



VÚPOP

**Výskumný ústav pôdoznaectva a ochrany
pôdy**

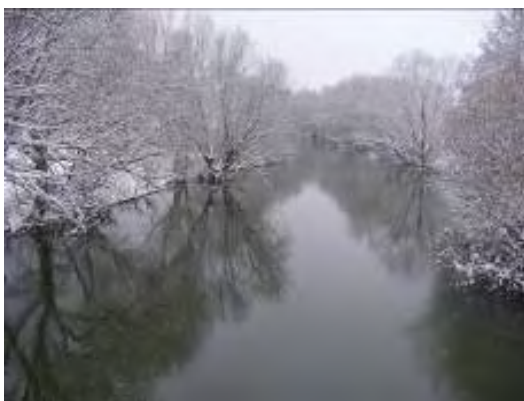
a



Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied

Zborník príspevkov z vedeckého seminára

**ENVIRONMENTÁLNE INDEXY A INDIKÁTORY
AKO NÁSTROJE ANALÝZY A HODNOTENIA
STAVOV A PROCESOV V KRAJINE**



Bratislava 2012



VÚPOP



**Výskumný ústav pôdoznalectva
a ochrany pôdy**

a

**Slovenská akadémia pôdohospodárskych
vied**

Zborník príspevkov z vedeckého seminára

**ENVIRONMENTÁLNE INDEXY A INDIKÁTORY
AKO NÁSTROJE ANALÝZY A HODNOTENIA
STAVOV A PROCESOV V KRAJINE**

Vedecký seminár nadväzuje na aktivity projektu: „Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu komplexných stratégií v oblasti životného prostredia, pôdohospodárstva a rozvoja vidieka“ podporovaného Agentúrou na podporu vedy a výskumu na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a v rámci aktivít Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo.

Bratislava 2012

ZBORNÍK z vedeckého seminára

Environmentálne indexy a indikátory ako nástroje analýzy a hodnotenia stavov a procesov v krajine

podporený *Agentúrou na podporu vedy a výskumu* na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a aktivitou *Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo*.

Editori: Mgr. Martina Nováková, PhD., Ing. Michal Sviček, CSc.

Oponent: prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

© Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 2012

ISBN 978-80-89128-97-6

Obsah

PREDSLOV	7
PRÍSPEVKY – PREZENTÁCIE	9
BARKA I., HLÁSNY T., KONÔPKA M., SITKOVÁ Z.: Intercepcia zrážok v lesných porastoch na Slovensku na podklade satelitných pozorovaní	11
KLAUČO M., ŠKODOVÁ M., STANKOV U., MARKOVIČ V.: Human Impact and Ecological Significance of Land Cover. A Case Study from PLA Štiavnica Mts.....	17
KOPECKÁ M.: Prekrytie pôdy ako indikátor intenzity antropogénnych zmien krajiny.....	29
SABO P., UHLIAROVÁ E., TURISOVÁ I., ŠVIDROŇ I.: Prehodnotenie koncepcie udržateľného rozvoja a ekologická integrita ekosystémov a krajiny ako nový čiastkový indikátor udržateľnosti.....	35
SOBOCKÁ J.: Dopady pokrytia zeme („soil sealing“) na funkcie pôd v mestách.....	51
STANO V.: Vyhodnotenie súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity v SR za obdobie rokov 2001 – 2010.....	59
SVIČEK M.: „Ecological focus areas“ v slovenskom registri poľnohospodárskych produkčných blokov v rámci reformy Spoločnej poľnohospodárskej politiky krajín Európskej únie.....	71
ZAUŠKOVÁ Ľ, MIDRIAK R., KRAJČOVIČ V.: Zmeny a vývoj pôdneho fondu na Slovensku z aspektu pustnutia krajiny.....	83
PRÍSPEVKY – POSTERY	95
HUTÁR V., SVIČEK M., KOLEDA P., JANEČKA P.: Prieskum krajinnej pokrývky a využitia krajiny Slovenska v celoeurópskom projekte (LUCAS 2012). <i>Štandardizácia prieskumu a nomenklatúry, kódovanie, transport a správa údajov, kontrola kvality</i>	97
KOLEDA P., HUDEC M., FESZTEROVÁ M.: GIS a jeho využitie na polohovú charakteristiku pri sledovaní procesu humifikácie v pôde Kremnických vrchov.....	105
KOVÁČOVÁ V., VELÍSKOVÁ V.: Vzťah medzi kvalitatívnym zložením pôdneho roztoku a vlastnosťami pôdneho profilu.....	115
NOVÁKOVÁ M., SKALSKÝ R., TAKÁČ J., KLIKUŠOVSKÁ Z.: Analýza vývoja poľnohospodárskej sezóny 2012 z hľadiska výskytu sucha v poľnohospodárskej krajine.....	127
PÁLKA B., MALIŠ J., MAKOVNÍKOVÁ J., ORSÁGOVÁ K., BOHUNČÁKOVÁ S.: Vybrané indikátory hodnotenia reakčnej funkcie pôdy v katastrálnom území Pitelová.....	145
TAKÁČ J., ŠIŠKA B., NOVÁKOVÁ M.: Porovnanie výskytu sucha na Slovensku podľa rôznych klimatických indikátorov.....	151

PREDSLOV

Vážené kolegyně, kolegovia, verejnosť,

do rúk sa Vám dostáva Zborník príspevkov, ktoré vo forme prednášok odzneli v rámci vedeckého seminára „**Environmentálne indexy a indikátory ako nástroje analýzy a hodnotenia stavov a procesov v krajine**“, ktorý sa konal na Výskumnom ústave pôdoznalectva a ochrany pôdy v Bratislave dňa 14. novembra 2012.

Vedecký seminár organizoval Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP) a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied (SAPV), reprezentovaná Komisiou SAPV pre ekológiu a krajinné inžinierstvo s podporou už ukončeného projektu: „*Identifikácia indikátorov a environmentálnych hrozieb pre tvorbu komplexných stratégií v oblasti životného prostredia, pôdohospodárstva a rozvoja vidieka*“ podporovaného Agentúrou na podporu vedy a výskumu na základe zmluvy č. APVV-0242-06.

Na podujatí odznelo celkom desať prezentácií v troch tematických sekciách, súčasťou vedeckého seminára bola aj posterová sekcia.

Účasť na seminári možno hodnotiť vysoko pozitívne, zúčastnilo sa na ňom viac ako štyridsať účastníkov, pričom zastúpenie prezentujúcich bolo veľmi pestré - popri rezortných organizáciách MP SR (VÚPOP) a MŽP SR (SAŽP) boli zastúpené univerzity (TU Zvolen, UMB BB, PRF UK BA) a SAV (GÚ SAV).

Odborná tematika environmentálnych indexov a indikátorov, ako aj problematika využívania údajov DPZ je v súlade so súčasnými trendmi vo výskume, vede, ale aj v praxi. Údaje DPZ sa využívajú pri monitorovaní a mapovaní krajiny, pôd a živelných pohrôm. Environmentálne indexy umožňujú hodnotiť krajiny a vytvárať informačné podklady na plánovanie a realizáciu opatrení smerujúcich k racionálnemu využívaniu krajiny.

Zaujímavým faktom prezentovaných príspevkov je aj skutočnosť, že problematika environmentálnych indexov je hodnotená z rôznych hľadísk, a to ako komplexných (krajinnoeologický, ekonomický, socioekonomický pohľad), tak aj parciálnych (hodnotenie diverzity krajiny, hodnotenie vybraných funkcií a aspektov krajiny).

Na záver by sme radi upozornili na fakt, že v budúcnosti význam hodnotenia krajiny a javov prebiehajúcich v krajine vystúpi ešte viac do popredia a nemenej dôležitým bude využitie definovaných a stanovených environmentálnych indexov pre komplexné stratégie a ciele spoločnosti.

Ing. Michal Sviček, CSc.



PRÍSPEVKY – PREZENTÁCIE



INTERCEPCIA ZRÁŽOK V LESNÝCH PORASTOCH NA SLOVENSKU NA PODKLADE SATELITNÝCH POZOROVANÍ

Ivan Barka, Tomáš Hlásny, Milan Konôpka, Zuzana Sitková

*Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, Odbor ekológie lesa a krajiny, T.G.
Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail:barka@nlcsk.org*

Abstrakt: Intercepcia zrážok v lesných porastoch na Slovensku na podklade satelitných pozorovaní.

Príspevok prezentuje výsledky predbežného hodnotenia retenčnej (skropnej) kapacity lesných porastov na Slovensku. Použitá bola závislosť retenčnej kapacity na hodnotách indexu listovej plochy (LAI), ktoré boli získané zo satelitných snímok MODIS. Hodnotené boli odlišnosti v retenčnej kapacite opadavých a neopadavých porastov, zmeny v hodnotách retenčnej kapacity počas roka a priestorová distribúcia hodnôt indexu listovej plochy a retenčnej kapacity v lesných porastoch na Slovensku. Prezentované výsledky poukazujú na viacero otvorených otázok, z ktorých najvýznamnejšie sú presnosť hodnôt indexu LAI v snímkach MODIS a obor platnosti použitého vzťahu pre odvodenie retenčnej kapacity. Vyriešenie týchto otázok bude nevyhnutné pre presnejšie vyhodnotenie intercepcie lesných porastov, ktoré by mohlo byť využité v modelovaní hydrologických procesov.

Kľúčové slová: index listovej plochy, retenčná kapacita, lesný porast

Abstract: Interception in forest stands of Slovakia derived from satellite imagery.

The paper presents the results of a preliminary evaluation of storage capacity of forests in Slovakia. The relationship between the storage capacity and the Leaf area index (LAI) was used for evaluation. The LAI values were obtained from MODIS satellite images. The differences in the storage capacity of deciduous and evergreen forests were evaluated, together with changes in the values of storage capacity during the year, and the spatial distribution of leaf area index values and the storage capacity of forests in Slovakia. This results point to several unresolved problems, such as the accuracy of LAI values in MODIS imagery and the validity of used relationship. Solution of these issues is necessary for the accurate evaluation of the storage capacity of forests that could be used in the modeling of hydrological processes.

Keywords: Leaf area index, storage capacity, forest stand

ÚVOD

Lesné porasty zohrávajú v procese premeny atmosférických zrážok na povrchový a podpovrchový odtok významnú úlohu. Jednou zo zložiek tohto procesu je intercepcia, čiže zadržiavanie zrážkovej vody v korunách drevín a krov a v prízemnej bylinnej vegetácii. Vzhľadom na svoj význam býva intercepcia zahrňovaná aj do hydrologických modelov zrážkovo-odtokových procesov.

Intercepcia závisí vo všeobecnosti najmä od stavu korún stromov (suché alebo mokré), rýchlosti vetra a intenzity zrážky. V praxi je pozorovaná zmena intercepcie v závislosti od nadmorskej výšky, drevinového zloženia, zápoja a veku lesného porastu, príp. od jeho zdravotného stavu.

Okrem priamych metód merania intercepcie zrážkomerami na voľnej ploche a pod korunami (ktoré však nezachytávajú stok po kmeni) (Mind'áš, Škvarenina 2006) sa používajú pre určenie intercepčných strát, prípadne retenčnej kapacity porastov, aj výpočty založené prevažne na indexe listovej plochy (LAI) (Von Hoyningen-Huene 1983 in Schulze 1995, Bulcock, Jewitt 2010). Jedná sa o index, ktorý je odvoditeľný aj na základe údajov

dial'kového prieskumu Zeme, vďaka čomu je takýto postup určenia dobre využiteľný pri hydrologickom modelovaní zrážkovo-odtokových procesov.

Intercepcia je zvyčajne vyjadrovaná rovnicou:

$$IC = a + b PG,$$

kde IC je intercepčná strata, PG je úhrn zrážok, a je maximálna retenčná kapacita a b je priemerná rýchlosť evaporácie zachytenej vody počas zrážkovej udalosti. Komplikované je určenie priemernej rýchlosti evaporácie, nakoľko závisí od dostupnej energie, gradientu tlaku vodných pár, aerodynamického odporu listov a fyzikálnych charakteristík vzduchu. Pokiaľ je celý povrch listov mokrý, je možné použiť rovnicu Monteith-Penman (Monteith, Unsworth 1990) pre odhad potenciálnej evaporácie zachytenej vody. Dostupné sú aj fyzikálne alebo analytické modely: Rutter et al. (1975), Stewart (1977) a Gash (1979). Tieto modely vyžadujú hodinové vstupné údaje.

Pre ďalšie zjednodušenie býva preto výpočet intercepčnej straty (zrážok zachytených porastom) nahradzovaný výpočtom retenčnej kapacity porastu (označuje sa tiež pojmom skropná kapacita), čiže množstvom zrážok, ktoré je schopný porast zadržať a neprepustiť na povrch počas jednej zrážkovej udalosti.

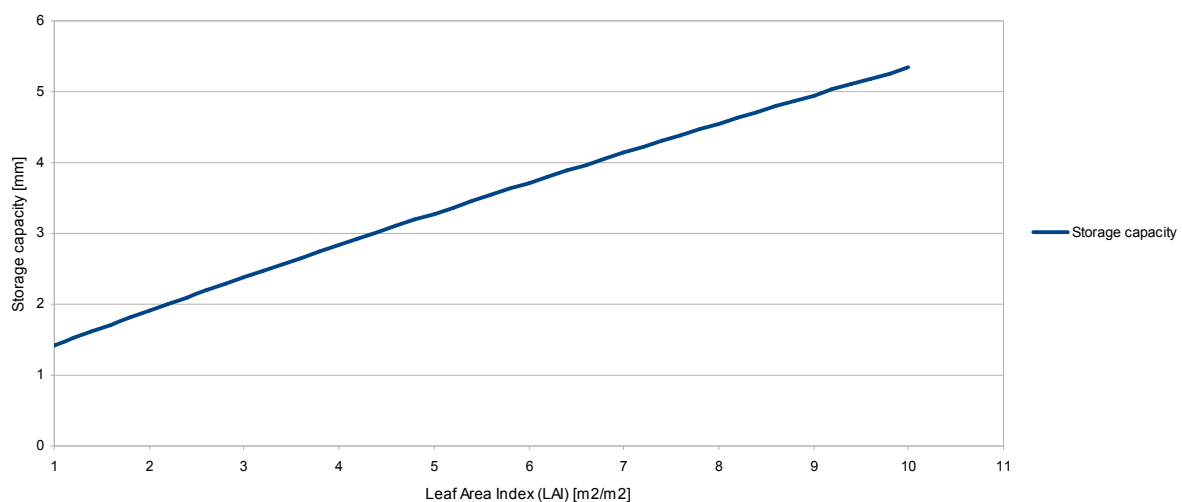
Cieľom príspevku je priestorové zhodnotenie vývoja indexu listovej plochy v lesných porastoch na Slovensku počas vegetačnej sezóny na základe satelitných údajov a odhad a priestorové zhodnotenie retenčnej kapacity lesných porastov na Slovensku z hľadiska intercepcie.

MATERIÁL A METÓDY

Kvantitatívne hodnotenie retenčnej kapacity porastov bolo založené na vzťahu (Von Hoyningen-Huene, 1981) :

$$S_{\max} = 0.935 + 0.498(LAI) - 0.00575(LAI^2)$$

kde S_{\max} je retenčná kapacita v mm a LAI je index listovej plochy [m^2/m^2]. Tento vzťah je stále považovaný za najpresnejší a na poraste nezávislý odhad retenčnej kapacity (Kozak et al. 2007). Graficky je táto závislosť retenčnej kapacity na LAI zobrazená na obr. 1.



Obr. 1. Závislosť retenčnej kapacity atmosférických zrážok lesných porastov na indexe listovej plochy (LAI).

Priestorové hodnotenie retenčnej kapacity porastov bolo založené na satelitných snímkach MODIS, konkrétne produkte MOD15A2, ktorý obsahuje vrstvy s odvodenými hodnotami listového indexu LAI, FPAR (frakcie fotosynteticky aktívnej radiácie) a vrstvu kvality údajov. Jedná sa o kompozitné snímky, zostavené z najkvalitnejších údajov za 8-dňové periódy. V súčasnosti predstavuje jediný zdroj údajov o hodnotách LAI s celoslovenským a celoročným pokrytím na dostatočne podrobnej rozlišovacej úrovni. Produkt MOD15A2 má priestorové rozlíšenie 1 km, pre dosiahnutie ešte lepšieho rozlíšenia boli vstupné vrstvy prevedené na 250 m rozlíšenie pomocou korelácie s hodnotami vegetačného indexu NDVI. Tieto boli získané z produktu MOD09Q1, poskytujúceho satelitné snímky MODIS (blízky infračervený a červený kanál) s rozlíšením 250 m pre 8 dňové periódy. Hodnoty indexu LAI obsiahnuté v produkte MOD15A2 boli prefiltrované vrstvou kvality (použili sa len údaje neovplyvnené oblačnosťou odvodené hlavným, nie záložným algoritmom). Keďže takáto filtrácia údajov sa ukázala ako nedostatočná, okrem tejto kontroly boli odstránené aj hodnoty počas hlavnej fázy vegetačného obdobia (máj – september), ktoré boli nižšie ako priemer za vegetačné obdobie znížený o štandardnú odchýlku počas vegetačného obdobia. Následne boli chýbajúce (odstránené) hodnoty LAI dopočítané lineárnou interpoláciou z najbližšieho predchádzajúceho a nasledujúceho obdobia s kvalitnou hodnotou. Posledným krokom bol opis vývoja indexu listovej plochy aproximáciou funkcie sigmoidnej logistickej funkcie:

$$v(t) = v_{min} + v_{amp} \left(\frac{1}{1 + e^{m_1 - m_2 t}} - \frac{1}{1 + e^{m_3 - m_4 t}} \right)$$

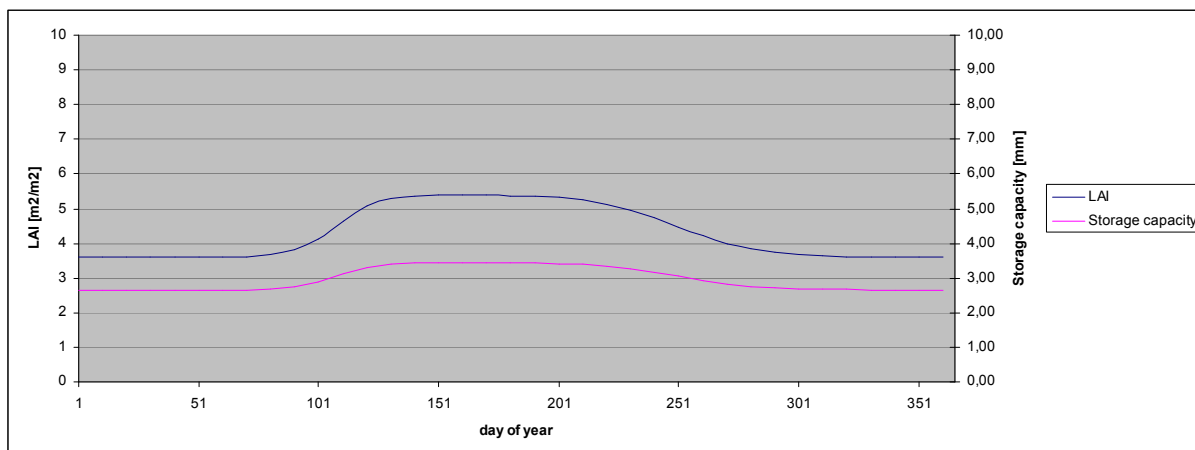
kde $v(t)$ je hodnota LAI v dni t (poradové číslo dňa v roku), v_{min} je minimálna hodnota LAI ktorú porast dosahuje počas roku, v_{amp} je amplitúda LAI hodnôt porastu počas roka, m_1 , m_2 , m_3 a m_4 sú parametre kontrolujúce tvar krivky.

Vrstva masky lesa bola odvodená z jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) pre lesný pôdny fond (LPF). Do hodnotenia neboli zahrnuté lesné porasty vo vojenských obvodoch a tzv. *biele plochy*, t.j. plochy porastené lesom najmä na poľnohospodárskej pôde. Touto maskou boli prekryté satelitné snímky MODIS.

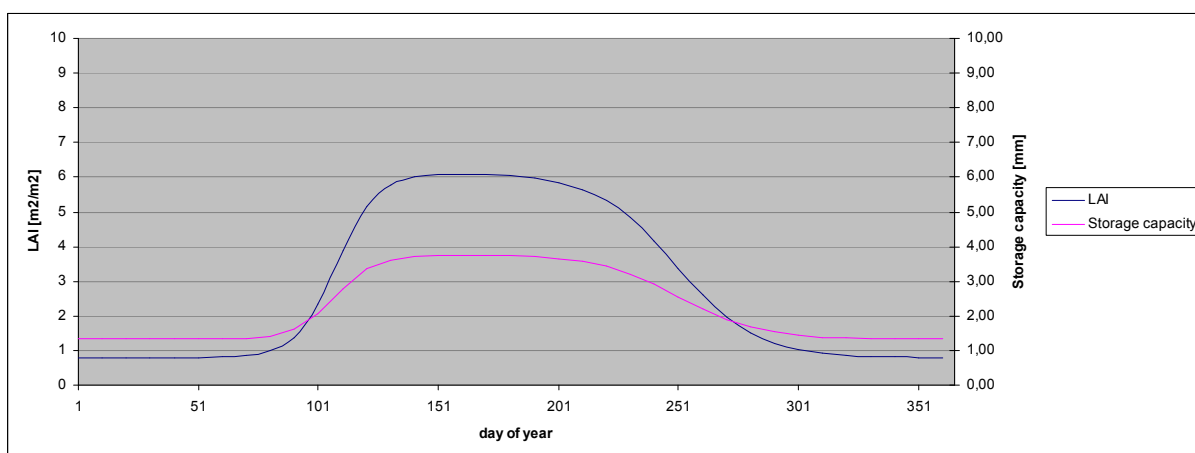
Keďže sa ukázali značné rozdiely v hodnotení LAI medzi opadavými a neopadavými porastmi, ktoré by negatívne ovplyvnili hodnotenie, výsledné hodnoty retenčnej kapacity boli korigované na základe mapy drevinového zloženia a porovnania intercepcie ihličnatých a listnatých porastov z práce Mínd'áš, Škvarenina (2006).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

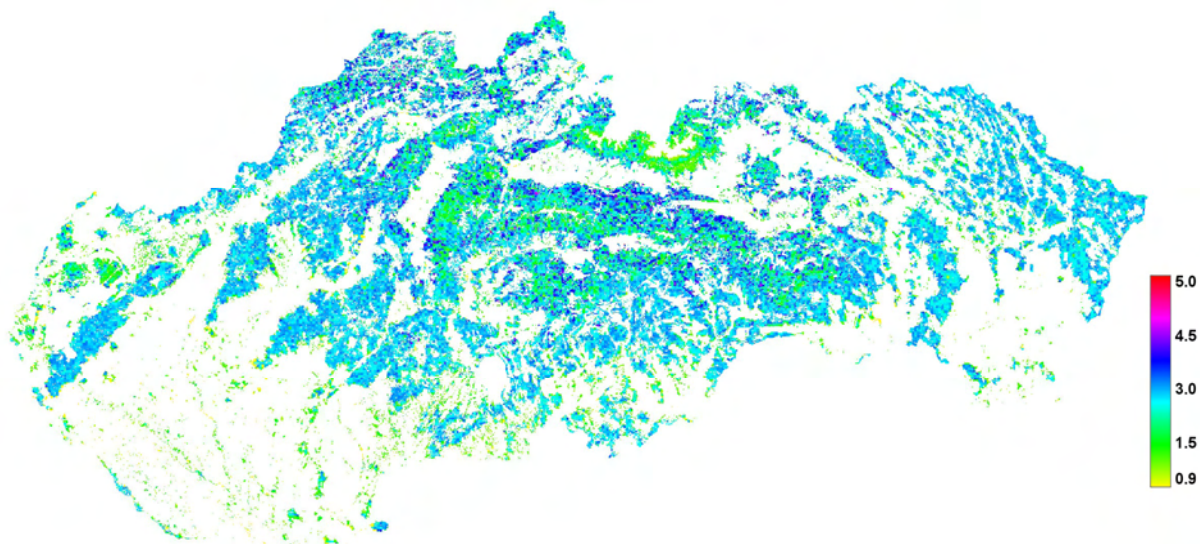
Keďže použitý vzťah pre výpočet retenčnej kapacity je založený len na hodnotách indexu listovej plochy, aj výsledné ročný priebeh hodnôt retenčnej kapacity kopíruje priebeh hodnôt indexu listovej plochy (obr. 2, 3).



Obr. 2. Príklad ročného priebehu hodnôt indexu listovej plochy a retenčnej kapacity v neopadavom (smrekovom) poraste.



Obr. 3. Príklad ročného priebehu hodnôt indexu listovej plochy a retenčnej kapacity v listnatom (bukovom) poraste.



Obr. 4. Rozloženie hodnôt retenčnej kapacity [mm] pre obdobie vrcholu vegetačnej sezóny (júl).

Najvyššie hodnoty retenčnej kapacity sú dosahované na vrchole vegetačného obdobia v mesiacoch jún – august (obr. 4). V ihličnatých porastoch sú hodnoty vyššie, avšak len pri korigovaní výsledných hodnôt. Pri použití neupravených hodnôt LAI získaných zo satelitných snímok MODIS vychádzajú hodnoty retenčnej kapacity vyššie v opadavých porastoch (vo vrchole vegetačnej sezóny). Toto môže poukazovať na nadhodnocovanie indexu LAI v listnatých porastoch v algoritme pre odvodenie LAI použitom pri produkte MOD15A2. Mimo vegetačného obdobia sa situácia mení v prospech ihličnatých porastov.

Keďže retenčná kapacita závisí okrem množstva listov aj od ich orientácie a vlastností povrchu listov (veľmi malý vplyv má aj teplota), aj porasty s rovnakým LAI ale odlišným typom olistenia majú rôznu retenčnú kapacitu. Zvyčajne sa za porasty s najväčšou schopnosťou zachytávať zrážky považujú smrekové porasty, čo je spôsobené veľkosťou zachytnej plochy asimilačného aparátu a jeho trvalosťou (permanentnosťou), uhlom vetiev voči kmeňu a drsnosťou povrchu kôry. Toto sme sa snažili zohľadniť korigovaním vypočítaných hodnôt retenčnej kapacity na základe práce (Mind'áš, Škvarenina 2006). Nevýhodou meraní intercepcie na Slovensku je jednak malý počet meraní v lesných porastoch, jednak časový krok v ktorom je meraná – zvyčajne sa sleduje na trvalých výskumných plochách v dvojtýždňovom intervale, ktorý nepostačuje na vyhodnotenie retenčnej kapacity. Túto by bolo možné vyhodnotiť len na základe meraní počas jednej zrážkovej udalosti. Pri dvojtýždňovom cykle nie je počet zrážkových udalostí známy.

Otázna je platnosť použitej rovnice pre výpočet retenčnej kapacity pri veľmi nízkych hodnotách LAI, čiže mimo vegetačnej sezóny v opadavých porastoch, kde hodnoty neklesajú pod 0,935 mm. Takáto vysoká retenčná kapacita pre neolistené koruny je takmer isto nadsadená.

Jediným použitým zdrojom hodnôt listového indexu, ktorý bol použitý, boli satelitné snímky MODIS. Hodnoty LAI je možné tiež odvodiť tiež zo satelitných snímok pomocou vegetačných indexov (Bulcock, Jewitt 2010), tieto postupy budú predmetom ďalších výskumov. Umožňovali by ešte viac zvýšiť priestorové rozlíšenie výsledných máp retenčnej kapacity. Ako najvhodnejší sa na základe publikovaných údajov javí index VOG1 (Vogelmann 1993), pre ktorého aplikáciu sú však nutné hyperspektrálne snímky.

Nateraz nedoriešenou ostáva taktiež otázka vertikálnej štruktúry porastu. Hodnoty indexu LAI ju nevyjadrujú a porasty s rovnakým LAI môžu mať inú štruktúru a tým aj do určitej miery inú intercepciu. Hoci databáza JPRL obsahuje informácie o etážovitosti porastov, nedostatok priamych meraní intercepcie neumožňuje túto informáciu využiť.

Odvodenie retenčnej kapacity len na základe hodnôt indexu LAI taktiež nezohľadňuje stok zrážkovej vody po kmeni, ktorý je nezanedbateľný najmä pri drevinách s hladkou kôrou, ako sú buk a hrab.

ZÁVER

Príspevok prezentuje výsledky predbežného hodnotenia retenčnej (skropnej) kapacity lesných porastov na Slovensku. Použitá bola závislosť retenčnej kapacity na hodnotách indexu LAI, ktoré boli získané zo satelitných snímok MODIS. Prezentované výsledky poukazujú na viacero otvorených otázok, z ktorých najvýznamnejšie sú presnosť hodnôt indexu LAI v snímkach MODIS a obor platnosti použitého vzťahu pre odvodenie retenčnej kapacity. Vyriešenie týchto otázok bude nevyhnutné pre presnejšie vyhodnotenie retenčnej kapacity lesných porastov, ktoré by mohlo byť využité v modelovaní hydrologických procesov.

LITERATÚRA

- BULCOCK, H. H., JEWITT, G. P. W., 2010. Spatial mapping of leaf area index using hyperspectral remote sensing for hydrological applications with a particular focus on canopy interception, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 383-392.
- GASH, J.H., 1979. An analytical model of rainfall interception by forests, *Q. J. R. Meteor. Soc.*, 105, 43-55.
- KOZAK, J. A., AHUJA, L. R., GREEN, T. R., MA, L., 2007: Modelling crop canopy and residue rainfall interception effects on soil hydrological components for semi-arid agriculture, *Hydrol. Process.*, 21, 229-241.
- MINĐAŠ, J., ŠKVARENINA, J., 2006. Transformácia zrážok v lesných porastoch Slovenska a variabilita podkorunových zrážok. Zborník z konferencie Bioklimatológia a voda v krajine. Bioklimatologické pracovné dni 2006. 11.-14. septembra 2006, Strečno. ISBN 80-89186-12-2
- MONTEITH, J.L., UNSWORTH, M.H., 1990. *Principles of Environmental Physics*, Edward Arnold, London.
- RUTTER, A.J., MORTON, A.J., ROBINS, P.C., 1975. A predictive model of rainfall interception in forests. II: Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands, *J. Appl. Ecol.*, 12, 367-380.
- SCHULZE, R. E., 1995. *Hydrology and Agrohydrology: A Text to Accompany the ACRU 3.00 Agrohydrological Modelling System*. Water Research Commission, Pretoria, RSA, WRC Report No. TT69/95.
- STEWART, J.B., 1977. Evaporation from the wet canopy of a pine forest, *Water Resour. Res.*, 13, 915-921.
- VOGELMANN, J. E., ROCK, B. N., AND MOSS, D. M., 1993. Red Edge Spectral Measurements from Sugar Maple Leaves. *Int. J. Remote Sens.*, 14, 1563-1575.
- VON HOYNINGEN-HUENE, J., 1981. Die interzeption des Niederschlages in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen. Arbeitsbericht Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, DVWK, Braunschwig, Germany.
- VON HOYNINGEN-HUENE, J., 1983. Die interzeption des Niederschlages in landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey-Hamburg, Schriften, 57, 1-66.

Pod'akovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Integrovaný systém pre simuláciu odtokových procesov, aktivita 2.1, ITMS:26220220066, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (90%). Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu vedy a výskumu v rámci zmluvy č. APVV-0111-10 (10%).

HUMAN IMPACT AND ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF LAND COVER. A CASE STUDY FROM PLA ŠTIAVNICA MTS.

Michal Klaučo¹, Martina Škodová¹, Uglješa Stankov², Vladimir Marković²

¹*Faculty of Sciences, University of Matej Bel, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovakia, e-mail: michal.klauco@umb.sk*

³*Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia*

Abstract: Human impact and ecological significance of land cover. A case study from PLA Štiavnica Mts.

This study analyses landscape components and human activities, in Protected Landscape Area of Štiavnica Mountains. The main purpose of this work is to measure landscape elements, mainly land cover patches within tourism zones. Outputs of the landscape quantification are numerical values, which is possible to interpret toward to the quality of an on-going ecologic process in landscape. The interpretation of the quantified data will be used to determine ecologic signification of study area. The classification of land cover patches is based on Corine Land Cover 2000 (CLC2000) seamless vector data. The result of the tourism impact on the landscape in protected area is the fragmentation of land cover patches. Recreational activities are the main reason of disruptions the integrity of the landscape in researched tourism zones. The increase of the landscape fragmentation may lead to the decreasing of biodiversity in future.

Keywords: landscape metrics, tourism-human impact, ecological signification, Štiavnica Mts.

INTRODUCTION

A landscape can be characterized by both its composition and configuration, sometimes referred to as landscape physiognomy or landscape pattern (Dunning et al., 1992, Turner 1989). Current landscape is a result of various factors, including variability in abiotic conditions such as climate, topography, and soils, biotic interaction that generate spatial patterning even under homogeneous environmental conditions, past and present patterns of human settlement and land use, and the Dynamics of natural disturbance and succession (Turner, et al., 2001).

