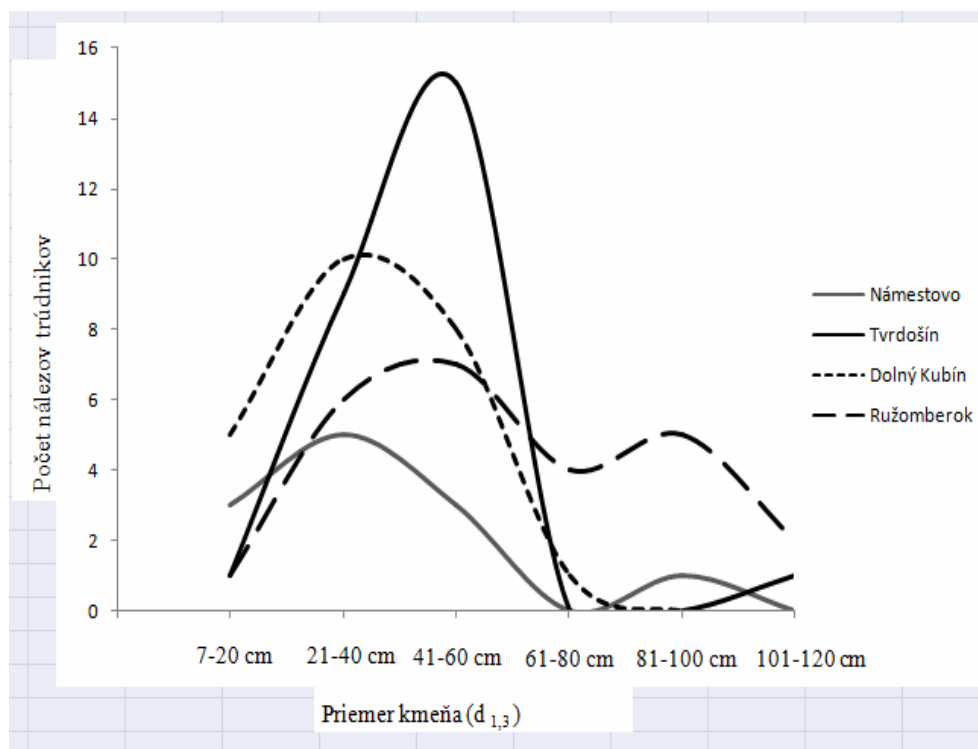
Hostiteľská preferencia bola vyhodnotená z databázových údajov získaných z terénneho prieskumu v jednotlivých sídlach. Trúdniky sa viazali na 90 drevín (22 taxónov). Najčastejšie sa trúdniky viazali na dreviny *Aesculus hippocastanum*. Na túto drevinu sa viazali trúdniky až 11x. Pomerne často napádanými drevinami boli *Malus sylvestris* a *Salix alba* 'Tristis' na ktoré sa trúdniky viazali 10x a *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea', trúdniky sa viazali na túto drevinu 9x. (Obr. 2)



Obr. 2 Abundancia hostiteľských drevín vo vybraných sídlach

Vzhľadom k špecifickému výskytu plodníc vo vzťahu k hrúbke kmeňa dreviny sme vyhodnotili závislosť početnosti trúdnikov od priemeru kmeňa na jednotlivých hostiteľských drevinách.

Z vyhodnotenej databázy drevín, v ktorej sme zaznamenávali priemer drevín ( $d_{1,3}$ ) sme vytvorili graf závislosti výskytu trúdnikov od priemeru kmeňa (Obr. 3). Najväčší počet trúdnikov sa viazal na dreviny s priemerom kmeňa 41 - 60 cm. Výrazná početnosť je pri uvádzaných priemeroch kmeňa hlavne v meste Tvrdošín. Vo všeobecnosti sa najväčší počet plodníc trúdnikov viazal predovšetkým na dreviny s priemerom kmeňa menším ako 60 cm.



Obr. 3 Vzťah výskytu plodníc trúdnikov od priemeru kmeňa drevín

Výskumom trúdnikov v urbánnom prostredí sa na Slovensku zaoberal hlavne GÁPER (1997). Ten uvádza 63 druhov trúdnikov na 38 alochtónnych druhoch drevín v intravilánoch miest Slovenska. V nami sledovaných mestských sídlach sme zaznamenali 20 druhov drevokazných trúdnikov na 21 druhoch hostiteľských drevín. Podľa Gápera (1998) sa najčastejšie v urbánnych podmienkach vyskytujú trúdniky *Phellinus igniarius* s.l., *Ganoderma australe*, *Ganoderma resinaceum*, *Inonotus hispidus*, *Inonotus nidus-pici*, *Phellinus igniarius* s. l., *Phellinus pomaceus*, *Phellinus punctatus*, *Bjerkandera adusta*, *Cerrena unicolor*, *Daedaleopsis confragosa*, *Fomes fomentarius*, *Laetiphorus sulphureus*, *Oxyporus populinus*, *Trametes gibbosa*, *Trametes hirsuta*, *Trametes suaveolens*, *Trametes trogii*, *Trametes versicolor*, *Tyromyces fissilis*, *Polyporus squamosus*. My sme v našom výskume zaznamenali ako najčastejšie vyskytujúce sa druhy *Trametes versicolor*, *Phellinus pomaceus*, *Bjerkandera adusta*, a *Rigidoporus populinus*. Trúdniky sa väčšinou viazali na introdukovanú drevinu *Aesculus hippocastanum*, ktorá bola najviac narúšaná nepriaznivými faktormi. Vzhľadom na to, že táto drevina je introdukovaná a menej prispôsobivá podmienkam

v našom prostredí, sa drevokazné trúdniky šíрили cez rany vzniknuté hlavne mrazom a produktami antropogénnej činnosti rýchlejšie.

## ZÁVER

Počas vegetačného obdobia máj - jún 2013 sme v jednotlivých kategóriách vegetácie sledovaných sídiel zaznamenali 93 nálezov drevokazných trúdnikov patriacich do 22 taxónov. Najčastejšie vyskytujúcim sa druhom bol *Trametes versicolor* (7 nálezov). Najčastejšou hostiteľskou drevinou bol *Aesculus hippocastanum*. Drevokazné trúdniky sa viazali väčšinou na dreviny s priemerom kmeňa cca menším ako 60 cm.

## LITERATÚRA

BALDER, H. 1994. Schäden durch Hunde-Urin im öffentlichen Grün. *Stadt und Grün*. 43: 621-624.

BREITENBACH, J., KRÄNZLIN, F. 1986. *Fungi of Switzerland. Vol. 2. Non gilled fungi. Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gasteromycetes*. Lucerne: Mykologia. 412 s.

GÁPER, J. 1997. *Polypores affecting of woody plants in urban areas of Slovakia*. Vedecké štúdie 9/96A. Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity, 75 s.

GÁPER, J. 1998. *Trúdniky na území Slovenska a ich šírenie bazídiospórami*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 75 p.

HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J. 1999. *The atlas of fungi*. Praha: Aventinum. 416 s.

HANSEN, L., KNUDSEN, H. 1992. *Nordic Macromycetes. In Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales*. New York: Nordsvamp. 474 s.

JÜLICH, W. 1984. *Die Nichtblätterpilze, Gallerpilze und Bauchpilze. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes. Kleine Kryptogamenflora*. New York. 626 p.

KONIJNENDIJK C. et al. 2005. *Urban forests and trees*. Springer: Netherlands. 520 s. ISBN 13 978-3-540-25126-2.

SCHWARZE, F. W. M. R., ENGELS, J., MATTHECK, C. 2000. *Fungal Strategies of Wood Decay in Trees*. Berlin: Springer, 168 s.

SINCLAIR, W. A., LYON, H. H., JOHNSON, W. T. 1987. *Diseases of trees and shrubs*. New York: Cornell University, 660 s.

SUPUKA, J. et. al. 1991. *Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava: Veda SAV, 235 s.

TAKEMOTO, S. et al. 2010. Schizophyllum commune as a ubiquitous plant parasite. In *Japan Agr. Res. Quar.* 44: 357-364.

TELLO M. – T. et al. 2005. Biotic urban growing conditions – threats, pests and diseases. In: KONIJNENDIJK, C. et al. *Urban forests and trees*. Berlin: Springer, 520 s.

#### ADRESA AUTORKY

Lucia Hvolková, Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, ul. T. G. Masaryka 24, 960 56



## **PODMIENKY TVORBY SEDIMENTOV V STOKOVEJ SIETI**

Lenka Molnárová, Štefan Stanko

### **ABSTRACT**

#### **CONDITIONS FOR THE FORMATION OF SEDIMENTS IN THE SEWER NETWORK**

Sewage network is intended as quickly as possible lead away wastewater to wastewater treatment plants. When operating the sewer network is the main problem of creation sediments in sewers, which can lead to the clogging. The article defined aspects influencing the formation of sediments and possibilities design parameters of sewer network, which can eliminate them. Addressing the issue of the necessary flow velocities of wastewater and subsequent possible problems caused by clogging sewer network and the impact on the environment.

**Key words:** sewer network, waste water, velocity flow, sediments, slope

### **ÚVOD**

Pri návrhu stokovej siete sa vychádza zo základných charakteristík územia. Základnou charakteristikou pôsobiaceou na odvedenie odpadových vôd je sklon potrubia, ktorý priamo vplýva na rýchlosti prúdenia v stokovej sieti. V prípade nedostatočných rýchlostí je bežným javom tvorba nánosov. Tvorba nánosov je hlavným problémom pri prevádzkovaní stokovej siete. Tieto nánosy môžu následne zadržiavať odpadové vody zhoršovať ich kvalitu a následne spôsobovať problémy pri čistení odpadových vôd. Sedimenty svojím pôsobením následne môžu spôsobovať upchávanie stôk a tým zabraňovať funkcií stokových sietí. Funkčnosť stokovej siete je zadefinovaná v STN EN 752-2 [1], kde hneď prvým bodom je podmienka, že pri prevádzke nesmie dochádzať k upchávaniu stôk. Vyriešenie tohto problému je možné správnym hydraulickým návrhom stokovej siete. Podmienkou správneho návrhu je návrh dostatočných rýchlostí zabezpečujúcich efektívne odvádzanie odpadových vôd. Toto efektívne odvedenie spočíva v návrhu správnych rýchlostí prúdenia v stokových sieťach. V slovenských a zahraničných publikáciách je uvedených niekoľko vzorcov na výpočet rýchlostí prúdenia odpadových vôd za rôznych podmienok. Prehľad týchto vzorcov a ich porovnanie je možným smerom riešenia tohto problému.

### **FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE PRÚDENIE ODPADOVÝCH VÔD**

Hlavným faktorom pre prúdenie odpadových vôd je návrhový sklon potrubia. Pre návrh správneho odvedenia odpadových vôd je obmedzujúcou podmienkou viesť stokové siete

v minimálnych povolených sklonoch z pohľadu dodržania stavebnotechnických a prevádzkových dôvodov

Minimálny sklon potrubia je zadefinovaný podľa vzorca:

$$i_{min} = 1500/D \quad (1)$$

kde D je priemer kruhovej stoky alebo šírka nekruhovej stoky v mm. [2] Pre delené stokové siete je podľa Urcikána a Rusnáka [3] v bezdažďových stokách, kde nie sú transportované pieskové častice minimálny sklon určený vzorcom:

$$i_{min} = 1000/D \quad (2)$$

a v prípade dosiahnutia samočistiacich sklonov je tento návrhový sklon  $i_{0s}$  pre stoky jednotnej sústavy

$$i_{0s} = 2000/D \quad (3)$$

Pri maximálnom hodinovom prietoku bezdažďových odpadových vôd zabezpečujúcich tangenciálne napätie  $\tau = 2 \text{ N.m}^{-2}$  je samočistiaci sklon vyjadrený vzorcom

$$i_{0s} = 0,204/R \quad (4)$$

kde R je hydraulický polomer (m). Stoky uložené v minimálnych sklonoch sa však zanášajú a preto je potrebné zabezpečovanie pravidelného čistenia. Návrh samočistiacich sklonov, ktoré zabezpečujú dostatočné rýchlosti prúdenia odpadových vôd môžu výrazne zjednodušovať prevádzku stokových sietí.

Na svahovitom území ohraničuje uloženie stôk maximálny sklon potrubí, ktorý je podmienený maximálnou povolenou rýchlosťou podľa zvoleného materiálu stôk. V prípade dodržiavania tejto okrajovej podmienky je potrubie kladené súbežne s terénom. Základný vzorec vychádzajúci z Manningovej rovnice na výpočet maximálneho sklonu je podľa vzorca

$$i_{0max} = \left[ \frac{(v_{max} \cdot k^{0,167})^2}{10,42 \cdot D^{0,667}} \right] \quad (5)$$



kde  $v_{\max} = 5 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $k$ - hydraulická drsnosť.

Podmienky ovplyvňujúce prúdenie odpadových vôd a tvorbu sedimentov v stokách sa môžu vzťahovať na tri základné skupiny faktorov.

Prvou skupinou faktorov sú fyzikálne a chemické faktory, medzi ktoré zaraďujeme tvar, veľkosť a hustotu častíc, usadzovaciu rýchlosť tuhých častíc a koncentráciu jednotlivých znečisťujúcich látok.

Druhou skupinou faktorov sú charakteristiky prúdenia odpadových vôd. K týmto aspektom sú zaraďované rýchlosť a variácie prietokov.

Poslednými faktormi sú faktory vyplývajúce zo zvoleného stokového systému. Ide o tvar a veľkosť prierezu, hydraulickú drsnosť

## RÝCHLOSTI PRÚDENIA ODPADOVÝCH VÔD

Podľa STN EN 752-4 Stokové siete a systémy kanalizačných potrubí mimo budov Časť 4: Hydraulický návrh a aspekty ochrany životného prostredia sa rýchlosti prúdenia v potrubíach stokových sietí [4] určujú pomocou Manningovej rovnice a Colebrook-Whiteovej rovnice. Pomocou Colebrook-Whiteova rovnice však možno určiť rýchlosti pri kapacitnom plnení stôk podľa vzorca:

$$v = -2\sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot i_E} \log \left( \frac{k}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51 \cdot v}{D \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot i_E}} \right) \quad (6)$$

kde  $g$  - tiažové zrýchlenie,  $D$  - vnútorný priemer potrubia,  $i_E$  - hydraulický sklon,  $k$  - hydraulická drsnosť potrubia v metroch a  $v$  - kinematická viskozita.

Podľa Manninga sa rýchlosť počíta podľa vzorca:

$$v = K \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i_E^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

kde  $R$  - hydraulický polomer,  $K$ - Manningov súčiniteľ.

Hydraulický výpočet pomocou týchto rovníc zabezpečuje funkčnosť stokovej siete ale v prípade minimálnych sklonov je rýchlosť prúdenia nedostatočná z dôvodu tvorby sedimentov.

Najideálnejšími sklonmi sú sklony zabezpečujúce samočistiace rýchlosti. Podľa Fedorova (1956) [3] má rovnica samočistiacich rýchlostí po úprave tvar:

$$v_{nz} = 1,42 \cdot R^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

$$a = 0,5 \cdot R + 4,5 \quad (9)$$

kde R je hydraulický polomer. Táto rovnica vychádza z experimentálnych meraní rýchlostí splaškovej odpadovej vody s koncentráciou suspendovaných častíc  $c \sim 600 \text{ mg.l}^{-1}$  a so stredným priemerom častíc  $d_{50} = 1 \text{ mm}$ . Priebeh kriviek závislostí je totožný. V prípade prekročenia 50% kapacitného prietoku v krivkách nastáva mierne zvýšenie rýchlostí a potom následné plynulé klesanie.