The types of changes in land cover, respectively in landscape pattern encompass changes in biotic diversity, actual and potential primary productivity, soil quality, runoff and sedimentation rates, and other such attributes of the terrestrial surface of the Earth (Steffen et al., 2004; DeFries et al., 2004). Land covers and changes in them are sources and sinks for most of the material and energy flows that sustain the biosphere and geosphere, including trace gas emissions and the hydrological cycle (Vitousek et al., 1997; Meyer et al., 1998; Haberl et al., 2004; Kabat et al., 2004; Crossland et al., 2005; Canadell et al., 2006). Contemporary land cover change is generated principally by human activity, activity directed at manipulating the Earth's surface for some individual or societal need or want, such as agriculture (Turner et al., 1990; Ojima et al., 1994; Walker et al., 1999; Cassman et al., 2005). The subject of any landscape transformation is significant to all human issues that involve land. Wise forestry, economics, biodiversity, conservation, agriculture, landscape architecture, sociology, wildlife biology, soil science, and so forth explicitly recognize and deal with a dynamic land (Forman, 2006).

Using the term landscape as „land use” has been defined as the purposes for which humans exploit the land cover. It involves both the way in which biophysical attributes of the land are manipulated and the intent underlying the manipulation, i.e., the purpose for which the land is used (Lambin, Geist and Rindfuss, 2006). However, any changes of landscape use makes transformation in landscape pattern and land cover. In a present period the changes are mainly generated by human activities in manipulating the Earth’s surface.

This paper analyses landscape components (land cover patches) and impact of human activities (in the form of tourism) on land cover, in the Landscape Protected Area of Štiavnica Mountains. The main purpose of this study is to measure landscape elements, mainly land cover patches within tourism zones (Figure 1). Quantified land cover patches carry most useful information about the state of landscape influenced by tourism. The interpretation of the quantified data will be used to determine ecological signification of landscape in selected study area.

MATERIAL AND METHODS

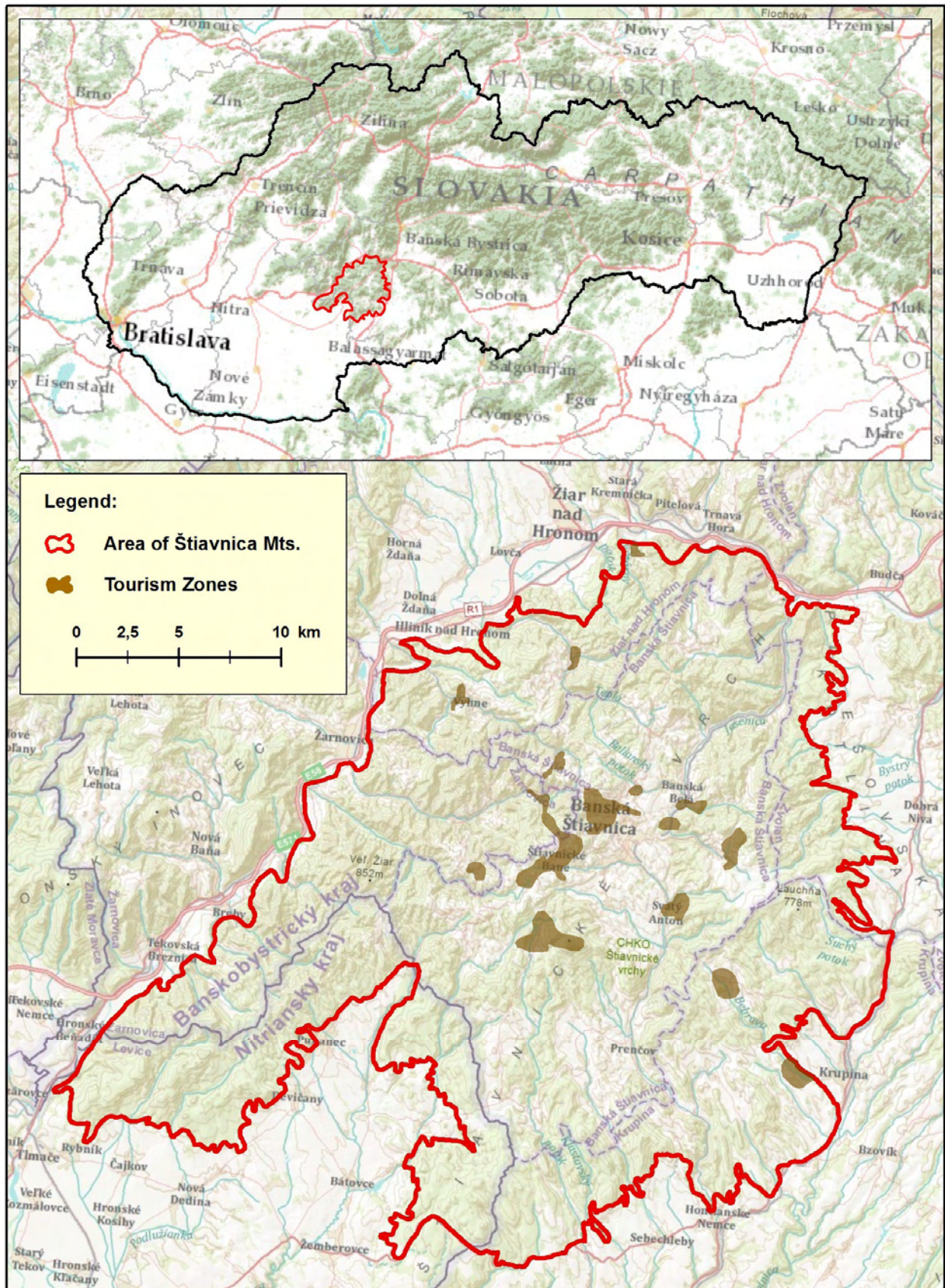
Methodology for of this work is based on quantifying land cover patches of the PLA Štiavnica Mts. within one time period. Most of the landscape metrics are based on mathematical–statistical approach that measures area, perimeter, length and shape. Many researchers have been defined wide scale of landscape metrics (Pielou, 1975; Forman and Godron, 1981; O’Neill et al., 1988; Baker and Cai, 1992; Gustafson and Parker, 1992; McGarigal and Marks 1995).

The classification of land cover patches in this study is based on Corine Land Cover 2000 (CLC2000). It is the product of European Environment Agency (EEA) and its member countries in the European environment information and observation network (Eionet). It is based on the results of IMAGE2000, a satellite imaging programme undertaken jointly by the Joint Research Centre of the European Commission and the EEA. CLC2000 is based on the photointerpretation of satellite images by the national teams of the participating countries. The resulting national land cover inventories are further integrated into a seamless land cover map of Europe. CLC2000 provides consistent information on land cover and land cover changes across Europe. Today, the Land Cover data is used in more than 30 countries and within hundreds organizations. CLC2000 has been made in scale of 1 : 100 000, with minimal mapping area of 25 hectares and minimum width of linear elements of 100 meters. The mapping represents a trade-off between production costs and level of details of land cover information (Heymann et al., 1994).

According to Gustafson (1998), McGarigal and Marks (1995), Gergel and Turner (2002), Forman (2006) each land cover is possible to measure by landscape metrics for size, density, shape, edge and diversity. The outputs values from landscape metrics directly influence the quality of on-going ecological processes at different levels. On the base of the variables is possible to interpret each of the land cover patches toward a quality of on-going ecological processes. Output of the interpretation is determined by the level of ecological signification in following levels (Hrnčiarová et al., 1997):

- 1** – Very significant land cover patches
- 2** – Significant land cover patches
- 3** – Moderately significant land cover patches
- 4** – Almost insignificant land cover patches
- 5** – Insignificant land cover patches.

Figure 1 Protected Landscape Area of Štiavnica Mts.



With the increasing of the level of ecological significance, the quality of landscape ecological processes in the landscape also increases. The first step of the interpretative process was to assign the level of ecological signification (SA) for every land cover patch. The process of assignation is based on the operations of the ecological processes in the landscape. It is more subjective than objective process. However, next step will modify the assigned values. The next step is interpretation of the landscape metrics (NP, PD, MPS, PSSD and MSI) and is based on detecting the percentage proportion (P%) of the tourism zones values into the values of total landscape area. This step modified assigned level of the ecological signification (SA) by following scale:

- A) 0 – 20 % = SA same value;
- B) 21 – 40 % = SA, one level up;
- C) 41 – 60 % = SA, two levels up;
- D) 61 – 80 % = SA, three levels up;
- E) 81 – 100 % = SA, four levels up.

The main purpose of this modification is to create partial ecological significations (SB). The value SC represents match average of values SB. It is the final ecological signification for land patch class.

Overview of study area

The landscape of Protected Area of Štiavnica Mountains is sorted to the System of Alpine-Himalayan, Subprovince of Inner Western Carpathians, Geomorphological area of Slovak Central Highlands and Geomorphological total of Štiavnica Mts. (Mazúr and Lukniš, 1986). The area of Štiavnica Mts. (77 630 ha) is the biggest stratovolcano area in Slovakia from period of the Upper Tertiary Era. Štiavnica Mts are the result of different resistance of volcanic rocks and the strength of rugged relief. The mountains are in the contact zone of the Carpathian arc and Pannonian basin with a specific natural and socioeconomically development (Grega and Vozár, 1964). The area of Štiavnica Mts, as whole Slovakia (respectively central Europe), is situated in the northern temperate zone where oceans and inland zones were influencing landscape.

Štiavnica Mts are part of the west-floriculturepre-carpathian district of Slovak flora in Central Highlands. Extremely varied subsoil, together with a natural geomorphologic structure, enable the development of diverse species plant cover of the landscape. A relatively preserved large forest complexes, as well as exposed south enclaves foreststeppes and steppes, are the basic character of the original habitats (Futák, 1972). The fauna is committed to specific habitats, which include oak and beech forests, coniferous forests, mixed forests, grasslands and arable, riparian vegetation, streams and reservoirs and also human settlements (Kelemen et al., 1986).

Centuries-old mining activity has strongly influenced the current landscape appearance (Grega and Vozár, 1964). According to Lichner (2005) the special elements of the landscape are artificial lakes called “tajchy”, which were created for mining and today are used for recreation purposes. The main reason for the landscape conservation (second level in Slovakian law of nature and landscape protection) is harmonized relation between land covers and land use. During the last three decades, a massive “tourism attack” on landscape are reported (Králik, 2001).

RESULTS

The main result of this work is quantified land cover patches in tourism zones within PLA Štiavnica Mts. Outputs of the landscape quantification are numerical values, which is possible to interpret toward to the quality of on-going ecological process in landscape. The area of tourism zones in Štiavnica Mts., as shown in table 1 occupy 2,36 % of the total area. The Number of patches (NP) in tourism zones is 120 and that is 21 % of all patches (Table 1). Patches density (PD) is focusing on extensive concentration land cover patches in tourism zones and the value is 64,59 patches per 1 000 ha. The occurrence of a lot of small patches is the main reason for this concentration. On the base of values (Table 1): A) Number of patches, B) Area of tourism zones and C) Total area of Štiavnica Mts. is possible to state that tourism zones are extensively fragmented, but markedly heterogeneous – diversified.

From the Number of patches and their area is possible to determinate Mean patch size (MPS). Outputs values of MPS (Table 1) focuses on fact that following land cover patches has similar size: 231 Pastures, 242 Complex cultivation patterns, 243 Land principally occupied by agriculture, 311 Broad-leaved forest, 312 Coniferous forest, 313 Mixed forest. The situation in total area of mountains is completely different. Tourism zones show very small value of MPS, expect patch types: 142 Sport and leisure facilities and 112 Discontinuous urban fabrics.

Patch size standard deviation (PSSD) is focused on the significance of size difference among patches in tourism area (Table 1). The value of PSSD that is closer to zero means same size of all patches, that is, the existence of human impact on the land cover. The concentrations of biggest size differences are present in following patches: 112 Discontinuous urban fabrics, 243 Land principally occupied by agriculture, 313 Mixed forest. Knowing the number of patches it would be very interesting to interpret patches from the class 324 Transitional woodland shrub (324). The values of this class are very small.

Mean size index (MSI) indices shape of patches (Table 1). Value index increases with irregularity of patch shape. Patches with low values have circular shape and imply small range of human impact. This metrics should be interpreted with the Number of patches or area. On the base of patch number, very high values have following patches: 112 Discontinuous urban fabrics and 311 Broad-leaved forests. Oppositely, very low values are present in the patches: 243 principally occupied by agriculture and 313 mixed forest. According to landscape metrics is possible to state land cover patches in tourism zones are significant fragmented by human impact.

The changes of ecological signification (from starting value S_A to C_c value) caused by activities are committed mainly to the following land cover patch types: 131 Mineral extraction sites, 231 Pastures, 242 Complex cultivation patterns, 243 Land principally occupied by agriculture, 311 Broadleaved forest, 312 Coniferous forest, 313 Mixed forest and 324 Transitional woodland shrub. Overall ecological signification has changes from level two to level four (insignificant land cover patches).

DISCUSSION

The tourism zones are part of the total landscape that is influenced by of recreational activities. Those activities are completely changing number, size, density, shape and diversity of land cover patches. According to output values of landscape quantifying is possible to express a quality of on-going ecological processes in landscape. Qualifying of on-going ecological processes is based on interpretative of landscape metrics toward to ecological signification of the landscape. Tables 2 represents determined value of ecological signification for each land cover patch classes. Input ecological signification (S_A) of landscape in tourism

zones is determined by scale degree of Hrnčiarová et al., (1997). Methodology of Ecological carrying capacity is based on scientific work of Landscape Ecological Planning (LANDEP) by Ružička and Miklós (1982, 1990). Survey research studies to present have not yet made any follow-up, respectively expanding the research base for LANDEP landscape planning methodology. The last official revision or improving of LANDEP methodology is dated to work of Hrnčiarová et al., 1997.

This study presents simply model (methodology) application of landscape metrics for interpretation of human impact on the protected landscape. Chosen methodology is combination of ecological and geographical approaches in landscape research. The geographical approach is based on quantifying (landscape metrics) of state land cover patches in landscape. The ecological approach is based on interpretative relationships between the state of land cover patches and on-going ecological processes in landscape. The approach is mainly focused on landscape fragmentation aspect and its interpretation. Landscape fragmentation commonly disrupts the integrity of a stream network system, water quality of an aquifer, the natural disturbance regime in which species evolved and persist, and other ecosystem processes (Binford and Buchenau, 1993; Forman and Godron, 1986; Hobbs, 1993; Pickett and White, 1985; Turner, 1987). Many species, including most large mammals and birds, cannot maintain viable populations in small habitat patches, which lead to extinction and loss of biodiversity (Forman, et al., 1976; Harms et al., 1987; Saunders et al., 1987; Soulé, 1987; Wilson, 1992).

The result of the tourism impact on the landscape in selected protected area is the fragmentation of land cover patches. Recreational activities are the main reason of disruptions the integrity of the landscape in researched tourism zones. The increase of the landscape fragmentation may lead to the decreasing of biodiversity in future (Saunders et al., 1987; Harris 1984).

The interpretation process is partial based on the existing methodology for Ecological carrying capacity (Hrnčiarová et al., 1997). This methodology does not bring clarification for assignation levels of ecological signification (S_A). The level of ecological signification was directly given by this methodology that represents the results from the operations of the ecological processes in landscape. In addition, starting values were than modified by outputs values of landscape metrics. Modification of this level was based on percentage proportion ($P\%$) of landscape metrics of tourism zones to total area of the PLA Štiavnica Mts. The authors defined the scale degree for the proportions to modify starting values (S_A). Chosen methodology is a particular experiment used to objectively determine the levels of ecological signification for all patch cover classes. Used methodology is focused on the fact that influence of the recreational activities (tourism zones) completely change ecological signification in selected landscape.

On the other hand, quantification is often used only for comparing one area in different time period. This study brings approach that can compare different areas in the same time by landscape metrics. Numbers of papers were focused on time aspects of the landscape changes.

Table 1 Representation of the Land Cover patches and Tourism Zones in the Štiavnica Mountains

Code	Name of Land Cover patches – class type	Land Cover		Tourism Zones		NP		PD		MPS		PSSD		MSI	
		ha	%	ha	%	LC	TZ	LC	TZ	LC	TZ	LC	TZ	LC	TZ
112	Discontinuous urban fabric	1 470,81	1,87	314,40	16,92	30	7	0,38	3,77	49,03	44,91	97,50	50,58	2,18	1,82
121	Industrial or commercial units	51,31	0,07	x	x	2	x	0,03	x	25,66	x	24,50	x	1,96	x
131	Mineral extraction sites	54,77	0,07	2,39	0,13	2	1	0,03	0,54	27,39	2,39	7,76	0,00	1,55	1,32
132	Dump sites	40,17	0,05	x	x	1	x	0,01	x	40,17	x	0,00	x	1,39	x
142	Sport and leisure facilities	167,24	0,21	156,99	8,45	3	3	0,04	1,61	55,75	52,33	5,37	7,55	1,50	1,42
211	Non-irrigated arable land	3 401,33	4,32	47,45	2,55	94	9	1,19	4,84	36,18	5,27	67,92	6,67	1,95	1,63
221	Vineyards	18,69	0,02	x	x	4	x	0,05	x	4,67	x	2,98	x	1,50	x
222	Fruit trees and berry plantations	74,37	0,09	x	x	5	x	0,06	x	14,87	x	16,46	x	1,52	x
231	Pastures	6 133,30	7,78	190,59	10,26	132	14	1,68	7,54	46,46	13,61	55,70	14,21	1,97	1,69
242	Complex cultivation patterns	125,59	0,16	18,01	0,97	14	1	0,18	0,54	8,97	18,01	11,91	0,00	1,92	1,24
243	Agriculture landscape	8 074,66	10,25	434,40	23,38	168	29	2,13	15,61	48,06	14,98	77,19	20,07	2,01	1,46
311	Broad-leaved forest	49 802,70	63,20	288,86	15,55	31	22	0,39	11,84	1 606,54	13,13	4 287,37	18,37	2,48	1,79
312	Coniferous forest	497,00	0,63	39,74	2,14	9	3	0,11	1,61	55,22	13,25	18,16	12,41	1,77	1,50
313	Mixed forest	6 129,11	7,78	257,90	13,88	39	17	0,49	9,15	157,16	15,17	223,76	26,20	2,05	1,64
321	Natural grassland	18,55	0,02	x	x	1	x	0,01	x	18,55	x	0,00	x	2,00	x
324	Transitional woodland shrub	2 736,82	3,47	107,15	5,77	51	14	0,65	7,54	53,66	7,65	45,28	6,50	1,89	1,67
Total		78 796,41	100	1857,89	100,00	568	120	7,21	64,59	140,52	18,25	308,87	14,78	2,28	1,56

Legend:

- Ha / %** Area representation of the patch type in hectares / Percentage representation of the total area
- LC / TZ** Landscape Metrics of the Land Cover patches in Štiavnica Mountain / Landscape Metrics of the Tourism Zones patches in Štiavnica Mountain
- x** Land Cover patches without representation
- NP** Number of patches
- PD** Patch density
- MPS** Mean patch size
- PSSD** Patch size standard deviation
- MSI** Mean shape index

Table 2 Ecological signification of the land Cover patches, the tourism zones in the Štiavnica Mountains

Code	Name of Land Cover patches in Tourism zones	S _A	NP		PD		MPS		PSSD		MSI		S _C
			P _%	S _B	P _%	S _B	P _%	S _B	P _%	S _B	P _%	S _B	
112	Discontinuous urban fabric	5	23	5	992	5	92	5	52	5	83	5	5
131	Mineral extraction sites	2	50	4	1800	5	9	2	0	2	85	5	4
142	Sport and leisure facilities	4	100	5	4025	5	94	5	141	5	95	5	5
211	Non-irrigated arable land	2	10	2	406	5	15	2	10	2	84	5	3
231	Pastures	2	11	2	449	5	29	3	26	3	86	5	4
242	Complex cultivation patterns	2	7	2	300	5	201	5	0	2	65	5	4
243	Land principally occupied by agriculture	2	17	2	733	5	31	3	26	3	73	5	4
311	Broad-leaved forest	1	81	4	3034	5	1	1	0	1	72	4	3
312	Coniferous forest	2	33	2	1464	5	24	2	68	4	85	5	4
313	Mixed forest	1	44	3	1867	5	10	1	12	1	80	5	3
324	Transitional woodland shrub	1	28	2	1160	5	14	1	14	1	88	5	3
Total ecological signification of the tourism zones		2	3		5		3		3		5		4

Symbols legend:

- S_A** Starting values of ecological signification for each one land covers patch class. The levels are assigned according to Hrnčiarová et al., 1997.
- S_B** Assigned values of ecological signification for each one land cover patch class by proportion scale degree.
- S_C** Determined values of ecological signification for each one land cover patch class by average NP, PD, MPS, PSSD and MSI.
- P_%** Percentage proportion values (NP, PD, MPS, PSSD and MSI) of Tourism zones to values (NP, PD, MPS, PSSD and MSI) of Total landscape area.
- NP** Number of patches
- PD** Patch density
- MPS** Mean patch size
- PSSD** Patch size standard deviation
- MSI** Mean shape index

CONCLUSION

The main result of this work is determined ecological significant that focuses on tourism impact on land cover patches. The methodology used for interpretative process is based on intersection of ecological and geographical approach to landscape research. The landscape changes are the result of the influences of tourism zones to the land cover patches. The interpretative process examines land cover patches by the set of landscape metrics for area, size, density, shape and diversity (NP, PD, MPS, PSSD and MSI). The output values could express a spatial process in landscape, such as perforation, dissection, fragmentation, shrinkage or attrition.

Protected landscape of the Area of Štiavnica Mts. indicates strong tourism impact on landscape. In case study area ecological signification of land cover patches was moved from level two to level four.

REFERENCES

- BAKER, W., CAI, Y., 1992. *The role programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system*. *Landscape Ecology*. 7 (4), 291 – 302.
- BINDFORD, M. W., BUCHENAU, M., 1993. *Riparian greenways and water resources*. In: Smith, D. S., Hellmund, P. C. (Eds.) *Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas*. University of Minnesota Press, Minneapolis, pp. 69 – 104.
- DEFRIES, D. S., ASNER, G. P., HOUGHTON, R. A., 2004. *Ecosystems and land use change*. Geophysical Monograph 153. American Geophysical Union, Washington, 291.
- DUNNING, J. B., DANIELSON, B. J., PULLIAM, H. R., 1992. *Ecological processes that affect populations in complex landscapes*. *Oikos* 65, pp. 169 – 175.
- CANADELL, J., PATAKI, D., PITELKA, L., 2006. *Terrestrial ecosystems in a changing world*. Cambridge University Press, Cambridge, 22.
- CASSMAN, K., WOOD, S., CHOO, P. S., DIXON, J., GASKELL, J., KHAN, S., LAL, R., PRETTY, J., PRIMAVERA, J., RAMANKUTTY, N., VIGLIZZO, E., KADUNGURE, S., KANBAR, N., PORTER, S., THARME, R., 2005. *Cultivated systems*. In: Scholes, R., Rashid, H. (Eds.). *Millennium Ecosystem Assessment: Working group on conditions and trends*. Island Press, Washington D. C.
- CROSSLAND, C. J., KREMER, H. H., LINDEBOOM, H. J., MARHALL CROSSLAND, J. I., LE TISSIER, M. D. A., 2005. *Coastal fluxes in the Anthropocene: The Land – Ocean Interactions in the Coastal Zone*. Springer, Berlin Heidelberg, 239.
- FORMAN, R. T. T., 2006. *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 590.
- FORMAN, R. T. T., GALLI, A. E., LECK, C. F., 1976. *Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications*. *Oecologia* 26, 1 – 8.
- FORMAN, R. T. T. AND GODRON, M., 1981. *Patches and structural components for a landscape ecology*. *Bioscience* 31, 733 – 740.
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M., 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley, New York, 618.
- FUTÁK, J., 1982. *Flóra Slovenska*. SAV, Bratislava, 432.
- GERGEL, S. E., TURNER, M. G., 2002. *Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques*. Springer, New York, 316.
- GREGA, V. AND VOZÁR, J., 1964. *Banská Štiavnica*. Central Slovak publishing in Banská Bystrica, Banská Bystrica (in Slovak), 98.
- GUSTAFSON, E. J., PARKER, G., 1992. *Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern*. *Landscape Ecology* 7 (2), pp. 101 – 110.

- HABERL, H., WACKERNAGEL, M., KRAUSMANN, F., ERB, K. H., MONFREDA, C., 2004. *Ecological footprints and human appropriation of net primary production: A comparison*. Land Use Policy 21, pp. 279 – 288.
- HARMS, W. B., STORTELDER, A. H. F., VOS, V., 1987. *Effects of intensification of agriculture on mature and landscape in The Netherlands*. In: Wolman, M. G., Fournier, F. G. A. (Eds.) *Land Transformation in Agriculture*. John Wiley, New York, pp. 357 – 80.
- HARRIS, L. D., 1984. *The Fragmented Forest: Island Biogeographic Theory and the Preservation of Biotic Diversity*. University of Chicago Press, Chicago, 217.
- HEYMANN, Y., STEENMANS, CH., CROISSILLE, G., BOSSARD, M., 1994. *Corine Land Cover. Technical Guide*. EEA, Luxembourg, 86.
- HOBBS, R. J., 1993. *Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt*. Biological Conservation 64.
- HRNČIAROVÁ, T., MIKLÓS, L., KALIVODOVÁ, E., KUBÍČEK, F., RUŽIČKOVÁ, H., IZAKOVIČOVÁ, Z., DRDOŠ, J., ROSOVÁ, V., KOVAČEVIČOVÁ, S., MIDRIAK, R., RAČKO, J., HREŠKO, J., KOZOVÁ, M., DOBROVODSKÁ, M., ŠTEFUNKOVÁ, D., ŠIMONVIČ, V., BEDRNA, Z., OSZLÁNYI, J., JANČOVÁ, G., NOVÁKOVÁ, K., SLÁVIKOVÁ, D., ZAUŠKOVÁ, L., DUDICH, A., TREMBOŠ, P., BARANČOK, P., VARŠAVOVÁ, M., 1997. *Ekologická únosnosť krajiny - metodika a aplikácia na 3 benefičné územia, I. - IV. časť. Ekologický projekt MŽP SR*. UKE SAV, Bratislava (in Slovak), 452.
- KABAT, P., CLAUSSEN, M., DIRMEYER, P. A., GASH, J. H. C., BRAVO DE GUENNI, L., MEYBECK, M., PIELKE, R. A., VÖRÖOSMARTY, C. J., HUTJES, R. W. A., LÜTKEMEIER, S., 2004. *Vegetation, water, humans and the climate: A New perspective on an interactive system*. Springer, Berlin Heidelberg, 566.
- KELEMEN, A., BÁRTA, V., DOHNAL, V., HAZUCHA, J., HEGEDŮŠ, G., HURTÍK, Š., CHMELÁR, P., LEHOTSKÝ, M., MIŠÍK, V., OLAJEC, E., HLADÍK, J., RUŽEK, M., 1986. *Štiavnické Mts. ŠSTV*, Bratislava (in Slovak), 125.
- KRÁLIK, J., 2001. *The local territorial system of ecological stability of the cadastral territory of Banská Štiavnica and the village Štiavnické Bane*. SAŽP, Banská Bystrica (in Slovak), 180.
- LAMBIN, E. F., GEIST, H., RINDFUSS, R. R., 2006. *Local Processes with Global Impacts*. In: Lamdin, E. F., Geist H. (Eds.) *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impact*. Berlin, Springer, 2006, pp. 1 – 8.
- LICHNER, M., 2005. *Lakes of Banská Štiavnica*. Harmony, Banská Bystrica (in Slovak), 128.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ M., 1986. *Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko*. Slovenská kartografia, Bratislava (in Slovak).
- MCGARIGAL, K., MARKS, B., 1995. *FRAGSTATS, spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report*. USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, 122.
- MEYER, W. B., ADGER, W. N., BROWN, K., GRAETZ, D., GLEICK, P., RICHARDS, J. F., MAGHALAES, A., 1998. *Land and water use*. In: Rayner, S., Malone, E. (Eds.) *Human choice and climate change, vol. 2, (Resources and technology)*. Battelle Press, Columbus, pp. 79 – 143.
- OJIMA, D. S., GALVIN, K. A. AND TURNER, B. L., 1994. *The global impact of land use change*. BioScience 44 (5), pp. 300 – 304.
- O'NEILL, R. V., KRUMMEL, J. R., GARDNER, R. H., SUGIHARA, G., JACKSON, B., DEANGELIS, D. L., MILNE, B. T., TURNER, M. G., ZYGMUNT, B., CHRISTENSEN, S. W., DALE, V. H., GRAHAM, R. L., 1988. *Indices of landscape pattern*. Landscape Ecology 1, pp. 153 – 162.
- PICKETT, S. T. A. AND WHITE, P. S., 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York, 457.

- PIELOU, E. C., 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, New York, 165.
- RUŽIČKA, M. AND MIKLÓS, L., 1982. *Landscape-ecological Planning (LANDEP) in the Process of Territorial Planning*. Ekologia 1/3, SAV, Bratislava, p. 297 - 312 (in Slovak).
- RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L., 1990. *Basic premises and methods in landscape-ecological planning and optimisation*. In: Zonnenveld, I. S., Forman, R. T. T. (eds), *Changing Landscape: An Ecological Perspectives*. Springer Verlag, New York, p. 233 – 260 (in Slovak).
- SAUNDERS, D. A., ARNOLD, G. W., BURDIDGE, A. A., HOPKINS, A. J. M., 1987. *Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation*. Surrey Beatty, Chipping Norton, Australia, 410.
- SOULÉ, M. E., 1987. *Viable Populations for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, 189
- STEFFEN, W., SANDERSON, A., TYSON, P. D., JÄGER, J., MATSON, P. A., MOORE, B., OLDFIELD, F., RICHARDSON, R. J., SCHELLNHUBER, H. J., TURNER, B. L., WASSON, R. J., 2004. *Global change and the Earth system: A planet under pressure*. Springer, Berlin Heidelberg, 39.
- TURNER, M. G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecological Systems* 20, pp. 171 – 197.
- TURNER, M. G., 1987. *Landscape Heterogeneity and Disturbance*. Springer, New York, 239.
- TURNER, M. G., GARDNER, R. H., 1991. *Quantitative methods in landscape ecology*. In: Turner, M. G., Gardner, R. H. (Eds.) *The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity*. Springer, New York, 537.
- TURNER, M. G., GARDNER, H. R., O'NEILL, V. R., 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer, New York, 401.
- VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., MELLILLO, J. M., 1997. *Human domination of Earth's ecosystems*. *Science* 277 (5335), pp. 494 – 499.
- WALKER, B., STEFFEN, W., CANADELL, J., INGRAM, J. S., 1999. *The terrestrial biosphere and global change: Implication for natural and managed ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, 439.
- WILSON, E. O., 1992. *The Diversity of Life*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 420.

Acknowledgment

The financial support of this research has been partly provided by the Slovak Research and Development Agency (SRDA) within bilateral grant scheme between organizations in the Slovak Republic and the Republic of Serbia in years 2012 – 2013 (SK-SRB-0004-09 GIS Spatial Analysis of tourism areas and protected areas).

PREKRYTIE PÔDY AKO INDIKÁTOR INTENZITY ANTROPOGÉNNYCH ZMIEN KRAJINY

Monika Kopecká

*Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 81473 Bratislava, e-mail:
Monika.Kopecka@savba.sk*

Abstrakt: Prekrytie pôdy ako indikátor Intenzity antropogénnych zmien krajiny.

Prekrytie pôdy je chápané ako trvalé pokrytie zemského povrchu nepriepustným antropogénnym materiálom, ktorý zabraňuje infiltrácii povrchovej vody do nižších vrstiev pôdy a zakoreneniu akýchkoľvek rastlín. Z tohto dôvodu nepriepustné povrchy nielen indikujú mieru urbanizácie konkrétneho územia, ale zároveň patria k hlavným činiteľom negatívnych dôsledkov urbanizácie na krajinu. V tomto príspevku prezentujeme hodnotenie prekrytia pôdy na základe identifikácie podielu nepriepustných povrchov v rámci podrobných tried krajinnej pokrývky s využitím satelitných dát s veľmi vysokým rozlíšením WorldView2 a aktualizovanej priestorovej objektovo-orientovanej bázy údajov ZB GIS.

Kľúčové slová: nepriepustné prekrytie pôdy, satelitné snímky, databáza ZB GIS, triedy krajinnej pokrývky

Abstract: Soil sealing as an indicator of the intensity of anthropogenic landscape changes.

Soil sealing is generally understood as permanent covering of an area of land and its soil by any impermeable artificial material that prevents the infiltration of surface water to the underlying strata. As a result, impervious surfaces not only indicate urbanization but are also major contributors to the environmental impacts of urbanization. In this study soil sealing assessment has focused on impervious surface coverage within land cover classes using very high resolution satellite data WorldView 2 and updated database of reference spatial data on national level - ZB GIS.