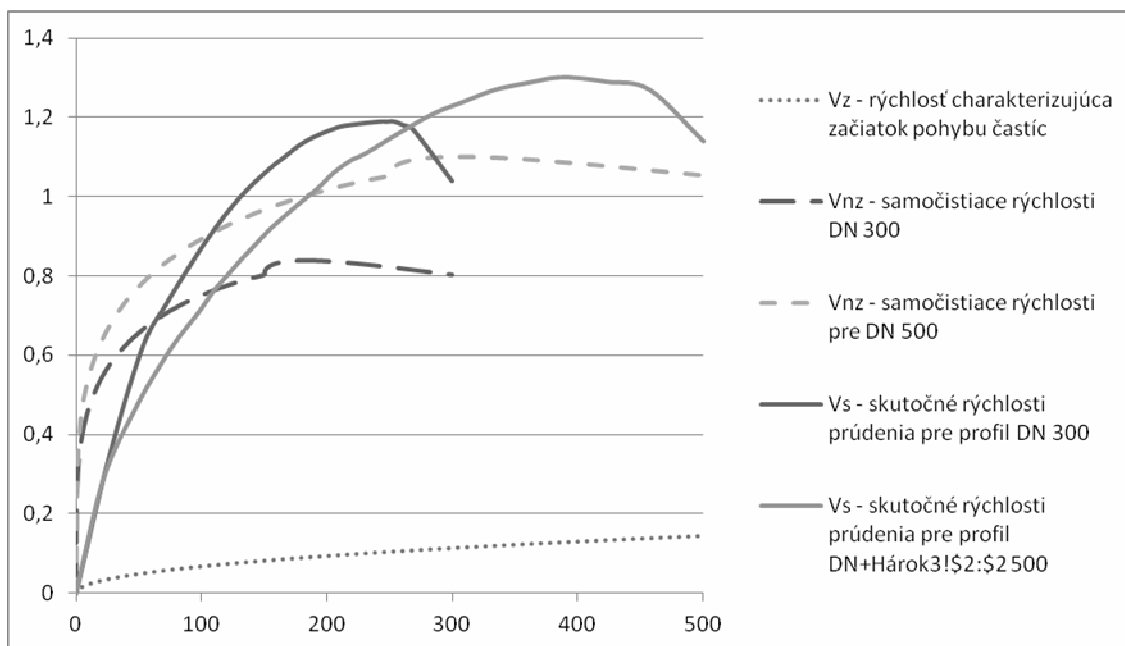
Potrebnú rýchlosť charakterizujúcu začiatok pohybu častíc zadefinoval May v roku 1994 [3]. Táto je určená prietokovými charakteristikami a charakteristikami prúdiacich odpadových vôd podľa empirického vzorca

$$v_z = 0,3915 \cdot y^{0,47} \cdot d_{50}^{0,03} \cdot (s - 1)^{0,5} \quad (10)$$

keď y – prietoková hĺbka vody nad úrovňou dna, s – relatívna hustota uvažovaná ako 1,4 a  $d_{50}$  - stredné pieskové zrno s uvažovanou veľkosťou zrna 1 mm. Výpočet podľa tohto vzorca je pre všetky potrubia možné zhrnúť do grafu s jednou krivkou pre všetky profily potrubí nakoľko rozmer prierezu do vzorca nevstupuje v žiadnom z členov ale smerodajným je prietoková hĺbka vody.

Podmienky na určenie najnepriaznivejších rýchlostí sú v stokách uložených v minimálnych sklonoch. Skutočné rýchlosti prúdenia v kruhových stokách profilu DN 300 a DN 500 boli zvolené v prípade uloženia stôk v minimálnych sklonoch podľa STN 75 6101 pre DN 300 na 5‰ a pre DN 500 na 3‰.

Zjednotením grafov samočistiacich rýchlostí, rýchlostí charakterizujúcich začiatok pohybu častíc a rýchlostí pri stokách uložených v minimálnych sklonoch je možné určiť výšky plnenia prierezov stôk, pri ktorých sú stokové siete schopné samočistenia. Tieto grafy preukazujú, že transport určitého množstva látok v stokovej sieti prebieha stále čo však nie je postačujúce. Takáto metóda výpočtov a následné modelovanie stokovej siete by mohlo zabrániť zanášaniam stôk, vzniku porúch na stokovej sieti a zhoršeniu kvality odpadových vôd privádzaných na čistiareň odpadových vôd.



Graf. 1. Určenie dostatočnej výšky plnenia v závislosti samočistiacej rýchlosti

## ZÁVER

Dostatočné rýchlosti prúdenia sú schopné spoľahlivo zabezpečiť odvedenie odpadových vôd bez vytvárania nánosov. Podľa zvolených vzorcov na výpočet rýchlostí je možné určiť potrebné rýchlosti prúdenia odpadových vôd a taktiež určiť potrebné výšky plnenia stôk z pohľadu transportu tuhých častíc. Týmto výpočtom je možné určiť krízové úseky na stokovej sieti, ktoré si budú vyžadovať potrebnú pravidelnú údržbu prevádzkovateľom stokovej siete. Tento výpočet preukazuje, že v prípade minimálnych sklonov je potrebné pri používanom profile DN 300 plnenie 35% a v prípade profilu DN 500 je potrebné 40% plnenie. Takýmto plnením, by malo byť zabezpečené dostatočné samočistenie stôk. V prípade nižších prietokov je prevádzkovanie týchto úsekov podmienené pravidelným čistením z dôvodu tvorby nánosov. Všetky tieto prípady môžeme prisúdiť počiatočným úsekom stôk, kde prietoky v mnohých prípadoch predstavujú len niekoľko milimetrové výšky plnenia stôk.

## POĎAKOVANIE

*Príspevok bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0372-12 a vedeckej grantovej agentúry VEGA – projekt VEGA č. 1/1079/12 na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva, SvF STU v Bratislave.*

## LITERATÚRA

- [1] STN EN 752-2 Stokové siete a systémy kanalizačných potrubí mimo budov. Časť 2: Funkčné požiadavky, 1999
- [2] STN 75 6101, Stokové siete a kanalizačné prípojky, 2002.

- [3] URČIKÁN P., RUSNÁK D.: Stokovanie a čistenie odpadových vôd. Stokovanie I. Navrhovanie stokových sietí, 2011.
- [4] STN EN 752-4 Stokové siete a systémy kanalizačných potrubí mimo budov. Časť 4: hydraulický návrh a aspekty ochrany životného prostredia, 2000
- [5] ACKERS, J., BUTLER, D., LEGGETT, D., MAY, R. Designing Sewers to Control Sediment Problems. Urban Drainage Modeling: pp. 818-823. (2001)

#### ADRESA AUTOROV

Ing. Lenka Molnárová, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, [lenka.molnarova@stuba.sk](mailto:lenka.molnarova@stuba.sk)

doc. Ing. Štefan Stanko, PhD. Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

## **CORRELATION BETWEEN CONTENT OF CARBON AND NITROGEN AND LEACHING OF MINERAL NITROGEN**

Lukáš Plošek, Jakub Elbl and Antonín Kintl

### **ABSTRACT**

Compost can influence soil fertility and plant health. At the same time compost can play an important role in the carbon and nitrogen soil cycle and it can influence leaching of mineral nitrogen from soil to underground water.

This paper deals with the effect of different types of fertilizers (compost as an organic and DAM 390 as a mineral nitrogen fertilizer) on the content of total carbon and nitrogen during the first year of lysimetric experiment. Twenty one lysimeters were filled with topsoil and subsoil collected in the area of protection zone of underground source of drinking water - Březová nad Svitavou.

The highest leaching of mineral nitrogen was detected in the variant fertilized only mineral nitrogen fertilizer ( $624.58 \text{ mg m}^{-2}$ ), the lowest leaching was recorded in the variant with high addition of compost ( $315.51 \text{ mg m}^{-2}$ ). On the other hand there is no direct correlation between leaching of mineral nitrogen and total content of carbon and nitrogen.

**Key words:** Carbon, Nitrogen, Compost, Mineral nitrogen fertilizer, Lysimeter

### **INTRODUCTION**

The unsustainable management of fertilization practises in agricultural systems is partially responsible for water quality degradation due to the concentration of nutrient released which end up contaminating underground and surface water (Jouquet *et al.*, 2011). Since nitrogen (N) is the most common limiting element for crop production, especially in long-term cultivated soils, this has resulted in an increase in N fertilizers application (Vaughan *et al.*, 2011). A negative outcome of over-fertilization is pollution of water (Coser, 1997).

One the key concerns of sustainable management is therefore how to avoid nutrient leaching from soil. The management of organic matter (OM) has emerged as a major strategy for achieving this goal because of its central role in storing and cycling nutrients (Jouquet *et al.*, 2011). Adding OM, such as crop residues and compost to soil results in an enhancement of many soil functions including water and nutrient holding capacity, resistant to compaction, infiltration and aeration, resistant to infection of roots by soil borne pathogens, and resistant to erosion, which a consequence improves crop yield (Diaz *et al.*, 2007, Jouquet *et al.*, 2011, Tejada *et al.* 2006). On the other hand, if the compost is applied in high doses it can negatively influence desirable groups of microorganisms, reduce yield of crops, increase leaching of nutrients (Erhart *et al.*, 2005, Kirschenman, 2010, Plošek *et al.*, 2013).

Area of our interest is the protection zone of underground source of drinking water "Březová nad Svitavou" (further protection zone). This protection zone is located in the northern part of the Czech-Moravian highland and it is responsible for protection of underground source of drinking water against contamination by pollutants. Unfortunately, the

function of this zone is ineffective which is indicated by increasing mineral nitrogen concentrations in the drinking water from this area (Záhora and Mejzlík, 2007).

Leaching of mineral nitrogen (consisting of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  and  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) from arable land is a major threat to the quality of drinking water from underground reservoirs in the Czech Republic. The area is situated on the Bohemian Cretaceous basin and consists of a system of soil isolators and collectors. The isolators are made by impermeable soil. Conversely, collectors are filled with light soils. These soils allow infiltration of precipitation and water transfer. Unfortunately, most collectors are under agricultural land. Therefore, mineral nitrogen from arable land can quickly contaminate underground sources of drinking water there (Elbl *et al.*, 2013).

In the soil, the microbial activity is the key to stop the leaching of mineral nitrogen. Soil microorganisms have the ability to immobilize the mineral nitrogen in their bodies. Moreover, microorganisms help to restore OM, if organic carbon (in compost) is added to the soil. OM has a direct impact on the capacity of the soil for retaining mineral nitrogen and other nutrients (Elbl *et al.*, 2013, Sutton, 2011, Záhora and Mejzlík, 2007).

There is hypothesis increase availability of total carbon in variants with compost decrease leaching of mineral nitrogen to underground water.

## MATERIAL AND METHODS

Twenty one lysimeters have been used as experimental containers and located in the area. The experiment was conducted in the protection zone of underground source of drinking water Březová nad Svitavou, where annual climatic averages (1962-2012) are 588.47 mm of precipitation and 7.9 °C mean of annual air temperature. The lysimeters were made from PVC (polyvinyl chloride). Each lysimeter was the same size and was filled with 25 kg of subsoil, 25 kg of topsoil (arable soil) and with compost in selected variants. See Figure 1.

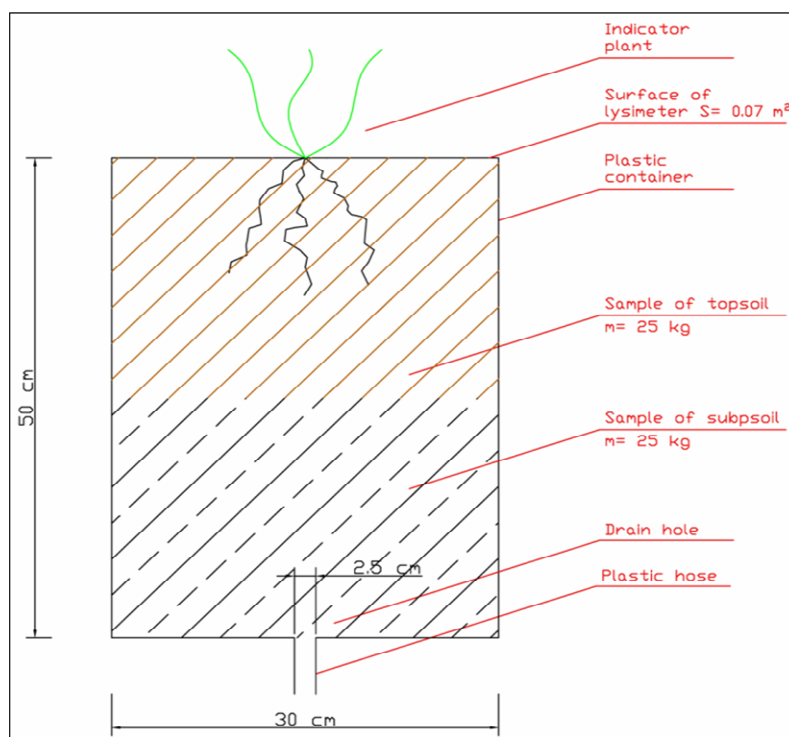


Fig. 1: Detail of experimental container – lysimeter according to Elbl *et al.* (2013)

Topsoil and subsoil were collected from a field in the area. Soil samples were sieved through a sieve (grid size of 10 mm) and homogenized. Topsoil and subsoil were prepared separately. Each lysimeter had one drain hole and PVC hose for collecting soil solution. Hose leads into the plastic bottle. All lysimeters were buried into the ground. Collection of soil solution and monitoring of the lysimeters was carried out in the control shaft. Lysimeters were completed and filled in October 2012. Winter wheat was used as a nodal plant to determine the effect of addition of different types of fertilizers, microbial activities and weather on plant production. Winter wheat (22 grains into each of lysimeters) was planted in the end of October.

Seven variants of the experiment were prepared, each one in three repetitions:

- C1 – arable soil with the addition of 100 % of recommended dose of N,
- C2 – arable soil without the addition of fertilizers,
- K1 – arable soil with the addition of 100 % of recommended dose of compost,
- K2 – arable soil with the addition of 100 % of recommended dose of compost and 25 % of recommended dose of N,
- K3 – arable soil with the addition of 100 % of recommended dose of compost and 50 % of recommended dose of N,
- K4 – arable soil with the addition of 100 % of recommended dose of compost and 100 % of recommended dose of N,
- K5 – arable soil with the addition of 200 % of recommended dose of compost.

Information on the applied fertilizers: Compost (Černý drak) samples were taken from the Central Composting Plant in Brno and it is registered (under the Fertilizers Law) for agriculture use in the Czech Republic. Nitrogen was applied as a liquid fertilizer DAM 390. DAM 390 is a solution of ammonium nitrate and urea with an average content of 30% nitrogen (1/4 of nitrogen is in the form of ammonium, 1/4 is in the nitrate form and 1/2 is in the form of urea). One hundred liters of DAM 390 contain 39 kg of nitrogen. Recommended dose in Czech Republic of compost is 5 kg m<sup>-2</sup> per 5 years and of nitrogen is 140 g m<sup>-2</sup> per year for winter wheat.

#### I. Content of total carbon and nitrogen

Total carbon (C<sub>tot</sub>) and nitrogen (N<sub>tot</sub>) were measured by high-temperature (1000 °C) dry combustion method with automatic analyzer LECO CNS 2000 in accordance with Nelson and Sommers (1996) for carbon determination and Bremner (1996) for nitrogen determination. All samples were ground manually using an agate mortar and pestle and dried (for 1 hour at 105 °C) and cooled in exsicator before total nitrogen and carbon analysis.