Keywords: soil sealing, satellite data, database ZB GIS, land cover classes

ÚVOD

Neustále sa zvyšujúci počet obyvateľov a trvalo neudržateľné tempo rozširovania zastavaných plôch sú príčinou záujmu odbornej verejnosti (napr. Yuan a Bauer, 2006, 2012, Kampouraki a kol., 2006), ako aj politických inštitúcií (European Commission 2006, 2012) o monitorovanie problému prekrytia a zničenia pôdy budovaním obytných domov, hospodárskych, priemyselných a energetických stavieb, diaľnic, ciest a parkovísk. Podľa údajov EEA (European Environmental Agency) v porovnaní so stavom z polovice päťdesiatych rokov 20. storočia urbanizované plochy v Európskej únii vzrástli o 78%, pričom počet obyvateľov v rovnakom období vzrástol len o 33% (http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing_guidelines.htm). Dramaticky sa rozširujúca zástavba v najúrodnejších lokalitách Slovenska vyvoláva aj u nás zvýšený záujem nielen o sledovanie úbytku poľnohospodárskeho pôdneho fondu, ale aj dôsledkov zástavby na sídelný ekosystém a kvalitu života miestnych obyvateľov (Juráni a Krížová, 2008, Juráni a kol., 2011, Kronauerová a kol., 2011). Zábery pôdy sú spôsobované najmä transformáciou poľnohospodárskej alebo poloprirodnej pôdy v dôsledku rozvoja roztrúseného vidieckeho osídlenia, rozširovania urbánných zón okolo urbánných jadier, premeny zelených plôch vo vnútri mestských zón alebo kvôli budovaniu dopravnej infraštruktúry. Následkom tohto procesu je nepriepustné pokrytie pôdy väčšej alebo menšej časti zabraného územia, čo

znamená na danom mieste trvalú stratu funkčnosti pôdy a zároveň najvyšší stupeň antropogénnej transformácie prírodnej krajiny.

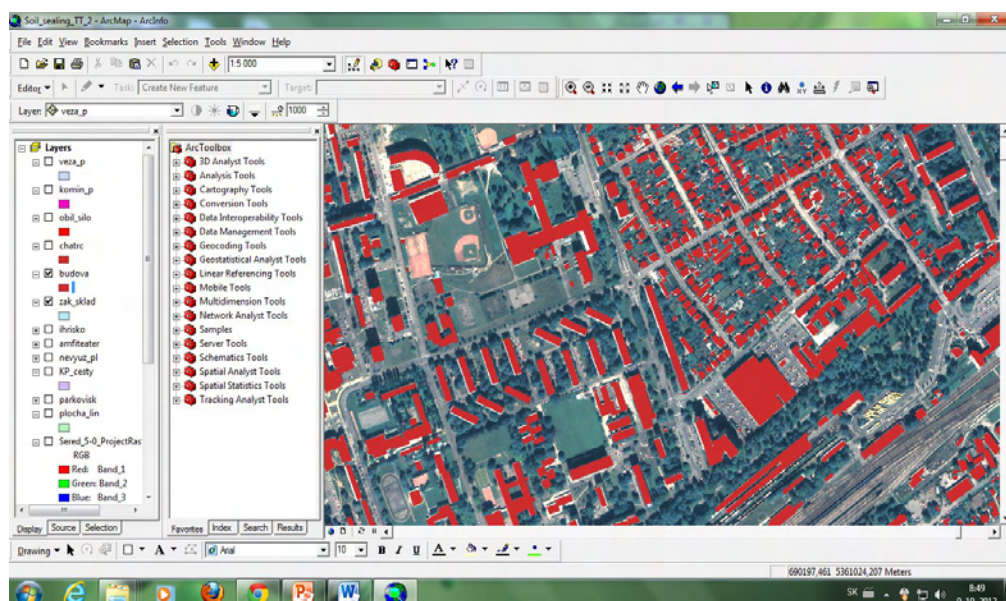
Mieru nepriepustného prekrytia v rámci urbánnych pôd je možné považovať za jeden z regulátorov kvality životného prostredia v sídlach, napríklad v súvislosti so zmenami teplotných pomerov (Zhou, Wang 2011, Grimmond 2007), suchosti vzduchu, infiltrácie dažďovej vody a podobne. Aj z týchto dôvodov bolo v rámci programu GMES v krajinách Európskej únie realizované mapovanie vrstvy Soil Sealing Layer 2006 na báze satelitných dát. Výsledkom mapovania sú rastrové dáta s intenzitou zastavaných plôch v intervale 0 – 100%.

Podľa Jurániho a kol.(2011) termín „prekrytie pôdy“ najlepšie vyjadruje pôsobenie zastavania územia nepriepustným materiálom pre vzduch a vodu na okolitú biotu nakoľko prekrytá pôda dlhodobo stráca akýkoľvek kontakt s atmosférou. Podľa týchto autorov uvedený výraz najlepšie vystihuje preklad anglického výrazu „soil sealing“, pod ktorým sa rozumie uzatvorenie, utesnenie pôdy jej prekrytím. V oficiálnych dokumentoch EÚ býva pojem „soil sealing“ preložený aj ako „zástavba pôdy“.

Cieľom príspevku je prezentovať možnosti mapovania prekrytých pôd s využitím databázy ZB GIS a následnú interpretáciu získaných výsledkov. Tento prístup bol testovaný na území mesta Trnava v rámci tried krajinej pokrývky rozšírenej legendy CORINE Land Cover (CLC) (Kopecká, Rosina, v tlači).

MATERIÁL A METÓDY

Základná báza údajov pre geografický informačný systém (ZB GIS) z r. 2007 je priestorovou objektovo orientovanou bázou údajov, ktorá je referenčným základom národnej infraštruktúry priestorových informácií a je súčasťou informačného systému geodézie, kartografie a katastra. Ako vstupné dáta o prekrytej pôde boli použité dátové vrstvy „Budova“, „Zakrytý sklad“, „Chatrč“, „Parkovisko“, „Ihrisko“, „Obilné silo“, „Veža“, „Komín“ a „Plocha línií (cestu a železnice), ktoré reprezentujú objekty so spevneným povrchom. Tieto dátové vrstvy boli následne aktualizované podľa satelitnej snímky s veľmi vysokým rozlíšením (0,5 m) z augusta 2011 (družica World View2), pričom boli z databázy odstránené neexistujúce stavby a ihriská s trávnatým povrchom, ktoré nie je možné považovať za areály s prekrytou pôdou (Obr. 1). Zároveň boli domapované novšie stavby, modifikované viaceré areály ciest a iných objektov.

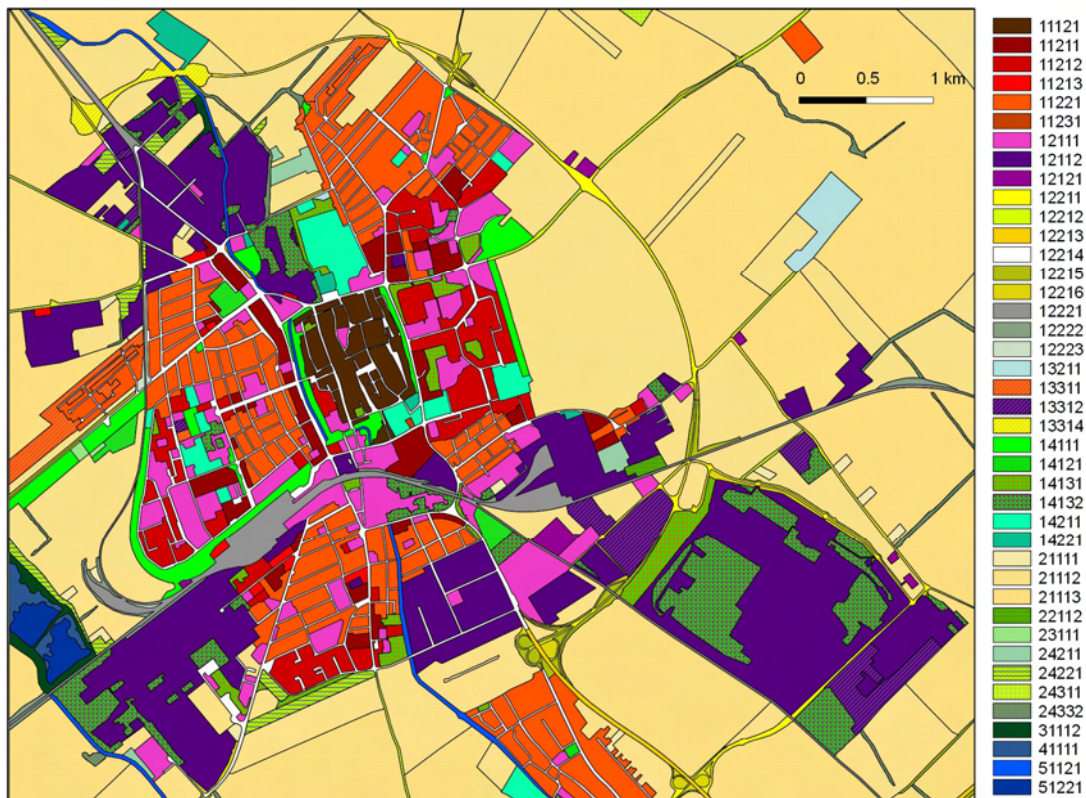


Obr. 1. Ukážka mapovania nepriepustných povrchov s využitím databázy ZB GIS

Posledným krokom tvorby databázy prekrytých povrchov bolo vytvorenie vrstvy „Ostatné prekryté areály“, ktorá zahŕňala všetky zvyšné prekryté povrchy, najmä vyasfaltované a vybetónované plochy v priemyselných a obchodných objektoch, bazény, amfiteáter. Binárna mapa prekrytých povrchov bola konvertovaná na rastrový formát a naložená na podrobnú mapu krajinej pokrývky (KP), ktorá je výsledkom vizuálnej interpretácie satelitnej snímky WorldView2 s využitím rozšírených tried CORINE Land Cover s minimálnym mapovacím areálom 0,25 ha a minimálnou šírkou 10m (Kopecká a kol., 2012). Následne bol stanovený podiel prekrytých plôch v jednotlivých triedach CLC.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na záujmovom území sme zaznamenali výskyt 41 tried krajinej pokrývky, pričom urbanizované areály reprezentuje celkovo 28 tried (Obr. 2).

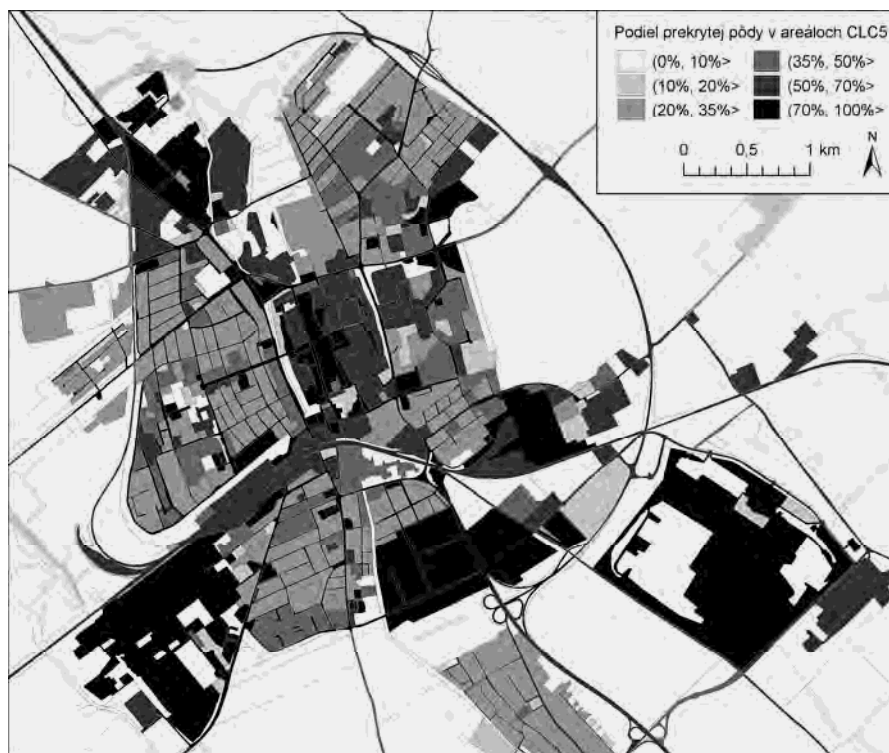


Obr. 2. Krajinná pokrývka na území mesta Trnava (Kopecká a kol., 2012)

Trnava si v rámci svojho rozvoja až do súčasnosti zachovala charakter kompaktného mesta s pomerne jednoznačne rozmiestnenými funkciami. V historickom jadre, ktoré je vymedzené hradbami na východnej a západnej strane (trieda 11121), je podiel prekrytej pôdy relatívne vysoký, predstavuje 65 %. Bezprostredne na historické jadro nadväzujú obytné zóny. Napriek tomu, že prevažná časť obyvateľov mesta žije na sídliskách vo viacbytových domoch, z hľadiska priestorovej štruktúry bytovej výstavby vo všetkých častiach mesta prevažujú lokality s rodinnými domami – trieda 11221. Podiel prekrytých plôch v rámci tejto triedy je necelých 30% (v rámci hodnotenia rozsiahlejšie súvislé záhrady za rodinnými domami nie sú zahrnuté, nakoľko sú mapované v rámci triedy 24211 Záhrady v intraviláne). Podstatne vyššie prekrytie pôdy vykazujú sídliská s viacbytovými domami bez výraznej

prítomnosti drevín – v priemere vyše 43%. Treba však poznamenať, že medzi jednotlivými sídliskami sú značné rozdiely, napríklad na sídlisku Linčianska v južnej časti mesta miera prekrytia pôdy presahuje 75%. Podobne ako v iných mestách, aj v Trnave sme zaznamenali v posledných rokoch zahusťovanie niektorých sídlisk na úkor zelenej plochy.

V rámci urbanizovaných areálov najväčšiu rozlohu zaberajú výrobné a skladovacie priestory (trieda 12112). Na tejto výmere sa značnou mierou podieľajú nové priemyselné podniky (napr. PSA Peugeot Citroen), podniky vybudované v období socializmu, ktoré zmenili svoje pôvodné výrobné zameranie (napr. SACHS, Johns Manville), ako aj areály podnikov, ktoré v dôsledku výrazných spoločensko-ekonomických zmien natrvalo ukončili svoju výrobu (napr. cukrovar). Podiel prekrytej pôdy v tejto triede je viac ako 70%. V tejto súvislosti je potrebné zdôrazniť, že relatívne veľké plochy v nových areáloch výroby zaberá súvislá zeleň (14132) s podielom prekrytých plôch necelých 3%, ktorá predstavuje priestory pre budúce rozširovanie priemyselných podnikov, alebo je dôsledkom prirodzenej sukcesie v areáloch starších podnikov s redukovanou, resp. skončenou výrobnou činnosťou. Z hľadiska vybavenosti sídla dôležitú úlohu zohrávajú areály služieb – okrem škôl a zdravotníckych objektov najmä sú reprezentované najmä pribúdajúcimi nákupnými centrami s rozľahlými parkoviskami s mierou prekrytia približne 58%. Ďalších 50 ha areálov výroby a služieb vo výstavbe (13312) dokumentuje trend zahusťovania zástavby v jadre mesta, ako aj rozširovanie mesta v periférnych oblastiach. Ďalšie zábery pôdy sú spôsobené prebiehajúcou výstavbou rodinných domov (13311) a pokračujúcou výstavbou cestnej infraštruktúry – severného obchvatu mesta (13314). Miera prekrytia pôdy areálov vo výstavbe sa v súčasnosti pohybuje okolo 10%.



Obr. 3. Podiel prekrytej pôdy v areáloch tried krajinej pokrývky (Kopecká, Rosina, v tlači)

Často kritizovaným fenoménom je skutočnosť, že na Slovensku sa urbanizované územia rozrastajú na úkor poľnohospodársky najproduktívnejších pôd, pretože výstavba na nich je z ekonomického pohľadu najmenej náročná. Trnava je situovaná v intenzívne

využívanej poľnohospodárskej krajine, takže v okolí mesta prevažujú poľnohospodárske areály s veľkoblokovými poliami (triedy 21112 a 21113), ktoré spolu pokrývajú viac ako 50% študovaného územia. V ekologicky významných areáloch s prirodzenou vegetáciou v juhozápadnej časti územia - v chránenom areáli Trnavské rybníky (triedy 41111 a 51221) - výskyt prekrytých pôd nebol zaznamenaný. Podrobné informácie o podiele prekrytých pôd v rámci jednotlivých mapovaných tried rozšírenej legendy CORINE Land Cover na území mesta Trnava uvádza práca Kopecká, Rosina, (v tlači).

ZÁVER

Použitý metodický prístup umožňuje detailnú interpretáciu antropogénnych zmien krajiny s osobitným dôrazom na charakter, dynamiku, ako aj účel využitia zastavaných plôch, a zároveň umožňuje sledovať prejavy prirodzenej sukcesie na opustených a nevyužívaných plochách.

Súčasnú snahu zvýšenie opatrení na ochranu pôdneho fondu, napríklad sprísnenie poplatkov za stavbu na najkvalitnejších pôdach, majú za cieľ motivovať investorov, aby sa na nutnú výstavbu v extravilánoch zamerala najhoršia, alebo menej úrodná pôda. Aj v rámci územného plánovania rozvoja intravilánov miest by mali byť dôslednejšie zohľadňované viaceré opatrenia limitujúce a obmedzujúce prekrytie pôdy. Ako uvádza Juráni a kol. (2011), za nevhodné životné prostredie v sídlach treba považovať viac ako 50 % prekrytej pôdy. Kvalita životného prostredia v sídlach môže byť ovplyvnená najmä zamedzením znižovania podielu voľnej „zelenej“ plochy na úkor zastavanej prekrytej plochy, cieleným uprednostňovaním výstavby na asanovaných plochách opustených stavieb (brownfields) či elimináciou súvisle vydláždených plôch.

LITERATÚRA

- EUROPEAN COMMISSION, 2006. Tematická stratégia na ochranu pôdy. COM(2006) 231 [cit. 2012-10-02] Dostupné na internete: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:SK:PDF>
- EUROPEAN COMMISSION, 2012. Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing . SWD (2012) [cit. 2012-10-02] Dostupné na internete: http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/soil_sealing_guidelines_en.pdf
- GRIMMOND, S. 2007. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *Geographical Journal*, Vol. 173, Issue 1, p. 83-88
- JURÁNI, B., KRÍŽOVÁ, L. 2008. Antropizačný fenomén „soil sealing“ v podmienkach Slovenska. In Sobocká, J. (ed): *Antropizácia pôd IX. Zborník príspevkov.*, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava , p. 39-45,
- JURÁNI, B., DLAPA, P. BEDRNA, Z., ŠTERUSKÁ, A. 2011. Prekrytie pôdy (soil sealing) na Slovensku. *Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Bratislava* pp. 79
- KAMPOURAKI, M., WOOD, G. A., BREWER, T. 2006. The application of the Remote Sensing to Identify and Measure Sealed Areas in Urban Environments. Dostupné na: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/4-C42/Papers/16_Automated%20classification%20IC%20II%20-%20Settlements%20Infrastructure/OBIA2006_Kampouraki_Wood_Brewer.pdf
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K., RÁBEKOVÁ, A. 2012. Urban Expansion Mapping Based on VHR Satellite Imagery. In 4th International Conference on Cartography and GIS :

- proceedings. Vol. 1. Editors T. Bandrova, M. Konecny, G. Zhelezov. Bulgarian Cartographic Association, Sofia, p. 237-246
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K (v tlači): Hodnotenie nepriepustného prekrytia pôdy (soil-sealing) na území mesta Trnava. Geografické informácie, (v tlači)
- KRONAUEROVÁ, S., KRÍŽOVÁ, L., JURÁNI, B., VYKOUKOVÁ, I. 2011. Fenomén „soil sealing“ a jeho prejavy v urbanizovanom prostredí mesta Malacky. Phytopedon (Bratislava) 10, 2, p. 19 – 25.
- YUAN F, BAUER M. E. 2012. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 106, 3, p. 375-386
- YUAN F, BAUER. M. E. 2006. Mapping impervious surface area using high resolution imagery: A comparison of object-based and per pixel classification. ASPRS 2006 Annual Conference, Reno, Nevada [cit. 2012-10-02] Dostupné na internete: <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/jshan/proceedings/asprs2006/files/0178.pdf>
- ZHOU, X. AND WANG, Y-C. 2011. Dynamics of Land Surface Temperature in Response to Land-Use/Cover Change. Geographical Research. 49, 1, p.23-36

Pod'akovanie

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 2/0018/10 „Časovo-priestorová analýza využívania krajiny: hodnotenie dynamiky zmien, fragmentácie a stability aplikáciou dátových vrstiev CORINE land cover“ na Geografickom ústave SAV za podpory grantovej agentúry VEGA.

PREHODNOTENIE KONCEPCIE UDRŽATEĽNÉHO ROZVOJA A EKOLOGICKÁ INTEGRITA EKOSYSTÉMOV A KRAJINY AKO NOVÝ ČIASTKOVÝ INDIKÁTOR UDRŽATEĽNOSTI

Peter Sabo¹, Eva Uhliarová², Ingrid Turisová², Ivan Švidroň²

¹*Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela
v Banskej Bystrici, e-mail: peter.sabo@umb.sk*

²*Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v B. Bystrici, e-mail: eva.uhliarova@umb.sk*

Abstrakt: Ekologická integrita krajiny ako nový indikátor udržateľnosti.

Dvadsať rokov po konaní Konferencie OSN o životnom prostredí a rozvoji v Rio de Janeiro nastal čas konfrontovať veľký prísľub koncepcie udržateľného rozvoja s dvadsiatimi rokmi reality. Výsledok je pochmúrny: zrýchľujúca sa dezintegrácia biosféry, sprevádzaná prehĺbením sociálnej erózie. Keďže hybné sily týchto procesov sa tiež zrýchľujú a vzrastá ich tlak na život udržujúce systémy Zeme, je nevyhnutné hľadať alternatívy. Za jednu z nich považujeme koncept udržateľného ústupu s cieľom obnovy rešpektu k ekologickým limitom biosféry a k sociálnym limitom spoločnosti. To vedie k novému ponímaniu cesty k udržateľnosti a vyžaduje si aj nové indikátory. V príspevku navrhujeme ako kľúčový parciálny indikátor na hodnotenie ekologickej ceny nášho blahobytu ekologickú integritu ekosystémov a krajiny. Tento index sme čiastočne verifikovali na území Podlavických výmoľov.

Kľúčové slová: ekologické hranice, udržateľná spoločnosť, ekologická komplexita, ekologická integrita

Abstract: Landscape ecological integrity as a new sustainability indicator.

Twenty years after the UN Conference on Environment and Sustainable Development held in Rio it is time to confront a great promise of the sustainable development concept with the 20 years of reality. The result is rather gloomy: accelerated disintegration of the biosphere, accompanied with deepened social erosion. As the driving forces of these processes accelerate as well and their pressure on Earth's life-support systems is growing it is necessary to search for alternatives. The one we see is a concept of a sustainable retreat with a goal of renewed respect to ecological limits of biosphere and social limits of society. This leads to new assessment of the way to sustainability, requiring new indicators. We propose ecological integrity of ecosystems and landscape as a crucial partial indicator to assess the ecological price of the affluency. We also partially verified this index in Podlavické hollows territory.

Keywords: ecological boundaries, sustainable society, ecological complexity, ecological integrity

ÚVOD

V roku 2012 uplynulo polstoročie od nástupu moderného environmentálneho hnutia, keď Rachel Carsonová ako prvá varovala pred následkami rozsiahleho používania pesticídov: (Carson 1962). V roku 1972 boli publikované „Limits rastu“, výsledky počítačového modelovania globálnych trendov (Meadows a kol. 1972 in Nováček a Huba 1995). Prognózy týchto modelov upozornili na hranice ekonomického rastu, dané limitmi prírodných zdrojov Zeme a na riziko globálneho kolapsu pri ich ignorovaní. O dvadsať rokov autori varovali, že dominantné trendy nás už posúvajú za hranicu ekologických limitov (Meadows a kol. 1992). Reakciou na rastúce znepokojenie verejnosti bol rozvoj medzinárodného environmentálneho práva a v roku 1987 návrh koncepcie (trvalo) udržateľného rozvoja (WCED 1991), potvrdenej na najvyššej politickej úrovni na Konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji v Riu. Táto koncepcia predstavovala nový prísľub šťastia, ak ekonomický rozvoj spojíme s ochranou

prostredia (MOLDAN 1992). Následný vývoj síce priniesol početné miestne a regionálne zlepšenia stavu zložiek životného prostredia, ale celkový výsledok ma ďaleko k optimizmu.

Koncepcia udržateľného rozvoja vz. dvadsaťpäť rokov reality

Pri konfrontácii koncepcie udržateľného rozvoja (z pohľadu naplňania jej základných princípov, precíznejšie sformulovaných najmä v stratégii Staráme sa o Zem (IUCN, WWF, UNEP 1991) vidieť, že výrazný pokrok sa dosiahol najmä v zvýšení kvality ľudského života vo väčšine rozvojových štátov: napr. podiel extrémne chudobných klesol v období 1990 – 2008 z 1,8 na 1,4 miliardy, zlepšil sa prístup k vzdelaniu (napr. v roku 2007 dosiahlo globálne prístup k základnému vzdelaniu 83 % ľudí), vo väčšine rozvojových štátov sa znížila detská úmrtnosť, zlepšilo sa postavenie žien a i. (MDGR 2009; FAO 2011). Významný je aj rozvoj inštrumentálnych nástrojov – od vývoja efektívnejších technológií, zvyšovania podielu obnoviteľných zdrojov energie (v roku 2008 dosiahol ich podiel 13 % - UNEP 2012), cez rozvoj stratégií ochrany biodiverzity (CBD 2010) a nárast rozlohy chránených území: v roku 2010 bolo chránených 12,7 % pevniny (WCPA 2012) až po environmentálne certifikačné systémy v lesnom hospodárstve, turizme, poľnohospodárstve. Rýchly nárast medzinárodných environmentálnych dohovorov dokumentuje 500 medzinárodných zmlúv, ako aj nárast počtu signatárov 14 najvýznamnejších dohovorov o 330 % (za posledných 20 rokov, UNEP 2012). Rozvinulo sa aj zapájanie verejnosti do tvorby miestnych a regionálnych stratégií Agendy 21.

Napriek tomu sa „ekologické zdravie“ Zeme ďalej zhoršilo, čo dokumentuje extrémny úbytok biodiverzity: rýchlosť vymierania druhov viac ako 100 násobne prevyšuje prirodzené tempo (MACE 2005). Znepokojujúci je podiel ohrozených druhov, ktorý je preukazný najmä v prípade dobre poznaných taxonomických skupín – ohrozených je napr. 39 % druhov nahosemenných rastlín, 21 % druhov cicavcov, 13 % druhov vtákov, 30 % hodnotených druhov obojživelníkov (IUCN 2012). Index živej planéty, ktorý vychádza z dlhodobého sledovania 9 014 populácií 2 668 druhov stavovcov v globálnom priemere klesol za 4 desaťročia o 28% (WWF 2012). Procesy likvidácie, fragmentácie, znečisťovania, nadmerného využívania a inej degradácie biotopov sú rozsiahle (napr. strata tropických pralesov v období 2000 – 2010 bola ca 13 mil ha ročne - podrobnejšie napr. Sabo a kol. 2011, UNEP 2012).

ROCKSTRÖM a kol. (2009) analyzovali stav 9 kritických život udržujúcich systémov Zeme a tvrdia, že v prípade 3 z nich sme prekročili ekologické hranice bezpečia aktivít ľudstva. Prvým je úbytok biodiverzity, ktorý dokumentuje vyššie uvádzané extrémne vysoké tempo vymierania druhov. Druhým je globálna klimatická zmena, realitou je zvýšenie priemernej globálnej teploty atmosféry pri zemskom povrchu o 0,77 – 0,8 °C a v Európe o 1,3 °C (EEA 2012), s výraznými následkami aj na litosféru, kryosféru, hydrosféru a biosféru Zeme. Tretím je narušenie biogeochemického cyklu dusíka v dôsledku jeho rastúcej antropogénnej fixácie z atmosféry (ca 140 mil. t ročne), s následným rastom eutrofizácie stojatých a pomaly tečúcich vôd a plytkých morí. Podľa danej štúdie nás procesy v ďalších 6 život udržujúcich systémoch k ekologickým limitom približujú: rast acidifikácie oceánov, vyčerpania vody, premena krajiny štruktúry, záťaž ovzdušia aerosólmi, znečistenie viac ako 100 tisíc druhmi syntetických chemikálií, naozaj účinne sa riešil iba problém stratosférickej ozónovej vrstvy.

Strata biodiverzity má vážne socioekonomické dôsledky: ak sú 3/5 ekosystémových služieb narušené (MEA 2005), znamená to, že sme znížili kapacitu Zeme podporovať ľudskú populáciu. Tento výsledok nás núti uvažovať kriticky aj o koncepcii udržateľného rozvoja.

Zhrnutie kritických hybných síl globálnej krízy, ktorých vplyv rastie alebo pretrváva

- Exponenciálny rast ľudskej populácie: v období 1992 - 2012 vzrástla o vyše 1,6 mld – na 7,06 miliardy, prognóza do roku 2025 je 8,1 miliardy, do roku 2050 až 9,6 miliardy, pričom rast sa z 97 % odohráva v rozvojových štátoch (PRB 2012). Súčasne sa zrýchľuje urbanizácia – kým v roku 1975 žila v mestách iba 1/3 obyvateľstva, v roku 2011 to bola väčšia polovica

(UNEP 2011) a v roku 2050 to budú 2/3. Veľké mestské celky sú však náročné na spotrebu energie a produkujú až 70 % globálnych emisií CO₂ (UNEP 2012).

- Exponenciálny rast ekonomiky a spotreby: Globálny HDP vzrástol v období 1992 – 2010 z 36 na 63 triliónov USD, a podiel medzinárodného obchodu dosiahol 49 % (UNEP 2011). Rastie asymetria medzi ekologickou stopou väčšiny štátov a biologickou kapacitou ich územia. Podľa WWF (2012) v roku 2008 globálna ekologická stopa predstavovala 18,2 mld globálnych hektárov (gha), t.j. 2,7 gha / osobu, kým biokapacita Zeme bola 12 mld gha (1,8 gha/ osobu), to znamená 52 %-ný ekologický deficit. A tento neustále rastie.
- Iracionálnosť idey neustáleho rastu ekonomiky: Nepodarilo sa nám vytvoriť model, ktorý by bol zdieľateľný všetkými. Podľa WWF (2012) v roku 2008 mali najvyššiu priemernú ekologickú stopu na osobu Katar (11,68 gha) a Kuvajť (9,72 gha), nadpriemernú aj USA (7,19 gha/ osobu). Ak by všetci obyvatelia Zeme mali dosiahnuť životnú úroveň Kataru, tak potrebujeme 7 planét, v prípade USA 4, v prípade EÚ aspoň 2 planéty (v roku 2008 mala EÚ priemerná ekostopu na osobu 4,72 gha a biokapacitu 2,24 gha, t.j. deficit 111 %).
- Prehlbovanie sociálnej polarizácie: Najchudobnejšia 1/5 svetovej populácie disponuje s 1,5 % svetových príjmov, kým 1/10 najbohatších zberá až 54 %; pričom rozdiely rastú aj vnútri bohatých štátov: v USA bol v roku 1960 rozdiel medzi príjmami najbohatšej 1/5 a najchudobnejšej 1/5 populácie 30-násobný, v 21. storočí už 75-násobný (Rees 2008). Vitali a kol. (2011) zistili, že 80 % globálnych ekonomických tokov ovláda 747 silne prepojených korporácií a ich jadro (147 korporácií) ovláda až 40 % globálneho trhu.
- Globálnym výzvam neadekvátne inštitúcie: Napr. Svetová obchodná organizácia a Svetová banka presadzujú ekonomickú liberalizáciu aj na úkor ekologických a sociálnych limitov (Contreras-Hermosilla 2000). Rastie tlak na poskytovanie štátnych finančných stimulov a daňových úľav nadnárodným korporáciám, aj za cenu škrtou verejných výdavkov a erózie strednej vrstvy (Keller 2005). A príjmy najbohatších rastú, napr. v roku 2012 boli zisky 400 najbohatších Američanov 6-násobne vyššie (spolu 1,7 mld USD) ako v r. 1982 (Kroll 2012).
- Nedemokratické pomery a korupcia: najmä v rozvojových štátoch sa podpisujú pod perzekúcie, napr. po vypuknutí masových protestov etnika Ogoni v delte Nigeru proti dlhodobej devastácii územia ťažbou ropy (spoločnosťou Shell) boli v roku 1993 pri nájazdoch ozbrojencov na dediny zmasakrované stovky ľudí a tisíce prišli o prístrešie. Násilie vyvrcholilo zinscenovaným procesom a popravou deviatich mierových aktivistov Hnutia za prežitie ľudu Ogoni v Nigérii, vedených laureátom Nobelovej ceny, spisovateľom Ken Saro-Wiwom (Saro-Wiwa 1995).
- Dvojaká tvár technológií: Pozitívne je, že efektívnosť technológií vo vzťahu k spotrebe materiálov a energie na jednotku produkcie rastie (UNEP 2011). Technológie však majú aj druhú tvár: umožňujú intenzívnejšie čerpanie prírodných zdrojov a premenu krajiny. Ukážkou je ekologická katastrofa Aralského jazera, ktoré stratilo 90 % pôvodného objemu vody a mení sa na soľnú púšť (Micklin 2007) alebo fakt, že kvôli nadmernému čerpaniu vody dnes 1/4 veľkých riek na dolnom toku niekoľko mesiacov v roku nedotečie k moru.
- Redukcionistická paradigma, ktorá nepostihuje vysokú komplexitu živých systémov: Táto komplexita spôsobuje že organizmy, ekosystémy a biosféra majú nelineárne správanie a že ich narušenia sa môžu synergicky zosilňovať: napr. strata vegetácie a biodiverzity znamená úbytok absorbérov CO₂ z atmosféry a prehrievanie zemského povrchu (Turisová a kol. 2010). Alebo zosieťovanie kladných spätných väzieb medzi zmenou klímy a stratou biodiverzity zvyšuje riziko premeny Amazonského pralesa na savanu: tento sa pri zvýšení globálnej priemernej teploty o 3 – 4 °C mení z absorbéra CO₂ na jeho významný zdroj - ako sa stalo počas storočného sucha v Amazónii v roku 2005 (Nobre a Borma 2009).

Výsledok konfrontácie koncepcie resp. princípov TUR s desaťročiami s dvomi až tromi desaťročiami reality (podrobnejšie Turner 2008, Sabo a Cochová 2012) indikuje približovanie sa k hrane globálneho ekologického a tým aj civilizačného kolapsu.

Potreba hodnotenia ekologických systémov ako komplexných celkov

Aj z krátkeho náčrtu hybných síl krízy je zrejmé, že významný je aj vplyv dožívajúcej paradigmy, ktorá prehliada komplexitu živých systémov aj synergiu pôsobenia degradačných procesov. Následne sa opatrenia sústreďujú najmä na tlmenie symptómov ekologickej krízy. Zjavne to ale k riešeniu problémov nestačí. Bezprecedentne vysoká a najmä od polovice 20. storočia rýchlo rastúca intenzita vplyvov človeka na planétu viedla aj významných svetových vedcov k návrhu vyčleniť nové geologické obdobie – antropocén (Zalasiewicz a kol. 2010).

S dožívajúcou mechanickou paradigmou súvisí aj rozpornosť niektorých indikátorov udržateľného rozvoja. Napr. v prípade široko používaného indexu ľudského rozvoja (Human Development Index – HDI, Petrovič a kol. 2007) sa v popredí dlhodobo umiestňujú všetky priemyselne najvyspelejšie štáty, pričom ich priemerná ekologická stopa na obyvateľa patrí k najvyšším na svete (WWF 2012). To znamená, že tento index nereflektuje ekologickú cenu, ktorou platíme za rast blahobytu (Sabo a kol. 2010). Potreba nových makroskopických indikátorov stavu ekosystémov a hodnotenia cesty k udržateľnosti je viac ako zrejma.

V príspevku približujeme návrh, význam a aplikácie indikátora stavu kritického piliera udržateľnosti, ktorým je ekologická integrita ekosystémov, krajín a biosféry. Náš návrh vychádza z teórie nerovnovážnej termodynamiky živých systémov (Kay 2000; Jørgensen a Svirezhev 2004), ktorá vysvetľuje ich spontánny vývoj k vyššej štruktúrálnej aj funkčnej (behaviorálnej) komplexite a ich nerovnovážnu perspektívu (Plesník 2010). Tento vývoj je podmienený termodynamickou otvorenosťou týchto systémov, diverzitou interakcií ich entít a evolúciou spätnoväzobných riadiacich procesov (Lévêque a Mounolou 2003; Holling 2001; Sabo a kol. 2011). Kým teória nerovnovážnej termodynamiky zdôrazňuje význam procesov transformácie energie, teória adaptívnych cyklov (Holling 2001) upozorňuje na význam diverzity a genetickej informácie ako základu dynamiky ekosystému: striedania dlhodobých fáz rozvoja – rastu (fáza r) a konzervácie v klimaxovom štádiu (fáza K) s krátko-dobými fázami rozpadu (fáza Ω), kedy sa uvoľňuje v ekosystéme naakumulovaná energia (napr. v dreve polomu) a následnej spontánnej reorganizácie systému (fáza α). Do nášho odhadu ekologickej integrity ekosystému preto vstupuje aj hodnotenie druhovej diverzity.

MATERIÁL A METÓDY

Prvý parciálny index ekologickej integrity reflektuje účinnosť transformácie slnečnej energie ekosystémom na energiu nižšej kvality. Merania k tomu potrebných zložiek bilancie žiarenia ekosystému sme uskutočňovali za anticyklónálnej situácie, počas slnečných a horúcich letných dní. Pyranometre merali tok krátkovlnného slnečného žiarenia smerom k povrchu ekosystému (Q_{in}), aj žiarenia od neho odrazeného (Q_{out}). Pyrgeometre merali tok dlhovlnného (infračerveného – IR) žiarenia emitovaného z povrchu ekosystému (L_{out}) a IR žiarenia emitovaného k povrchu skleníkovými plynmi atmosféry (L_{in}). Tieto snímače boli umiestnené na ramene nosníka na stožiaroch nad povrchom ekosystému. Údaje sa snímali každých 10 sekúnd a každú minútu sa v záznamníkoch zaznamenával priemer zo 6 meraní.

Zo získaných údajov sme vypočítali radiačnú bilanciu ekosystému: $R_{net} = (Q_{in} - Q_{out}) - (L_{out} - L_{in})$. Tento štandardný výpočet pre účel hodnotenia disipácie medzi prvými použili Quatrochi & Luvall (1999). Podľa koncepcie nerovnovážnej termodynamiky ekologických systémov je totiž energia disipovaná ekosystémom priamo úmerná úrovni jeho organizácie, ekologickej komplexite (Kay 2000; Lin 2009). Vývoj mechanizmov tejto transformácie resp. disipácie patrí k hlavným hybným silám ekologickej sukcesie aj evolúcie. Účinnosť disipácie energie slnečného žiarenia sme počítali podľa LIN a kol. (2009) ako podiel ekosystémom disipovaného toku energie voči energii, ktorá doňho vstupuje: $E_{dis} = R_{net} / Q_{in}$.

Nakoľko rok 2010 bol na území SR extrémne daždivý a časové možnosti meraní tým boli obmedzené, pristúpili sme aj k paralelným meraniam teploty vybraných povrchov IR

teplomerami Raytec a k následnému odhadu účinnosti disipácie slnečnej energie. Emisivitu ε aktívneho povrchu (mieru jeho schopnosti vyžarovať energiu, ktorá vstupuje do výpočtov povrchom emitovaného žiarenia ($L_{out} = \varepsilon\sigma T^4$, kde T je teplota povrchu v Kelvinoch a σ je Stefan Boltzmannova konštanta $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$) sme pre rôzne povrchy určili podľa dostupných zdrojov (napr. Wittich 1997). Znормovaním vypočítanej (v prípade meraní s Raytec odhadnutej) účinnosti disipácie energie podľa rozdielu jej maximálnej a minimálnej hodnoty pre rôzne typy ekosystémov sme získali relatívnu účinnosť disipácie slnečnej energie daným ekosystémom (v rámci nami hodnoteného územia), t.j. prvý parciálny index ekologickej integrity $ER_{dis,i} = (E_{dis,i} - E_{dis_minimálna}) / (E_{dis_maximálna} - E_{dis_minimálna})$.

Účinnosť disipácie slnečnej energie je výborným kritériom ekologickej komplexity ekosystému, ale nevyjadruje ďalšie rozdiely medzi ekosystémami podobnej fyziognómie, od ktorých závisí ich ekologická integrita (napr. rozmanitosť druhov, pôvodnosť ekologickej procesov). Ako druhý parciálny index pre hodnotenie ekologickej integrity sme preto využili Shannon-Wienerov index druhovej diverzity cievnatých rastlín (SW_{div}) resp. aj prirodzenosti druhového zloženia fytoocenóz (SW_{pri}). Pokryvnosť druhov na skúmanej ploche sme hodnotili podľa rozšírenej Braun-Blanquetovej stupnice a prevod na numerickú stupnicu (aproximáciu percentuálneho vyjadrenia pokryvnosti) sme realizovali podľa van der Maalera (1979). Synantropnosť rastlín sme určovali podľa Jurku (1990) a ich inváznosť podľa Gojdičovej a kol. (2002). Následne sme počítali kombinovaný index druhovej diverzity a synantropizácie. Podrobnejšie je postup hodnotenia výpočtov indexov opísaný v štúdiu Sabo a kol. (2010).

Takto získaný výsledný index ekologickej integrity umožní reflektovať ekologické hranice ekosystémov, krajín resp. biosféry, limitujúce činnosť človeka. Za kľúčovú aplikáciu považujeme návrh agregovaného indexu udržateľnosti: v ňom je cesta k vyššiemu k blahobytu meraná cenou, ktorú platíme v podobne nepriaznivých zmien ekologickej integrity krajiny a sociálnej integrity spoločnosti. Podrobný postup návrhu indexu šťastnej krajiny – ekologicky a sociálne udržateľného života spoločnosti – prezentujeme v práci Sabo a Cochová (2010). V príspevku sa okrem náčrtu získaných výsledkov výskumu zameriame na ich interpretáciu v širšom kontexte za účelom aktualizácie koncepcie udržateľnosti tak, aby priniesla riešenie.

Ako druhý parciálny index EI ekosystému sme preto navrhli index druhovej diverzity cievnatých rastlín a prirodzenosti druhového zloženia fytoocenózy (ako inverziu miery jej synantropizácie), získaný kombináciou Shannon-Wienerovho indexu a Kostrowického vzorca (Jurko 1990). Index EI ekosystému vypočítame ako vážený geometrický priemer týchto parciálnych indexov. S určitým zjednodušením môžeme povedať, že tieto parciálne indexy zodpovedajú vertikálnej resp. horizontálnej kompozícii ekologickej integrity ekosystému.

Indexy EI ekosystémov môžu následne vstupovať aj do hodnotenia ekologickej integrity krajiny ako celku. Podstatou je udržanie biodiverzity a funkčnosti interakcií a procesov vo všetkých 4 rozmeroch časopriestoru krajiny. Vychádzame pritom z rozlíšenia krajinných vzťahov na funkčne-ekologické, priestorovo-štrukturálne a časové (Miklós a Izakovičová 1997; Žigrai 1997). Týmto vzťahom v našom modeli ekologickej integrity krajiny zodpovedajú tri jej zložky: 1) vertikálna (odvodená od vnútornej EI ekosystémov), 2) horizontálna (odvodená od konektivity biotopov vybraných cieľových druhov) a 3) časová, ktorá reflektuje genézu a dynamiku vývoja krajiny (Sabo 2007). V uvedenej práci sme navrhli aj výpočet vertikálnej zložky EI krajiny, ktorú získame ako vážený aritmetický priemer vnútornej ekologickej integrity jej ekosystémov: $K_{EIV,i} = [\sum_{j=1,n} (s_i * k_{EIV,j})] / S$, kde s_i je sumárna výmera ekosystémov typu i v krajine, $k_{EIV,i}$ je vypočítaný index vnútornej ekologickej integrity prvku i a S je výmera celého územia.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Koncepcia udržateľného ústupu a ekologická integrita ekosystémov a krajiny

Rozsiahlejším úvodom ilustrujeme rastúce poznanie, že prísluby udržateľného rozvoja sa nenapĺňajú. Dôvody nájdeme v politickej, teoretickej aj v praktickej rovine. Najmä v rovine ekonomickej praxe pojem "rozvoj" pôsobí ako trójsky kôň udržateľnosti, pretože je chápaný najmä ako expanzia produkcie a rozširovanie trhov, za účelom rastu zisku. Táto idea nekonečného hospodárskeho rastu je v prostredí limitovaných prírodných zdrojov zjavne iracionálna. Autorom ekologickejšej idey udržateľného ústupu je Lovelock (1996), z novších autorov ju ako alternatívu k možnému zlyhaniu TUR udržateľného rozvoja pripúšťa napr. Nováček (2011). Vízia udržateľného ústupu predstavuje postupné znižovanie ekonomickej produkcie a spotreby za paralelného zlepšovania (najmä nehmotnej) kvality ľudského života a ekologickej kvality biosféry (Schneider a kol. 2010). Nový cieľ nutne vedie k novým modelom a indikátorom.

Vhodným východiskovým modelom udržateľnej spoločnosti a udržateľnej krajiny sa javí koncepcia udržateľného sociálno-ekologického systému – TUSE (Kay 2000; Sabo a kol. 2009), ktorý vyjadruje integráciu spoločnosti s krajinou, ktorú táto obýva a využíva. V prizme komplexity integrácia znamená, že celok systému ovplyvňuje prvky tak, aby plnili funkcie celku a prostredníctvom riadiacich okruhov záporných spätných väzieb tlmí aktivity, ktoré tieto funkcie narúšajú. Udržanie integrity, celistvosti a funkčnosti TUSE systému, to znamená aj udržanie bezpečného života ľudí si vyžaduje rešpektovať ekologické a sociálne limity dané ekologickou únosnosťou ekosystémov, krajín, biosféry, aj sociálnou únosnosťou spoločnosti. Ich prekročenie vedie k ekologickej a sociálnej dezintegrácii systému (Goldsmith 1996).

V prípade ekosystémov TUSE sú vhodným indikátorom ich dezintegrácie alebo naopak, posunu k udržateľnosti zmeny ekologickej integrity. Vo vzťahu k biotickému spoločenstvu ju interpretoval už v prvej polovici 20. storočia Leopold (1999): „*Dobré je to, čo prispieva k zachovaniu integrity, stability a krásy celého spoločenstva života. Zlé je všetko, čo vedie k opaku.*“ Ekologická integrita (EI) v tomto pohľade vyjadruje celistvosť, to znamená úplnosť a neporušenosť ekologického systému, vysokú mieru jeho usporiadania a schopnosť fungovať spontánne na báze pôvodných autoorganizačných a autoregulačných mechanizmov, ako aj zachovávať svoje pôvodné reps. prirodzené druhové zloženie. Ekologicky integrovaný systém súčasne vykazuje vyššiu mieru rezistencie a reziliencie vo vzťahu k disturbančným vplyvom okolia. Koncepciu EI rozpracúvajú napr. Pimentel a kol. (2000), Westra a Lemon (2007).

Kým ekologická komplexita označuje zložitosť usporiadania, index ekologickej integrity vyjadruje umiestnenie konkrétneho ekosystému z pohľadu jeho usporiadania v rámci kontinua zodpovedajúceho primárnej resp. sekundárnej sukcesii, to znamená od povrchu bez vegetácie (nulová integrita) po referenčný klimaxový ekosystém (maximálna integrita = 1). Referenčná biotická zložka tu predstavuje potenciálnu prirodzenú vegetáciu a potenciálne prirodzené živočíšstvo. Ako sme načrtli vyššie, index ekologickej integrity ekosystému vypočítame ako vážený priemer dvoch parciálnych indexov: 1) indexu relatívnej účinnosti disipácie slnečnej energie ekosystémom a 2) indexu diverzity a prirodzenosti druhového zloženia, ktorý sme v našich štúdiách predbežne obmedzili na cievnaté rastliny a ich spoločenstvá. Nakoľko zatiaľ neexistuje reprezentatívna databáza o účinnosti disipácie slnečnej energie rôznymi typmi porastov, relatívnu účinnosť tejto disipácie získavame znormovaním vypočítaných hodnôt.

Z výsledkov hodnotenia ekologickej integrity ekosystémov v území Podlavické výmole

Nižšie sumarizujeme výsledky výskumu realizovaného v letnom období 2010 vo vybraných lokalitách územia Podlavické výmole (mimo chráneného areálu), ktoré sa nachádza SZ od Banskej Bystrice, na rozhraní geomorfologických celkov Starohorské vrchy a Zvolenská kotlina.

Územie charakterizujú dolomity a vápence, reliéf má charakter okraja vnútrokotlinovej pahorkatiny (nadmorská výška stanovišť bola 492 - 513 m a ich sklon prevažne 1 - 5°). Pôdami sú rendziny, kambizeme a karbonátové litozeme (Šály a Šurina 2002), prevažne kamenisté a vysychavé, klíma územia je mierne teplá a veľmi vlhká. Potenciálnu prirodzenú vegetáciu predstavujú bukové lesy vápnomilné (*Cephalanthero-Fagenion* Tx. 1955, Michalko a kol. 1986). Súčasnú vegetáciu tvoria najmä zmiešané lesy, s dominantnou, už ustupujúcou borovicou čiernou a borovicou lesnou, ktoré boli vysadené pred zhruba storočím za účelom obnovy zerodovaných spustnutých pôd (Midriak 2010), v súčasnosti s rastúcim zastúpením listnatých drevín, najmä buka, a malé enklávy prevažne subxerofilných travinných porastov.

Hodnotili sme tieto typy povrchov: P1: zmiešaný, prevažne ihličnatý stromový porast s dominujúcou borovicou lesnou (*Pinus sylvestris*); P2: riedky krovinový porast južne od opusteného kameňolomu tvorený vrbou rakytou (*Salix caprea*) a v. purpurovou (*S. purpurea*) nad mezofilnou lúčkou; P3: druhovo pestrý subxerofilný travinný porast s výskytom invázneho smlzu kroviskového (*Calamagrostis epigejos*); P4: hustý krovinový porast agátu (*Robinia pseudoacacia*), s prímесou *Betula pendula* a *Salix caprea*; P5: enklávu subxerofilného až mezofilného travinného porastu na južnom okraji bývalého kameňolomu; P6: silne ruderalizovaný travinný porast s dominanciou *Solidago canadensis*, *Tanacetum vulgare* a *Cirsium arvense*; P7: bukovú mladinu na južnom okraji zmiešaného lesa, čiastočne tieneneho storočnými borovicami; P8: obnažený dolomitový substrát v kameňolome; P9: spevnenú lesnú zväžnicu. Tieto porasty boli vybrané preto, že ich štruktúra a druhové zloženie sa výrazne odlišovali.

Vybrané z výsledkov hodnotenia účinnosti disipácie slnečnej energie rôznymi ekosystémami

Pre hodnotenie účinnosti tejto disipácie sú vhodné iba údaje získané počas stabilnejšieho anticyklónálneho počasia, dlhšieho intervalu oslnenia, pri nízkej dynamike zmien albeda a počas teplých až horúcich letných dní. Porovnávali sme preto iba výsledky získané za jasného počasia, pri vyššom sklone dopadu slnečných lúčov na zemský povrch a pri relatívne ustálenom priebehu hodnôt disipácie (spravidla v časovom intervale 2 – 4 (príp. 6) hodín okolo poludnia). Nakoľko v extrémne daždivom lete 2010 boli merania rušené konvektívnou oblačnosťou, rozdelili sme ich do blokov po sebe nasledujúcich dní s relatívne ustáleným počasím. Následne, za účelom komparácie meraní z rôznych období sme údaje z neskorších meraní konvertovali na spoločný dátum. Algoritmus tejto konverzie (adjustácie) reflektuje zmeny účinnosti disipácie slnečnej energie porastami v rôzne dni meraní. Nakoľko v takom prípade ide o ekologické modelovanie, výsledky takýchto úprav uvádzame iba ako *odhad*.

V tabuľke 1 uvádzame hodnoty účinnosti disipácie slnečnej energie rôznymi povrchmi, v období 29. jún - 12. august 2010 vypočítanej z meraní bilancie žiarenia a spriemerovanej pre časový interval 11.00 – 13.00 hod, nakoľko okolo poludnia disipácia spravidla dosahuje maximálne hodnoty a jej priebeh v tomto čase býva aj vyrovnanější. Doplňujúce merania povrchov bez vegetácie (P8, P9) sme realizovali s teplomermi Raytec. V prípade viacerých meraní rovnakých porastov uvádzame priemery a pre vybrané povrchy merané po 2. a 3. júli aj výsledky modelovania (adjustácie na rovnaké dni merania) ako odhad účinnosti disipácie.

Z tabuľky 1 vidieť zreteľné rozdiely v účinnosti disipácie slnečnej energie rôznymi sukcesnými štádiami – čím vyššie sukcesné štádium, tým vyššia disipácia energie: Najnižšia je v prípade zväžnice (P9), kde sa uplatňujú najmä jednoduché fyzikálne procesy v prevažne jej nevsiakavom a spevnenom povrchu. Vyššia je v prípade odkrytého jemného a vsiakavého substrátu (P8), kde sa už výraznejšie uplatnila evaporácia. Nasledujú travinné porasty (P3, P5, P6), kde sa uplatňuje ochladzujúci efekt vegetácie (v dôsledku evapotranspirácie), vyšší je v krovinových porastoch (P2, P4) a najvyššiu priemernú účinnosť disipácie slnečnej energie z hodnotených stanovišť dosahujú okraje lesných porastov (P1, P7). To potvrdzuje teóriu, že účinnosť disipácie energie rastie úmerne s ekokomplexitou a preto je jej dobrým indikátorom.

Tab. 1. Priemerná účinnosť disipácie slnečnej energie pre rôzne ekosystémy v území Podlavického výmole. Výpočet je realizovaný pre časový interval 11.00 – 13.00 hod.

Stanovište a typ porastu (povrchu)	Priemer	Medián	Max	Min	Rozpätie	Odchýlka
P1 borovicový porast 30.6.	81,70	81,68	82,46	81,07	1,40	0,31
P1 borovicový porast 1.7.	81,89	81,77	83,35	81,29	2,06	0,43
P1 borovicový porast 2.7.	82,36	82,24	83,83	80,81	3,02	0,83
P1 borovicový porast 3.7.	82,21	82,47	83,10	79,19	3,91	0,77
P1 borovicový porast 14.7.	81,13	81,27	82,37	79,22	3,16	0,76
Priemer P1 borovic. porast, dni 2.-3.7.	82,39	82,41	83,83	80,39	3,44	0,75
P7 bukový porast 16.7.	83,51	83,55	84,55	82,26	2,30	0,54
P7 bukový porast 17.7.	83,41	83,30	84,44	82,68	1,76	0,42
P7 bukový porast 11.8.	82,56	82,61	83,67	81,28	2,39	0,53
P7 bukový porast 12.8.	81,44	81,35	83,04	80,19	2,85	0,72
Priemer P7 bukový porast, dni 16.-17.7.	83,46	83,36	84,46	82,687	1,77	0,45
<i>Odhad P7 bukový porast, pre 2.-3.7.</i>	<i>84,75</i>	<i>84,53</i>	<i>85,95</i>	<i>83,91</i>	<i>2,04</i>	<i>0,45</i>
P4 agátové kroviny 1.7.	78,00	77,96	80,01	76,97	3,04	0,66
P4 agátové kroviny 2.7.	78,10	78,35	79,72	75,37	4,34	1,06
Priemer P4 agát. kroviny, dni 1.-2.7.	78,08	78,24	79,50	76,01	3,49	0,71
P2 vrbové kroviny 30.6.	76,85	76,83	77,98	75,89	2,09	0,52
<i>Odhad P2 vrbové kroviny, pre 2.-3.7.</i>	<i>77,47</i>	<i>77,45</i>	<i>78,61</i>	<i>76,50</i>	<i>2,10</i>	<i>0,52</i>
P5 suchší mezofilný travinný 2.7. (RT)	73,47	72,85	77,31	71,13	6,18	2,30
P3 subxerofilný travinný 2.7. (RT)	73,28	73,56	75,03	71,24	3,79	1,23
P6 ruderalný porast 14.7.	73,15	73,24	74,49	70,14	4,36	0,70
<i>Odhad P6 ruderalný porast, pre 2.-3.7.</i>	<i>74,03</i>	<i>74,12</i>	<i>75,39</i>	<i>70,98</i>	<i>4,41</i>	<i>0,71</i>
P8 odkrytý substrát 1.7. (RT)	66,11	66,16	67,41	64,72	2,68	1,23
P8 odkrytý substrát 2.7. (RT)	66,77	66,25	68,54	65,52	3,02	1,58
Priemer P8 odkr. substrát 1.-2.7. (RT)	66,39	66,25	68,54	64,72	3,82	1,30
P9 lesná zväžnica 12.8. (RT)	59,35	58,93	62,67	57,38	5,29	1,65

Nevýhodou meraní v území Podlavických výmol'ov boli obmedzenia spôsobené reliéfom a dostupnosťou; niektoré hodnotené plochy boli plošne malé, v dôsledku čoho mohol výsledky do určitej ovplyvniť silnejší vplyv susedných ekosystémov (to vysvetľuje napr. pomerne vysokú účinnosť disipácie subxerofilným travinným porastom na okraji lesa). Neočakávaným výsledkom je vysoká účinnosť disipácie energie ruderalným travinným porastom, tu ju však vysvetľuje vysoká vlhkosť pôdy a viac biomasy na stanovišti, a tým zvýšená evapotranspirácia (ŠVIDROŇ 2010).

Za účelom získania reálnejšieho obrazu rozdielov medzi rôznymi povrchmi sme údaje z tabuľky 1 znormovali podľa rozdielov medzi najmenšou a najväčšou hodnotou účinnosti disipácie slnečnej energie v území, čím sme získali priemerné hodnoty indexu relatívnej účinnosti disipácie, uvedené v tabuľke 2. Referenčným ekosystémom s najnižšou komplexitou je povrch zväžnice (P9), tým s najvyššou potenciálnou komplexitou je v území bukový les, referenčnú hodnotu sme získali z meraní nad oslnotenou mladinou na južnom okraji lesa (P7), nakoľko naše merania bilancie žiarenia boli limitované max. výškou stožiarov 7,5 - 10 m.

Tab. 2. Index priemernej relatívnej účinnosti disipácie slnečnej energie pre povrchy v území Podlavické výmole. Výpočet je realizovaný pre časový interval 11.00 – 13.00 hod.

Stanovište a typ porastu (povrchu)	Priemer	Medián	Max	Min	Rozpätie	Odchýlka
P1 borovicový porast 30.6.	0,852	0,851	0,878	0,830	0,048	0,011
P1 borovicový porast 1.7.	0,858	0,854	0,909	0,838	0,071	0,015
P1 borovicový porast 2.7.	0,875	0,870	0,925	0,821	0,104	0,029
P1 borovicový porast 3.7.	0,869	0,878	0,900	0,765	0,135	0,027
P1 borovicový porast 14.7.	0,832	0,837	0,875	0,766	0,109	0,026
Priemer P1 borov. porast, dni 2.-3.7.	0,876	0,876	0,925	0,807	0,119	0,026
P7 bukový porast 16.7.	0,914	0,916	0,950	0,871	0,079	0,019
P7 bukový porast 17.7.	0,911	0,907	0,946	0,886	0,061	0,014
P7 bukový porast 11.8.	0,882	0,883	0,920	0,837	0,082	0,018
P7 bukový porast 12.8.	0,843	0,840	0,898	0,800	0,098	0,025
Priemer P7 bukový porast, dni 16.-17.7.	0,912	0,909	0,947	0,886	0,061	0,015
<i>Odhad P7 bukový porast, pre 2.-3.7.</i>	0,953	0,949	0,988	0,926	0,062	0,016
P4 agátové kroviny 1.7.	0,724	0,723	0,794	0,689	0,105	0,023
P4 agátové kroviny 2.7.	0,728	0,736	0,783	0,634	0,150	0,037
Priemer P4 agát. kroviny, dni 1.-2.7.	0,727	0,733	0,776	0,655	0,121	0,025
P2 vrbové kroviny 30.6.	0,685	0,684	0,724	0,651	0,072	0,018
<i>Odhad P2 vrbové kroviny, pre 2.-3.7.</i>	0,706	0,705	0,745	0,672	0,073	0,018
P5 suchší mezofilný travinný 2.7. (RT)	0,568	0,547	0,700	0,487	0,213	0,079
P3 subxerofilný travinný 2.7. (RT)	0,562	0,571	0,622	0,491	0,131	0,042
P6 ruderalný porast 14.7.	0,557	0,560	0,603	0,453	0,150	0,024
<i>Odhad P6 ruderal. porast, pre 1.-3.7.</i>	0,592	0,595	0,639	0,487	0,152	0,024
P8 odkrytý substrát 1.7. (RT)	0,314	0,316	0,359	0,266	0,093	0,042
P8 odkrytý substrát 2.7. (RT)	0,337	0,319	0,398	0,294	0,104	0,054
Priemer P8 odkr. substrát 1.-2.7. (RT)	0,324	0,319	0,398	0,266	0,132	0,045
P9 lesná zväžnica 12.8. (RT)	0,081	0,067	0,195	0,013	0,182	0,057

Vidieť, že poradie ekosystémov ostalo zachované, úprava však zmenila relatívne rozdiely medzi nimi. Z pohľadu štruktúrnej výstavby upravený index relatívnej účinnosti disipácie energie ER_{dis} lepšie vystihuje ekologickú komplexitu, keďže za dolnú hranicu tu považuje spevnený povrch bez vegetácie. A stanovením maxima podľa referenčných klimaxových ekosystémov v území sa index ER_{dis} súčasne blíži k indikácii úrovne ekologickej integrity.

Vybrané z výsledkov hodnotenia diverzity cievnatých rastlín a synantropizácie spoločenstiev

Výsledky výpočtov indexov druhovej diverzity a narušenia porastu (synantropizácie) resp. prirodzenosti druhového zloženia (ako opaku synantropizácie a invazivnosti) ako aj výsledný agregovaný SW index diverzity a prirodzenosti uvádzame v tabuľke 3. Vidieť z nej, že Shannon-Wienerov index je najnižší pre agátové kroviny rastúce na odkrytom substráte so slabým bylenným pokryvom (stanovište P4) a pre ruderalizovaný travinno-bylinný porast (P6). Nasleduje pomerne homogénny bukový porast (P7) a subxerofilnejšie travinné enklávy (P5, P3). Vyššiu diverzitu majú vrbové kroviny nad mezofilným travinným porastom (P2) a najvyššiu mal subxerofilný (hoci čiastočne ruderalizovaný) travinno-bylinný porast (P3).

Tab. 3. Indexy diverzity cievnatých rastlín a prirodzenosti druhového zloženia fytoocenóz. (Stanovišťa P1 až P7 sú charakterizované v úvode k výsledkom hodnotenia EI.)

Stanovište	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Dátum zápisu (rok 2010)	5-30.6.	5-30.6.	5-30.6.	5.6.-1.7.	5.6.-1.7.	5.6.-15.7.	5.6.-11.8.
Sklon v (°) odhad	3-5	1-2	1-3	5-7	3-5	1-2	2-4
Expozícia	J	JV	JV	J	J	J	JZ
Nadmorská výška (v m n. m.)	493	493	494	497	496	492	509
Pokryvnosť (%) $E_{celková}$	90	95	85	85	95	100	90
E_3	45	0	0	35	0	0	85
E_2	45	65	4	65	2	0	35
E_1	65	75	85	15	95	100	18
E_0	15	4	15	2	20	10	4
Zistený počet taxónov	50	44	46	32	39	22	40
Počet invázných taxónov	3	10	7	4	6	7	3
Počet synantropných tax.	8	30	22	11	26	18	0
Počet ohrozených taxónov	3	0	2	1	0	0	4
Počet endemických tax.	0	0	0	0	0	0	1
Shannon-Wienerov index diverzity (SW_{div})	2,79	2,81	3,29	1,87	2,78	1,94	2,44
SW invázných	0,16	0,52	0,50	0,47	0,69	1,12	0,45
SW synantropných	0,40	1,56	1,64	0,35	2,00	1,78	0,00
Index antropizácie (v %)	0,07	0,26	0,22	0,24	0,34	0,64	0,15
Index prirodzenosti druhového zloženia fytoocenózy (v %)	0,93	0,74	0,78	0,76	0,66	0,36	0,85
Agregovaný SW index diverzity a prirodzenosti (SW_{prir})	2,58	2,08	2,56	1,43	1,83	0,69	2,08

Neočakávaný je pomerne vysoký index druhovej diverzity prevažne ihličnatého porastu s dominanciou borovice lesnej, najmä vzhľadom k tomu, že ide o nepôvodný porast. Podľa Turisa a Petrášovej (2009) však genéza sekundárnych lesov v okolí Banskej Bystrice nesúvisí iba s vysádzaním nepôvodných druhov drevín, ale tiež to, že sa zakladali na pôvodne poľnohospodárskych travinných porastoch, a ich zvyšky môžu byť zdrojom vyššej diverzity.

Vhodným ukazovateľom narušenia resp. prirodzenosti porastu je aj podiel invázných, expanzívnych a synantropných taxónov. Podľa očakávania najhoršie vyšiel ruderalizovaný travinný porast (P6), nasledovaný travinou enklávou na okraji kameňolomu (P5). Naopak, pomerne prirodzené druhové zloženie má v území borovicový porast (P1) a po ňom zmiešaný les s rozvíjajúcou sa bučinou, čiastočne tienový korunami borovice čiernej (P7).

Výsledky hodnotenia vertikálnej zložky ekologickej integrity ekosystémov v území

Index relatívnej účinnosti disipácie slnečnej energie ER_{dis} indikuje úroveň ekologickej komplexity a integrity z pohľadu vertikálnej výstavby štruktúry ekosystému a objemu jeho biomasy. Vo vegetačnom období to znamená vyššiu úroveň evapotranspirácie. Index druhovej diverzity cievnatých rastlín indikuje ekologickú komplexitu z pohľadu horizontálnej výstavby štruktúry. Spolu s hodnotením prirodzenosti druhového zloženia indikuje horizontálnu zložku EI ekosystému. Ich syntézou získame výsledný index jeho ekologickej integrity prezentovaný v tabuľke 4 (v danom výpočte sme použili geometrický priemer parciálnych indexov).

Tab. 4. Parciálne indexy a výsledný index ekologickej integrity ekosystému.