#### II. Leaching of mineral nitrogen in soil solution

Leaching of mineral nitrogen (N<sub>min</sub>) was measured using distillation-titration method by (Peoples *et al.*, 1989). Ammonium nitrogen was determined by distillation-titration method in an alkaline solution after the addition of MgO. Nitrate nitrogen was determined in the same manner using Devard's alloy. Concentration of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N was calculated:

$$\text{mg NH}_4^+ \text{ or NO}_3^- - \text{N} = \left( \frac{\text{normality of standart HCl}}{0.03571} \right) \times 0.5 \times \text{titration}$$

The value of  $N_{\min}$  was calculated as the sum of the detected ammonium and nitrate forms.

Determination of  $N_{\min}$  was performed after each sampling of the soil solution and in each sample. The results obtained from the analyses of soil solution were expressed in mg of  $N_{\min}$  ( $NH_4^+$ -N and  $NO_3^-$ -N) per  $m^2$  ( $mg\ m^{-2}$ ).

### III. Statistical analysis

Potential differences in the values of concentration of carbon and nitrogen and leached mineral nitrogen in soil solution were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) in combination with the Tukey's test. All analyses were performed using Statistica 10 software. The results were processed graphically in the program Microsoft Excel 2007.

## RESULTS AND DISCUSSION

### I. Content of total carbon and nitrogen

Total organic carbon influences many soil characteristics including colour, nutrient holding capacity (cation and anion exchange capacity), nutrient turnover and stability, which in turn influence water relations, aeration and workability (Schumacher, 2002).

The content of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$ , C/N ratio in each lysimetric variants are summarized Table 1 and 2.

Table 1: Concentration of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$  in the soil at the beginning of the experiment (October 2012). Different letters indicate significant differences ( $n = 3$ , ANOVA,  $P < 0.05$ ).

| Variants | $C_{\text{tot}}$<br>( $g\ kg^{-1}$ ) | $\pm SD$ | $N_{\text{tot}}$<br>( $g\ kg^{-1}$ ) | $\pm SD$ | C/N  |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|------|
| C1 - C2  | 12.91 <sup>a</sup>                   | 0.10     | 1.41 <sup>a</sup>                    | 0.01     | 9.18 |
| K1 - K4  | 15.24 <sup>b</sup>                   | 0.15     | 1.63 <sup>b</sup>                    | 0.02     | 9.34 |
| K5       | 15.99 <sup>c</sup>                   | 0.04     | 1.67 <sup>b</sup>                    | 0.02     | 9.59 |

Consider data in Table 1. This table presents differences of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$  between variants with different addition of compost at the beginning of the experiment. Content of  $C_{\text{tot}}$  in variants without the addition of compost is considered as lower  $C_{\text{tot}}$  values (Schumacher, 2002). Content of  $N_{\text{tot}}$  in soil is usually between 0,1 - 0,2 % (Diaz *et al.*, 2007). All variants reach this level.

Table 2 presents results of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$  after first harvest. Besides variant C2 content of  $C_{\text{tot}}$  significantly increase compared to beginning of the experiment. Variants with addition of compost have a positive effect on content of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$ . On the other it doesn't influence ratio C/N.

Table 2: Concentration of  $C_{\text{tot}}$  and  $N_{\text{tot}}$  in the soil after the first harvest (August 2013). Different letters indicate significant differences ( $n = 3$ , ANOVA,  $P < 0.05$ ).

| Variants | $C_{\text{tot}}$<br>( $g\ kg^{-1}$ ) | $\pm SD$ | $N_{\text{tot}}$<br>( $g\ kg^{-1}$ ) | $\pm SD$ | C/N   |
|----------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|-------|
| C1       | 14.48 <sup>a</sup>                   | 0.51     | 1.37 <sup>a</sup>                    | 0.02     | 10.57 |
| C2       | 12.96 <sup>b</sup>                   | 0.22     | 1.21 <sup>b</sup>                    | 0.02     | 10.69 |
| K1       | 16.21 <sup>c</sup>                   | 0.22     | 1.47 <sup>c</sup>                    | 0.04     | 11.02 |
| K2       | 15.68 <sup>d</sup>                   | 0.20     | 1.46 <sup>c</sup>                    | 0.02     | 10.77 |
| K3       | 16.09 <sup>c,d</sup>                 | 0.78     | 1.50 <sup>c,d</sup>                  | 0.09     | 10.72 |
| K4       | 15.56 <sup>d</sup>                   | 0.08     | 1.43 <sup>c</sup>                    | 0.06     | 10.88 |
| K5       | 17.24 <sup>e</sup>                   | 0.27     | 1.59 <sup>d</sup>                    | 0.05     | 10.82 |



## II. Leaching of mineral nitrogen in soil solution

Results of leaching of mineral nitrogen previously published in Plošek *et al.* (2014). From October 2012 to August 2013 soil solutions samples were taken for measuring of  $N_{min}$  (sum of  $NH_4^+$ -N and  $NO_3^-$ ). Table I shows the leaching of  $N_{min}$  in soil solution from seven variants of the experiment (with three replications).

Leaching of ammonium nitrogen was not significant among treatments. On the other hand high addition of compost (variant K5) had a positive effect on concentration of nitrate nitrogen in soil solution. 200 % dose of compost in variant K5 significantly decreased leaching of  $N_{min}$  compared with all variants.

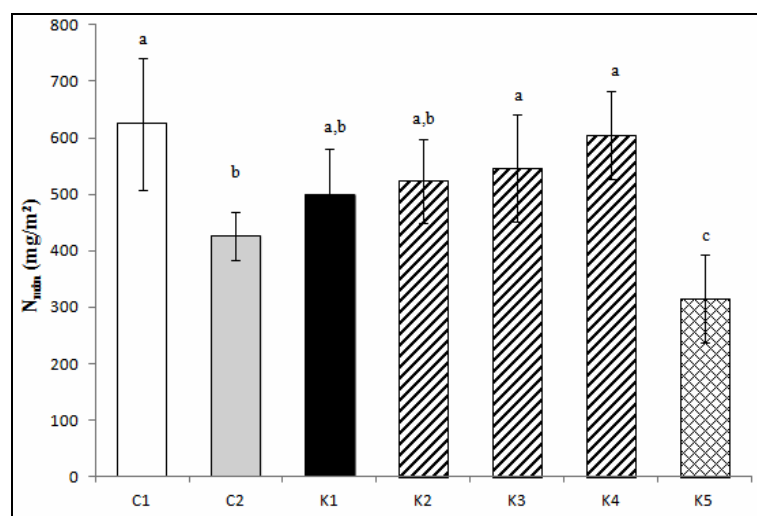


Fig. 2: Detection of mineral nitrogen in soil solution. Different letters indicate significant differences ( $n = 3$ , ANOVA,  $P < 0.05$ ).

Figure 2 shows leaching of  $N_{min}$  from soil. The highest concentration of  $N_{min}$  was detected in variant C1 - with addition 100 % of recommended dose of nitrogen ( $964.58 \text{ mg m}^{-2}$ ) and the lowest concentration of  $N_{min}$  was detected in variant K5 - with addition of 200 % of recommended dose of compost ( $315.51 \text{ mg m}^{-2}$ ).

Positive effect of compost addition on leaching of  $N_{min}$  was confirmed by various scientific studies (Diaz *et al.*, 2007, Elbl *et al.*, 2013, Erhart *et al.*, 2007), which confirm that  $C_{org}$  (part of  $C_{tot}$ ) is a source of energy for soil microorganisms and its application in form of compost has a positive effect on microbial activities in soil

## CONCLUSION

This contribution presents the first year results of a long-term lysimetric experiment. Based on the results, we can conclude that the high addition (200% of recommended dose) have a positive effect on microbial activity which is in connection with leaching of  $N_{min}$ .

There is not evident correlation between content of total carbon and nitrogen and their effect on leaching of  $N_{min}$ . Leaching of  $N_{min}$  especially influence mineral nitrogen fertilization during the growing season.

The obtained results will be necessary verified in the following years of the experiment.

## ACKNOWLEDGMENT

The work was supported by the National Agency for Agricultural Research (NAZV), project: The possibilities for retention of reactive nitrogen from agriculture in the most vulnerable infiltration area of water resources, registration no. QJ 1220007.

## LITERATURE

BREMNER, J.M., 1996: Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 3: Chemical Methods; Sparks, D.L. (ed.); Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, Book Series no.5, pp. 1085-1121.

COSSER, P. (Ed.), 1997: *Nutrients in Marine and Estuarine Environments*. Australia: State of the Environment Technical Paper Series (Estuaries and the Sea), Central Queensland University, Canberra.

DIAZ, L. F., DE BERTOLDI, M., BIDLINGMAIER W. and E. STENTIFORD, 2007: *Compost science and technology*. Boston: MA Elsevier.

ELBL, J. FRIEDEL, J. K., ZÁHORA, J., PLOŠEK, L., KINTL, A., PŘICHYSTALOVÁ J., HYNŠT, J., DOSTÁLOVÁ, L. and K. ZÁKOUTSKÁ, 2013: Leaching of Mineral Nitrogen and Phosphate from Rhizosphere Soil Stressed by Drought and Intensive Rainfall, *International Journal of Agricultural Biosystems Science and Engineering*, vol. 7, no. 11, pp. 182-187.

ERHART, E., HARTL W. AND B. PUTZ, 2005: Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops, *European Journal of Agronomy*, vol. 23, pp. 305-314.

ERHART, E., FEICHTINGER F. and W. HARTL, 2007: Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 170, pp. 608-614.

JOUQUET, E. P., BLOQUEL, E., THU DOAN, T., RICOY, M., ORANGE, D., RUMPEL C. and T. TRAN DUC, 2011: Do Compost and Vermicompost Improve Macronutrient Retention and Plant Growth in Degraded Tropical Soils?, *Compost Science & Utilization*, vol. 19, no. 1, pp. 15-24.

KIRSCHENMANN, F., 2010: Alternative agriculture in an energy- and resource-depleting future. *Renewable Agriculture Food Systems*, vol. 25, pp. 85–89.

NELSON, D. W and L. E. SOMMERS, 1996: Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Sparks, D.L. (ed.); Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, Book Series no.5, pp. 961-1010.

PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., RERKASEM B. and D. F. HERRIDGE, 1989: Methods for evaluating nitrogen fixation by modulated legumes in the field. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.

PLOŠEK, L., NSANGANWIMANA, F., POURRUT, B., ELBL, J., HYNŠT, J., KINTL, A., KUBNÁ D. AND J. ZÁHORA, 2013: The Effect of Compost Addition on Chemical and Nitrogen Characteristics, Respiration Activity and Biomass Production in Prepared Reclamation Substrates, *International Journal of Environmental, Earth Science and Engineering*, vol. 7, no. 11, pp. 167-172.

PLOŠEK, L., HYNŠT, J., ZÁHORA, J., ELBL, J., KINTL, A., CHAROUSOVÁ I. and S. KOVÁČSOVÁ, 2014: Mineral Nitrogen Retention, Nitrogen Availability and Plant Growth in the Soil Influenced by Addition of Organic and Mineral Fertilizers – Lysimetric Experiment, *World Academy of Science, Engineering and Technology* (in press).

SCHUMACHER, B. A., 2002: Methods for soil determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. Las Vegas: USEPA.

SUTTON, M. A., 2011: The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives. New York: Cambridge University Press.

TEJADA, M., GARCIA, C., GONZALES, J. L. and M. T. HERNANDEZ, 2006: Organic Amendment Based on Fresh and Composted Beet Vinasse: Influence on Soil Properties and Wheat Yield, *Soil Sci. Soc. Am.*, vol. 70, pp. 900-908.

VAUGHAN, S. M., DALAL, R. C., HARPER S. M. and N. W. MENZIES, 2011: Effect of fresh green waste and green waste compost on mineral nitrogen, nitrous oxide and carbon dioxide from a Vertisol, *Waste Management*, vol. 31, pp. 1720-1728.

ZÁHORA, J. AND MEJZLÍK, L., 2007: The leaching of mineral nitrogen into underground water from soil environment of different ecosystems, *Ekológia Travného Porastu*, no. 7, pp. 170-174.

#### AUTHOR ADDRESS

Lukáš Plošek, Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, email: lukas.plosek@mendelu.cz



## **DIVERZITA A HOSTITEĽSKÁ PREFERENCIA DREVOKAZNÝCH TRÚDNIKOV V INTRAVILÁNOCH VYBRANÝCH SÍDEL STREDNÉHO SLOVENSKA**

Iveta Sliacka

### **ABSTRACT**

### **DIVERSITY AND HOST PREFERENCE OF WOOD-DECAYING POLYPORES IN URBAN AREAS OF SELECTED TOWNS OF CENTRAL SLOVAKIA**

Diversity and ecology of wood-decaying polypores were evaluated in two urban areas of selected towns of central Slovakia - Detva and Zvolen. Field research was conducted in 2012 - 2013. We conducted 3 samplings of polypores. We evaluated the diversity, host preference, the incidence of polypores to the categories of urban vegetation and localization of fruit bodies on host woody plants. In Detva it was recorded 46 findings of wood-decaying polypores. In this spectrum we determined 15 taxa of polypores on the 13 taxa of host woody plants. The most frequently taxa was *Bjerkandera adusta*. The highest number of polypores was recorded on *Acer platanoides*. The highest number of findings was recorded in the street alleys and at stumps. In the urban area of the town Zvolen was recorded 104 wood-decaying polypores included to the 18 taxa. The most frequently reported taxon was *Phellinus pomaceus*. Polypores were in Zvolen recorded on 18 taxons of host woody plants. Most often were polypores recorded on *Cerasus serrulata*. The highest number of findings was observed in urban parks. The highest number of polypores findings was recorded on the trunks of host trees.

**Key words:** polypores, diversity, host preference, urban areas.

### **ÚVOD**

Urbánna vegetácia zahŕňa pôvodné, prirodzené, synantropné, alebo zámerne človekom vytvorené spoločenstvá drevín a bylín domácej a introdukovanej flóry na rôznom stupni kultúrneho stvárnenia, architektonickej vybavenosti, s diferencovanou vnútornou štruktúrou (SUPUKA, 2002). V rámci urbánnej vegetácie má osobitný význam drevinová zložka, najmä stromy. Tieto sú vzhľadom na svoju dlhovekosť vystavené pôsobeniu početných škodlivých vplyvov celého súboru podmienok prostredia v sídlach, ako aj nepriaznivým antropickým vplyvom (SUPUKA et al., 1991). Dreviny oslabené vplyvom stále sa zhoršujúcej kvality urbanizovaného prostredia, zvýšeným množstvom imisí, nedostatkom priestoru pre rast, výkyvmi počasia, sa stávajú príťažlivými pre parazitické organizmy – fytopatogénne huby. Dlhodobým spolupôsobením parazitických organizmov a negatívnych vplyvov prostredia sa tieto dreviny môžu stať nebezpečnými pre svoje okolie, pretože hrozí narušenie ich stability (RÓZOVÁ et al., 2011). Stromy v urbanizovanom prostredí často trpia trvalými poraneniami, kedy býva ich kôra poškodená. Výskyt poškodenia však neznamená okamžité hynutie stromu.

Proces hynutia sa predlžuje na niekoľko rokov, avšak v urbanizovanom prostredí konštantne narastá (JUHÁSOVÁ et al., 2004).