Ekosystém (vrátane umelých povrchov)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Index relatívnej účinnosť disipácie energie: ER_{dis}	0,88	0,71	0,56	0,73	0,57	0,56	0,91	0,32	0,08
Shannon-Wienerov index diverzity SW_{div}	2,79	2,81	3,29	1,87	2,78	1,94	2,44	0,00	0,00
Index druhovej diverzity a prirodzenosti fyt. SW_{pri}	2,58	2,08	2,56	1,43	1,83	0,69	2,08	0,00	0,00
Index ekologickej integrity ekosystému EI	1,50	1,21	1,20	1,02	1,02	0,62	1,38	0,00	0,00

Ako vidieť z tabuľky 4, plocha odkrytého substrátu na dne kameňolomu (P8), zväžnica (P9) a nespevnená lesná cesta (T5) síce majú tiež schopnosť disipácie slnečnej energie (ktorú premieňajú predovšetkým na citelné teplo), ale nakoľko nemajú povrch pokrytý vegetáciou ich ekologická integrita je v zmysle jej koncepcie rovná nule. Poradie povrchov, ktoré sú pokryté vegetáciou vychádza podľa výsledného indexu ekologickej integrity nasledovne:

A) Zostupné poradie ekosystémov v území Podlavické výmole podľa ich ekologickej integrity:

- 1) okraj zmiešaného lesa, s dominujúcim borovicovým porastom (stamovište P1): $EI_{P1} = 1,50$
- 2) okraj zmiešaného lesa, s dominujúcim bukovým porastom (P7): $EI_{P7} = 1,38$
- 3) redšie vrbové kroviny v travinno-bylinnom poraste (P2): $EI_{P2} = 1,21$
- 4) subxerofilný travinný porast vedľa zväžnice na okraji lesa (P3): $EI_{P3} = 1,20$
- 5-6) suchší mezofilný travinný porast pod kameňolomom (P5): $EI_{P5} = 1,02$
- 5-6) hustý porast agátových krovín na dne kameňolomu (P4): $EI_{P4} = 1,02$
- 7) ruderalizovaný vysoký travinný porast pod kameňolomom (P6): $EI_{P6} = 0,62$

Kým hodnota vertikálnej zložky EI rastie smerom k vyšším sukcesným štádiám, druhá, horizontálna zložka EI sa zvyšuje úmerne s rastom druhovej diverzity a s poklesom synantropizácie. Obe vyjadrujú optimálnu organizáciu ekosystému v iných smeroch (vertikálny vz. horizontálny) a tým sa vzájomne dopĺňajú. Tento výsledok čiastočne potvrdzuje existenciu princípu maximálnej účinnosti, snahu ekosystému čo najúčinnšie využiť slnečnú energiu a ďalšie zdroje (Jørgensen a kol. 2007). Napr. nedostatok vlhky a tým nižšiu evaporanspiráciu a účinnosť disipatívnych procesov kompenzuje subxerofilný travinný porast vyššou druhovou diverzitou, tým aj vyššou rozmanitosťou ciest disipácie energie (stanovište P3). V území bol síce index SW_{pri} najvyšší pre borovicový porast, ale to môže súvisieť s jeho genézou (Turis a Petrášová 2009).

Možnosti aplikácií indexu ekologickej integrity v kontexte hodnotenia udržateľnosti

Index (vnútornej) ekologickej integrity ekosystémov (EIV) je základom pre výpočet vertikálneho parciálneho indexu ekologickej integrity krajiny (EIK), ktorý získame ako vážený aritmetický priemer ekologickej integrity ekosystémov $K_{EIV,i} = [\sum_{j=1,n} (s_i * k_{EIV,j})] / S$, kde s_i je sumárna výmera ekosystémov typu i v krajine, $k_{EIV,i}$ je index vnútornej ekologickej integrity prvku i a S je výmera celého územia (Sabo 2007). Index EIK je významný nový parciálny indikátor, využiteľný na úpravu viacerých agregovaných indexov udržateľnosti.

Navrhli sme aj pôvodný agregovaný index udržateľnosti, tzv. „index šťastnej krajiny“ (HLI – Happy Landscape Index), ku ktorému nás inšpiroval index šťastnej planéty z dielne Nadácie pre novú ekonomiku (NEF 2006) aj konkrétne skúsenosti z výskumu ekologickej integrity. Návrh HLI indexu spočíva v integrácii HDI indexu s indexom nehmotnej zložky kvality života (spokojnosti, šťastia), ktorú vzťahujeme k pomeru biokapacity a ekologickej stopy aj k zmenám ekologickej integrity (EI) krajiny a sociálnej integrity (SI) spoločnosti:

$$\begin{aligned}
 & \text{HLI} = \{ [(\text{HDI index} * w_1) + (\text{index nehm. kvality života} * w_2)] / (w_1 + w_2) \} \\
 & * [\text{IF (biokapacita / ekologická stopa) < 1 THEN } \sqrt{\text{(biokapacita / ekologická stopa)}} \\
 & \quad \text{ELSE 1}] \\
 & * \{ [(\text{EI index} * w_3) + (\text{SI index} * w_4)] / (w_3 + w_4) \}
 \end{aligned}$$

Hodnota tohto HLI indexu sa zvyšuje úmerne s rastom hodnoty parciálnych indexov hmotnej i nehmotnej kvality života, pomeru biokapacity voči ekologickej stope a znižuje sa úmerne so znižujúcou sa ekologickou a sociálnou integritou, w_1 , w_2 , w_3 a w_4 sú váhy priradené parciálnym indexom. Podrobnejšie sme tento index predstavili v štúdií Sabo a kol. (2010).

Ďalšou významnou aplikáciou parciálneho indexu EIK môže byť hodnotenie reálnej kapacity ekosystémov a krajiny poskytovať ľudskej spoločnosti rôzne ekosystémové služby (MEA 2005) – napr. hodnotenie individuálnych ekosystémových služieb alebo sumárnej kapacity skupín takýchto služieb, napr. regulačných alebo život udržujúcich. Či už ide o index šťastnej krajiny alebo o hodnotenie kapacity krajiny pre danú škálu ekosystémových služieb (Burkhard 2009), indikátory ekologickej (aj sociálnej) integrity považujeme pri hodnotení udržateľnosti ľudských aktivít za kritické. (Podrobnejšie napr. Sabo a Cochová 2010).

ZÁVER

Napriek rozvoju poznania ekosystémov, environmentálneho práva, bezpočtu iniciatív z oblasti udržateľného rozvoja, aj napriek mnohým nesporným, najmä miestnym a regionálnym úspechom v starostlivosti o životné prostredie resp. aj v zvýšení kvality ľudského života sme v období 1992 – 2012 neúnosne zvýšili záťaž planéty. Keď Turner (2008) porovnal modely Meadowsa a kol. (1992) s realitou prišiel k záveru, že sledujeme najhorší scenár „vývoja ako doposiaľ“. V úvode sme preto ilustrovali zlyhávanie koncepcie udržateľného rozvoja z pohľadu reality vývoja za posledných 20 - 25 rokov a stručne zhodnotili kľúčové hybné sily, ktorých tlak spôsobuje šieste masové vymieranie druhov, globálnu klimatickú zmenu, znečisťovanie a ďalšie globálne problémy. Tlaky narastajú a prísľuby udržateľného rozvoja sa nenapĺňajú.

K možným alternatívam patri koncepcia udržateľného ústupu (Nováček 2011), ktorú sa cez nový koncepcný model – udržateľný sociálno-ekologický systém (Kay 2000) snažíme rozvinúť smerom k novým indikátorom udržateľnosti. Za kritické parciálne indikátory tu považujeme ekologickú integritu ekosystémov a krajín a sociálnu integritu spoločnosti. Prvý z nich sme sa snažili koncepcne podrobnejšie priblížiť na báze návrhu výpočtu a overovania jeho uskutočniteľnosti a využiteľnosti v lokalite Podlavické výmole pri Banskej Bystrici.

Túto čiastkovú verifikáciu navrhutej metódy v hodnotenom území považujeme za dôležitú, pretože hoci rozvoj teórií ekologickej komplexity je v posledných 20 rokoch rozsiahly, ich aplikácie v praxi sú zriedkavejšie. V našom prístupe sme sa snažili sklbiť hodnotenie účinnosti disipácie slnečnej energie rôznymi typmi povrchov s hodnotením diverzity cievnatých rastlín a prirodzenosti druhového zloženia vegetácie. Podobným spôsobom hodnotili disipáciu energie Lin a kol. (2009) v Číne, ktorá hodnotila pôvodný prales, vysádzaný prales, kaučukovníkovú plantáž a úhor. Potvrdili sme zvyšovanie účinnosti tejto disipácie smerom k vyšším sukcesným štádiám, avšak na rozdiel od Hua a kol. (2009) sme zistili, že nie vždy sa táto účinnosť zvyšuje smerom od narušených ekosystémov k nenarušeným (napr. vysoká účinnosť disipácie energie ruderalizovaným lúčnym porastom P6). Prezentovaný prístup, kde účinnosť disipácie slnečnej energie kombinujeme s výpočtom modifikovaného Shannon-Winerovho indexu sa nám javí jednoduchšou a praktickejšou náhradou zložitej koncepcie ascendencie (Ulanowicz 1997).

Pre budúcnosť by bolo vhodné postupne vytvoriť databázu hodnotení ekologickej komplexity referenčných ekosystémov v rôznych bioregiónoch, vybraných podľa potenciálnej prirodzenej vegetácie územia a hodnotených pri rovnakých resp. porovnateľných abiotických podmienkach, predovšetkým čo sa týka toku slnečného žiarenia, vlhkosti pôdy a pod. Zo

získaných výsledkov vyplýva, že ekologickú komplexitu a integritu nemožno hodnotiť iba jednostrane iba podľa zmien biodiverzity alebo iba na báze zmien účinnosti disipácie energie – ide totiž o jej dva významné a vzájomne komplementárne rozmery.

LITERATÚRA

- BURKHARD B., KROLL F., MÜLLER F. & WINDHORST F., 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 15, 1-22, [online]. cit. 2012-05-20, URL: http://www.landscape-online.de/archiv/2009/15/Burkhard_etal_LO15_2009.pdf
- CARSON, S., 1962. *Silent spring*. Penguin books, Middlesex, England, 317 s.
- CBD, 2010. Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets. Convention on Biol. Diversity, [online]. cit. 2011-05-20, URL: <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>
- CONTRERAS-HERMOSILLA 2000. The Underlying Causes of Forest Decline. Center for International Forestry Research, Occasional paper 30: 25 s.
- EEA, 2012. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. European Environment Agency, Luxembourg, ISBN 978-92-9213-346-7, 300 s.
- FAO, 2011. *The State of Food Insecurity in the World 2011*. Food and Agriculture Organization of the UN, Rome, 55 s. [online]. cit. 2012-6-15, URL: <http://www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2330e.pdf>
- GOJDIČOVÁ E., CVACHOVÁ A. A KARASOVÁ E., 2002. Zoznam nepôvodných, invázičných a expanzívnych cievnatých rastlín Slovenska 2. *Ochrana prírody* 21: 59–79.
- GOLDSMITH E., 1996. *The Way: An Ecological World – View*. Themis Books, Dartington, Devon, 553 s.
- HOLLING C. S. 2001: Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems. *Ecosystems* 4: 390–405.
- LIN H., CAO M., STOY P.C., ZHANG Y., 2009. Assessing self-organization of plant communities – a thermodynamic approach. *Ecological Modelling*, vol. 220, No. 6., s. 784-790.
- IUCN, 2012. IUCN RedList of Threatened Species. Version 2012.1. Summary statistics, cit. 2012-25-10, URL: http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics#How_many_threatened
- JØRGENSEN S.E. A SVIREZHEV Y. M., 2004. *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*. Elsevier, Oxford, United Kingdom, ISBN 0-08-044166-1, 366 s.
- JØRGENSEN S. E., FATH B. D., BASTIANOVÍ S., MARQUES J. C., MÜLLER F., NIELSEN S. N., PATTEN B., TIEZZI E. A ULANOWICZ R. E., 2007. *A New Ecology. Systems Perspective*. Elsevier, Oxford, 275 s.
- JURKO, A., 1990. *Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie*. Príroda, Bratislava, ISBN 80-07-0391-6, 196 s.
- KAY J. J., 2000. Ecosystems As Self-Organizing Holarchic Open Systems: Narratives and the Second Law of Thermodynamics. In: Jorgenses, S.E., Müller, F. (eds): *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. CRC Press –Lewis Publishers, s. 135 – 160.
- KELLER J., 2005. *Soumrak sociálního státu*. Sociologické nakladatelství, Praha, 158 s.
- KROLL E., 2012. The Forbes 400. The richest people in America. *Forbes* 2012. [online]. cit. 2012-11-30, URL: <http://www.forbes.com/forbes-400/>
- LEOPOLD A., 1999. *Obrázky z chatrče a rozmanité poznámky*, Abies, Vydavateľstvo Lesoochranárskeho zoskupenia Vlk, Tulčík, ISBN 80-88699-13-4, s. 269.
- LÉVÉQUE CH. A MOUNOLOU J.-C., 2003. *Biodiversity*. John Wiley & Sons, Chichester, 298 s.
- LOVELOCK J., 2006. *The Revenge of Gaia: Earth's Climate Crisis & The Fate of Humanity*. Basic Books, UK, 176 s.
- VAN DER MAAREL E., 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio* 39: 97-114.
- MACE G., MASUNDIRE H. A BAILLIE J., 2005. Biodiversity. In: Hassan H., Scholes R. & Ash N.J.: *Ecosystems and human well-being: current status and trends*. Island Press, Washington, s. 79-115.
- MDGR, 2009. *Millenium development Goals Report 2009*. [online], cit. 2009-11-15, http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/MDG_Report_2009_ENG.pdf.

- MEA, 2005. Ekosystémy a lidský blahobyt: Syntéza. Millenium Ecosystem Assesment, World Resource Institute, české vyd. Centrum pro otázky životního prostředí. Univ. Karlova v Praze, Praha, 138 s.
- MEADOWS D.H., MEADOWS D.L. A RANDERS J., 1992. Beyond the Limits: Confronting Global Collapse. Envisioning a Sustainable Future, Earthscan Publication Limited, London, 300 s.
- MIDRIAK R., 2010. Erodované spustnuté pôdy Slovenska. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Ústav vedy a výskumu, Inštitút výskumu krajiny a regiónov, ISBN 978-80-557-0109-7, 190 s.
- MICHALCO J., BERTA J. A MAGIC D., 1986. Geobotanická mapa ČSSR, Veda, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 163 s.
- MICKLIN P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2007. 35:47–72
- MIKLÓS L., IZAKOVIČOVÁ Z., 1997. Krajina ako geosystém. Veda, Bratislava, ISBN 80-224-0519-1, 152 s.
- MOLDAN B., 1992. Konferencie OSN o životním prostředí a rozvoji, Rio de Janeiro, 3.–14. června 1992, Dokumenty a komentáře. Management Press, Praha, 260 s.
- NEF, 2006. The Happy Planet Index. New Economics Foundation, [online], cit. 2008-06-10, URL: <http://www.google.sk/>.
- NOBRE C.A. A BORMA L.S., 2009. Tipping points for the Amazon forest. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 1, No. 1, Elsevier Sci Ltd, s. 28-36.
- NOVÁČEK P., 2011. Dlhodobě udržitelný rozvoj, udržitelný ústup, nebo rozvrat? In: Huba M., Ira V., Šuška P., 2011: Cesty k udržateľnej budúcnosti, Geografický ústav SAV, Bratislava, s. 35-43.
- NOVÁČEK P. A HUBA M., 1995. Ohrozená planeta. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc. 235 s.
- PETROVIČ, F., IZAKOVIČOVÁ, Z., MEDERLY, P., MOYZESOVÁ, M., 2007. Environmentálne hľadiská trvalo udržateľného rozvoja Zeme. Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied, ISBN 978-80-8094-200-7, 110 s.
- PIMENTEL D., WESTRA L. A NOSS R.F. (eds.), 2000. *Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation, and Health*, Island Press, 448 s.
- PLESNÍK J., 2010. Příroda jako proudící mozaika. Co přinesly novější poznatky ekosystémové ekologie. *Ochrana přírody* 65/3: 27–30.
- PRB, 2012. 2012 World Population Data Sheet. Population Reference Bureau [online]. cit. 2012-11-20, URL: http://www.prb.org/pdf12/2012-population-data-sheet_eng.pdf
- QUATTROCHI D.A., LUVALL J.C., 1999. Thermal infrared remote sensing for analysis of landscape ecological processes: methods and applications, *Landscape Ecology*, 14, Kluwer Academic Publ., Netherlands, pp. 577-598.
- REES W.E., 2008. Towards Sustainability with Justice: Are Human Nature and History on Side? In: SOSKOLNE C.L., WESTRA L., KOTZÉ L.J., MACKAY B., REES W.E. & WESTRA R. (eds), *Sustaining Life on Earth*. Lexington Books, Lanham, s. 95–108.
- ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON L., CHAPIN F., LAMBIN E., LENTON T., SCHEFFER M., FOLKE C., SCHELLNHUBER C.J., NYKVIST B., DE WIT C., HUGHES T., VAN DER LEEUW S., RODHE H., SÖRLIN S., SNYDER P., COSTANZA R., SVEDIN U., FALKEN-MARK M., KARLBERG L., CORELL R., FABRY V., HANSEN J., WALKER B., LIVERMAN D., RICHARDSON K., CRUTZEN P. A FOLEY J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*. No. 461. pp. 472-475.
- SABO P., COCHOVÁ S. A PAVLÍK J., 2009. Niektoré problémy koncepcie udržateľného rozvoja a ekologická integrita ako kritický atribút TUR. Zborník z 5. národnej konferencie Výchova a vzdelávanie k trvalo udržateľnému rozvoju, Sekcia 2, Prírodné a kultúrne hodnoty v kontexte výchovy k TUR, 21.–22. január 2009, Banská Bystrica, s. 119 – 140.
- SABO P., TURISOVÁ I., UHLIAROVÁ E., ŠVIDROŇ I. A HLADKÁ D. 2010. Ekologická integrita ekosystémov a krajiny a jej zmeny na vybraných spustnutých pôdach a zalesnených plochách. In: MIDRIAK R. (ed.), *Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska*, Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Univerzita Mateja Bela, s. 184–213.
- SABO, P., COCHOVÁ, S., 2010. Aplikácia koncepcie ekologickej integrity vo výpočte ekologickej stopy a nového indikátora udržateľnosti. In Midriak, R. (ed.), 2011. *Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska*, Inštitút výskumu krajiny a regiónov, Fak. prírodných vied, Univ. Mateja Bela, s. 312 – 325.

- SARO-WIVA, 1995. Complete Statement by Ken Saro Wiwa To Ogoni Civil Disturbance Tribunal. [online] cit. 2010-11-15, URL: <http://www.ratical.org/corporations/KSWstmt.html>
- SCHNEIDER F., KALLIS G., MARTINEZ-ALIER J., 2010. Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue. *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, s. 511-518.
- ŠÁLY R., ŠURINA B., 2002. *Pôdy*. M 1: 500 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava MŽP SR, SAŽP Banská Bystrica 2002, s. 106.
- ŠVIDROŇ I., 2010. Teplotné pomery a diverzita spoločenstiev vybraných sukcesných štádií v lokalite Podlavice. Diplomová práca, Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied UMB Banská Bystrica, Msc.. 94 s.
- TEMPLE H.J. A COX, N.A. 2009. European Red List of Amphibians. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 44 s.
- TURISOVÁ I., HLADKÁ D., SABO P., MARTINCOVÁ E., UHLIAROVÁ E., 2010. Kúpeľný park mesta Piešťany a jeho mikroklimatická funkcia. Zborník z konferencie Dreviny vo verejnej zeleni 2010 Mestský úrad Banská Bystrica, 22. – 23. 6. 2010, s. 234-241.
- ULANOWICZ R.E., JÖRGENSEN S.E. A FATH, B.D., 2006. Exergy, information and aggradation: An ecosystem reconciliation, *Ecological modelling*, 1298, No.3-4, s. 520-524.
- UNDP, 2011. Human Development Report 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All. United Nations Development Programme, New York, ISBN: 9780230363311, 176 s.
- UNEP, 2011. Keeping track of our changing environment. United Nations Environment Programme, Nairobi, ISBN: 978-92-807-3190-3, 110 s.
- UNEP, 2012. Global Environment Outlook 5, United Nations Environment Programme, Nairobi, ISBN 978-92-807-3177-4, 558 s.
- VITALI S., GLATTFELDER J.B., BATTISTON S., 2011. The network of global corporate control. *PLOS One*: 6 (10): [online], cit. 2012-11-15, URL: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0025995>
- WCED, 1991. Naše spoločná budúcnosť. Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environment and Development). Academie, Praha, 297 s.
- WCPA, 2012. The World Database on Protected Areas. IUCN, Gland and UNEP - World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. [online], cit. 2012-1-15, URL: <http://www.wdpa.org/Default.aspx>.
- WESTRA L. A LEMONS J., 2007. Perspectives on Ecological Integrity. Environmental Science and Technology Library, Springer, ISBN-13: 978-0792337348, 296 s.
- WITTICH K.P., 1997. Some simple relationships between land-surface emissivity, greenness and the plant cover fraction for use in satellite remote sensing. *Int. Journal Biometeorology*, **41**, s. 58-64.
- WWF 2012. The Living Planet Report 2012. WWF International, Gland, 164 s. [online]. cit. 2012-06-10, URL: http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2012_lpr/
- ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., STEFFEN W. A CRUTZEN P., 2010. The new world of Anthropocene. *Environmental Science and Technology*, 44/7: 2 228–2 231.
- ŽIGRAJ F., 1997. Dimensions of cultural landscape (Theoretical, methodological and cultural aspects). In: Proc. Sustainable Cultural Landscapes in the Danube-Carpathian Region, UNESCO - Chair for Ecological Awareness & Sustainable Development, Banská Štiavnica, s. 42-45.

Pod'akovanie

Príspevok čiastočne vychádza z výsledkov získaných v rámci realizácie grantov APVV č. 0591-07 „Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska“ a VEGA č. 01/0762/09 „Ekologická integrita krajiny a hodnotenie jej zmien v kultúrnej krajine vo vzťahu k ochrane biodiverzity a k udržateľnému rozvoju v období globálnej klimatickej zmeny“.

DOPADY PREKRYTIA PÔDY (SOIL SEALING) NA FUNKCIE PÔD V MESTÁCH

Jaroslava Sobocká

Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10, 827 13
Bratislava, e-mail: j.sobocka@vupop.sk

Abstrakt: Dopady prekrytia pôdy (soil sealing) na funkcie pôd v mestách.

Soil sealing, teda nepriepustné prekrytie pôdy je jeden z degradačných fenoménov citovaných v Tematickej stratégii o pôde. Vzťahuje sa na rozširovanie urbanizácie v rámci nárastu urbánnej populácie. Definovala sa nová terminológia, ktorá odlišuje územia pokryté nepriepustným materiálom a otvorené zelené plochy v rámci zastavaného priestoru. Riešia sa dopady nepriepustného prekrytia pôdy na pôdu, pôdne funkcie a zvlášť na hydrologický cyklus v mestách. Rozoberajú sa pozitívne a negatívne vplyvy a zmierňujúce opatrenia pre elimináciu či redukciu negatívnych vplyvov na nepriepustné prekrytie pôdy.

Kľúčové slová: nepriepustné prekrytie pôdy, urbanizácia, hydrologický cyklus v mestách

Abstract: Effect of soil sealing on the functions of soils in urban areas.

The paper presents soil sealing as one of the degradation phenomena cited in the Thematic Strategy on soil. It refers to the expansion of urbanization in the growth of urban population. Define a new terminology that distinguishes the territory covered by impermeable material and open green spaces within the built-up area. They deal with the effects of impermeable soil sealing on soil functions and particularly on the hydrological cycle in urban areas. Discuss the positive and negative impacts and mitigation measures to eliminate or reduce negative impacts on the soil sealing.

Key words: soil sealing, urbanization, hydrologic cycle in cities

ÚVOD

Fenomén nepriepustné prekrytie pôdy (*soil sealing*) je podmienený neustále sa zvyšujúcimi potrebami ľudstva na rozširovanie priestoru pre priemyselno-dopravné aktivity, pre rezidenčné účely, na rekreáciu a dopravnú infraštruktúru. Všetky tieto činnosti vyžadujú určitý priestor, niekedy veľa priestoru, ktorého povrchovú vrstvu predstavuje pôda. Treba poznamenať, že zastavanie a pokrytie priestoru urbanizačnými aktivitami je súčasťou životnej úrovne v mestách a megapolisoch už od dávnej minulosti. Hlavne poľnohospodárska a ostatná vidiecka krajina býva zabraná pre výstavbu a podobne aj proces urbanizácie vnútri urbanizovaného územia redukuje zelené plochy a zóny.

Dynamika rastu obyvateľstva je osobitne dramatická u populácie miest: jej podiel činil v roku 1900 13,3 % populácie sveta (220 mil. osôb), v roku 2000 už 45,2 % (t.j. 2 584 mil. osôb), t.j. za celých sto rokov stúpol 12-krát. Pritom si treba uvedomiť, že priemerné tempo rastu obyvateľov miest sveta dosiahlo v rokoch 1990 – 2000 až 2,53 % ročne. Asi 75% európskej populácie žije v urbanizovaných územiach, do roku 2020 sa predpokladá nárast na 80 %. Pre rok 2030 sa odhaduje stav populácie na vyše 8 miliárd, pričom v roku 2007 už polovica mestskej populácie žije v mestách.

Na jednej strane nepriepustné prekrytie pôdy je potrebné, v súčasnosti nie je možné, aby doprava, tovar a ľudia sa pohybovali po blate. Pri súčasnom hospodárskom a ekonomickom vývoji Slovenska možno konštatovať, že záber pôdy pre nepoľnohospodárske účely bude aj naďalej narastať. Súčasný stav záberov pôd na území EÚ predstavuje zastavané územie

99 000 km², čo je 2,3 % európskeho územia. Podiel zastavanosti územia v krajinách EÚ je rôzny, ak je nad 5 %, je vysoký. Tento limit prekračuje päť štátov: Holandsko, Belgicko, Malta, Nemecko a Luxembursko. Slovensko má zastavanosť krajiny 4,614 %. Nárast záberov pôd v EÚ medzi rokmi 1990 – 2000 predstavuje 1000 km² za rok (275 ha za deň). Medzi rokmi 2000 – 2006 sa pre nepoľnohospodárske využitie zabralo pôd 920 km² (252 ha za deň). V 2006 každý občan EÚ mal k dispozícii 389 m² urbanizovaného územia. Táto plocha sa v priebehu posledných 50 rokov zdvojnásobila

Nepriepustné prekrytie pôdy je jeden z degradačných fenoménov citovaných v Tematickej stratégii o pôde (EUROPEAN COMMISSION, 2002). Z pôdoochranského hľadiska fenomén prekrytia pôdy možno považovať za jeden z najhorších degradačných procesov definovaných v pracovnej skupine V pre Monitoring pokrytých pôd (*sealed soils*), pôd urbánnych území, využitia a plánovania krajiny pre Európsku Úniu ako príspevok k Tematickej stratégii (Burghardt et al. 2004).

TERMINOLOGICKÉ DEFINÍCIE

Z hľadiska terminológie je potrebné si ujasniť nové termíny. Nepriepustné prekrytie pôdy (z angl. *sealing* = uzatvorenie, zapečatenie) znamená utesnenie povrchu pôdy, termín zahŕňa akékoľvek prekrytie povrchu pôdy nepriepustným alebo polopriepustným materiálom. Predstavuje jeden z najdrastickejších dopadov urbanizačných aktivít na pôdu a celkovú prírodnú krajinu. Ide o extrémnu degradáciu urbánnych pôd, v dôsledku čoho sa porušujú mnohé funkcie pôd (vývoj pôd bez vegetácie, prítomnosť rôznych extrémnych javov, napr. kontaminácie, erózie, salinizácie, oglejenia, či dezertifikácie). Prekrytie možno chápať ako nepriepustnú alebo len čiastočne priepustnú povrchovú vrstvu, ktorá pokrýva už vzniknutú pôdu, alebo pôdotvorný substrát. Územie vo väčšine prípadoch nie je zastavané úplne, medzi zastavaným územím sa môže nachádzať otvorený priestor, avšak obidve topické jednotky (zastavaný priestor a otvorená plocha) tvoria samostatnú jednotku pedo-urbánneho komplexu (Sobocká 2007).

Burghardt et al. (2004) chápe prekrytie pôdy sa ako oddelenie (izoláciu) pôdy od atmosféry a nadzemnej biosféry nepriepustnými vrstvami. Tento fenomén má silný dopad na samotné pôdy a ich vlastnosti. Stupeň prekrytia (izolácie) pôdy sa vzťahuje k určitému typu využívania krajiny a hustoty obyvateľstva. Pôvodné vlastnosti pôd boli zmenené už pri stavebnej činnosti, ťažko ich možno diagnostikovať ako pôvodné pôdne typy.

Existujú tri definície prekrytia pôdy z hľadiska prístupu (Burghardt et al. 2004):

- systémový prístup – prekrytie je izolovanie pôdy nepriepustnými vrstvami a inými telesami od materiálu ostatných zložiek geokomplexu ako biosféra, atmosféra, hydrosféra, antroposféra a ostatné časti pedosféry;
- funkčný prístup – prekrytie je prekrytie pôdnej vrstvy nepriepustným materiálom alebo zmena podstaty pôdy do tej miery, že sa stáva nepriepustnou a nie je schopná vykonávať rad funkcií, ktoré sú s ňou spojené;

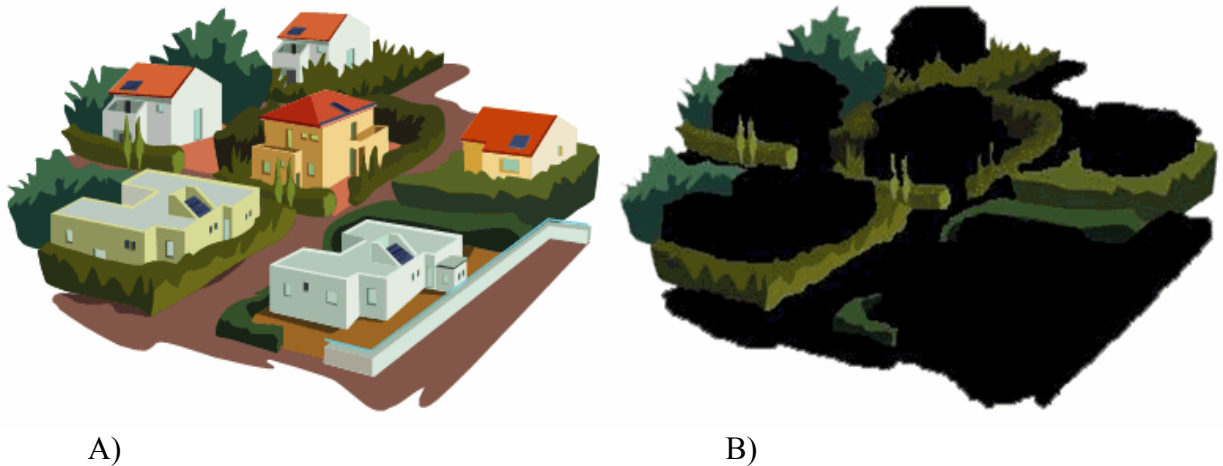
Prekrytie pôdy má dve úrovne: kvantitatívnu a kvalitatívnu. Kvantitatívna znamená jednoducho záber pôdy pre rôzne účely, pri ktorých sa predpokladá zastavanie (záber) priestoru. Kvalitatívna prekrytie pôdy znamená, že pod zastavanými územiami môžu byť pôdy, ktorých funkcie sú síce pretvorené, no po skončení a likvidácii zástavby sa ich funkcie znovu obnovia.

Podľa definície EEA (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY 2011) *soil sealing* sa týka aj zmeny podstaty pôdy tým spôsobom, že sa správa ako nepriepustné médium (napr. aj kompakcia poľnohospodárskymi mechanizmami). Inak sa tento termín sa používa pre prekrytie povrchu pôdy nepriepustnými materiálmi ako je betón, kovy, sklo, makadam alebo plast.

Nová terminológia sa uvádza v Technickom dokumente pre zábery pôd (EUROPEAN COMMISSION DG ENVI 2011).

- **Urbanizované územie** – územie využívané pre urbanizačné, priemyselné dopravné, banské a vojenské aktivity. Tento pojem je známy aj ako „umelý povrch“.
- **Záber pôdy** je výsledkom procesu urbanizácie a jeho rozširovanie do vidieckej krajiny. Výsledkom záberov pôd býva nepriepustné prekrytie pôdy.
- **Prekrytie pôdy** (*soil sealing*) definuje územie, ktoré pokrýva pôdu budovami, stavebnými konštrukciami, cestami a vrstvou nepriepustného umelého materiálu (asfalt, betón). Otvorené zelené plochy, mestské parky, záhrady, cintoríny a pod. do pojmu „prekrytá pôda“ nepatria.
- **Termín „umelý povrch“** sa využíva v CORINE LAND COVER, a týka sa súvislých a nesúvislých urbánnych štruktúr (zastavaných území) priemyselných obchodných a dopravných trás a železničných sietí, skládok odpadov a ťažobných území, ale tiež umelé urbánne plochy.

V skutočnosti umelé povrchy a urbanizované územia sú tie isté štruktúry, avšak urbanizované územie je definované územnými projektantmi a umelé povrchy sú preferované krajinármi (využívajúcimi DPZ). Na obr. 1 je znázornená vizualizácia termínov záber pôdy a prekrytie pôdy.



Obr. 1. Vizualizácia termínov záber pôdy a prekrytie pôdy: A) typická štruktúra s domami, záhradami, cestami a dvormi = urbanizované územie, B) čierne vyznačené územia = prekryté pôdy (budovy a ulice v tomto prípade asi 60 %)

NEGATÍVNE A POZITÍVNE DOPADY POKRYTIA PÔDY

Prekrytá pôda má všeobecne nepriaznivé účinky prakticky na všetky pôdne funkcie okrem funkcie byť pokladom pre stavebné a iné priemyselné aktivity. Tiež sa menia a redukujú podmienky pre biodiverzitu a obnovu územia. V najextrémnejších prípadoch dochádza k odnosu celého profilu pôdy, čo sa nepriaznivo podpisuje na zhoršenom stave krajiny. Pôdy pod nepriepustnými povrchmi vykazujú porušenie štruktúry (vysoká zhutnenosť a znížená pórovitosť), prerušený kolobeh uhlíka (C), dusíka (N₂), kyslíka (O₂), ako aj ostatných prvkov. Kolobeh vody je takisto obmedzený. Prekrytie pôdy má mnohoraké účinky, mnohé z nich predstavujú ohrozenie samotnej pôdy, avšak nie všetky. Účinky zástavby možno charakterizovať a hodnotiť negatívne a pozitívne (Sobocká 2007).

Medzi negatívne faktory patria:

- všeobecné zhoršenie pôdnych funkcií;
- zabránenie infiltrácie dažďových zrážok a ich retencie;
- početné záplavy zastavaných miest a zabránenie prieniku vody;

- znížená obnova (redukcia) podzemných vôd a ohrozenie zdravia kontamináciou podzemných vôd spôsobenou prienikom znečistenej vody do podzemia;
- redukcia zdrojov pitnej vody;
- deštrukcia pôdnej úrodnosti, zmena produkcie humusu a rozkladu organických látok;
- redukcia mestskej zelene a biodiverzity, porušenie celkového habitatu
- nepriaznivé klimatické účinky prehrievaním nepriepustného povrchu vrátane zdravotných problémov mestskej populácie;
- zdravotné problémy v zastavaných územiach z dopravných kontaminantov, zvýšené ohrozenie zdravia z prachu, jemného prachu (PM₁₀, PM_{2,5}), koncentrácia a uvoľňovanie nebezpečných látok;
- laterálne difúzie plynov pod povrchom zastavaného územia a redukcia výmeny pôdnych plynov;
- zvýšená tvorba metánu v pôdach pod zastavaným povrchom, zvýšenie koncentrácie plynov a ohrozenie plynom (napr. radónom) v okrajových častiach zastavaného územia;
- sorpcia polutantov na povrchu stavebných materiálov;
- sociálne účinky na kvalitu života.

Medzi pozitívne faktory pôsobiace v zastavanom území patria:

- ochrana pôdy pred imisiami a inými škodlivosťami;
- zvýšenie neutralizačnej kapacity kyslých pôd pod povrchom;
- drenážna funkcia pôd pod ulicami, tvorba drenážnych ciest;
- redukcia výparu, zlepšenie zásob vody pre pouličné stromové aleje;
- ekonomické a sociálne potreby, potreby komunikácie dopravy a bezpečnosti

Pokrytie povrchu nepriepustnou zástavbou môže mať ochranné a konzervačné funkcie, t.j. akumulácia emisného spađu a prachu sa hromadí na nepriepustných povrchoch. V prípade odkrytia povrchu pôdy z rôznych dôvodov obnažená pôda postupne znova získa funkčnosť otvorenej plochy. Aj preto je dôležitá informácia o vlastnostiach pôdnych horizontov a vrstiev pod nepriepustným nadložíom (Nehls, Brodowski 2007).

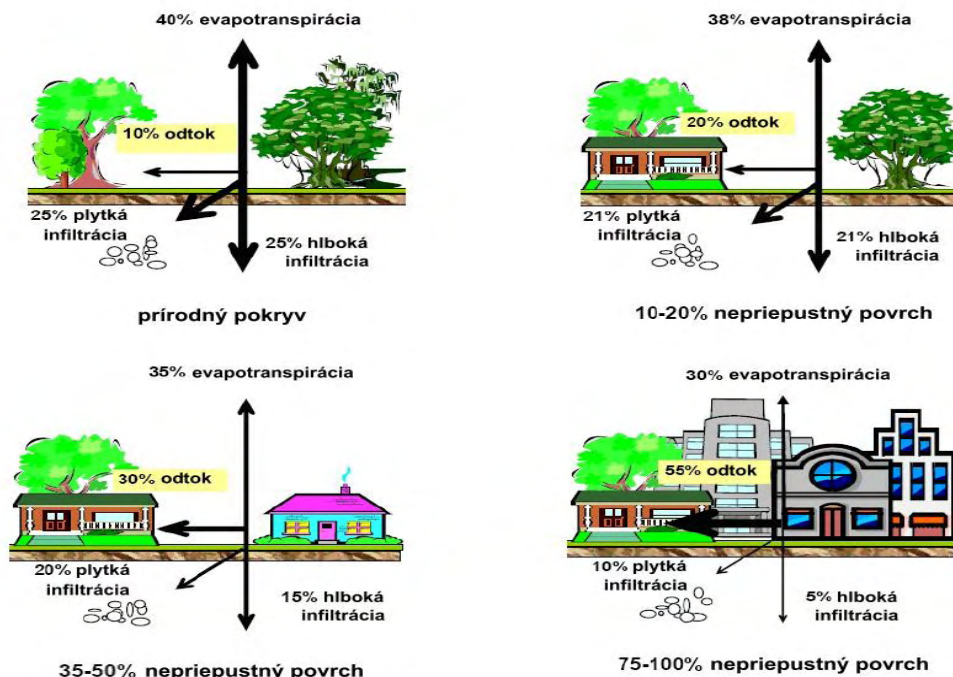
DOPADY POKRYTIA PÔDY NA HYDROLOGICKÝ CYKLUS

Urbanizované územie predstavuje na rozdiel od voľnej krajiny teleso popretkávané kanalizačnými zariadeniami s usmernenými odtokmi i zaplombovaním, t.j. vytvorením nepriepustného povrchu bez možnosti odtoku vodných zrážok. Rozloženie siete mestskej kanalizácie sa stáva dôležitým subjektom plánovania mesta. Nedostatočné poznatky o vlastnostiach pôd v mestách môžu spôsobiť rôzne záplavové udalosti spojené s nedostatočným vsakovaním vody do pôdy.

Pokrytie pôdy vytvára veľké tlaky na vodné zdroje a vedie k zmenám v environmentálnom stave povodí, ktoré majú dopady na ekosystémy a vodu vo vzťahu k poskytovaniu funkcií. Prekrytie pôdy nepriepustným materiálom významne pôsobí hlavne na vodné zdroje v mestách. Fakt, že funkcia vody v pôde je významne eliminovaná „zaplombovaním povrchu“ vedie k zmenám v ekosystéme urbanizovanej krajiny. Prekrytie pôdy nepriepustným materiálom vodu a plynné zložky prakticky izoluje od pôdy. To prispieva k významnej redukcii vodnej retenčnej kapacity a slabému dopĺňaniu zásob podzemnej vody.

Vzťah medzi infiltráciou (plytká a hlboká), povrchovým odtokom a evapotranspiráciou možno ukázať na rôznych typoch povrchov prekrytia pôdy (EUROPEAN COMMISSION DG

ENVI 2011). Prírodný povrch pri 10 % odtoku a 40 % evapotranspirácii plytko vsakuje na 25 % a hlboká infiltrácia predstavuje 25 % (spolu 50 %). Pri nepriepustnom povrchu 10 – 20 % sa zvyšuje povrchový odtok na 20 % a infiltrácia do pôdy sa znižuje na 42 %. Pri nepriepustnom povrchu o ploche 35 – 50 % sa povrchový odtok zvyšuje na 30 % evapotranspirácia klesá na 35 % a infiltrácia do pôdy sa znižuje na 35 %. Najextrémnejšie sú výsledky pri nepriepustnom prekrytí povrchu pôdy na 75-100 %. Výrazne sa zvyšuje povrchový odtok na 55 %, infiltrácia do pôdy predstavuje len 15 % a podiel evapotranspirácie činí 30 %.



Obr. 2. Vzťah medzi infiltráciou, povrchovým odtokom a evapotranspiráciou na rôznych plochách prekrytia pôdy

Účinky prekrytia pôdy na hydrologický cyklus redukovávajú množstvo infiltrovanej vody do podlažia. Je to aj dôsledok redukcie otvorených urbanizovaných plôch a krátkeho času tečúcej vody pre infiltráciu. Tento fakt podmieňuje zvyšovanie povrchu pre rýchly odtok vody, čo vyvoláva katastrofické výskyt povodní. Eliminácia evapotranspirácie znižuje chladiaci mikroklimatický efekt, čo má výrazný dopad aj na mikroklimu územia a životné podmienky obyvateľov. Mnohí územní projektanti možno ani nevedia, že kvalitná pôda dokáže zadržať na ploche 1 m² pôdy do hĺbky 1 m až 300 l vody.

Čo robiť z hľadiska infiltrácie? Pre dostatočnú infiltráciu povrchu je potrebné zachovať v urbanizovanom území viac ako 50 % otvoreného územia. Cez pôdnu štruktúru a obsah organickej hmoty je potrebné maximalizovať rýchlosť infiltrácie a zvyšovať prirodzenú retenčnú kapacitu pôdy. Väčšie možnosti infiltrácie zmierňujú záplavy pri nadbytku vody, súčasne redukovávajú ohrozenie suchom (nakolko vlhká pôda môže nahrádzať vegetáciu, zmenší sa potreba polievania vodou). Väčšie množstvo infiltračnej vody umožní využiť pôdu ako špongiu a nemusia sa konštruovať umelé záchytné nádoby pre elimináciu nadmerných zrážok.

Zvýšený počet záplavových udalostí v urbanizovaných územiach možno pričítať redukcii prirodzených krajinných priestorov, zníženiu retenčnej kapacity poľnohospodárskej pôdy zapríčinennej kompáciou pôdy; zníženiu množstva organických látok v pôde, čo prispieva k zvýšenému povrchovému odtoku.

Ak sa záplavová voda infiltruje do pôdy, prináša so sebou polutanty, ktoré obsahuje. Záplavová voda sa obyčajne rozlieva na malé vzdialenosti a v tomto prípade povrchový pôdny horizont plní filtračnú funkciu. V závislosti od typu polutantov pôda a mikroorganizmy v nej sú schopné eliminovať niektoré kontaminanty a zabrániť, aby sa dostali do kontaktu s povrchovými a podzemnými vodnými zdrojmi. Veľké objemy znečistenej búrkovej vody degradujú rieky, jazerá a vodný habitat a prispievajú ku kontaminácii brehov riek. Príkladom sú záplavy na Labe (2002), kedy sa na alúviách objavili exponované dioxíny, PCB a ortuť z priemyselných zásob, ktoré presiahli zdravotné limity (Vácha, Poláček, Horváthová 2003).

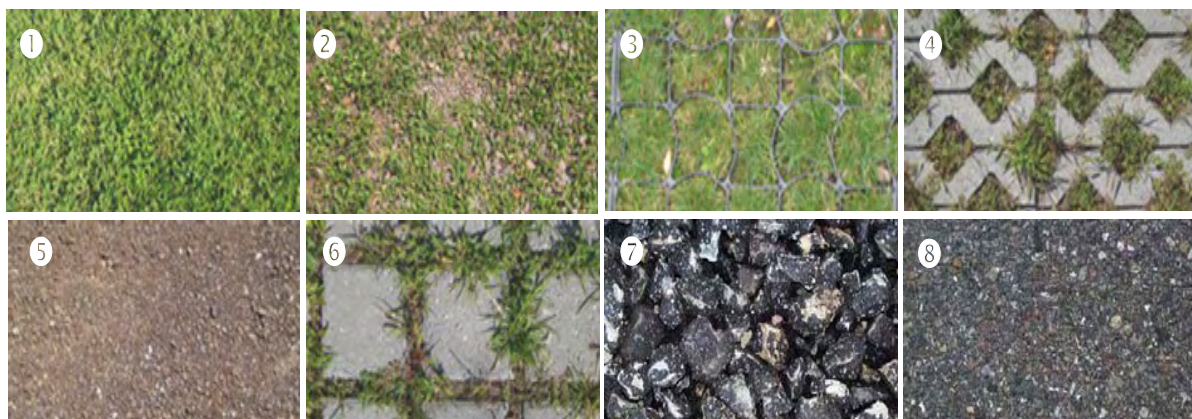
ZMIERŇUJÚCE ÚČINKY PREKRYTIA PÔDY

Eliminácia alebo zmiernenie pokrytia pôdy prispieva k udržateľnému manažmentu vodných zdrojov a zvýšenie funkčnosti urbánneho ekosystému (Sobocká 2008). Ako hlavný zmiernujúci účinok prekrytia pôdy možno považovať vytvorenie vyváženej priestorovej organizácie územia – priestorové plánovanie na regionálnej a lokálnej úrovni, kde sa zachovávajú princípy udržateľnej krajiny (zonácia, urbánne plánovanie a projektovanie územia).

Medzi najprogressívnejšie technické opatrenia patria:

- Využívanie priepustných materiálov pre pokrytie pôdy;
- Zelená infraštruktúra (parky, záhrady, zeleň...);
- Urbánna hydro-infraštruktúra.

Využívanie priepustných materiálov je veľmi častým spôsobom zmiernenia nepriepustného prekrytia pôdy (Siebielec et al. 2010). Priepustné povrchy napomôžu zachovať pôdne funkcie a zmiernia účinky pokrytia pôdy: prispievajú k lokálnej drenáži (odvodneniu) a k udržaniu kapacity vody v pôdnom profile. Tiež redukujú povrchový odtok a podieľajú sa na infiltrácii vody do pôdy, čím znižujú náklady na odtok vody. Pomáhajú redukovať okolitú teplotu vzduchu a znižujú množstvo energie potrebnej ochladenie priestoru (chladiaci efekt). Typy priepustných materiálov sú ukázané na obr. 3.



Obr. 3. Typy priepustných materiálov: (1) trávnik, (2) štrkový trávnik, (3) plastická mriežka, (4) betónová mriežka, (5) pôdne povrchy, (6) priepustné dlažby, (7) porózny asfalt, (8) nepriepustný asfalt

Zelená infraštruktúra miest prispieva k významnej redukcii negatívnych dopadov nepriepustného prekrytia pôdy. Pod zastavaným územím (predovšetkým pod dlažbou, asfaltovými chodníkmi, betónovými panelmi), ale aj v priľahlých otvorených plochách sa nachádzajú priestory, v ktorých má pôda svoje ohraničené funkcie (obr. 4). Môže byť zónou prekorenenia mestskej trávnej a krovitej vegetácie, stromových solitérov v pouličnej zástavbe,

byť životným priestorom pre mikroorganizmy a iné organizmy podieľajúce sa na transformačných procesoch. Pôda obsahuje vodu i škodlivé látky a dokáže ich udržať v profilovej zóne. Podstatným spôsobom sa podieľa na uvoľňovaní škodlivých plynov, ktorých množstvo sa výrazne akumuluje hlavne pod nepriepustným podložím a ventiluje cez otvorený pôdny priestor.



Obr. 4 Príklad účelne vybudovanej plochy s polopriepustnou dlažbou a osadenou stromovou vegetáciou (Hlavné námestie Bratislava)

Zelené strechy sú častým náhradným riešením nedostatku otvorených zelených plôch v mestách. V zmysle stavebného zákona je potrebné zabezpečiť 30 – 40 % územia zeleňou. Zelená strecha je strecha pokrytá zatráveným povrchom, resp. krovinnou a stromovou vegetáciou. Možno ju uplatniť tam, kde budova znesie zatrávenie. To znamená, že nosná konštrukcia musí byť staticky zabezpečená a potrebuje každoročnú údržbu.

V rámci urbánnej hydro-infraštruktúra v mestách a zastavanom území je potrebné zásadne prehodnotiť systém nakladania s dažďovými vodami. Predovšetkým je potrebné vyvinúť systém zadržiavania a zhodnocovania dažďovej vody – jej vsakovania, akumulácie a výparu. Systém by mal podporovať aj úlohu mestskej vegetácie. Celkovo urbánne pôdy majú vysoký potenciál prispieť k servisu (službám) mnohých užívateľov.

ZÁVER

Rozloha týchto nepriepustne prekrytých území sa zvyšuje vysokým tempom a často zaberá územia s najúrodnejšími pôdami. Negatívnym dopadom tohto fenoménu je čiastočná alebo úplná strata pôd a jej habitu.

Z hľadiska udržateľnosti rozvoja urbanizovaných území je potrebné vytvorenie vyváženej priestorovej organizácie územia. To znamená, že napr. pre priemyselnú činnosť by sa mohli využiť a zrekonštruovať opustené plochy a tzv. brownfields areály. V mnohých prípadoch by bolo vhodné zaviesť rekonštrukciu prekrytých území odkrytím primeraného podielu zelene, predovšetkým v územiach ohrozených záplavami. Ozelenenie plošných terás mrakodrapov a území intenzívnej výstavby by prospeli k zmierneniu nepriaznivých mikroklimatických podmienok v mestách. Výsadba zelených plôch odolných voči pôsobeniu prachu, emisných materiálov s plynov výrazným spôsobom napomôže k zlepšeniu životných podmienok v mestách

LITERATÚRA

- BURGHARDT, W., W., BANKO, G., HOEKE, S., HURSTHOUSE, A., DE L'ESCAILLE, T., LEDIN, S., MARSAN, F. A., SAUER, D. AND STAHR, K., 2004. TG 5 – Soil sealing, soils in urban areas, land use and land use planning. In: Van-Camp *et al.* (eds): Reports of the Technical Working Groups, Volume – V, Monitoring. EUR 21319 EN/5, 82 pp.
- BURGHARDT, W., 2006: Soil sealing and soil properties related to sealing. Geol. Soc., London, Special Publications, vol. 266, 117-124.
- EUROPEAN COMMISSION, 2002. Towards a thematic strategy for soil protection. COM(2002)179 final, Brussels, 2002. Dostupné na internete: <http://europa.eu.int/comm/environment/soil>.
- EUROPEAN COMMISSION DG ENVI 2011. Technical document on soil sealing. 3rd draft, 41 s. Brussels, 16 September 2011, DG ENV.B.1
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY 2011. Urban soil sealing in Europe. Dostupné na <http://www.eea.europa.eu/articles/urban-soil-sealing-in-europe>
- NEHLS, T., BRODOWSKI, S., 2007: Black carbon in paved Urban soils. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, EGU2007-A09717, 2007.
- SOBOCKÁ, J. 2007. Urbánne pôdy (príklad Bratislavy). Monografia VÚPOP Bratislava, 126 + príloha (CD). VÚPOP Bratislava, ISBN 978-8089128-39-6.
- SOBOCKÁ, J. 2008. Význam urbánnych (antropogénnych) pôd a ich implementácia v plánovacích procesoch mesta. In: Sobocká, J., Kulhavý, J. (eds) Pôda v modernej informačnej spoločnosti. Zborník príspevkov 1. konferencie ČPS a SPS, Rožnov pod Radhoštěm ,20-23.8.2007, s. 230-238
- SIEBIELEC G., LAZAR S., KAUFMANN C. & JAENSCH S., 2010: Handbook for measures enhancing soil function performance and compensating soil loss during urbanization process. Urban SMS, Soil Management Strategy.
- VÁCHA, R. POLÁČEK, O., HORVÁTHOVÁ, V. 2003. State of contamination of agricultural soils after floods in August 2002, Plant Soil Environ., 49, 2003 (7): 307–313.

VYHODNOTENIE SÚBORU INDIKÁTOROV STAVU A OCHRANY BIODIVERZITY V SR ZA OBDOBIE ROKOV 2001 – 2010

Vladimír Stano

Slovenská agentúra životného prostredia, Centrum plánovania prírodných a energetických zdrojov, Sabinovská 3, 080 01 Prešov, e-mail: vladimir.stano@sazp.sk

Abstrakt: Vyhodnotenie súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity v SR za obdobie rokov 2001 – 2010.

Slovenská republika je zmluvnou stranou Dohovoru o biologickej diverzite a v tejto súvislosti pre ňu vyplývajú aj povinnosti zhodnotiť stav a trendy vo vývoji biologickej diverzity na jej území v určitých časových intervaloch. V článku sú uvedené výsledky hodnotenia biologickej diverzity na území Slovenskej republiky, s použitím vybraného súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity, v časovom období rokov 2001 - 2010

Kľúčové slová: Dohovor o biologickej diverzite, indikátory stavu a ochrany biodiverzity

Abstract: The evaluation of indicators of the state and protection of the biodiversity on the territory of the Slovak Republic during years 2001 – 2010.

The Slovak Republic as the contracting party of the Convention on biological diversity is also obligated to evaluate the state and trends in biological diversity development on its territory in certain intervals. In the article there are the results of biological diversity evaluation on the territory of the Slovak Republic using selected indicators of state and protection of the biodiversity during the years 2001 – 2010.

Keywords: Convention on biological diversity, indicators of state and protection of the biodiversity

ÚVOD

Biologická diverzita (biodiverzita) predstavuje rôznorodosť všetkých foriem života. Zahŕňa v sebe ekosystémy, rastlinné a živočíšne druhy, mikroorganizmy a ich génové informácie. Vytvára krajinné a prírodné prostredie jedinečnou mozaikou zdrojov, využívaných na jej rozvoj, prispieva k zvyšovaniu životnej úrovne ľudstva ako zdroj potravy, liečiv a priemyselných produktov. Preto sa ochrana biodiverzity stala významnou koncepciou, o ktorej uvažujú nielen ochranári a ekológovia, ale sa ňou zaoberajú aj vlády a diplomati rôznych krajín a rôzne špecializované mimovládne organizácie, napr. Globálny fond pre životné prostredie (GEF), Environmentálny program Spojených národov (UNEP), Svetová únia ochrany prírody (IUCN) a iné.

Koncom osemdesiatych rokov 20. storočia medzinárodné spoločenstvo na konferencii OSN pre životné prostredie a rozvoj (UNCED), ktorá sa konala 4. – 14. júna 1992 v Riu de Janeiro, prijalo „Dohovor o biologickej diverzite“ (ďalej len Dohovor), ale aj „Deklaráciu z Ria“ a „Agendu 21“. Dohovor nadobudol platnosť 29. decembra 1993 a zahrňuje široký rozsah problémov, ktoré vyústili do vytýčenia troch hlavných cieľov tak, ako sú definované v jeho prvom článku: (1) **ochrana biologickej diverzity**, (2) **trvalo udržateľné využívanie zložiek biologickej diverzity** a (3) **spravodlivé a rovnocenné rozdeľovanie prínosov z využívania genetických zdrojov**.

Slovenská republika pristúpila k Dohovoru v roku 1994 a stala sa 79 zmluvnou stranou Dohovoru (v súčasnosti je zmluvnou stranou Dohovoru 193 štátov a medzinárodných organizácií).

Na Ministerstve životného prostredia SR bol v septembri 1994 zriadený „Národný sekretariát Dohovoru o biologickej diverzite“ a Rozhodnutím ministra životného prostredia

SR zo dňa 24. novembra 1995 zriadená „Slovenská komisia Dohovoru o biologickej diverzite“, ako prierezový poradný orgán, zodpovedný za účinnú a odborne zodpovedajúcu implementáciu Dohovoru do podmienok Slovenskej republiky.

V intenciách čl. 6 Dohovoru a nadväzných medzinárodných právnych dokumentov bola vypracovaná a schválená „Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku“. V rámci stratégie boli konkretizované aj kompetencie jednotlivých štátnych orgánov pri jej realizácii.

„Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku“ zakotvila základný cieľ t.j. znižovať straty biodiverzity na Slovensku do roku 2010 a realizovala sa prostredníctvom akčných plánov. Prvý „Akčný plán pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 1998 – 2010“, pripravený z podkladov a návrhov jednotlivých rezortov bol schválený uznesením vlády SR č. 515/1998 zo 4. augusta 1998 a prvá správa o hodnotení realizácie „Akčného plánu pre implementáciu národnej stratégie na Slovensku pre roky 1998 – 2010“ bola spracovaná v roku 2000.

Nový „Aktualizovaný akčný plán pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 2003 – 2010“, bol schválený uznesením vlády SR č. 1209/2002 zo 6. novembra 2002. Z uznesenia vlády SR vyplýva aj povinnosť predkladať vyhodnotenie plnenia úloh akčného plánu v trojročných intervaloch počnúc rokom 2005. Na základe tejto povinnosti boli vypracované správy o plnení úloh aktualizovaného akčného plánu za roky 2002 – 2003 v roku 2005, za roky 2004 – 2006 v roku 2008 a vyhodnotenie plnenia úloh aktualizovaného akčného plánu za roky 2007 – 2010 bude ukončené do konca roka 2012.

Dohovor v čl. 26 ustanovuje povinnosť každej zmluvnej strany predkladať konferencii zmluvných strán správy o opatreniach, ktoré boli prijaté pre implementáciu tohto dohovoru v jednotlivých krajinách a ich účinnosť pri napĺňaní cieľov dohovoru. Preto Slovenská republika už v roku 1998 vypracovala „Prvú národnú správu o stave a ochrane biodiverzity na Slovensku“, v roku 2001 „Druhú národnú správu o stave a ochrane biodiverzity na Slovensku“, v roku 2005 „Tretiu národnú správu o stave a ochrane biodiverzity na Slovensku“ a v roku 2009 „Štvrtú národnú správu o stave a ochrane biodiverzity na Slovensku“.

Spracovanie prvých troch správ vypracovalo Ministerstvo životného prostredia SR najmä v spolupráci so svojou rezortnou odbornou organizáciou Štátnou ochranou prírody Slovenskej republiky so sídlom v Banskej Bystrici, Štvrtú národnú správu vypracovalo Ministerstvo životného prostredia SR najmä v spolupráci so svojou ďalšou rezortnou odbornou organizáciou Slovenskou agentúrou životného prostredia Banská Bystrica, Centrom plánovania prírodných a energetických zdrojov v Prešove.

Štruktúra národných správ bola v súlade so smernicou a manuálom, vydanými k vypracovaniu jednotlivých národných správ Sekretariátom Dohovoru v Montreale. Na rozdiel od prvých troch správ sa dotazníková forma ich spracovania zmenila vo štvrtej správe na formu uceleného, súvislého textu, kde v jednotlivých kapitolách bolo potrebné podrobne rozpísať činnosti súvisiace s implementáciou Dohovoru v jednotlivých zmluvných krajinách.

MATERIÁL A METÓDY

Dohovor vyžaduje aj stanovenie indikátorov na monitorovanie stavu a trendov v biologickej diverzite, ako aj indikátorov implementácie Dohovoru v podmienkach SR.

Indikátory biodiverzity sú informačné nástroje, ktoré sumarizujú údaje o komplexe environmentálnych premenných tak, aby indikovali celkový stav a trendy v zmenách biodiverzity. Mali by byť volené tak, aby:

- boli reprezentatívne, jednoduché a ľahko interpretovateľné, odrážali vývoj životného prostredia
- boli vedecky jasne zdôvodnené, založené na medzinárodných štandardoch a limitoch
- boli ľahko merateľné a dostupné, primerane zdokumentované a pravidelne monitorované
- umožňovali kontrolu (boli kontrolovateľné).

Za východisko práce s indikátormi biodiverzity v dnešnom ponímaní možno považovať v SR „Národnú stratégiu ochrany biodiverzity na Slovensku“, z roku 1997, „Akčný plán pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 1998 – 2010“ z roku 1998 a „Aktualizovaný akčný plán pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 2003 – 2010“ z roku 2002.

Ďalšiu etapu práce s indikátormi stavu a ochrany biodiverzity charakterizujú úlohy, ktoré vyplynuli z uznesenia vlády SR č. 18/2001 k súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity.

Uznesenie vlády SR č. 18/2001 uložilo povinnosť sledovať stav biodiverzity na Slovensku, sústreďovať hodnotenia súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity každých 5 rokov (počnúc rokom 2005) a zverejňovať vyhodnotenie súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity v písomnej a elektronickej forme na internetovej stránke Ministerstva životného prostredia SR. Veľmi dôležitá je aj povinnosť ďalej aktualizovať a zosúladiť domáci súbor indikátorov stavu a ochrany biodiverzity s európskym súborom indikátorov biologickej diverzity, ktorý bol prijatý na stretnutí koordinačného tímu európskych odborníkov združených v projekte Streamling European 2010 Biodiverzity Indicators (SEBI 2010), financovanom Európskou environmentálnou agentúrou (EEA), v dňoch 10. – 11. mája 2007 a uplatňovať pri príprave návrhu rozpočtu kapitoly finančné požiadavky na zabezpečenie získavania údajov hodnotenia stavu a monitoringu vývoja biodiverzity každoročne pri príprave štátneho rozpočtu.

V rámci uznesenia vlády SR č. 18/2001 bol schválený aj prvý súbor indikátorov stavu a ochrany biodiverzity na Slovensku, zostavený zo 166 indikátorov, začlenených do 3 základných sád - *indikátory stavu biologickej diverzity* (druhovú rozmanitosť, rozmanitosť ekosystémov, zdroje), *indikátory tlaku na biologickú diverzitu* (verejné a dopravnotechnické vybavenie, priemysel, energetika, znečistenie zložiek životného prostredia, klimatické zmeny) a *indikátory odozvy v biologickej diverzite* (manažment, ekonomické nástroje, medzinárodná spolupráca). Vyhodnotenie súboru indikátorov stavu a ochrany diverzity za roky 2001 – 2005 bolo spracované v písomnej forme a v elektronickej forme vystavené aj na internetovej stránke Ministerstva životného prostredia SR.

Slovenská republika v roku 2007 pristúpila k aktualizácii súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity na Slovensku. Cieľom aktualizácie v roku 2007 bolo vytvoriť nový, komplexný, reprezentatívny, menej rozsiahly súbor, s menším počtom indikátorov. „Aktualizovaný súbor indikátorov stavu a ochrany biodiverzity na Slovensku“, vychádzal jednak z prvotného súboru indikátorov, ktoré boli sledované v období rokov 2001 – 2005, jednak bral do úvahy aj najnovší návrh SEBI 2010, t.j. aktualizovaný súbor rozpracovaných európskych indikátorov biodiverzity, aplikovateľných pre Slovenskú republiku. Súbor európskych indikátorov je zatiaľ tvorený 26 indikátormi, ale tento počet nemožno pokladať za konečný a nie je ani aplikovateľný v plnom rozsahu vo všetkých zmluvných stranách Dohovoru.

Aktualizácia indikátorov stavu a ochrany biodiverzity priniesla úlohy, ktoré vyplynuli z uznesenia vlády SR č. 837/2007 k aktualizácii súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity. V prílohe uznesenia je uvedený aktualizovaný súbor, rozčlenených podľa kľúčových charakteristík biodiverzity a súvisiacich ukazovateľov, podobne ako v roku 2001,

t.j. indikátory stavu biodiverzity, indikátory tlaku na biodiverzitu, indikátory odozvy v biodiverzite.

Vláda vo svojom uznesení uložila ministrovi životného prostredia sledovať a priebežne aktualizovať tento súbor indikátorov v súlade s medzinárodne vyvíjaným súborom indikátorov, na základe hodnotení sledovaných indikátorov vyhodnotiť stav biodiverzity na Slovensku, zverejniť hodnotenie stavu biodiverzity na Slovensku a podpredsedovi vlády, ministrovi vnútra, ministrovi pôdohospodárstva, ministrovi dopravy, pôšt a telekomunikácií a predsedníčke štatistického úradu SR spolupracovať s ministrom životného prostredia pri sledovaní indikátorov stavu a ochrany biodiverzity na Slovensku, ako aj pri hodnotení stavu biodiverzity na Slovensku.

Počet indikátorov v prílohe aktualizovaného uznesenia vlády SR bol redukovaný na 90, pretože sa ukázalo, že nie všetky indikátory starého súboru mali dostatočnú výpovednú hodnotu o stave a trendoch biodiverzity, niektoré sa ukázali ako duplicitné a niektoré sa nedali vôbec vyhodnotiť.

Pre každý indikátor bol stanovený gestor, ktorý je zodpovedný za sledovanie daného indikátora (rezort, odborný orgán, odborná organizácia). Podobne ako navrhovaný súbor európskych indikátorov biodiverzity, treba pokladať vyčlenený súbor pre SR za otvorený systém, ktorý nevyklučuje v budúcom období zmeny. Aj súbor indikátorov biodiverzity vyčlenený pre SR môže byť v budúcom období doplnený, ale aj redukovaný.

Frekvencia hodnotenia a zverejňovania údajov bola navrhnutá tak, aby prvé hodnotenie podalo informáciu o stave biodiverzity v SR v roku 2010, v súlade s cieľmi uvedenými v „Národnej stratégii ochrany biodiverzity v SR pre roky 1998 - 2010“.