Významní biotickí škodcovia drevín v urbánnom prostredí sú parazitické huby, ktoré sa sem dostávajú zo škôlok, okolitých lesných porastov, zo sádov a záhrad. Poškodzujú korene, asimilačné orgány, konáre a kmene, spôsobujú až úplné usychanie dreviny. Najzávažnejšie poškodenia spôsobujú drevokazné huby, najmä trúdniky (SUPUKA et al., 1991).

Trúdniky a iné drevokazné huby rastú kozmopolitne, všade, kde majú vhodné stanovištné podmienky. Najviac výskumov bolo uskutočnených v Európe, tropické oblasti značne zaostávajú, hoci sú tu veľmi vhodné podmienky pre nové štúdie. V súčasnosti sa výskumy zameriavajú hlavne na objavovanie nových druhov a dopĺňajú sa údaje o mykogeografii trúdnikov. Diverzitou a ekológiou trúdnikov v lesných ekosystémoch sa zaoberá veľké množstvo štúdií. Tieto štúdie vedú aj k všeobecným záverom, ktoré prispievajú k poznaniu ekológie trúdnikov.

Celkovo bolo opísaných okolo 1500 druhov trúdnikov. V súčasnosti sú stále opisované nové druhy a dopĺňujú sa údaje o ich rozšírení (KOUT, 2009). Na území bývalej ČSFR bol zaznamenaný výskyt viac ako 212 druhov drevokazných trúdnikov (KOTLABA, 1984). Výskumu drevokazných húb v sídlach sa na území SR venuje systematická pozornosť posledných 35 rokov, v ostatných krajinách Európy cca posledných 20. Údaje o ich výskyte sú roztrúsené vo viacerých publikáciách. Najvýznamnejšou skupinou drevokazných húb v mestskom prostredí sú trúdniky (SUPUKA et al., 1991). OGHA et al. (1995) v stromoradiach mesta Fukuoka zaznamenali 25 druhov trúdnikov na 23 druhoch drevín. V indickom meste Maharashtra FOROUTAN et JAFARY (2007) dokumentujú výskyt 27 druhov trúdnikov na 15 druhoch drevín v parkoch a cestných stromoradiach. SEEHANN (1979) identifikoval v uliciach a parkoch Hamburgu 38 hlavných pôvodcov hnilôb a za najčastejšie sa vyskytujúce trúdniky označil zástupcov rodu *Trametes*. LUSZCZYNSKI (1997) zaznamenal v Poľskom meste Kielce 63 druhov drevokazných trúdnikov. Na Slovensku sa problematikou diverzity, šírenia a ekológie trúdnikov v sídlach zaoberá predovšetkým GÁPER (1987,1996,1998). GÁPER (1987) vo vybraných modelových sídlach Slovenska zistil celkove 43 druhov drevokazných húb, z toho 28 druhov trúdnikov. V ďalšej práci GÁPER (1996) identifikoval 63 druhov trúdnikovitých húb v intravilánoch slovenských miest na 38 alochtónnych druhoch hostiteľských drevín. V ďalších svojich štúdiách GÁPER (1998) uvádza druhy drevokazných trúdnikov najčastejšie viazaných na urbánne prostredie napr. *Ganoderma australe* (Fr.) Pat., *Ganoderma resinaceum* Boud., *Inonotus hispidus* (Bull.) P. Karst, *Phellinus igniarius* (L.) Quél., *Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire, *Bjerkandera adusta* (Willd.) P.Karst, *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill, *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt., *Fomes fomentarius* (L.) J. Kickx f., atď. GÁPER (2005) uvádza, že druhy ako *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst, *Fomes fomentarius* (L.) J. Kickx f., *Phellinus igniarius* (L.) Quél., *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, a niektoré ďalšie sú bežné v mestských oblastiach, ak je prítomný vhodný hostiteľ.

## MATERIÁL A METÓDY

Pre realizáciu terénneho výskumu sme pre oblasť stredného Slovenska zvolili okresné mestá Detva a Zvolen. Terénny výskum prebiehal výlučne v intravilánoch vybraných sídel v rozličných kategóriách urbánnej vegetácie. Počas terénneho výskumu nám boli nápomocné aj mapy, ktoré sme si pripravili za pomoci programu Google Earth 2012, nakoľko na ortofotosnímках je zreteľne viditeľná prítomnosť vegetácie v jednotlivých častiach sídel.

Počas terénneho výskumu sme odoberali nálezy drevokazných húb v 7 kategóriách urbánnej vegetácie. Pri zaradovaní vegetácie sme sa opierali o kategorizáciu SUPUKU et al. (1991), ktorú sme si upravili podľa potrieb terénneho výskumu. Z kategorizácie sme využili

nasledovné kategórie: mestský park, menšie parkovo upravované plochy (zaradené aj námestia), vegetácia pri občianskej vybavenosti, uličné stromoradia, sídlisková vegetácia, vegetácia individuálnej bytovej zástavby a sprievodná a izolačná vegetácia vodných plôch a tokov.

Nálezy drevokazných húb sme odoberali v rokoch 2012 – 2013. Počas tohto intervalu sme uskutočnili 3 odbery nálezov v každom z modelových sídel. Harmonogram dosiaľ uskutočnených odberov bol nasledovný:

1. odber: október – november 2012,
2. odber: máj – jún 2013,
3. odber: október – november 2013.

Časový harmonogram terénneho výskumu sme prispôbili fruktifikácii drevokazných trúdnikov, nakoľko na túto skupinu drevokazných húb sme zamerali našu pozornosť. Na jar a na jeseň je predpokladaný najvyšší výskyt plodníc, a taktiež najvyššia druhová diverzita zaznamenaných drevokazných húb. Odbery sme uskutočňovali opakovane na tých istých lokalitách. Zaznamenávali sme opätovný výskyt už zaznamenaných nálezov, a tiež nové nálezy na daných lokalitách.

Pri odbere v teréne sme zaznamenávali základné charakteristiky nálezu, hostiteľskej dreviny a stanovišťa, v ktorom hostiteľská drevina rástla. Zápisy sme vykonávali na základe usmernení vedúceho práce pred začiatkom terénneho výskumu. Pri nálezoch drevokazných húb sme zaznamenávali druh drevokaznej huby, typ plodnice, počet plodníc a lokalizáciu plodníc na drevine. U hostiteľskej dreviny sme zaznamenávali druh, obvod v 1,3m (následný prepočet na priemer), prípadné poškodenia konárov a kmeňa, prítomnosť dutín, zníženie vitality. Pri charakteristike stanovišťa sme hodnotili hlavne blízkosť chodníkov a ciest, vodných tokov, zdrojov znečistenia.

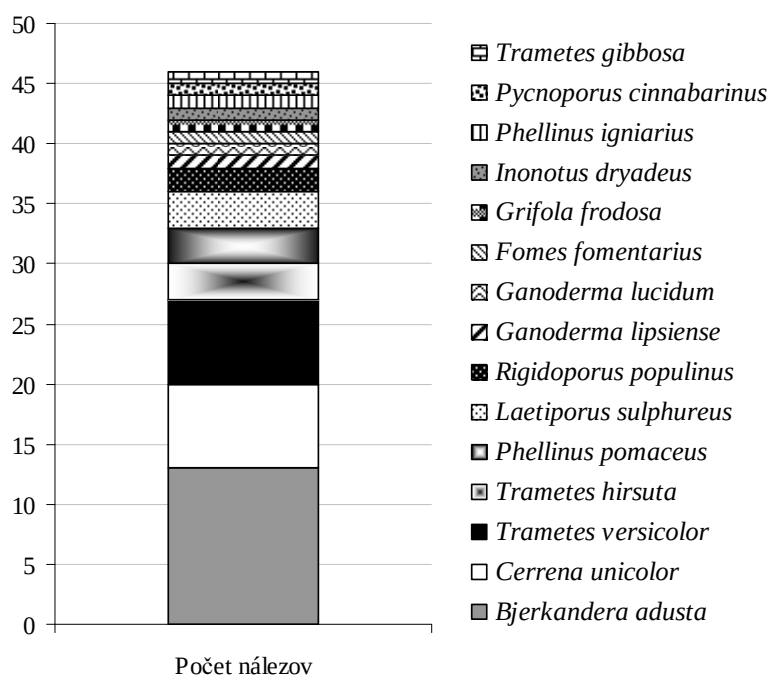
Nálezy sme v teréne uskladňovali v papierových vreckách, kvôli zachovaniu základných morfológických znakov odobratých plodníc. Následne sme vzorky v laboratórnych podmienkach očistili od zvyškov vegetácie a pôdneho substrátu. Počas sušenia sme plodnice determinovali použitím determinačných kľúčov a atlasov (BALABÁN et KOTLABA, 1970; HAGARA et al., 2005; HANSEN et KNUDSEN, 1992; BREITENBACH et KRÄNZLIN, 1986; JÜLICH, 1984).

Pre vyhodnotenie údajov získaných terénnym výskumom sme vytvorili zo zápisov z terénu súhrnnú databázu, s ktorou sme ďalej pracovali. Pri vyhodnocovaní výsledkov sme použili program Microsoft Excel 2007 na vypracovanie grafov.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V období 2012 – 2013 sme uskutočnili 3 odbery v teréne podľa harmonogramu. V intravilánoch modelových sídel sme inventarizovali dreviny a zaznamenávali výskyt plodníc drevokazných húb. V tomto období sme zinventarizovali a skontrolovali výskyt plodníc v meste Detva na 503 drevinách a v intraviláne Zvolena na 1778 drevinách. Najčastejšie sa vyskytovali z listnáčov *Acer campestre* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus excelsior* L., kultivary *Acer platanoides* L. a *Acer pseudoplatanus* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Carpinus betulus* L., *Populus nigra* L. var. *italica* Koehne, *Cerasus serrulata* (Lindl.) G. Donk, *Sorbus aucuparia* L., *Negundo aceroides* L. atď.. Z ihličnanov sme najčastejšie zaznamenali *Picea abies* (L.) Karsten, *Picea pungens* Engelm., *Abies alba* Mill., *Pinus strobus* L., *Pinus wallichiana* A.B.Jackson, *Pinus sylvestris* L., *Larix decidua* Mill. atď.. Zo spektra zaznamenaných nálezov sme excerpovali trúdniky. Trúdniky boli najpočetnejšou skupinou medzi zaznamenanými nálezmi. Pre ďalší výskum sú vhodné, nakoľko vzorky sú trvácne.

Počas 3 odberov v rokoch 2012 – 2013 sme v Detve zaznamenali 46 nálezov trúdnikov. V rámci tohto spektra sme určili 15 taxónov trúdnikov. Ich relatívnu frekvenciu výskytu uvádzame v grafe (obr. 1).



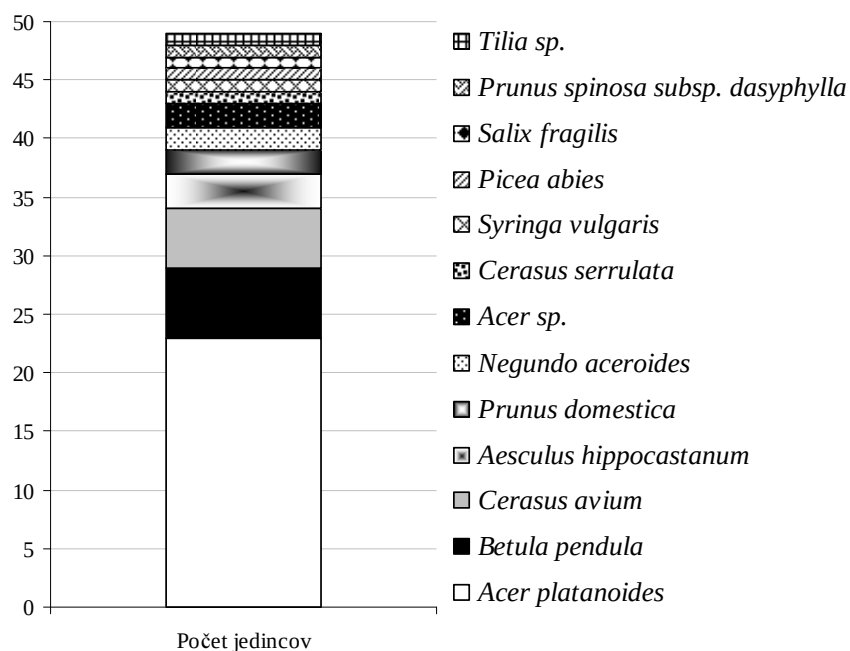
Obr. 1 Relatívna frekvencia výskytu drevokazných trúdnikov v intraviláne mesta Detva.

Najčastejšie (13 nálezov) sme zaznamenávali výskyt druhu *Bjerkandera adusta*. Relatívna frekvencia výskytu tohto druhu je 28,26%. Pomerne často sa vyskytovali aj druhy *Cerrena unicolor* a *Trametes versicolor*. U oboch sme zaznamenali výskyt 7-krát. Ich relatívna frekvencia výskytu je 15,21%. U ostatných taxónov bola relatívna frekvencia výskytu nižšia ako 7%.

V intraviláne mesta Detva sme zaznamenali drevokazné trúdniky na 13 taxónoch hostiteľských drevín. Relatívnu hostiteľskú preferenciu trúdnikov v Detve uvádzame v grafe (obr.2).

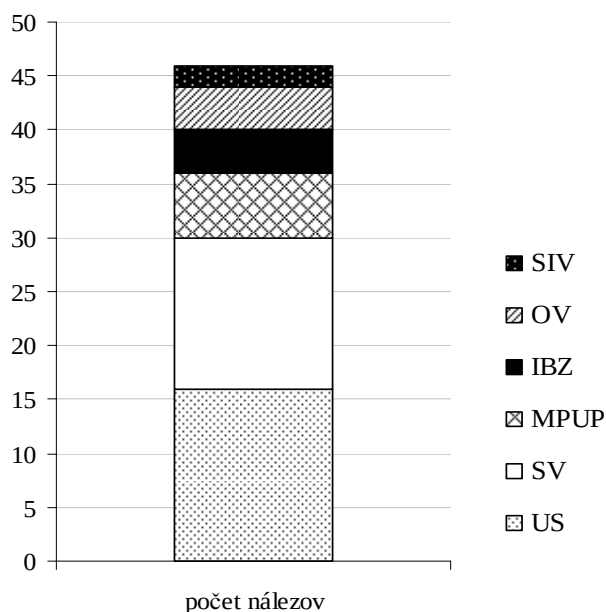
Drevokazné trúdniky sme najčastejšie zaznamenali na druhu *Acer platanoides*. Relatívna hostiteľská preferencia trúdnikov k *Acer platanoides* je až 50%. Pomerne často sme trúdniky zaznamenali aj na druhoch *Betula pendula* (13,04%) a *Cerasus avium* (10,87%). Na *Aesculus hippocastanum* sme zaznamenali 3 nálezy. Relatívna hostiteľská preferencia je 6,52%. K ostatným taxónom je relatívna hostiteľská preferencia trúdnikov nižšia ako 4,35%.





Obr. 2 Relatívna hostiteľská preferencia drevokazných trúdnikov v intraviláne Detvy.

V intraviláne mesta Detva sme nálezy drevokazných trúdnikov zaznamenali v 6 kategóriách urbánnej vegetácie: uličné stromoradia, sídlisková vegetácia, menšie parkovo upravované plochy, vegetácia individuálnej bytovej zástavby, vegetácia pri občianskej vybavenosti a sprievodná a izolačná vegetácia vodných tokov a plôch. Relatívnu viazanosť trúdnikov na kategórie urbánnej vegetácie v intraviláne Detvy uvádzame v grafe (obr.3).