Slovenská agentúra životného prostredia, ako odborná organizácia Ministerstva životného prostredia SR, mala v procese aktualizácie súboru indikátorov biodiverzity významné miesto, čo sa premietlo aj do jej plánu hlavných úloh. Centrum plánovania prírodných a energetických zdrojov SAŽP v Prešove zabezpečovalo v rokoch 2008 - 2012 úlohu „Indikátory biodiverzity v SR – metodika a vyhodnocovanie indikátorov tlaku na biodiverzitu v intenciách uznesenia vlády SR. 837/2007“, v rámci ktorej bol, na základe dôkladnej analýzy, aktualizovaný národný súbor indikátorov stavu a ochrany biodiverzity, uvedený v prílohe uznesenia vlády SR č. 837/2007, spresnený a doplnený a v súčasnosti je tvorený 82 indikátormi, rozčlenenými podľa pôvodných kľúčových charakteristík biodiverzity a súvisiacich ukazovateľov a zároveň bol pre každý indikátor podrobnejšie stanovený požadovaný rozsah hodnotenia.

V zmysle vyššie uvedeného uznesenia vlády SR č. 837/2007, bol do 31.12.2010, v súčinnosti Ministerstva životného prostredia SR, Centra plánovania prírodných a energetických zdrojov SAŽP v Prešove a niektorých iných participujúcich pracovísk, vyhodnotený aktualizovaný súbor sledovaných indikátorov stavu a ochrany biodiverzity v SR za roky 2005 - 2009 a zverejnený na internetovej stránke Ministerstva životného prostredia SR. V roku 2012 zabezpečujú vyššie uvedené subjekty vyhodnotenie aktualizovaného súboru sledovaných indikátorov stavu a ochrany biodiverzity v SR za obdobie rokov 2001 – 2010.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vyhodnotenie jednotlivých stanovených indikátorov stavu biodiverzity, indikátorov tlaku na biodiverzitu a indikátorov odozvy v biodiverzite, umožnilo zhodnotiť celkový stav a trendy v zmenách biodiverzity na Slovensku za obdobie rokov 2001 – 2010.

Indikátory stavu biodiverzity - stav a trendy v rozmanitosti rastlinných a živočíšnych druhov, prehľad chránených území a ich ohrozenosť, červené zoznamy rastlinných

a živočíšnych druhov, invázne druhy rastlín a živočíchov, nelesné a lesné ekosystémy, poľnohospodárske plochy.

Na Slovensku bola v sledovanom období zaznamenaná veľká rozmanitosť rastlinných a živočíšnych druhov. K 31.12. 2010 bol podľa údajov Štátnej ochrany prírody SR zaznamenaný výskyt 3 008 druhov rias a siníc (z toho 283 ohrozených), 1 585 druhov lišajníkov (z toho 573 ohrozených), 909 druhov machorastov (z toho 496 ohrozených) a 3 352 druhov vyšších rastlín (z toho 1 428 ohrozených), 24 089 druhov bezstavovcov (z toho 2 070 ohrozených), 18 druhov obojživelníkov (všetkých 18 druhov ohrozených), 12 druhov plazov (z toho 11 druhov ohrozených), 79 druhov rýb (z toho 55 druhov ohrozených), 219 druhov vtákov (z toho 100 druhov ohrozených) a 90 druhov cicavcov (z toho 62 druhov ohrozených). V sledovanom období rokov 2001 – 2010 došlo len k zdokumentovaniu vyššieho počtu ohrozených druhov rýb, počet ostatných ohrozených druhov rastlín a živočíchov na území Slovenskej republiky zostal nezmenený.

Počet chránených území na Slovensku v sledovanom území pomerne výrazne kolísal a k zmenám dochádzalo z viacerých dôvodov, napr. ak z rôznych dôvodov zanikol predmet ochrany, ak sa chránené územia stali súčasťou zóny NP alebo CHKO, ak bolo určité územie súčasťou sústavy NATURA 2000, mohlo byť vyhlásené za chránené v niektorej z národných kategórií alebo došlo k aktualizácii chránených území z dôvodu zmeny výmery a pod. K 31.12. 2010 bolo, podľa údajov Štátnej ochrany prírody SR, vyhlásených 9 národných parkov, 14 chránených krajinných oblastí a 1 094 maloplošných chránených území (219 NPR, 60 NPP, 388 PR, 254 PP, 172 CHA, 1 CHKP), z ktorých bolo 635 v optimálnom stave, 435 v kategórii ohrozené a 24 v kategórii degradované. V sledovanom období rokov 2001 – 2010 na území Slovenska pribudli 2 nové veľkoplošné chránené územia (NP Veľká Fatra, NP Slovenský kras), počet maloplošných chránených území vzrástol o 13 (NPR - pokles o 12, NPP - rovnaký počet, PR - nárast o 13, PP - nárast o 24, CHA - pokles o 13, CHKP - nárast o 1), zároveň vzrástol počet území v optimálnom stave o 68 a poklesol počet území ohrozených o 47 a degradovaných o 21.

Červené zoznamy pre jednotlivé skupiny rastlín vyskytujúcich sa v Slovenskej republike boli spracované v roku 2001. Odvtedy neboli spracované nové zoznamy a ani zaktualizované pôvodné červené zoznamy. Červený zoznam rastlín Slovenska obsahoval k 31.12. 2010 spolu 309 taxónov húb, 283 taxónov siníc a rias, 573 taxónov lišajníkov, 496 taxónov machorastov a 1270 taxónov papraďorastov a semenných rastlín.

Červené zoznamy pre jednotlivé skupiny živočíchov vyskytujúcich sa v Slovenskej republike boli spracované v roku 2001, okrem červeného zoznamu mihúľ a rýb, ktorý bol spracovaný v roku 2008. Červený zoznam živočíchov Slovenska obsahoval k 31.12. 2010 15 druhov obrúčkavcov, 423 druhov pavúkov a rias, 89 druhov kôrovcov, 14 druhov mnohonôžok, 12 druhov stonôžok, 41 druhov podeníek, 47 druhov vážok, 23 druhov pošvatiek, 5 druhov švábov, 33 druhov rovnokrídlovcov, 31 druhov bzdôch, 3 druhy dlhokrčiek, 35 druhov sieťokrídlovcov, 718 druhov chrobákov, 301 druhov blanokrídlovcov, 111 druhov motýľov, 4 druhy srpíc, 198 druhov dvojkrídlovcov, 4 druhy mihúľ, 79 druhov rýb, 18 druhov obojživelníkov, 11 druhov plazov, 121 druhov vtákov a 68 druhov cicavcov.

Zoznam nepôvodných taxónov rastlín bol spracovaný v roku 2002. Uvádza sa v ňom 548 nepôvodných taxónov, z ktorých je 529 neofytov a 19 archeofytov. Ich počet sa v nasledujúcich rokoch nezmenil a na území Slovenska neboli evidované nové taxóny nepôvodných druhov rastlín.

Počet invázne sa správajúcich nepôvodných taxónov rastlín bol spracovaný v roku 2002. Uvádza sa v ňom 126 inváznych druhov rastlín, z toho 28 inváznych neofytov, 19 inváznych archeofytov a 79 potenciálne inváznych druhov, ktoré sa invázne správajú na niektorých častiach územia Slovenska a je možné riziko, že pri zmene podmienok by sa mohli šíriť aj do iných oblastí.

Nepôvodné druhy živočíchov sa na Slovensku komplexne a systematicky nesledujú, a preto nie je vytvorená kompletná databáza údajov o ich lokalitách výskytu a počte jedincov. Ich výskyt sa sleduje prevažne v chránených územiach. Na Slovensku sa evidujú ako invázne druhy živočíchov napr. korytnačka písmenková ozdobná, norok americký a niektoré druhy rýb.

Na Slovensku sa vyskytuje niekoľko typov biotopov európskeho významu, ktoré možno klasifikovať ako vodné, riečne, mokradňové alebo jednoducho závislé na vodnom prostredí. Trend ich vývoja v sledovanom období rokov 2001 – 2010 bol nepriaznivý, ich ohrozenosť stále narastala. Spôsobili to najmä intenzívne poľnohospodárske postupy, eutrofizácia, fragmentácia krajiny, zmeny vodného režimu a pod. Významnými vplyvmi na vodné toky a pobrežné biotopy boli ich regulácie a prehlbovanie, absencia pôvodných brehových porastov, znečisťovanie, splach z poľnohospodárskych plôch a prenikanie nepôvodných druhov.

Travinnobylinné biotopy sú druhou najzastúpenejšou skupinou biotopov európskeho významu na Slovensku. Ich stav bol v sledovanom období rokov 2001 – 2010 vyhodnotený takmer v 70% ako nevyhovujúci. Priaznivé hodnotenie dosiahol len biotop dealpínskych travinnobylinných porastov, ktorý má na mnohých lokalitách zabezpečenú územnú ochranu.

Na Slovensku sa vyskytuje 7 typov rašelinísk ako biotopov európskeho významu. Ohrozené sú všetky typy týchto spoločenstiev, vrchoviská i slatiny. Takmer 90% rašelinísk bolo v sledovanom období v nevyhovujúcom stave, zvyšných cca. 10% bolo v zlom stave.

Zdravotný stav lesov Slovenska indikovaný defoliáciou a stupňom poškodenia sa za obdobie rokov 2001 – 2010 stále zhoršoval a výkyvy v jednotlivých rokoch boli spôsobené najmä klimatickými faktormi a počasím. Treba ho považovať za veľmi nepriaznivý, pretože percento stromov v 2 – 4 stupni (stupeň odlistenia 26 – 100 %) bolo v poslednom hodnotenom roku 2010 až 38 % a to sa už prejavuje u stromov i stratami na prírastku. Zdravotný stav listnatých drevín bol lepší, sú odolnejšie voči nepriaznivým podmienkam ako ihličnaté dreviny, ale aj u nich percento stromov v 2 – 4 stupni dosiahlo v roku 2010 až 33 %, oproti 27 % v roku 2001. Najhorší stav lesov bol na hornej hranici lesa, kde plnia mimoriadne dôležité celospoločenské funkcie a v ktorých hrozí akútny rozpad.

V roku 2010 bolo na území Slovenska zastúpenie ihličnatých drevín (39,8%) a zastúpenie listnatých drevín (60,2 %), t.j. od roku 2001 sa zvýšil podiel listnatých lesov a znížil podiel ihličnatých lesov cca o 2 %. Možno konštatovať, že v lesoch SR prevládalo zo stanoviska - ekologického hľadiska vhodné drevinové zloženie, priaznivá bola i druhová štruktúra. Z hlavných drevín mali najväčšie zastúpenie k 31. 12. 2010 buk (31,8 %), ktorého podiel sa od roku 2001 zvýšil o cca 1,4 % a smrek (25,3 %), ktorého podiel sa však od roku 2001 znížil o cca 1,4 %.

Výmera lesných pozemkov je na Slovensku pomerne stabilná a z dlhodobého hľadiska sa stále zvyšuje (oproti roku 1960 sa zvýšila už o cca 5 %). K 31. 12. 2010 bola na území Slovenska výmera lesných pozemkov 2 010,8 tis. ha. Na zvyšovaní výmery lesných pozemkov sa podieľali viaceré faktory, najmä zalesňovanie poľnohospodárskych nevyužitelných plôch, prevod poľnohospodárskych pozemkov pokrytých lesnými drevinami (tzv. biele plochy) a upresňovanie evidencie lesných pozemkov s katastrom nehnuteľnosti pri obnove lesných hospodárskych plánov (LHP).

Výmera jednotlivých kategórií lesných pozemkov je na Slovensku pomerne stabilná. Od roku 2001 do roku 2010 narástla výmera hospodárskych lesov o cca 91 ha, v dôsledku zvyšovania nárokov na plnenie verejnoprospešných funkcií lesov došlo aj k miernemu zvýšeniu výmery ochranných lesov o cca 17 ha a tento trend sa predpokladá aj v budúcom období. Výmera lesov osobitného určenia sa naopak znížila o cca 96 ha, hlavne v dôsledku vypustenia subkategórie lesov pod vplyvom imisií z kategórie lesov osobitného určenia.

Ťažba dreva v lesných porastoch SR v sledovanom období rokov 2001 – 2010 dosť kolísala. V roku 2001 dosiahla 6,18 mil. m³, v roku 2005 vzrástla až 10,19 mil. m³ (vplyvom kalamity v roku 2004), následne sa v roku 2007 znížila na 8,36 mil. m³ a postupne opäť vzrástla až na 9,85 mil. m³ v roku 2010. Využívanie lesov v SR možno hodnotiť ako trvalo udržateľné, pretože ťažba dreva je nižšia ako jeho ročný prírastok. Vykonané ročné ťažby dosiahli za dané obdobie 54,8 % až 82,4 % podielu čistého ročného prírastku, čo teoreticky umožní zvyšovanie ťažby dreva v budúcnosti.

V sledovanom období rokov 2001 – 2010 pokračovalo nežiaduce zvyšovanie jarných kmeňových stavov raticovej zveri, čo prispelo k nárastu škôd spôsobených zverou na lesných porastoch a poľnohospodársky obrábaných pozemkoch. Pri malej zveri sa v rokoch 2001 - 2010 výrazne znížili jarné kmeňové stavy kráľika a jarabice a miernejšie sa znížili jarné kmeňové stavy bažanta a zajaca. Vzrástla aj početnosť veľkých šeliem (medveď, vlk, rys) a zvýšila sa aj početnosť ostatných vzácných druhov zveri (vydra, kamzík, svišť, bobor), okrem hlucháňa a tetrova. Lov vzácných druhov zveri bol prísne regulovaný.

Antropogenny tlak na využívanie pôdy na iné účely ako na plnenie jej primárnych produkčných a environmentálnych funkcií pokračoval aj v sledovanom období rokov 2001 – 2010. Pokračoval pozvoľný úbytok výmery ornej pôdy, chmeľníc, viníc, záhrad i ovocných sádov, negatívny bol i pokles výmery trvalých trávnych porastov, ktorý mal ešte do roku 2005 rastúci trend. Celkove poklesla výmera poľnohospodárskej pôdy za roky 2001 – 2010 z 2,439 mil. ha na 2,414 mil. ha, t. j. o cca 25 tis. ha. Naopak plocha lesných pozemkov stúpila za sledované obdobie o cca 9 120 ha, vodné plochy o cca 1 830 ha, zastavané plochy a nádvorcia o cca 8 114 ha a ostatné plochy o cca 6 350 ha.

Z environmentálneho hľadiska je pokles výmery ornej pôdy negatívny najmä vtedy, keď je orná pôda vyňatá z poľnohospodárskeho pôdneho fondu natrvalo a je preradená do kategórie zastavaných plôch. V sledovanom období bol zaznamenaný rastúci trend úbytku ornej pôdy najmä na rôzne investičné účely, pre občiansku a bytovú výstavbu, priemyselnú výstavbu, poľnohospodársku výstavbu, výstavbu vodných diel na ťažbu surovín a na zalesňovanie.

V období sledovanom období rokov 2001 – 2010 pokračoval trend nárastu plôch v ekologickom poľnohospodárstve. K 31. 12. 2010 zaberali plochy v ekologickom poľnohospodárstve 178 235 ha, čo predstavovalo 9,27 % z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy v SR.

Indikátory tlaku na biodiverzitu – doprava, znečistenie zložiek životného prostredia (pôda, voda, ovzdušie), odpady

Dopravná infraštruktúra SR sa v sledovanom období rokov 2001 – 2010 vyvíjala rôznym spôsobom. Prakticky nezmenená zostala dĺžka splavných tokov, počty letísk i počty prekladísk nekombinovanej dopravy, naopak, došlo k miernemu poklesu dĺžky spravovaných železničných tratí a po miernom vzostupe dĺžky diaľnic, diaľničných privádzačov a ciest I. – III. triedy v rokoch 2001 – 2007, došlo v roku 2009 k miernemu poklesu ich dĺžky. Počas celého sledovaného obdobia zároveň pretrvával nárast výkonov cestnej a vodnej nákladnej dopravy, výkony leteckej a železničnej nákladnej dopravy naopak stále klesali. V súvislosti s dopravou je aktuálna aj fragmentácia ekosystémov dopravnou infraštruktúrou, najmä v súvislosti s výstavbou diaľnic a rýchlostných ciest, ako aj rastom intenzity dopravy. Opatrenia, ktoré by kompenzovali túto fragmentáciu ekosystémov dopravy boli v sledovanom období realizované len sporadicky u novobudovaných cestných komunikácií a zahŕňali napr. vybudovanie oplotenia okolo cestných komunikácií, inštaláciu optických signálnych zariadení, pachových plotov alebo vybudovanie priechodov pre zver (nadchody, ekodukty, tunely). Nebola však doriešená problematika výstavby objektov významných z hľadiska

defragmentácie krajiny na už vybudovanej cestnej sieti, t.j. vrátane ciest I. až III. triedy a miestnych komunikácií.

Znečistenie jednotlivých zložiek životného prostredia má z hľadiska stavu a ochrany biodiverzity v SR veľký význam. V sledovanom období rokov 2001 – 2010 bolo preto sledované aj znečistenie pôdy, vody, ovzdušia.

Z hľadiska znečistenia pôd bol zaznamenaný v sledovanom období nárast acidifikácie pôd a pokles ich pôdnej reakcie, obsah väčšiny rizikových látok vo v poľnohospodárskych a lesných pôdach SR bol podlimitný (As, Cr, Cu, Ni, Zn), u kadmia (Cd) a olova (Pb) sa prejavili nadlimitné hodnoty len v pôdach situovaných vo vyšších nadmorských výškach, čo mohol spôsobiť diaľkový prenos imisií na naše územie zo zahraničia a vysoké koncentrácie rizikových látok pretrvávali v regiónoch s dlhoročnými imisiami ťažkých kovov, kde sa nedá očakávať ich výraznejší pokles ani v blízkej budúcnosti.

Z hľadiska znečistenia vôd za sledované obdobie 2001 – 2010 boli zistené najhoršie výsledky v ukazovateľoch rozpustený kyslík (O_2), biochemická spotreba kyslíka za 5 dní (BSK_5), chemická spotreba kyslíka manganistanom ($CHSK_{Mn}$), chemická spotreba kyslíka dichrómanom ($CHSK_{Cr}$), obsah nutrientov, celkový fosfor a chlorofyl „a“, obsah priemernej ročnej koncentrácie ťažkých kovov v rieke Bodrog, koncentrácia síranov stúpla najvýraznejšie v prípade rieky Hornád, hodnoty ročného priemeru alkality stúpili v sledovanom období najvýraznejšie v prípade rieky Hron.

Za sledované obdobie rokov 2001 – 2010, došlo k poklesu hodnôt priemerných ročných koncentrácií sledovaných cudzorodých látok, vo všetkých sledovaných vodných tokoch v rámci SR, okrem atrazínu, kde došlo k nárastu hodnôt priemerných ročných koncentrácií, vo všetkých sledovaných vodných tokoch v rámci SR .

Čo sa týka podzemných vôd, za sledované obdobie 2001 - 2010 bol najväčší počet prekročených limitných hodnôt v objektoch základného monitorovania podzemných vôd zaznamenaný u ukazovateľov mangán, celkový obsah železa, hliník, chloridy, amónne ióny, dusičnany, rozpustné látky a sírany, ale od roku 2007 sa výrazne situácia zlepšila a významnejšie prekročenia limitných hodnôt zostali len u ukazovateľov mangán, celkový obsah železa a percento nasýtenia kyslíkom. V objektoch prevádzkového monitorovania podzemných vôd bola situácia podobná, ale výrazne tu dominoval nepriaznivý stav v ukazovateľoch mangán, celkový obsah železa a najmä percento nasýtenia kyslíkom, kde v roku 2009 bola odporúčaná hodnota percenta nasýtenia kyslíkom dosiahnutá len v 20,17 % vzoriek a v roku 2010 len v 23,59 % vzoriek. Počet prekročených limitných hodnôt dusičnanov a amónnych solí u vzoriek z objektov základného a prevádzkového monitorovania podzemných vôd v sledovanom období výrazne klesol a v roku 2010 predstavoval počet prekročení u dusičnanov a amónnych solí už len 4,03 % vzoriek.

Za sledované obdobie rokov 2001 – 2010, došlo k výraznému poklesu objemu vypúšťaných odpadových vôd do povrchových tokov v SR a zároveň aj k poklesu hodnôt všetkých sledovaných ukazovateľov, najvýraznejšie u ukazovateľa chemická spotreba kyslíka dichrómanom, celkom až o 35 851 ton.

Počet obcí zásobovaných z verejných vodovodov dosiahol v roku 2010 spolu 2 297 a ich podiel dosiahol 79,5 % z celkového počtu obcí v SR (nárast oproti roku 2001 o 285 obcí). Rozvoj verejných kanalizácií zaostáva za rozvojom verejných vodovodov, v roku 2010 malo vybudovanú kanalizáciu 908 obcí a ich podiel dosiahol 31,4 % z celkového počtu obcí v SR (nárast oproti roku 2001 o 404 obcí), pričom 768 obcí, t. j. 26,6 % z celkového počtu obcí SR malo odpadové vody súčasne odvádzané aj na čistiareň odpadových vôd (nárast oproti roku 2001 o 379 obcí).

Z hľadiska znečistenia ovzdušia u všetkých stacionárnych a mobilných zdrojov mali emisie TZL v rokoch 2001 - 2010 klesajúcu tendenciu, s výnimkou emisií TZL v sektore malé

zdroje (vykurovanie domácnosti) a v sektore cestná doprava, kde bol zaznamenaný nárast celkových emisií.

Klesajúcu tendenciu mali emisie amoniaku, najmä vplyvom zmien v odvetví poľnohospodárstva, kde sa výrazne znížili počty hospodárskych zvierat a v dôsledku toho aj produkcia živočíšneho odpadu a výrazne poklesli aj dávky hnojenia prírodných a priemyselných hnojív na poľnohospodárskych pôdach.

Emisie ťažkých kovov na území SR v roku 2010 poklesli oproti roku 2001 o cca 3 tony, čím bol potvrdený klesajúci trend emisií ťažkých kovov zaznamenaný na území SR od roku 1990.

Emisie prchavých organických zlúčenín (NMVOC) na území SR v roku 2010 poklesli oproti roku 2001 o 6 821,237 ton a naopak emisie perzistentných organických polutantov (POP) v roku 2010 vzrástli o 4 405,58 kg oproti roku 2001, najmä nárastom PAH v sektore Spaľovacie procesy II.

Medzi najvýznamnejších znečisťovateľov ovzdušia z hľadiska podielu na emisiách znečisťujúcich látok za roky 2001 – 2010 patrili v SR - U. S. STEEL Košice, SE a. s., Bratislava, o.z. ENO Zemianske Kostolany, SE a. s., Bratislava, Elektráreň Vojany I a II a SLOVALCO, a. s., Žiar nad Hronom.

V sledovanom období rokov 2001 – 2010 pokračoval trend výrazného poklesu v celkových množstvách emitovanej síry a dusíka z územia SR, v roku 2010 bolo z územia SR emitovaných o 9 800 ton síry menej ako v roku 2005, podobne celkové emitované množstvo dusíka z územia SR bolo v roku 2010 o 6 400 ton menšie ako v roku 2001, pokračoval trend poklesu v celkových množstvách deponovanej síry a dusíka na územie SR, v roku 2010 bolo na územie SR emitovaných o 5 800 ton síry menej ako v roku 2001 a celkové deponované množstvo dusíka na územie SR bolo v roku 2010 o 1 300 ton menšie ako v roku 2001.

Produkcia komunálneho odpadu a nebezpečného v sledovanom období rokov 2001 – 2010 mala v SR klesajúci trend. Zo spôsobov nakladania s komunálnym a nebezpečným odpadom v SR prevládalo jeho zhodnocovanie, ktoré malo v období rokov 2001 – 2010 ustálený charakter. Druhým spôsobom nakladania s komunálnym odpadom bolo jeho zneškodňovanie, ktoré malo v období rokov 2001 – 2010 stúpajúci trend.

Indikátory odozvy v biodiverzite – manažment, ekonomické ukazovatele, medzinárodná spolupráca

Celkové výdavky na ochranu životného prostredia v Slovenskej republike sú systematicky sledované Štatistickým úradom SR. Medzi sledované ukazovatele patria, napr. investície na ochranu ŽP hradené zo štátnych prostriedkov alebo zo zahraničných zdrojov, bežné náklady na ochranu ŽP (vnútropodnikové, mzdové, ostatné) a náklady organizácie hradené iným subjektom (platby štátnym organizáciám a súkromným osobám). Osobitne sú sledované aj výnosy za ochranu životného prostredia. V sledovanom období rokov 2001 – 2010 suma environmentálnych výdavkov na ochranu ŽP od roku 2001 do roku 2005 výrazne stúpala, ale od roku 2007 do roku 2010 naopak klesala, čo súviselo s príchodom celosvetovej hospodárskej krízy a výrazne zníženými finančnými zdrojmi, ktoré mal štátny rozpočet SR k dispozícii.

Finančné príspevky Slovenskej republiky na aktivity súvisiace s implementáciou medzinárodných dohovorov, ku ktorým Slovenská republika pristúpila mali v sledovanom období rokov 2001 – 2010 tiež kolísavý charakter, najvyššie finančné príspevky súvisiace s medzinárodnými dohovormi boli poskytnuté v roku 2007, v ďalších rokoch postupne klesali a najnižšie boli v roku 2010.

ZÁVER

Príspevok prezentuje výsledky hodnotenia biologickej diverzity na území Slovenskej republiky, s použitím vybraného súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity, v časovom období rokov 2001 – 2010.

Z výsledkov vyplýva, že na území Slovenskej republiky sa zachovala veľká rozmanitosť rastlinných a živočíšnych druhov, ale znížila sa kvalita niektorých ekosystémov, najmä lúčnych, vodných a močiarnych ekosystémov a došlo k pomerne veľkej expanzii nepôvodných a invázných druhov rastlín a živočíchov do pôvodných rastlinných a živočíšnych spoločenstiev. Výmera lesných pozemkov sa vyvíjala priaznivo, prevládala v nich priaznivá druhová štruktúra, pomerne stabilná bola výmera jednotlivých kategórií lesných pozemkov, využívanie lesa možno v sledovanom období hodnotiť ako trvalo udržateľné. Pokračoval antropogénny tlak na využívanie poľnohospodárskej pôdy na iné účely ako na plnenie jej primárnych produkčných a environmentálnych funkcií, najmä na rôzne investičné účely. Priaznivým javom v sledovanom období bol nárast plôch s ekologickým hospodárením.

V sledovanom období pretrvával nárast výkonov cestnej a vodnej nákladnej dopravy, výkony leteckej a železničnej nákladnej dopravy pomerne výrazne poklesli, len sporadicky boli zrealizované opatrenia, ktoré by kompenzovali fragmentácie ekosystémov dopravnou infraštruktúrou.

Z hľadiska znečistenia jednotlivých zložiek životného prostredia bol zaznamenaný nárast acidifikácie pôd a pokles ich pôdnej reakcie, obsah väčšiny rizikových látok v poľnohospodárskych a lesných pôdach bol podlimitný, s výnimkou kadmia a olova vo vyšších nadmorských výškach. U povrchových vôd došlo v sledovanom období k poklesu priemerných ročných koncentrácií cudzorodých látok vo všetkých sledovaných tokoch, najvyššie hodnoty boli zistené v riekach Bodrog, Hornád a čiastočne aj Hron. V sledovanom období došlo aj k výraznému poklesu objemu vypúšťaných odpadových vôd do povrchových tokov a vzrástol počet obcí zásobovaných z verejných vodovodov a obcí s vybudovanou kanalizáciou.

U podzemných vôd bolo zaznamenané v niektorých častiach Slovenska prekročenie limitných hodnôt obsahu mangánu, železa, hliníka, chloridov, dusičnanov, amónnych solí a síranov, ale od roku 2007 sa situácia výrazne zlepšila a limitné hodnoty boli prekročené len u mangánu, celkového obsahu železa percenta nasýtenia kyslíkom

Z hľadiska znečistenia ovzdušia došlo v sledovanom období k poklesu všetkých typov emisií (TZL, amoniak, ťažké kovy, prchavé a perzistentné organické látky,), výrazne poklesli aj množstvá emitovanej síry a dusíka z územia SR do susedných štátov a opačne.

Zo spôsobov nakladania s komunálnymi a nebezpečnými odpadmi prevládalo v sledovanom období jeho zhodnocovanie a menej zneškodňovanie

Celkové výdavky na ochranu životného prostredia v Slovenskej republike v sledovanom období do roku 2007 výrazne stúpali, ale od roku 2007 do roku 2010 naopak klesali, podobne aj finančné príspevky Slovenskej republiky na aktivity súvisiace s implementáciou medzinárodných dohovorov.

LITERATÚRA

UZNESENIE VLÁDY SR č. 18/2001 z 10. januára 2001 k súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity

UZNESENIE VLÁDY SR č. 837/2007 z 3. októbra 2007 k aktualizácii súboru indikátorov stavu a ochrany biodiverzity na Slovensku

UZNESENIE VLÁDY SR č. 231/1997 z 1. apríla 1997 k Národnej stratégii ochrany biodiverzity na Slovensku

UZNESENIE VLÁDY SR č. 515/1998 z 4. augusta 1998 k návrhu Akčného plánu pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku 1998 - 2010

UZNESENIE VLÁDY SR č. 1209/2002 z 6. novembra 2002 k aktualizovanému akčnému plánu pre implementáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 2003 - 2010

„ECOLOGICAL FOCUS AREAS“ V SLOVENSKOM REGISTRY POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PRODUKČNÝCH BLOKOV V RÁMCI REFORMY SPOLOČNEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ POLITIKY KRAJÍN EURÓPSKEJ ÚNIE

Michal Sviček

¹ *Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail:
m.svicek@vupop.sk*

Abstrakt: „Ecological focus areas“ v slovenskom registri poľnohospodárskych produkčných blokov v rámci reformy Spoločnej poľnohospodárskej politiky krajín Európskej únie.

Referenčnými parcelami slovenského Registra poľnohospodárskych produkčných blokov (LPIS) sú kultúrne diely LPIS. LPIS bol vybudovaný na podklade digitálnych ortofotomáp počas rokov 2002 až 2003. Od roku 2004 je nepretržite aktualizovaný na podklade aktuálnych digitálnych ortofotomáp, výsledkov kontrol na mieste, kontrol diaľkovým prieskumom Zeme a integráciou externých vrstiev. Reforma Spoločnej poľnohospodárskej politiky (SPP) členských krajín Európskej únie (EÚ) bude mať vplyv nielen na LPIS ale aj celkove na využitie krajiny a krajinnú pokrývku. Základnými zmenami reformy SPP ktoré budú na túto zmenu vplývať sú uchovanie trvalých trávnych porastov (TTP), diverzifikácia a plodín a predovšetkým vyčlenenie ecological focus areas (EFA). Niektoré z týchto požiadaviek sú už integrované v LPIS, iné bude potrebné ešte zaviesť.

Kľúčové slová: Register poľnohospodárskych produkčných blokov, reforma Spoločnej poľnohospodárskej politiky, ekologicky zamerané územia, zachovanie trvalých trávnych porastov, diverzifikácia plodín

Abstract: „Ecological focus areas "in the Slovak Register of Agricultural Production Units within Common agriculture policy of the European Union.

Land parcel identification system - LPIS was created during 2002 -2003 on the background of digital orthophotomaps. From 2004 is continuously uptaded according new digital orthophotomaps, results from on spot checks, results of control with remote sensing and by integration of external GIS layers into LPIS. The main issues of Common agriculture policy (CAP) reform are maintenance of grassland, crop rotation and introduction of ecological focus areas – greening. Some of those requirements are integrated in LPIS already, another shall be implement in near future. CAP reform will influence not only LPIS but generally land cover and land use in Slovakia too.

Keywords: Land parcel identification system, Common agriculture policy reform, Ecological Focus Areas, landscape features, grassland maintenance, crop diversification

ÚVOD

Spoločná poľnohospodárska politika (SPP) predstavuje jednu z najdôležitejších základných politických oblastí EÚ a pohlcuje aj najväčšiu časť rozpočtu EÚ. Najdôležitejším nástrojom SPP je Integrovaný Administratívny a kontrolný systém - IACS. Základný komponent ohľadom administrácie a kontroly priamych platieb a opatrení Programu rozvoja vidieka - PRV na poľnohospodárskej pôde v rámci IACS predstavuje Register poľnohospodárskych produkčných plôch (LPIS), ktorý bol vytvorený a v súčasnosti je spravovaný a aktualizovaný na Výskumnom ústave pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP). LPIS bol vytvorený počas rokov 2002 -2003 a od roku 2004 je nepretržite aktualizovaný na základe výsledkov z kontrol na mieste (KNM), výsledkov kontrol diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) a predovšetkým na základe aktuálnych digitálnych ortofotomáp. Do LPIS sa

integrujú aj externé vrstvy vytvorené na VÚPOP (krajinné prvky, nárazníkové pásy pozdĺž vodných tokov, dusičnanová kalová smernica, atď.) či na iných externých inštitúciách (napr. NATURA 2000, špeciálne registre tvorené na Ústrednom kontrolnom a skúšobnom ústave poľnohospodárskom – ÚKSÚP)

Reforma SPP od roku 2014 prinesie zmeny nielen vo využívaní krajiny a krajinatej pokrývky, ale bude mať vplyv aj na LPIS. Predovšetkým zavedenie plôch ekologicky prospešného vplyvu (ecological focus areas -EFA) ktoré by mali pokrývať min 7 % poľnohospodárskej plochy každého poľnohospodárskeho subjektu či farmára veľmi pravdepodobne výrazne ovplyvnia ako vzhľad a využitie poľnohospodárskej krajiny tak aj štruktúru LPISu.