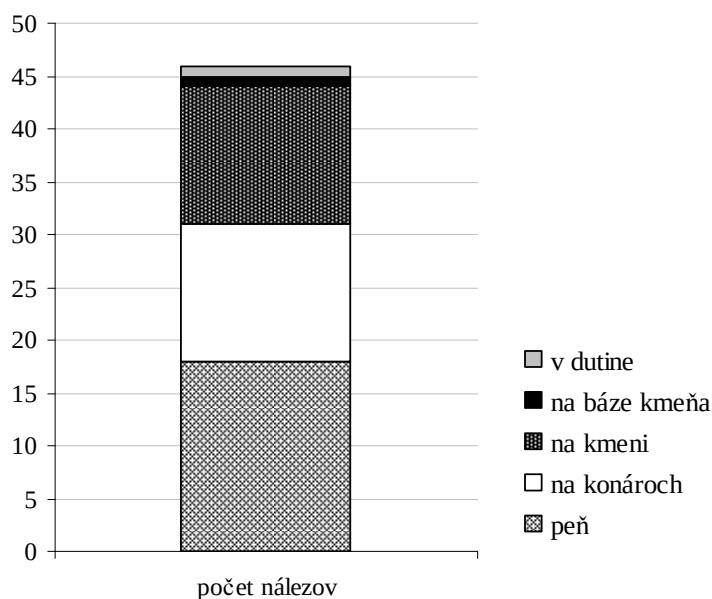


Obr. 3 Relatívna viazanosť drevokazných trúdnikov na kategórie urbánnej vegetácie Detva.

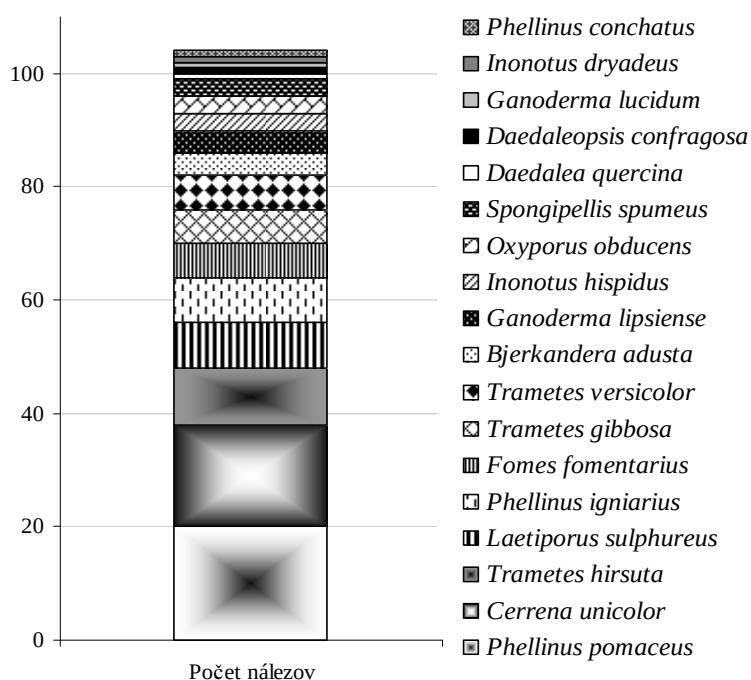
**Vysvetlivky:** MPUP – menšie parkovo upravované plochy, SV – sídlisková vegetácia, OV – vegetácia pri občianskej vybavenosti, US – uličné stromoradia, SIV – sprievodná a izolačná vegetácia vodných tokov a plôch, IBZ – vegetácia individuálnej bytovej zástavby.

Najvyšší počet trúdnikov sme zaznamenali na drevinách vysadených v uličných stromoradiach. Relatívna viazanosť trúdnikov na túto kategóriu urbánnej vegetácie je 34,78%. V sídliskovej vegetácii sme zaznamenali 14 nálezov drevokazných trúdnikov, relatívna viazanosť trúdnikov predstavuje 30,43%. Najnižšiu relatívnu viazanosť sme zaznamenali k sprievodnej a izolačnej vegetácii vodných tokov, iba 4,35%.

Trúdniky sme v intraviláne mesta Detva zaznamenávali na rôznych častiach hostiteľských drevín: na kmeni, na konároch, na pni, na báze kmeňa a v dutine. Relatívnu viazanosť trúdnikov na časti hostiteľských drevín uvádzame v grafe (obr. 4).



Obr. 4 Relatívna viazanosť drevokazných trúdnikov na časti hostiteľských drevín v intraviláne Detvy.

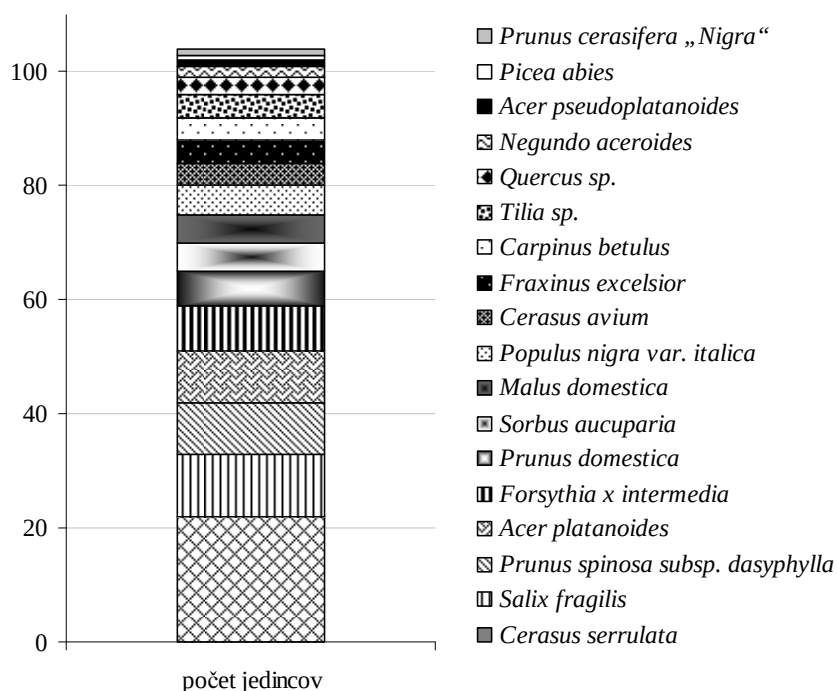


Obr. 5 Relatívna frekvencia výskytu drevokazných trúdnikov v intraviláne mesta Zvolen.

Najviac nálezov trúdnikov (39,13%) sme zaznamenali na pňoch. Rovnakú relatívnu viazanosť trúdnikov (28,26%) sme zaznamenali na kmeň a konáre hostiteľských drevín. U oboch sme zaznamenali 13 nálezov. Na báze kmeňa a v dutine sme zaznamenali po 1 náleze. Relatívna viazanosť trúdnikov na tieto časti hostiteľských drevín je 2,17%. V intraviláne mesta Zvolen sme počas terénneho výskumu v rokoch 2012 – 2013 zaznamenali 104 nálezov plodníc drevokazných trúdnikov. V rámci zaznamenaného spektra sme determinovali 18 taxónov trúdnikov. Ich relatívnu frekvenciu výskytu uvádzame v grafe (obr. 5).

Najvyššiu relatívnu frekvenciu výskytu (19,23%) v meste Zvolen sme zaznamenali u druhu *Phellinus pomaceus* (20 nálezov). Pomerne vysokú frekvenciu výskytu sme zaznamenali aj u *Cerrena unicolor* (17,30%), *Trametes hirsuta* (9,61%), *Laetiporus sulphureus* (7,69%) a *Phellinus igniarius* s.l. (7,69%). Relatívna frekvencia výskytu u ostatných taxónov je nižšia ako 6%.

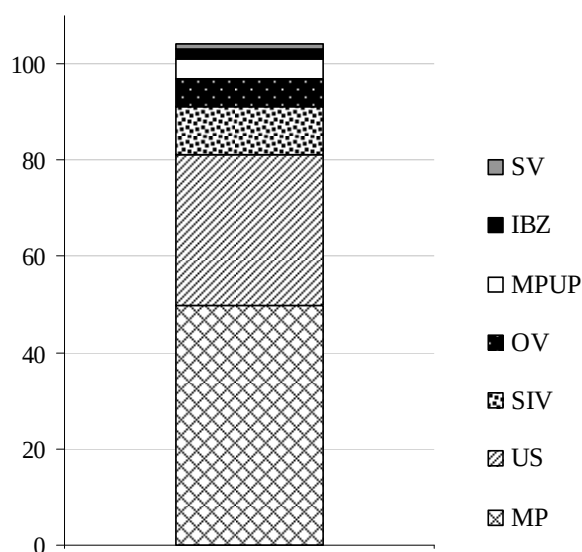
Trúdniky sme v meste Zvolen zaznamenali na 18 taxónoch hostiteľských drevín. Relatívnu hostiteľskú preferenciu drevokazných trúdnikov v intraviláne mesta Zvolen uvádzame v grafe (obr. 6).



Obr. 6 Relatívna hostiteľská preferencia drevokazných trúdnikov v intraviláne Zvolen.

Najčastejšie sme trúdniky zaznamenali na druhu *Cerasus serrulata* (22 nálezov). Relatívna hostiteľská preferencia trúdnikov voči tomuto druhu je 21,15%. Na *Salix fragilis* sme zaznamenali 11 nálezov, čo predstavuje 10,58%. *Prunus spinosa* subsp. *dasyphylla* a *Acer platanoides* boli hostiteľskými drevinami zhodne pre 9 nálezov, hostiteľská preferencia je 8,65%. Relatívna hostiteľská preferencie drevokazných trúdnikov voči ostatným taxónom hostiteľských drevín je nižšia ako 4%.

Počas terénneho výskumu sme trúdniky zaznamenali v 7 kategóriách urbánnej vegetácii: mestský park, uličné stromoradia, vegetácia individuálnej bytovej zástavby, menšie parkovo upravované plochy, vegetácia pri občianskej vybavenosti, sprievodná a izolačná vegetácia vodných tokov a plôch, sídlisková vegetácia. Relatívna viazanosť drevokazných trúdnikov na kategórie urbánnej vegetácie mesta Zvolen uvádzame v grafe (obr. 7).

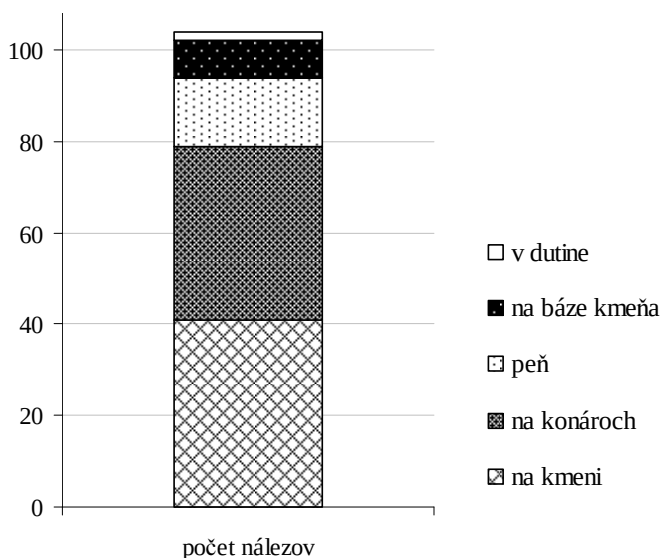


Obr. 7 Relatívna viazanosť trúdnikov na kategórie urbánnej vegetácie mesta Zvolen.

**Vysvetlivky:** MP – mestský park, MPUP – menšie parkovo upravované plochy, SV – sídlisková vegetácia, OV – vegetácia pri občianskej vybavenosti, US – uličné stromoradia, SIV – sprievodná a izolačná vegetácia vodných tokov a plôch, IBZ – vegetácia individuálnej bytovej zástavby.

Najviac drevokazných trúdnikov sme zaznamenali v mestských parkoch – 50 nálezov. Relatívna viazanosť trúdnikov na mestské parky je až 48,08%. Až 31 nálezov sme zaznamenali v uličných stromoradiach, relatívna viazanosť má hodnotu 29,81%. V ostatných kategóriách urbánnej vegetácie je relatívna viazanosť trúdnikov nižšia ako 3,85%.

Počas terénneho výskumu sme odoberali trúdniky z rôznych častí hostiteľských drevín. V intraviláne mesta Zvolen sme vzorky zaznamenali na konároch, kmeni, pňoch, na báze kmeňa a v dutinách. Relatívnu viazanosť zaznamenaných trúdnikov na časti hostiteľských drevín uvádzame v grafe (obr. 8).



Obr. 8 Relatívna viazanosť trúdnikov na časti hostiteľských drevín v intraviláne mesta Zvolen.

Najvyšší počet nálezov drevokazných trúdnikov sme zaznamenali na kmeňoch a konároch hostiteľských drevín. Relatívna viazanosť trúdnikov na kmeň hostiteľských drevín je až 39,42% a na konáre 36,54%. Na pňoch sme zaznamenali 14,42% zaznamenaných trúdnikov. Najnižšiu relatívnu viazanosť sme zaznamenali na bázu kmeňa (7,69%) a na dutiny (1,92%).

Výskum bol zameraný na štúdium diverzity, hostiteľskej preferencie a viazanosti trúdnikov na kategórie mestskej vegetácie a časti drevín v intravilánoch vybraných sídel stredného Slovenska. GÁPER (1998) identifikoval 63 druhov trúdnikovitých húb v intravilánoch slovenských miest na 38 alochtónnych druhoch hostiteľských drevín. V intraviláne mesta Detva sme zaznamenali 15 taxónov a v meste Zvolen 18 taxónov drevokazných trúdnikov. Výskyt a diverzita taxónov trúdnikov je ovplyvňovaná podmienkami mestského prostredia.

Drevokazné trúdniky boli zaznamenané v intraviláne mesta Detva na 13 a v meste Zvolen na 18 taxónoch hostiteľských drevín. SCHWARZE a kol. (2004) uvádzajú, že väčšina drevokazných húb spôsobujúcich bielu hnilobu sa vyskytuje na listnáčoch. Všetky nálezy boli zaznamenané na listnáčoch. Najčastejšie poškodzovanou drevinou boli *Cerasus serrulata* a *Acer platanoides*. NILSSON a kol. (2011) poukazujú na skutočnosť, že starostlivosť o dreviny v mestskej zeleni by mala začínať už výberom druhu. V našich podmienkach je vhodné vysádzať dreviny pochádzajúce zo severských pobrežných oblastí, ktoré sú vystavované silným vetrom a soľným sprchám. Vitalita tejto introdukovanej dreviny je znížená hlavne mrazmi a produktmi antropogénnej činnosti.

Najväčšie množstvo drevokazných trúdnikov bolo zaznamenané v uličných stromoradiach (Detva) a mestských parkoch (Zvolen). V parkoch je vytvorený pomerne hustý korunový zápoj, ktorý zabraňuje rýchlemu výparu vody. Taktiež je tu vysoký podiel trávnatých plôch, ktoré zabraňujú rýchlemu odtoku povrchovej vody. Aj pomerne pestrým druhovým zastúpením drevín sa v parkoch simulujú podmienky lesného ekosystému.

KONIJNENDIJK a kol. (2005) uvádzajú, že na dreviny veľmi vplývajú tzv. soľné sprchy, kedy okoloidúce automobily ostrekujú nadzemnú biomasu dreviny rozpustenou emulziou snehu a soli, menia tak zmáčavosť povrchu dreviny, a tiež sa technická soľ dostáva do pôdy a narušuje koreňovú sústavu. Práve táto skutočnosť môže byť príčinou vysokého výskytu plodníc na kmeňoch, ktoré sú priamo zasiahnuté soľnými sprchami. Tiež sú pomerne často úmyselne alebo neúmyselne napr. pri kosení poškodzované antropogénnou činnosťou.

## ZÁVER (SÚHRN)

Diverzita a ekológia drevokazných trúdnikov bola hodnotená v intravilánoch 2 sídel stredného Slovenska – Detva a Zvolen. Terénny výskum prebiehal v rokoch 2012 - 2013. Boli uskutočnené 3 odbery trúdnikov, ktorých termíny boli prispôbené fruktifikácii: jeseň 2012, jar 2013 a jeseň 2013.

V intraviláne mesta Detva bolo zaznamenaných 46 nálezov drevokazných trúdnikov. V zaznamenanom spektre bolo určených 15 taxónov trúdnikov na 13 taxónoch hostiteľských drevín. Najčastejšie sa vyskytujúcim taxónom v meste Detva bola *Bjerkandera adusta*. Drevokazné trúdniky boli najčastejšie zaznamenávané na druhu *Acer platanoides*. Najvyšší počet trúdnikov bol zaznamenaný na drevinách v kategórii urbánnej vegetácie uličné stromoradia. Najviac nálezov trúdnikov bolo odobratých z pňov.

V intraviláne mesta Zvolen bolo zaznamenaných 104 nálezov drevokazných trúdnikov zaradených do 18 taxónov. Najčastejšie zaznamenávaným taxónom bol *Phellinus pomaceus*. Trúdniky boli v intraviláne mesta Zvolen zaznamenané na 18 taxónoch hostiteľských drevín. Najčastejšie poškodzovaná drevina bola *Cerasus serrulata*. Najvyšší počet nálezov bol

zaznamenaný v kategórii urbánnej vegetácie mestský park. Najvyšší počet nálezov drevokazných trúdnikov bol lokalizovaný na kmeňoch hostiteľských drevín.

## POĎAKOVANIE

Autorka ďakuje agentúre KEGA za finančnú podporu pri riešení projektu 022UMB-4/2013, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

## LITERATÚRA

BALABÁN, K., KOTLABA, F., 1970. *Atlas dřevokazných hub*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 133 s., ISBN 07-028-70.

BREITENBACH, J., KRÄNZLIN, F., 1986: *Fungi of Switzerland. Non gilled fungi*. Lucerne: Vydavateľstvo Mykologia, 412 s., ISBN 3856042202.

FOROUTAN, A., JAFARY, N., 2007. Diversity of root rot fungi on park and roadside trees in Maharashtra. India. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, Vol. 11/4, 2007, s. 55 - 58, ISSN 1119-8362.

GÁPER, J. 1987. Ekologické vzťahy vybraných húb a drevín v mestskom prostredí. In SUPUKA J. et al. *Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava: VEDA, 308 s., ISBN 80-224-0128-5.

GÁPER, J., 1996. *Polypores affecting of woody plants in urban areas of Slovakia*. Vedecké štúdie 9/1996/A. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 50 s., ISBN 80-228-0565-3.

GÁPER, J., 1998. *Trúdniky na území Slovenska a ich šírenie bazídiospórami*. Vedecké štúdie 6/1998/A. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 75 s., ISBN 80-228-0750-8.

GÁPER, J., 2005. Biotic urban growing conditions – threats, pests and diseases. In KONIJNENDIJK, C. et al. (eds.), *Urban forests and trees*. Netherlands: Springer. 520 s., ISBN 3-540-25126-X.

HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J., 2005. *Velký atlas húb*. 2. vydanie, Praha: Ottovo vydavateľstvo, 432 s., ISBN 978-80-7360333-5.

HANSEN, L. - KNUDSEN, H., 1992. *Nordic Macromycetes. Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales*. Copenhagen: Vydavateľstvo Nordsvamp., 474 s., ISBN 8798396102.

JUHÁSOVÁ, G. et al., 2004. Results of phytopathological research of woody plants. In BENČAĎ, T. *Introdukcía a aklimatizácia drevín v podmienkach Strednej Európy (venované 75. narodeninám Dr.h.c. doc. Ing. F. Benčaťa, DrSc.)*. Topoľčianky - Arborétum Mlyňany, 2004, Poniky: Partner, 2004, s.235 - 241, ISBN80-89183-11-3.

JÜLICH, W., 1984. Die Nichtblätterpilze, Gallerpilze und Bauchpilze. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes. In GAMS, H. (eds.) *Kleine Kryptogamenflora 2B(2)*, Stuttgart - New York: Vydavateľstvo Gustav Fischer Verlag, 626 s., ISBN 3-437-20282-0.

KONIJNENDIJK, C. et al., 2005. *Urban Forests and Trees*. Berlin: Vydavateľstvo Springer, 520 s., ISBN 3-540-25126-X .

KOTLABA, F., 1984. *Zeměpisné rozšíření chorošu (Polyporales s.l.) v Československu*. Praha: Vydavateľstvo Academia, 194 s., ISSN 0009-0476.

KOUT, J., 2009. *Výzkum chorošů se zaměřením na populační strukturu vybraných druhů*. [dizertačná práca], České Budějovice, The University of South Bohemia, 79 s.

- LUSZCZYNSKI, J., 1997. *Interesting macromycetes found in the Kielce town (Central Poland)*. In *Acta Mycologica*, Vol. 32, No.2, s. 207-228, ISSN 0001-625X.
- NILSSON, K. et al., 2011. *Forests, Trees and Human Health*. Londýn: Vydavateľstvo Springer, 427 s., ISBN 978-90-481-9805-4.
- OGHA, S., NOMURA, S., INOUE S., 1995. Survey of Basidiomycete and Insect Infected of Roadside trees. In *Bulletin of the Kyushu University Forests*. No.72, s. 203 - 216, ISSN 0453-0284.
- RÓZOVÁ, Z. et al., 2011. Pôsobenie mikroklimy urbanizovaného prostredia na zdravotný stav drevín. In SALAŠ, P. (ed): *"Rostliny v podmínkách měníciho se klimatu"*. Lednice 20.- 21. 10. 2011, Úroda, vědecká příloha, s. 708 - 715, ISSN 0139-6013.
- SCHWARZE, F. W. M. R., ENGELS, J., MATTHECK, C., 2004. *Fungal strategies of wood decay in trees*. Berlin: Vydavateľstvo Springer, 195 s., ISBN 3-540-67205-2.
- SEEHANN, G., 1979. Holzerstörende Pilze an Strassen und Parkbaumen in Hamburg. In *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*. Vol.71, s. 193-321, ISBN 978-3-86446-046-3.
- SUPUKA J. et al., 1991. *Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava: VEDA, 308 s., ISBN 80-224-0128-5.
- SUPUKA, J., 2002. Standards for areas presence of vegetation structure in urban settlements. In *Acta Environmentalica UC*, Bratislava, Vol.11, s. 189 -195, ISSN 1335-0285.

#### ADRESA AUTORKY

Ing. Iveta Sliacka, Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen SR, e-mail:IvetaSliacka@azet.sk.





## POROVNÁNÍ VLIVU ANTROPOGENNÍCH SUBSTRÁTŮ A PŮVODNÍCH PŮD VYBRANÝCH LOKALIT MOSTECKÉ PÁNEVE NA ROZVOJ FYTOCENÓZ

Lenka Zoubková, Iva Roubíková, Jiří Šefl, Petr Banýr, Ivana Rybářová

### ABSTRACT

#### COMPARISON OF ANTHROPOGENIC SUBSTRATES AND UNAFFECTED SOILS IN RELATION TO PHYTOCOENOSIS ON SELECTED LOCALITIES OF THE MOSTECKÁ PÁNEV BASIN

The Mostecká pánev Basin represents the area affected by brown coal mining. Most of the areas, left after mining activities, were technically reclaimed. The aim of this study is to compare physical and chemical properties of anthropogenic substrates and unaffected soils in relation to plant cover on the Radovesice and Slatinice dumps. The predominant herb species is *Calamagrostis epigejos* as far as the unaffected soils are concerned. Phytocoenosis of the reclaimed areas differ according to the human intervention; however the predominant species here are *Cirsium arvense*, *Arrhenaterum elatius* and *Festuca pratensis*. The reclaimed areas of both dumps dispose of lower soil moisture. Higher amount of macronutrients (potassium, magnesium, and phosphorus) was found on the unaffected localities. It was found that the amount of soil colloid particles has the highest impact on the phytocoenosis development because they influence the amount of accessible macronutrients in soil.

**Key words:** anthropogenic substrates, unaffected soil, Radovesice and Slatinice dumps, phytocoenosis, soil colloid particles

### ÚVOD

Radovesická výsypka je vnější výsypkou lomu Bílina, nachází se v nadmořské výšce 350 m n. m. a byla nasypána v letech 1964 – 2002 (Řehoř et al., 2009). Slatinická výsypka se nachází v blízkosti města Most a je spojena se vznikem lomu Bohumír Šmeral. Její průměrná nadmořská výška činí 290 m n. m. a zakládání skrývkových zemin zde bylo ukončeno v roce 1999 (Kašpar & Měsková, 2002). Výsypkové substráty jsou tvořeny šedými a žlutými miocenními jíly, smíšenými s kvartérními písky. Tyto jíly jsou bohaté na živiny, zejména na hořčík, draslík a vápník, zatímco v nedostatku je fosfor. Obsah humusových látek je u jílu poměrně vysoký a pH půd je neutrální (Dimitrovský, 2000; Řehoř & Ondráček, 2010). Jíly jsou po nasypání kypré, avšak s postupem času uléhají a stávají se kompaktními. Z uvedeného vyplývá, že chemismus substrátu je příznivý pro růst rostlin, avšak pedofyzikální vlastnosti příliš příznivé nejsou.

Půdním chemismem na výsypkách se zabýval např. Abakumov et al. (2013), kteří mezi sebou porovnávali lokality různého stáří a dospěli k závěru, že na rekultivovaných plochách dochází k rychlejší akumulaci uhlíku a dusíku, což má pozitivní vliv na rozvoj bylinného patra. Podobnou závislost prokázali také Lopez & Fennessy (2002), kteří potvrzují

závislost druhového složení vegetace na přítomnosti uhlíku, fosforu a vápníku v půdě. Moreno-de las Heras (2009) zjistil, že půdotvorné procesy, a s nimi související velikost půdních agregátů, mají významný vliv na zastoupení vegetace. Zároveň zdůrazňuje nutnost vpravování organických látek do půdy při obnově míst postižených těžbou. Graham & Haynes (2004) využili obsahu uhlíku v půdě a v mikroorganismech a mikrobiální aktivity půdní flóry jako indikátorů úspěšnosti rekultivace po těžbě písečných dun. Množství uhlíku a dusíku v závislosti na aktivitě půdní fauny zjišťoval také Frouz et al. (2013).

Fyzikální charakteristiky půdy v závislosti na vegetaci zkoumali Krümmelbein & Raab (2012), kteří hodnotili vhodnost výsypkového substrátu pro formu zemědělské rekultivace. Došli k závěru, že střídání plodin a použití vhodných aditiv má vliv na půdní strukturu a že méně časté obdělávání výsypkových půd zlepšuje permeabilitu a hydraulickou vodivost. Kuráš (2000) zkoumal vodní režim a půdní vlhkost rekultivovaných částí výsypek na Mostecku. Ve své práci zmiňuje jako vhodnou metodu mulčování, která má pozitivní vliv na půdní vlhkost.

Problematickou fytocenózu na výsypkách se zabýval např. Pyšek et al. (1997, 2001), Hodačová & Prach (2003), Prach et al. (2009a, 2009b, 2009c, 2010) a Woch et al. (2013), kteří ve většině případů porovnávali fytocenózy rekultivovaných ploch a míst ponechaných přirozené sukcesi. Vlivem rekultivačních postupů na kolonizaci vegetace se zabýval Ninot et al. (2001), který zjistil, že management setby a následná úprava (např. seč) nemají vliv na kvalitu rostlinného pokryvu, zatímco výběr vhodných rostlin může ovlivnit výskyt trav, např. *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus*, které zde potom mají nežádoucí vliv (odebírají půdní vláhu a živiny, zastiňují žádané druhy apod.).

Cílem příspěvku je porovnat fyzikální a chemické vlastnosti antropogenních a přirozených půd v závislosti na rostlinném krytu na území Radovesické a Slatinické výsypky.

## MATERIÁL A METÓDY

Pro účely průzkumu byly zvoleny dva typy rozdílných stanovišť na dvou výsypkách Mostecké pánve. V prvním případě se jednalo o rekultivované plochy na Radovesické a Slatinické výsypce. Obě tyto plochy byly technicky rekultivovány zapravením slínovce do hloubky 0,3 m pod povrch substrátu za účelem zlepšení půdních vlastností a lze je označit jako mírně svažité se sklonem terénu do 5°. Plochy byly v rámci rekultivačních prací zatravněny a zalesněny. V druhém případě se jednalo o původní přirozené plochy. V případě Radovesické výsypky byla zvolena mezotropní a mezofilní louka, nacházející se poblíž silniční komunikace mezi obcemi Razice a Štěpánov. V rámci Slatinické výsypky byla vybrána svažitá plocha se sklonem terénu 45°, kde převládala stromová a keřová společenstva.

Vzorky pro měření půdní vlhkosti byly odebírány ve formě neporušených půdních vzorků do tzv. Kopeckého fyzikálních válečků ve čtrnáctidenních intervalech v průběhu vegetační sezony od dubna do října 2013, a to z hloubky prokořenění, tj. 0,2 m. Vlhkost se poté zjišťovala gravimetricky v pedologické laboratoři Katedry přírodních věd FŽP UJEP podle standardní metodiky ČSN ISO 11 465 (1998).

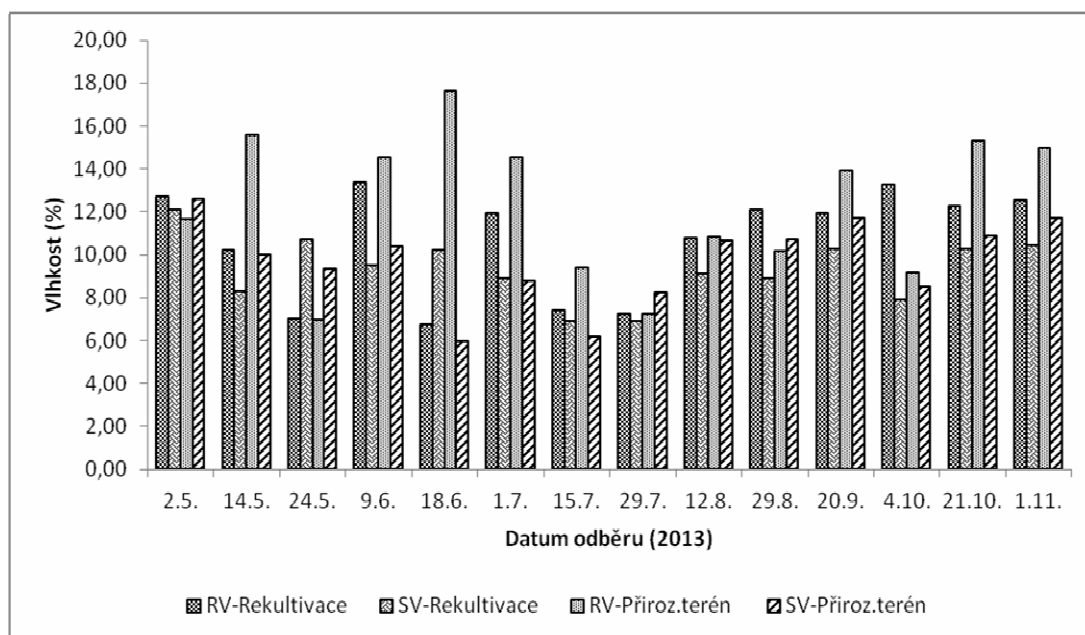
Vzorky pro stanovení fyzikálních a chemických půdních charakteristik byly odebrány ve formě porušeného půdního vzorku koncem srpna 2013 a analyzovány v certifikované laboratoři Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí (VÚHU). Konkrétně se jednalo o zrnitostní analýzu (zastoupení frakcí podle zrnitosti a zařazení odebraných vzorků na základě Novákovy klasifikace), mineralogickou analýzu a chemicko-pedologickou analýzu (obsah dusíku  $[N_c]$ , oxidovatelného uhlíku  $[C_{ox}]$ , uhličitanu vápenatého  $[CaCO_3]$ , půdní reakce, obsah přijatelných živin  $[P, K, Mg]$  a hodnoty sorpční kapacity).

Fytocenologické snímkování bylo provedeno v první polovině vegetační sezony, konkrétně 22. června 2013, podle sedmičlenné Braun-Blanquetovy stupnice (Moravec et al., 1994). Pro potřeby výzkumu byly zvoleny kruhové plochy o průměru 8 m. Všechny rostlinné druhy, uvedené ve fytocenologických snímcích, byly sjednoceny podle metodiky Kubáta et al. (2002).

V rámci vyhodnocení výsledků byl použit program Statistica 7. V příspěvku byla použita korelační analýza, konkrétně Pearsonův koeficient korelace na hladině významnosti  $p < 0,1$ .

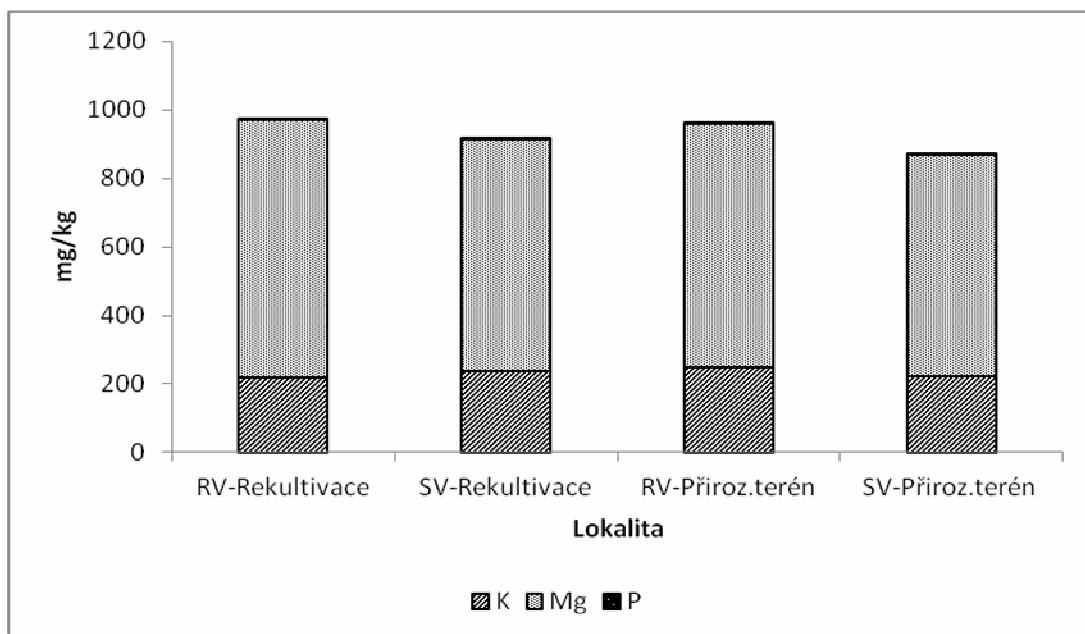
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Jak je patrné z grafu (Obr. 1), vyšší půdní vlhkost byla naměřena na přirozených plochách. To může být dáno skutečností, že na rekultivované plochy se kromě šedých jílu vpravoval také písek a štěrkopísek (Hodačová & Prach, 2003), které mají nižší retenční schopnost. O vyšší půdní vlhkosti na původních přirozených stanovištích vypovídají také vyskytující se bylinné druhy (*Alopecurus pratensis*, *Festuca pratensis*, *Tussilago farfara* nebo *Melilotus officinalis*) Plochy na Slatinické výsypce byly v průměru sušší oproti výsypce Radovesické.



Obr. 1 Půdní vlhkosti na sledovaných lokalitách

Obsah fosforu a draslíku (Obr. 2) se mezi jednotlivými lokalitami obou výsypek významně nelišil, oproti tomu vyšší obsah hořčíku (749 mg/kg) byl zaznamenán na rekultivované ploše Radovesické výsypky, což souvisí s významným zastoupením šedých jílu a slínu, které sem byly vpraveny v rámci melioračního řešení technické rekultivace za účelem zlepšení fyzikálních a chemických vlastností. Šedé jíly a slín jsou bohaté na hořčík, draslík a karbonáty, a mají vliv na půdní reakci. Tato skutečnost také potvrzuje vyšší zastoupení uhličitánů na rekultivovaných plochách (Tab. 1). Celkový dusík nebyl na výsypkách přítomný ve významném množství. Naše zjištění koresponduje se závěry Wilsona (1943), který uvádí vyšší zastoupení dusičnanů v půdách s dostatečnou vlhkostí.



Obr. 2 Obsah jednotlivých makroprvků v půdě

Tab. 1 Zastoupení jednotlivých prvků

| Lokalita        | CaCO <sub>3</sub> (%) | C <sub>ox</sub> (%) | N <sub>c</sub> (%) | pH/H <sub>2</sub> O |
|-----------------|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| RV-Rekultivace  | 2,10                  | 1,90                | 0,10               | 7,00                |
| SV-Rekultivace  | 1,40                  | 1,93                | 0,04               | 6,90                |
| RV-Přiroz.terén | 1,70                  | 2,00                | 0,10               | 6,80                |
| SV-Přiroz.terén | 1,41                  | 1,93                | 0,03               | 7,10                |

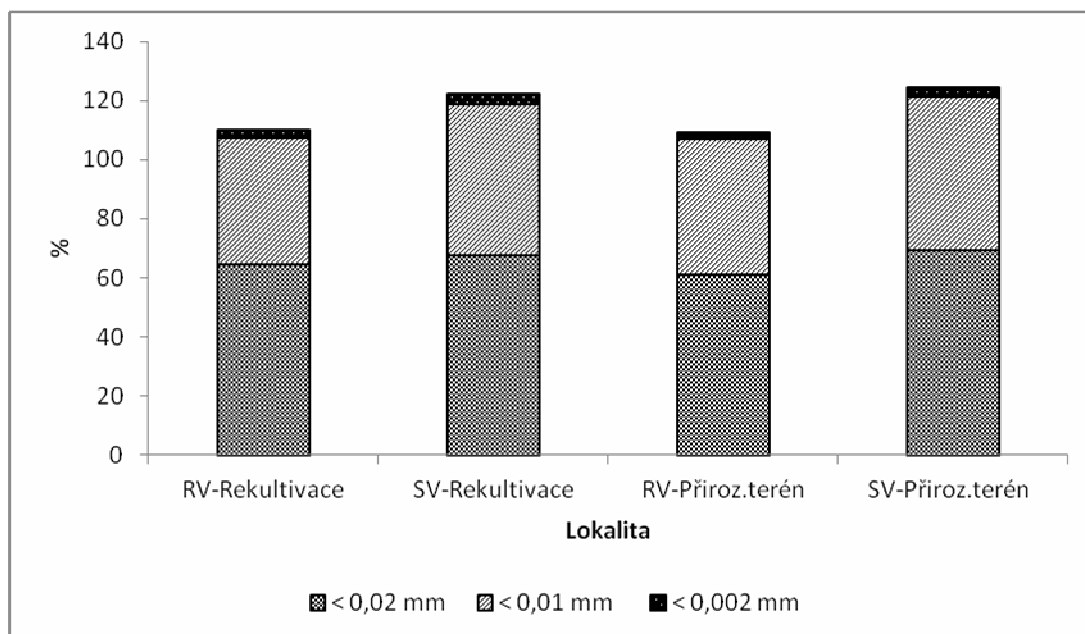
Jak je patrné z tabulky (Tab. 2), množství uhličitanu vápenatého v půdě je závislé na množství hořčíku. K podobným závěrům došla Zoubková et al. (2013) při porovnávání rekultivovaných a sukcesních ploch na Radovesické výsypce. Obsah draslíku v půdě je tím nižší, čím vyšší je hodnota pH. Množství celkového dusíku se mění s velikostí půdních částic. Je zřejmé, že největší vliv na obsah půdního dusíku mají koloidní půdní částice.

Tab. 2 Pearsonova korelace jednotlivých půdních charakteristik

|                          | 1.           | 2.           | 3.           | 4.    | 5.           | 6.    | 7.           | 8.           | 9.           | 10.          | 11.          |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. Vlhkost (%)           | 1,00         | 0,60         | 0,54         | 0,01  | 0,51         | 0,73  | 0,85         | -0,62        | <b>-0,95</b> | -0,68        | <b>-0,93</b> |
| 2. K (mg/kg)             | 0,60         | 1,00         | 0,04         | 0,80  | -0,21        | 0,88  | 0,29         | <b>-0,93</b> | -0,67        | -0,04        | -0,34        |
| 3. Mg (mg/kg)            | 0,54         | 0,04         | 1,00         | -0,35 | <b>0,94</b>  | -0,11 | 0,90         | -0,36        | -0,69        | <b>-0,97</b> | -0,80        |
| 4. P (mg/kg)             | 0,01         | 0,80         | -0,35        | 1,00  | -0,63        | 0,55  | -0,28        | -0,71        | -0,12        | 0,46         | 0,27         |
| 5. CaCO <sub>3</sub> (%) | 0,51         | -0,21        | <b>0,94</b>  | -0,63 | 1,00         | -0,21 | 0,87         | -0,07        | -0,57        | <b>-0,97</b> | -0,79        |
| 6. Cox (%)               | 0,73         | 0,88         | -0,11        | 0,55  | -0,21        | 1,00  | 0,29         | -0,70        | -0,65        | -0,01        | -0,42        |
| 7. N <sub>c</sub> (%)    | 0,85         | 0,29         | 0,90         | -0,28 | 0,87         | 0,29  | 1,00         | -0,49        | <b>-0,90</b> | <b>-0,96</b> | <b>-0,98</b> |
| 8. pH/H <sub>2</sub> O   | -0,62        | <b>-0,93</b> | -0,36        | -0,71 | -0,07        | -0,70 | -0,49        | 1,00         | 0,77         | 0,30         | 0,47         |
| 9. < 0,02 mm             | <b>-0,95</b> | -0,67        | -0,69        | -0,12 | -0,57        | -0,65 | <b>-0,90</b> | 0,77         | 1,00         | 0,75         | <b>0,92</b>  |
| 10. < 0,01 mm            | -0,68        | -0,04        | <b>-0,97</b> | 0,46  | <b>-0,97</b> | -0,01 | <b>-0,96</b> | 0,30         | 0,75         | 1,00         | 0,90         |
| 11. < 0,002 mm           | <b>-0,93</b> | -0,34        | -0,80        | 0,27  | -0,79        | -0,42 | <b>-0,98</b> | 0,47         | <b>0,92</b>  | 0,90         | 1,00         |

Pozn.: tučně označená čísla značí významnou korelační závislost ( $\alpha=0,1$ )

Vyšší zastoupení koloidních částic (Obr. 3) bylo zjištěno na plochách Slatinické výsypky, kde zároveň bylo menší zastoupení jednotlivých makroprvků a uhličitánů ve formě  $\text{CaCO}_3$ . Jak uvádí Krümmelbein & Raab (2012) půda rekultivovaných výsypek má většinou horší fyzikální vlastnosti vlivem mechanických stresů (např. kompakce) během technických příprav. To má následný vliv na vyskytující se vegetaci, což se potvrdilo i v našem případě – hluboko kořenící byliny jako *Arrhenatherum elatius* nebo *Festuca pratensis* se na rekultivovaných plochách vyskytovaly pouze zřídka nebo vůbec.



Obr. 3 Zastoupení jednotlivých půdních frakcí

Na Radovesické výsypce byla zastoupena pouze dvě patra, konkrétně keřové a bylinné (Tab. 3). Na rekultivované ploše převládalo patro keřové s pokryvností 90 % a nejdominantnějším druhem *Fraxinus excelsior*. Bylinné patro bylo druhově bohatší na ploše přirozeného terénu (pokryvnost 100 %), kde dominovaly druhy, jako např. *Urtica dioica*, *Arrhenatherum elatius*, *Alopecurus pratensis*, *Elytrigia repens* nebo *Festuca pratensis*. Na Slatinické výsypce byla přítomna tři patra (Tab. 4), přičemž největší pokryvnost (100 %) vykazovalo patro bylinné, kde byl rovněž nalezen větší počet druhů než na Radovesické výsypce. Nejdominantnějším druhem bylinného patra byla *Calamagrostis epigejos*, dále patřily k dominantním *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* či *Melilotus officinalis*. Vyšší pokryvnost stromového a keřového patra na rekultivovaných plochách Slatinické, resp. Radovesické výsypky lze vysvětlit cíleným vysázením a následným managementem v rámci technické rekultivace. Jako časté druhy se objevují především *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Acer platanoides* nebo *A. pseudoplatanus*, které se v současné době upřednostňují před dříve vysazovaným smrkem (Hodačová & Prach, 2003; Prach et al., 2009c).

Tab. 3 Fytocenologický snímek Radovesické výsypky

|                                | Rekultivace | Přirozený terén |
|--------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>E3</b>                      | <b>0%</b>   | <b>0%</b>       |
| <b>E2</b>                      | <b>90%</b>  | <b>1%</b>       |
| <i>Fraxinus excelsior</i>      | 4+          | ·               |
| <i>Titia cordata</i>           | 2+          | ·               |
| <i>Acer campestre</i>          | 1           | ·               |
| <i>Acer platanoides</i>        | 1           | ·               |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>     | 1           | ·               |
| <i>Quercus patraca</i>         | 1           | ·               |
| <i>Populus tremula</i>         | 1-          | ·               |
| <i>Rubus canina</i>            | ·           | r               |
| <i>Sambucus nigra</i>          | ·           | r               |
| <b>E1</b>                      | <b>80%</b>  | <b>100%</b>     |
| <i>Calamagrostis epigejos</i>  | 3+          | 1               |
| <i>Astragalus glycyphyllos</i> | 2+          | ·               |
| <i>Rubus idaeus</i>            | ·           | 2+              |
| <i>Urtica dioica</i>           | ·           | 2+              |
| <i>Taraxacum ruderalia</i>     | 2-          | ·               |
| <i>Bromus inermis</i>          | r           | 1+              |
| <i>Alopecurus pratensis</i>    | ·           | 1+              |
| <i>Arrhenatherum elatius</i>   | ·           | 1+              |
| <i>Elytrigia repens</i>        | ·           | 1+              |
| <i>Festuca pratensis</i>       | ·           | 1+              |
| <i>Galium aparine</i>          | ·           | 1+              |
| <i>Heracleum</i>               |             |                 |
| <i>mantegazzianum</i>          | ·           | 1+              |
| <i>Dactylis glomerata</i>      | ·           | 1               |
| <i>Cirsium arvense</i>         | 1-          | r               |
| <i>Crepis biennis</i>          | 1-          | ·               |
| <i>Poa trivialis</i>           | ·           | 1-              |
| <i>Potentilla anserina</i>     | ·           | 1-              |
| <i>Vicia angustifolia</i>      | 1-          | ·               |
| <i>Medicago sativa</i>         | +           | +               |
| <i>Cuscuta europaea</i>        | ·           | +               |
| <i>Hypericum perforatum</i>    | ·           | +               |
| <i>Lathyrus tuberosus</i>      | +           | ·               |
| <i>Myosotis arvensis</i>       | +           | ·               |
| <i>Senecio vulgaris</i>        | +           | ·               |
| <i>Trifolium dubium</i>        | +           | ·               |
| <i>Tripleurospermum</i>        |             |                 |
| <i>inodorum</i>                | ·           | +               |
| <i>Achillea millefolium</i>    | ·           | r               |
| <i>Aegopodium podagraria</i>   | ·           | r               |
| <i>Festuca ovina</i>           | ·           | r               |
| <i>Geum urbanum</i>            | ·           | r               |
| <i>Lolium perenne</i>          | ·           | r               |
| <i>Melilotus officinalis</i>   | r           | ·               |
| <i>Rumex crispus</i>           | ·           | r               |
| <i>Rumex obtusifolius</i>      | ·           | r               |
| <i>Securigera varia</i>        | r           | ·               |
| <i>Trifolium pratense</i>      | ·           | r               |
| <i>Vicia tetrasperma</i>       | r           | ·               |

|           |                            |           |           |
|-----------|----------------------------|-----------|-----------|
| juv.      | <i>Acer pseudoplatanus</i> | +         | .         |
| <b>E0</b> |                            | <b>0%</b> | <b>0%</b> |

Tab. 4 Fytocenologický snímek Slatinické výsypky

|                                  | Rekultivace | Přirozený terén |
|----------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>E3</b>                        | <b>95%</b>  | <b>0%</b>       |
| <i>Betula pendula</i>            | 3+          | .               |
| <i>Populus tremula</i>           | 2+          | .               |
| <i>Pyrus communis</i>            | 2+          | .               |
| <i>Pinus nigra</i>               | 1+          | .               |
| <b>E2</b>                        | <b>60%</b>  | <b>10%</b>      |
| <i>Rosa canina</i>               | 4           | .               |
| <i>Acer pseudoplatanus</i>       | .           | 1+              |
| <i>Populus tremula</i>           | 1+          | .               |
| <i>Tilia platyphyllos</i>        | .           | 1+              |
| <i>Fraxinus excelsior</i>        | +           | 1-              |
| <i>Crataegus oxyacantha</i>      | 1-          | .               |
| <i>Pinus sylvestris</i>          | +           | .               |
| <i>Prunus spinosa</i>            | +           | .               |
| <i>Pyrus communis</i>            | +           | .               |
| <b>E1</b>                        | <b>100%</b> | <b>100%</b>     |
| <i>Calamagrostis epigejos</i>    | 3-          | 4               |
| <i>Echinops sphaerocephalus</i>  | 4           | .               |
| <i>Daucus carota</i>             | 3+          | 2               |
| <i>Arrhenatherum elatius</i>     | 2           | 3               |
| <i>Dactylis glomerata</i>        | 2-          | 3               |
| <i>Melilotus officinalis</i>     | 1           | 3               |
| <i>Agrimonia eupatoria</i>       | 3           | .               |
| <i>Euphorbia cyparissias</i>     | 3           | .               |
| <i>Taraxacum officinale</i>      | .           | 3               |
| <i>Trifolium dubium</i>          | 1-          | 3-              |
| <i>Tussilago farfara</i>         | .           | 3-              |
| <i>Cirsium arvense</i>           | 1-          | 2+              |
| <i>Fragaria vesca</i>            | 2+          | .               |
| <i>Linum catharticum</i>         | 2+          | .               |
| <i>Sanguisorba minor</i>         | 2+          | .               |
| <i>Tripleurospermum inodorum</i> | .           | 2+              |
| <i>Lotus corniculatus</i>        | 2           | 2               |
| <i>Trifolium pratense</i>        | 1-          | 2               |
| <i>Festuca pratensis</i>         | +           | 2               |
| <i>Artemisia pancicii</i>        | 2-          | .               |
| <i>Coronilla varia</i>           | 1+          | .               |
| <i>Rubus caesius</i>             | 1+          | .               |
| <i>Vicia villosa</i>             | .           | 1+              |
| <i>Medicago sativa</i>           | 1           | 1               |
| <i>Achillea millefolium</i>      | 1-          | 1               |
| <i>Festuca rubra</i>             | r           | 1               |
| <i>Echium vulgare</i>            | 1           | .               |
| <i>Festuca pallens</i>           | 1           | .               |

|                               |           |           |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| <i>Knautia arvensis</i>       | 1         | .         |
| <i>Rorippa sylvestris</i>     | .         | 1         |
| <i>Trifolium hybridum</i>     | .         | 1         |
| <i>Hieracium</i>              |           |           |
| <i>caespitosum</i>            | 1-        | 1-        |
| <i>Hypericum perforatum</i>   | 1-        | 1-        |
| <i>Festuca ovina</i>          | 1-        | +         |
| <i>Potentilla reptans</i>     | +         | 1-        |
| <i>Artemisia vulgaris</i>     | r         | 1-        |
| <i>Carex brizoides</i>        | 1-        | .         |
| <i>Crepis biennis</i>         | .         | 1-        |
| <i>Elytrigia repens</i>       | .         | 1-        |
| <i>Euphrasia rostkoviana</i>  | 1-        | .         |
| <i>Falcaria vulgaris</i>      | 1-        | .         |
| <i>Lathyrus pratensis</i>     | 1-        | .         |
| <i>Lathyrus tuberosus</i>     | 1-        | .         |
| <i>Picris hieracioides</i>    | .         | 1-        |
| <i>Potentilla argentea</i>    | .         | 1-        |
| <i>Silene latifolia</i>       | .         | 1-        |
| <i>Tanacetum vulgare</i>      | .         | 1-        |
| <i>Vicia angustifolia</i>     | .         | 1-        |
| <i>Lactuca serriola</i>       | +         | +         |
| <i>Myosotis arvensis</i>      | +         | +         |
| <i>Phleum pratense</i>        | +         | +         |
| <i>Agrostis capillaris</i>    | .         | +         |
| <i>Capsella bursa-</i>        |           |           |
| <i>pastoris</i>               | .         | +         |
| <i>Geum urbanum</i>           | +         | .         |
| <i>Holosteum</i>              |           |           |
| <i>umbellatum</i>             | .         | +         |
| <i>Plantago lanceolata</i>    | +         | .         |
| <i>Poa trivialis</i>          | .         | +         |
| <i>Verbascum nigrum</i>       | +         | .         |
| <i>Vicia hirsuta</i>          | .         | +         |
| <i>Vicia tetrasperma</i>      | .         | +         |
| <i>Arctium minus</i>          | .         | r         |
| <i>Campanula patula</i>       | r         | .         |
| <i>Centaurea scabiosa</i>     | r         | .         |
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | r         | .         |
| <i>Erodium cicutarium</i>     | r         | .         |
| <i>Oenothera biennis</i>      | .         | r         |
| <i>Ononis spinosa</i>         | r         | .         |
| <i>Phragmites australis</i>   | r         | .         |
| <i>Prunella vulgaris</i>      | r         | .         |
| <i>Quercus robur</i> juv.     | +         | 1         |
| <i>Rosa canina</i> juv.       | +         | 1         |
| <i>Acer campestre</i> juv.    | .         | 1-        |
| <i>Prunus avium</i> juv.      | 1-        | .         |
| <i>Ulmus minor</i> juv.       | .         | 1-        |
| <i>Prunus spinosa</i> juv.    | +         | .         |
| <i>Salix caprea</i> juv.      | +         | .         |
| <i>Pyrus communis</i> juv.    | r         | r         |
| <i>Berberis vulgaris</i> juv. | r         | .         |
| <b>E0</b>                     | <b>0%</b> | <b>0%</b> |



## ZÁVER

Závěrem lze shrnout, že původní terén disponuje lepšími půdními vlastnostmi než rekultivované plochy a zároveň je zde bohatší druhové spektrum rostlin. Koloidní půdní částice mají vliv na fyzikální a chemické půdní vlastnosti, a tím pádem i na vyskytující se fytoocenózy. K tomu, aby se půdní vlastnosti rekultivovaných půd přiblížily co nejvíce půdám přirozeným, je nutné dodávat do antropogenních substrátů větší množství esenciálních živin, především pak dusíku, kterého je na antropogenních lokalitách nedostatek.

## POĎAKOVANIE

*Autoři děkují Interní grantové agentuře UJEP Ústí nad Labem (44 101 15 005 601) za finanční podporu při řešení projektu, v rámci kterého vznikl prezentovaný příspěvek. Dále patří velký dík Ing. Václavu Synkovi, Ph.D. za pomoc se statistickým vyhodnocením a Výzkumnému ústavu pro hnědé uhlí, a.s. za provedení analýz.*

## LITERATÚRA

ABAKUMOV, E. V., CAJTHAML, T., BRUS, J. & FROUZ, J., 2013: Humus accumulation, humification, and humic acid composition in soils of two post-mining chronosequences after coal mining. In: *J Soil Sediments* 13: 491-500.

ČSN ISO 11 465, 1998: *Kvalita půdy - Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy - Gravimetrická metoda*. Český normalizační institut, 8 s.

DIMITROVSKÝ, K., 2000: *Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností*. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 66 s.

FROUZ, J., LIVEČKOVÁ, M., ALBRECHTOVÁ, J., CHROŇÁKOVÁ, A., CAJTHAML, T., PIŽL, V., HÁNĚL, L., STARÝ, J., BALDRIAN, P., LHOTÁKOVÁ, Z., ŠIMÁČKOVÁ, H. & CEPÁKOVÁ, Š., 2013: Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites. In: *Forest Ecology and Management* 309: 87-95.

GRAHAM, M. H. & HAYNES, R. J., 2004: Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of soil microflora as indicators of the success of rehabilitation of mined sand dunes. In: *Biology and Fertility of Soils* 39: 429-437.

HODAČOVÁ, D. & PRACH, K., 2003: Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Reclamation Versus Spontaneous Revegetation. In: *Restoration Ecology* 11(3): 385-391.

KAŠPAR, J. & MĚSKOVÁ, L., 2002: Velkoplošné rekultivace výsypkových těles. [online, cit. 2014-04-25]. Dostupné z [http://slon.diamo.cz/hpvt/2002/sekce/zahlazovani/Z15/P\\_15.htm](http://slon.diamo.cz/hpvt/2002/sekce/zahlazovani/Z15/P_15.htm)

KRÜMMELBEIN, J. & RAAB, T., 2012: Development of soil physical parameters in agricultural reclamation after brown coal mining within the first four years. In: *Soil & Tillage Research* 125: 109-115.

KUBÁT, K., HROUDA, L., CHRTEK, J. jun., KAPLAN, Z., KIRSCHNER, J. & ŠTĚPÁNEK, J. [eds.], 2002: *Klíč ke květeně České republiky*. Praha : Academia, 928 s.

KURÁŽ, V., 2000: Soil properties and water regime of reclaimed surface dumps in the North Bohemian brown-coal region – a field study. In: *Waste Management* 21: 147-151.

LOPEZ, R. D. & FENNESSY, M. S., 2002: Testing the floristic quality assessment index as an indicator of wetland condition. In: *Journal of Applied Ecology* 12 (2): 487-497.

- MORAVEC, J. et al., 1994: *Fytocenologie*. Praha : Academia, 403 s.
- MORENO-DE LAS HERAS, M., 2009: Development of soil physical structure and biological functionality in mining spoils affected by soil erosion in a Mediterranean-Continental environment. In: *Geoderma* 149: 249-256.
- NINOT, J. M., HERRERO, P, FERRÉ, A. & GUÀRDIA, R., 2001: Effects of reclamation measures on plant colonization on lignite waste in the eastern Pyrenees, Spain. In: *Applied Vegetation Science* 4: 29-34.
- PRACH, K., FROUZ, J., KAREŠOVÁ, P., KONVALINKOVÁ, P., KOUTECKÁ, V., MUDRÁK, O., NOVÁK, J., ŘEHOUNEK, J., ŘEHOUNKOVÁ, K., TICHÝ, L., TRNKOVÁ, R. & TROPEK, R., 2009a: Ekologie obnovy narušených míst – II. Místa narušená těžbou surovin. In: *Živa* 2: 68-72.
- PRACH, K., JONGEPIEROVÁ, I., JÍROVÁ, A. & LENCOVÁ, K., 2009b: Ekologie obnovy – IV. Obnova travinných ekosystémů. In: *Živa* 4: 165-168.
- PRACH, K., JONÁŠOVÁ, M. & SVOBODA, M., 2009c: Ekologie obnovy narušených míst – V. Obnova lesních ekosystémů. In: *Živa* 5: 212-215.
- PRACH, K., BEJČEK, V., BOGUSCH, P., DVOŘÁKOVÁ, H., FROUZ, J., HENDRYCHOVÁ, M., KABRNA, M., KOUTECKÁ, V., LEPŠOVÁ, A., MUDRÁK, O., POLÁŠEK, Z., PŘIKRYL, I., TROPEK, R., VOLF, O. & ZAVADIL, V., 2010: Obnova těžebních prostorů v ČR – Výsypky. In: Řehounek J., Řehounková K. & Prach K. [eds]: *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. České Budějovice : Calla, s. 15 – 35.
- PYŠEK, P., KUBÁT, K. & PRACH, K., 2001: *Expanzní druhy domácí flóry a apofytizace krajiny*: konference ČBS, 23. - 24. 11. 2001. Praha : Česká botanická společnost, 119 s.
- PYŠEK, P. & PRACH, K., 1997: *Invazní rostliny v české flóře*: pracovní konference ČBS 25. listopadu 1995. Praha : Česká botanická společnost, 138 s.
- ŘEHOŘ, M. & ONDRÁČEK, V., 2010: Rekultivace výsypky Radovesice. In: *Sborník konference SGEM*. Albena-Bulharsko.
- ŘEHOŘ, M., ŠÁLEK, M. & HENDRYCHOVÁ, M., 2009: Geological, pedological and biological survey of areas after mining and their optimisation of a reclamation access to the Restoration of North Bohemian landscape. In: *Sborník 13. Conference of Environment and Mineral Processing*, 4. - 6. 6. 2009, Ostrava. s. 115 – 120.
- WILSON, J. K., 1943: Nitrate in Plants: Its Restoration to Fertilizer Injury, Changes During Silage Making and Indirect Toxicity to Animals. In: *Journal of the American Society of Agronomy* 35: 279-290.
- WOCH, M. W., RADWAŃSKA, M. & STEFANOWICZ, A. M., 2013: Flora of spoil Caps after hard coal mining in Trzebinia (southern Poland): effect of substrate properties. In: *Acta Botanica Croatica* 72 (2): 237-256.
- ZOUBKOVÁ, L., ŠEFL, J., ROUBÍKOVÁ, I. & REMIAŠ, Z. (2013): Pedologické charakteristiky vybraných lokalit Radovesické výsypky a jejich fytocenózy. In: *Studia Oecologica* VII (1): 48-58.

## ADRESA AUTOROV

Lenka Zoubková, Iva Roubíková, Jiří Šefl, Petr Banýr, Ivana Rybářová, Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Králova Výšina 7, Ústí nad Labem, 400 96, Česká republika, lenka.zoubkova@centrum.cz

ISBN 978-80-228-2645-7