MATERIÁL A METÓDY

Register poľnohospodárskych produkčných blokov LPIS sa aktualizuje pravidelne v súlade s nariadeniami a ostatnou legislatívou EÚ pre LPIS. Aktualizácia LPIS prebieha na základe niekoľkých typov podnetov:

- Cyklická aktualizácia má rozhodujúcu úlohu, nakoľko ako jediná systematicky v určitých časových intervaloch pokrýva celé územie SR (v SR bol schválený Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka trojročný cyklus). Prebieha na podklade digitálnych ortofotomáp ktoré musia čo do presnosti spĺňať požiadavky Európskej Komisie - EK, ktoré sú jednotne stanovené pre všetky členské krajiny EÚ. Digitálne ortofotomapy je potrebné v požadovaných parametroch pravidelne obstarávať. V súčasnosti už prebieha štvrtý cyklus obmeny aktuálnych digitálnych ortofotomáp pre účely LPIS a IACS.
- Ďalšie typy aktualizácie LPIS považujeme za priebežné, nepokrývajú systematicky celé územie SR, ale sú vykonávané v aktuálnych termínoch zachytávajúcich reálny stav krajiny. Medzi takéto aktualizácie patrí aktualizácia na základe kontrol na mieste vykonávaná pracovníkmi Pôdohospodárskej platobnej agentúry - PPA meraniami priamo v teréne s pomocou GPS, kde je primárnym zmyslom vykonať kontrolu deklarovovaných plôch a výmer a pridanou hodnotu aktualizácia LPIS.
- Výsledky kontrol metódou DPZ sa takisto využívajú na aktualizáciu LPIS, v zásade cieľ je podobný ako pri kontrolách KNM, ale merania sa neuskutočňujú na podklade meraní s GPS, ale na tohoročných aktuálnych satelitných obrazových záznamov poskytovaných EK.
- Existujú tiež aktualizácie na základe požiadania farmára, kvôli zmenám v LPIS, kde sa v zásade postupuje podobným spôsobom ako pri aktualizácii na základe výsledkov KNM. Pomerne jednoduchým spôsobom je aktualizácia na podklade žiadostí farmárov o priame platby, kde na ich základe dochádza iba k zlučovaniu, či rozdeľovaniu dielov LPIS, nie k zmenám vonkajších hraníc LPIS.
- Špecifickou aktualizáciou LPIS – skôr jeho atribútov je aktualizácia na základe externých vrstiev. Jedná sa predovšetkým o integráciu údajov z rezortu MŽP SR, konkrétne o integráciu chránených vtáčích území NATURA 2000 (ČHVÚ), území európskeho významu NATURA 2000 (ÚEV) a poloprírodných a prírodných biotopov TTP poskytovaných Štátnou ochranou prírody SR (ŠOP SR). Integrujú sa aj GIS vrstvy vytvárané na VÚPOP, ako sú GIS vrstvy Dusičnanevej smernice, Kalovej smernice a Znevýhodnených oblastí - LFA. Podobne informácie so špeciálnych registrov spravovaných Ústredným kontrolným ústavom poľnohospodárskym (ÚKSÚP) sú implementované do LPIS. Pre aktualizáciu LPIS sa tiež využívajú spresnené údaje z DTM – digitálneho terénneho modelu (priemerné, minimálne a maximálne svahovitosti a nadmorské výšky) ako aj údaje z rezortu Úradu geodézie, kartografie a katastra - ÚGKK – zastavané územia.
- Na základe požiadaviek Dobrých poľnohospodárskych a environmentálnych podmienok - GAEC bolo potrebné vytvoriť referenčné GIS vrstvy krajinných prvkov a nárazníkových

pásov okolo vodných tokov. Táto aktivita veľmi priamo súvisí s reformou SPP po roku 2014 a to konkrétne so zavedením plôch ekologicky prospešného vplyvu (ecological focus areas). Práve krajinné prvky a nárazníkové pásy okolo vodných tokov EK vyslovene menuje ako vhodné plochy EFA. Určenie jednoznačnejších kritérií spôsobilosti TTP a ich zachovania sa tiež bude realizovať cez referenčné GIS vrstvy.

- Reforma SPP - CAP si teda bude vyžadovať prispôbený GIS LPIS novým podmienkam a požiadavkám a tvorbu a aktualizáciu ďalších referenčných vrstiev ohľadom spôsobilosti a zavedenia, administrácie a kontroly plôch EFA. Tieto aktivity sa budú uskutočňovať v GIS prostrediach na podkladoch presných a aktuálnych údajov DPZ a meraní GPS. Neoddeliteľnou a esenciálnou je vedecké a odborné definovanie a hodnotenie údajov ktoré do systému reformy vstupujú vrátane externých vrstiev.
- Udržiavania TTP a ich presná špecifikácia po reforme SPP mimoriadne ovplyvnia vzhľad krajiny, nakoľko súčasne definované TTP neprinieslo požadovaný efekt ich udržiavania a využívania cez priame platby, ale ani cez opatrenia PRV.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

LPIS sa aktualizuje na základe vyššie uvedených podnetov a aj pre nasledujúce programovacie obdobie sa počíta, že bude aj naďalej zohrávať kľúčovú úlohu v systéme IACS a SPP, čo sa týka poľnohospodárskej pôdy.

Dôležitou súčasťou Spoločnej poľnohospodárskej politiky (SPP) členských krajín Európskej únie (EÚ), ktorá súčasne do značnej miery určuje jej vplyv na poľnohospodárov v celom priestore EÚ, je tzv. „krížové plnenie“. *Implementácia Krížového plnenia po kontrole Health Check*, ktorá do roku 2010 vyžaduje, okrem iných štandardov GAEC, aj definovanie a špecifikáciu *malých krajinných štruktúr* – prvkov (Gasiorková, Hamlíková, Sviček 2010).

Z hľadiska reformy SPP budú pravdepodobne hrať čo sa týka poľnohospodárskej pôdy a systému LPIS kľúčovú úlohu zachovanie TTP a EFA. Práve krajinné prvky popri terasách ochranných pásiem pozdĺž vodných tokov atď. budú tvoriť prevažnú časť EFA.

Definície malých krajinných štruktúr – krajinných prvkov (landscape features, landscape elements), pravidiel ich údržby a ich mapovanie musí v rámci platnej európskej legislatívy vytvoriť každý členský štát podľa svojich pravidiel so zreteľom na špecifické charakteristiky daných oblastí, vrátane pôdnych a klimatických podmienok, existujúci systém hospodárenia, využívania pôdy, striedania plodín, poľnohospodárskej praxe a štruktúry poľnohospodárskych podnikov (Nariadenie Rady ES c. 73/2009).

Tvorba vrstvy krajinných prvkov na účely ochrany prostredníctvom Dobrých poľnohospodárskych a environmentálnych podmienok si vyžadovala v prvom kroku ich vymedzenie a definovanie. Predmetom výberu boli krajinné prvky nachádzajúce sa na poľnohospodárskom pôdnom fonde ohrozené intenzívnym poľnohospodárstvom, plniace ekologické, ekostabilizačné a protierózne funkcie v krajine (Gasiorková, Hamlíková, Sviček 2010).

Na základe vyššie uvedených kritérií bolo definovaných päť krajinných prvkov (Metodický pokyn MP SR c. 1304/2010-630): solitér, stromoradie, skupina stromov, mokraď a medza.

Aj z pohľadu expertov Ústavu krajinej ekológie SAV sú tieto a podobné plochy poľnohospodárskej pôdy ktoré sú využívané prevažne nepoľnohospodársky dôležité a prospešné z viacerých dôvodov, napr. Moyzeová a Dobrovodská (2010) konštatujú, že „Historické štruktúry poľnohospodárskej krajiny“ Slovenska tvoria pásové oráčiny striedajúce sa s lúkami a pasienkami na bývalých poliach, preklenuté medzami, miestami zarastenými šípkami, trnkami a divými čerešňami, kolíkové vinohrady so zvyškami kamenných múrikov a rún a vysokokmenné sady a i. V mnohých takýchto územiach sa na poľnohospodárske práce

doteraz používajú kone a tradičné nástroje. Neopakovateľný ráz krajiny dotvárajú studničky, senníky, tradičné drevenice so šindľovou strechou, zemiakové pivničky, drevené maľované kríže a zachované tradície ľudovej tvorby. Mnohé z prvkov týchto vysokodiverzných štruktúr tvoria ostrovy druhovo bohatých rastlinných a živočíšnych spoločenstiev. Sú to územia, ktoré sú dnes i v európskom priestore veľmi zriedkavé a vysoko cenené. Na Slovensku však nemajú zabezpečenú špeciálnu legislatívnu ochranu ani podľa zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, ani podľa iných legislatívnych opatrení a často stoja na okraji záujmu spoločnosti. Existuje preto vážne riziko, že v najbližších rokoch dôjde k ich nenávratnému zániku, a tým aj k strate biodiverzity viazanej na tieto špecifické biotopy. Sú ohrozené predovšetkým v dôsledku opúšťania a následnej rýchlo postupujúcej sukcesie lesa, ako aj tlakom investičnej výstavby, nadmerným rozvojom cestovného ruchu, ale aj nevhodným obhospodarovaním krajiny. Ochrana takýchto typov krajiny, podpora ich prirodzeného vývoja a zachovanie ich typického rázu, ktorý dokumentuje a vytvára identitu územia, je cieľom aj Európskeho dohovoru o krajine. Poľnohospodárska pôda je ohrozená opúšťaním a následnej rýchlo postupujúcej sukcesie lesa, ako aj tlakom investičnej výstavby, nadmerným rozvojom cestovného ruchu, ale aj nevhodným obhospodarovaním krajiny.

Ochrana takýchto typov krajiny, podpora ich prirodzeného vývoja a zachovanie ich typického rázu, ktorý dokumentuje a vytvára identitu územia, je cieľom aj Európskeho dohovoru o krajine.

Z uvedeného je zrejme, že medzi vymedzením a definovaním krajinných prvkov ako ich definoval VÚPOP a ako sú chápané „Historické štruktúry poľnohospodárskej krajiny“ existujú rozdiely, no zásadne prevažujú spoločné charakteristiky, dotýkajúce sa tak možných plôch EFA v rámci reformy SPP, či už ide o krajinné prvky, starostlivosti o TTP a zabránenie ich spustnutia a v dôsledku drobnej štruktúry prvkov aj k diverzifikácii plodín.

Podobne sa úzko súvisiacou a príbuznou a extrémne závažnou problematikou ako je pustnutie krajiny Slovenska zaoberajú iní autori a pracovníci. Prof. Midriak (Midriak a kol. 2011) považuje pustnutie krajiny ako fenomén, ktorý výrazne vystupuje v našej krajine ako novodobý spoločensko-krajinoekologický problém sukcesie – zarastania opúšťaných, resp. neobhospodarovaných poľnohospodárskych pozemkov, a tým pustnutia našej kultúrnej poľnohospodárskej krajiny, zjavný najmä (ale nie len) v ostatných 20 rokoch.

V prípade tohto pustnutia môžeme konštatovať, že ide o problém **nevyužívania krajiny** veľkého rozsahu, približne na ploche **17,5 % - 18,6 %** z výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska podľa stavu v roku 2009 (2 423 478 ha). Rozdiel medzi výmerou poľnohospodárskej pôdy, evidovanou v LPIS, a evidovanou v rámci ÚGKK k 1. 1. 2009 (podľa údajov ÚGKK). Najväčší rozdiel je v kategórii trvalých trávnych porastov (až cca 340 000 ha). Ich využitie a manažment nie sú zatiaľ vyriešené. Ide o plochy porastené rozličnými sukcesnými štádiami - nelesnou stromovou a krovinnou vegetáciou až lesom, ktorý je v lesníckej terminológii označovaný aj ako tzv. *biele plochy*.

Po roku 1990 (so zmenou vlastníckych vzťahov) dochádza k samovoľnému zarastaniu lúk a pasienkov nelesnou stromovou a krovinnou vegetáciou. V dôsledku toho je reálna výmera TTP oveľa nižšia. Na celkovom znižovaní výmer jednotlivých kategórií poľnohospodárskej pôdy (orná pôda, chmeľnice, vinice, sady) má podiel aj vstup Slovenska do EÚ a uplatňovanie Spoločnej poľnohospodárskej politiky, prostredníctvom nerovnakých podmienok pre EÚ 15 a EÚ 12.

Opúšťanie využívania lúk a pasienkov je spojené s transformáciou na trhovú ekonomiku a s nedostatkom finančných zdrojov. Sú dôsledkom zmien lokálnej a globálnej ekonomiky, ako aj zmien spoločenských a politických podmienok a depopulácie vidieckych oblastí. *Novodobo pustnúca kultúrna poľnohospodárska krajina - KPK* javí známky absencie krajinného konceptu, chápaného ako vyjadrenie zásad, stratégií, umožňujúcich prijatie opatrení zameraných na starostlivosť o krajinu a absencie manažmentu krajiny, ktorý má z hľadiska

perspektívy udržateľného rozvoja zabezpečiť pravidelnú starostlivosť o krajinu, s cieľom usmerňovať a zosúladiť zmeny spôsobené činnosťou človeka. Podobné analýzy príčin a súčasného stavu zarastania marginálnych trvalých trávnych porastov na príklade CHKÚ Poľany uvádza vo svojej práci Gallyayová (2008).

Podľa analýz údajov z Corine Land Cover z rokov 1990 a 2006 došlo na Slovensku za uvedené obdobie k zmene využívania zeme/plochy na výmere 265 335 ha (5,4 %), pričom v roku 2006 bolo v rozličnom štádiu sekundárnej sukcesie necelých 18 % pôvodne poľnohospodársky využívaných plôch.

Spomedzi *makroforiem výskytu pustnutia* KPK na Slovensku vyčleňuje ako samostatné kategórie predovšetkým *les* na poľnohospodárskej pôde, *riedky les* (riedkolesie), *nelesnú stromovú a krovitú vegetáciu v podobe pásov* (línii) (v podstate krajinné prvky tvorené VÚPOP), *fragmentovaný výskyt nelesnej stromovej a krovitej vegetácie* (ako mozaikovú štruktúru krajiny (v podstate tiež krajinné prvky tvorené VÚPOP), pustnúce tzv. *historické prvky a mozaiky* (úzkopásové polička, terasové vinice, zarastajúce valy vyzbieraného kamienia, krajina s rozptýleným osídlením - kopanice, lazy a pod. zrejme totožné s „Historickými štruktúrami poľnohospodárskej krajiny“) a pustnúcu pôdu zaradenú v LPIS.

- Plochy typu „*riedky les*“ je potrebné posúdiť individuálne, kvôli špecifickým podmienkam lokality na úrovni gravitačného celku – povodia. Pritom sa zohľadnia prírodné ohrozenia, ako je vodná a veterná erózia, sucho, ohrozenie povodňami, takisto obmedzenia z platnej legislatívy (Zákon o ochrane prírody, NATURA 2000, platné implementované európske smernice ap.), ako aj potreby regionálneho rozvoja.

- Veľmi významné je *cielené (nie samovoľné) zvyšovanie podielu nelesnej stromovej a krovitej vegetácie*, a to tak z hľadiska zabezpečenia priestorovej ekologickej stability poľnohospodárskej krajiny, ako aj z hľadiska zvýšenia jej retenčnej kapacity a protieróznej ochrany pôdy i ochrany pred povodňami (napr. brehové porasty, biokoridory, vetrolamy, protideflačné pásy, zasakovacie pásy ap.) (Midriak a kol. 2011).

V rámci krajinných prvkov v SR je snaha sa vyhnúť ich tvorbe v rámci TTP, nakoľko je problematické určiť prevažne len na podklade digitálnej ortofotomapy či sa jedná o hodnotný krajinný prvok, alebo len o nežiaduci nálet, z tohto dôvodu existujú v súčasnosti krajinné prvky len v rámci orných pôd registrovaných v LPIS.

Je potrebné vyvinúť snahu, aby sa podpora EÚ na *zalesňovanie nevhodných poľnohospodárskych pozemkov* vzťahovala aj na už existujúce lesy na nelesných pozemkoch (Šmelko a Šebeň 2009).

Databáza biotopov historických štruktúr poľnohospodárskej krajiny Slovenska sa vytvára kombináciou vizuálnej interpretácie leteckých snímok v 1 km² v sieti vytvorenej v Google Earth a terénneho výskumu reprezentatívneho počtu polygónov pre jednotlivé prírodnosídlné spádové regióny Slovenska. Štatistickým spracovaním získanej databázy sa dosiahne typizácia biotopov historických štruktúr poľnohospodárskej (Moyzeová a Dobrovodská 2010).

Interpretáciou údajov DPZ a využitím údajov GIS, DTM a terénneho overovania bol vytvorený LPIS a taktiež vrstvy GAEC, ako krajinné prvky, ochranné pásma pozdĺž vodných tokov a terás.

Údaje DPZ, či sa jedná o letecké digitálne ortofotomapy, alebo satelitné obrazové záznamy sú najefektívnejším, objektívnym a operatívnym v priestore a čase nástrojom na mapovanie a detekciu zmien objektov a javov v krajine

Krajinná pokrývka a jej zmeny sa na celoeurópskej úrovni identifikujú v rámci projektu CORINE Land Cover, Slovensko sa do projektu zapojilo v roku 1992 a výsledky sa získavajú interpretáciou satelitných obrazových záznamov v spolupráci Geografického ústavu SAV a Slovenskej agentúry životného prostredia SAŽP. Okrem vyššie uvedených prednostiach

mapovania zmien aj v poľnohospodárskej krajine, potvrdzujú výsledky interpretácie za roky 1990 až 2006 okrem procesu urbanizácie, zmeny poľnohospodárskej krajiny na urbanizované plochy významný proces marginalizácie odľahlejších TTP, predovšetkým triedy CORINE Trávne porasty – 231 a 243 – Prevažne poľnohospodárske areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie na triedy Lesa, predovšetkým na triedu 324 – Prechodné lesokroviny (Feranec a kol. 2010, Feranec, Oľahel' 2008, Feranec, Nováček, Oľahel', Kopecká 2008). Podobné trendy v rôznych geografických typoch krajiny SR (nížinnej, pahorkatinovej, kotliny a horskej) využitím tried CORINE Land Cover zistil SVIČEK, M., (2000) detekciou zmien krajinnnej pokrývky analógovou interpretáciou čierno- bielych leteckých snímok z troch časových horizontov (1949, 80-te roky, po zmene politického systému). To znamená predovšetkým procesy urbanizácie, opúšťania a zarastania TTP ako aj opúšťanie sádov a vinogradov. Tieto konštatovania podporujú zistenia vyššie v texte uvedených autorov.

Interpretáciou satelitných údajov s vysokým priestorovým, spektrálnym a temporálnym rozlíšením sa identifikuje krajinná pokrývka, plochy a využitie v rámci Kontrol metódou DPZ, resp. počas monitorovania vývoja poľnohospodárskej vegetácie a jej produkcie (Feranec, Sviček, Nováková 2010). Počas aktualizácie LPIS kde sa v súčasnej dobe používajú na identifikáciu poľnohospodárskej plochy už ortofotmapy zo štvrtého cyklu obnovy (2002 – 2003, 2005- 2006- 2007, 2008- 2009- 2010 a súčasne prebiehajúci cyklus 2011- 2012 - 2013). Sa potvrdzujú trendy stáleho pomalého úbytku poľ. pôdy no predovšetkým TTP zarastaním – pustnutím TTP. Každoročne je to badateľné aj na výsledkoch Kontroly metódou DPZ vo v horských a podhorských oblastiach, ktoré sa považujú momentálne za najrizikovejšie ohľadom neoprávneného poberania subvencií z EÚ.

V rámci diskusie uvádzam realistický názor jedného z popredných expertov v rámci ekonomiky poľnohospodárstva s ohľadom na mechanizmy EÚ: Návrh na „ozelenenie“ priamych platieb, hovorí o povinnom viazaní 30 percent zdrojov z národnej obálky na splnenie troch podmienok s environmentálnym dosahom. Kritiku si vyslúžilo aj navrhované povinné odloženie 7 percent pôdy na environmentálne prospešné využitie, ako sú krajinné prvky, terasy, úhor, zalesnenie, nárazníkové pásy. „Myslím si, že hrozba straty produkčnej plochy s tým spojená nie je až taká vážna. Treba si totiž uvedomiť, že ak sa nariadenie prijme, bude treba prekresliť LPIS mapy, a to aj vzhľadom na definíciu oprávnenej plochy (čl. 25). Na Slovensku je pritom dostatok poľnohospodárskej pôdy spĺňajúcej kritéria ekologicky prospešného vplyvu (ecological focus area), ktoré doteraz, pri striktnom vymedzení oprávnenia na podporu, pravdepodobne neboli v LPIS zohľadnené,“ hovorí G. Blaas.

Plochy ktoré boli vynímané počas tvorby LPIS a jeho aktualizácie z tzv. spôsobilej plochy, ako medze, stromoradia atď. sa v súčasnosti stávajú veľmi zaujímavé pre poľnohospodárov, ako aj pre štát ako taký. V LPIS totiž mohli byť registrované len pôdy využívané poľnohospodársky k 30.6. 2003, tento dátum predstavuje takzvané referenčné obdobie.

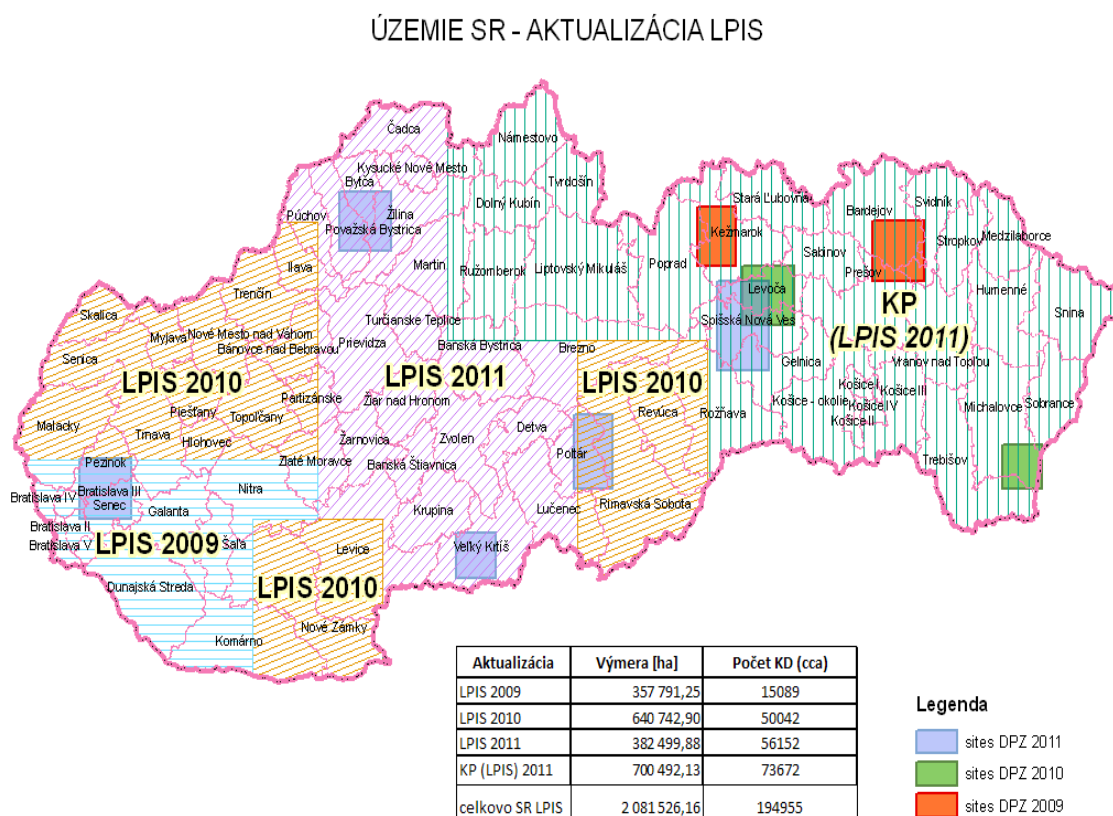
V rámci tvorby vrstiev GAEC sa na VÚPOP počas rokov 2009 až 2011 zadefinovali a vytvorili GIS vrstvy krajinných prvkov a nárazníkových pásov okolo vodných tokov, ktoré budú veľmi dôležité z pohľadu reformy SPP a zavedenia plôch ekologicky prospešného vplyvu – EFA.

Predpokladom vytvorenia týchto vrstiev bolo ich vyšpecifikovanie, odsúhlasenie tejto špecifikácie národnou administratívou –riadiacim orgánom – MPRV SR. Zadefinovanie a tiež metodické postupy ich tvorby boli konzultované nielen s MPRV SR, PPA, ale tiež s Ministerstvom životného prostredia - MŽP SR a jej organizáciami, ústavmi Slovenskej akadémie vied - SAV. Boli konzultované aj s EK a inými členskými krajinami EÚ – Dánskom, Švédskom, Talianskom, Luxemburskom, Nemeckom, Holandskom, Francúzskom, Rumunskom, Litvou, Českou rep., Slovinskom, Maďarskom, atď.

Na základe konkrétnych metodických špecifikácií vznikli geografické vrstvy krajinných prvkov ktoré majú výmeru 4 306,85 ha a ich počet je celkovo 26 360 (zadefinovaných a schválených päť typov krajinných prvkov v SR - stromoradie, skupina stromov, medza, mokrad', solitér).

Podobným postupom vznikla GIS vrstva nárazníkových pásov okolo vodných tokov s výmerou 39 429,39 ha a celkovým počtom plôch 5 050.

Vytvorila sa taktiež vrstva terás, vychádzajúc s požiadaviek súčasných GAEC len vo vinohradoch, po jej doplnení o terasy v ovocných sadoch a na ornej pôde by sa mohla začleniť do EFA, nakoľko terasy uvádza Európska komisia EK ako možné plochy EFA.



Obr. 1. Stav aktualizácie registra LPIS na podklade digitálnych ortofotomáp a výsledkov kontrol metódou DPZ v roku 2012

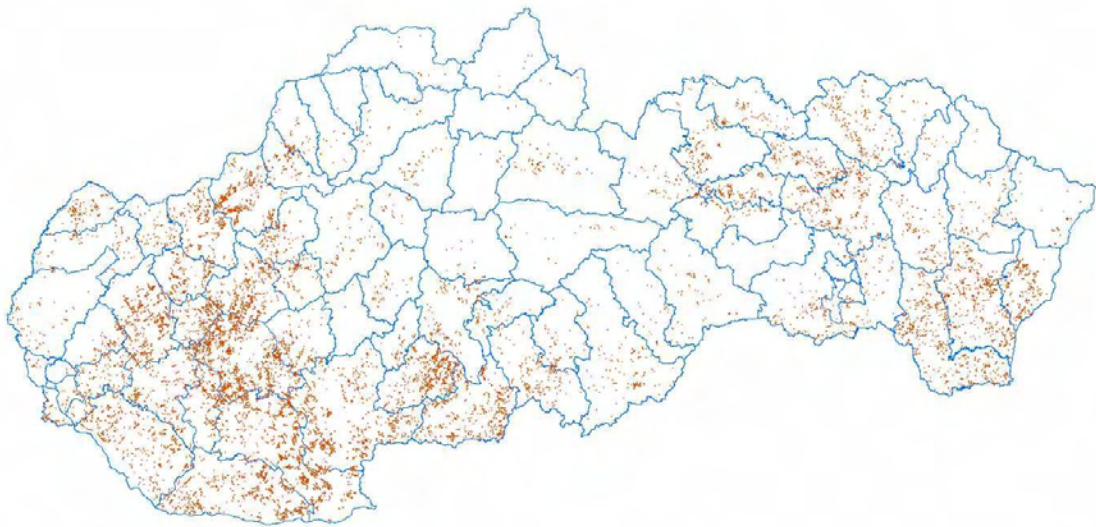
Ďalšie opatrenie ozelenenia-greening a to diverzifikácia plodín- striedanie plodín, ktoré bude požadovať od farmára väčšiu rozmanitosť pestovania plodín, najmenej troch a ich percentuálne limity, ako je maximálne a minimálne zastúpenie na ornej pôde nevyžaduje zatiaľ podľa doterajších informácií špecifické úpravy LPIS. Dôvodom je skutočnosť, že farmár deklaruje konkrétne plodiny na konkrétne referenčné parcely LPIS, v prípade SR sú to kultúrne diely - KD LPIS a tieto informácie sú uvedené v žiadosti a registrované v systéme IACS. Overované sú tiež pri kontrolách či už klasickým spôsobom KNM, alebo na podklade satelitných obrazových záznamov počas kontroly metódou DPZ.

Tretie opatrenie ozelenenia – greeningu, teda zadefinovanie spôsobilosti TTP a ich udržiavanie ovplyvňuje LPIS. Doteraz pomerne vážna špecifikácia spôsobilosti spôsobuje fakt, že sa často rovnako posudzujú intenzívne využívané TTP rovnako ako veľmi extenzívne využívané TTP prevažne sa jedná o pasienky. Niektoré plochy príliš zarastené krovínami a stromami sa budú musieť dôrazne vylúčiť ako nespôsobilé, čo sa z veľkej miere deje aj

teraz. Pre plochy TTP s rozptýlenými kríkmi a stromami, pod ktorými je možné spásať niektoré krajiny zaviedli redukčný koeficient (niekedy označovaný aj tarra systém), na základe ktorého sa neregistruje celá plocha referenčnej parcely, ale len jej podiel prepočítaný, znížený percentuálnym koeficientom.

Existuje však extrémne riziko, že keď sa tieto zarastené TTP úplne vylúčia zo subvencii EÚ, či na TTP s rozptýlenými kríkmi a stromami sa zavedie redukčný koeficient nastane takto ich už absolútne opustenie a situácia s pustnutím kultúrnej poľnohospodárskej krajiny sa výrazne zhorší.

Rôzne krajiny majú rôzne odstupňovanie kategórií redukčného koeficientu. Aj v SR sa vykonali zatiaľ len prípravné fázy počas ktorých sa zisťovali plochy TTP na ktorých by sa dali realizovať tieto opatrenia, ďalší postup je v štádiu skúmania, kým sa administratíva rozhodne či vôbec a akým spôsobom sa bude toto opatrenie realizovať.



Obr. 2. Geografická lokalizácia všetkých schválených typov krajinných prvkov (solitéry, stromoradia, skupiny stromov, medze, mokrade) v rámci SR



Obr. 3. Geografická lokalizácia nárazníkových zón pozdĺž vodných tokov v rámci SR

ZÁVER

Príspevok prezentuje súčasný stav aktualizácie registra poľnohospodárskych blokov LPIS, jeho pripravenosť na blížiacu sa reformu SPP v období 2014- 2020 a základné smerovania reformy SPP. Tiež poukazuje na skutočnosť, že hoci niektoré už vytvorené prvky v GIS možno začleniť do EFA, ďalšie bude ešte potrebné dotvoriť a integrovať do LPIS.

Aktualizácia LPIS od jeho vytvorenia v SR počas rokov 2002 – 2003 je neustály komplexný proces a prebieha na základe rôznych podnetov, najdôležitejším je aktualizácia LPIS na podklade nových digitálnych ortofotomáp.

Z diskusie jednoznačne vyplýva, že za posledné obdobie je jednoznačný trend pustnutia krajiny – zarastania trvalých trávnych porastov. Okrem záberov poľnohospodárskej pôdy urbanizáciou je to obzvlášť nepriaznivý fenomén v rámci krajiny. Kým urbanizáciou sú väčšinou postihované orné pôdy, marginalizácia – zarastanie ohrozujú najmä TTP.

Súčasnú nasmerovanie priamych platieb ani opatrení PRV neprinesli v tomto zmysle pozitívny efekt.

Existuje však aj extrémne riziko, že keď sa tieto zarastené TTP úplne vylúčia zo subvencii EÚ, či na TTP s rozptýlenými kríkmi a stromami sa zavedie redukčný koeficient nastane takto ich už absolútne opustenie a situácia s pustnutím kultúrnej poľnohospodárskej krajiny sa výrazne zhorší. Preto administratíva SR musí tejto problematike venovať enormnú odbornú pozornosť a v tomto zmysle aj reálne aktivity.

Reforma SPP bude mať vplyv na využívanie krajiny a súčasný LPIS sa bude musieť adaptovať a tiež integrovať ďalšie nevyhnutné geograficky lokalizované priestorové informácie.

Z troch prvkov ozelenenia – greeningu najmenší vplyv na LPIS bude mať diverzifikácia plodín a ich striedanie, nakoľko si nevyžaduje špeciálne úpravy, pretože farmári si uvádzajú pestované plodiny na ornej pôde do ich žiadostí na priame platby a tak sa tieto informácie každoročne dostávajú do systému IACS a sú pomerne jednoducho administrované a kontrolované.

Ďalším opatrením je exaktné špecifikovanie spôsobilosti TTP a ich udržiavanie. V SR sú pomerne veľké plochy TTP využívané naozaj krajne extenzívne, časť je opúšťaná a pustne najmä v marginalizovaných oblastiach, podhorských, vzdialených od sídiel. Tento jav veľmi ovplyvňuje fakt rapidného poklesu živočíšnej výroby, najmä polygastrických zvierat.

LPIS bude ovplyvnený učením spôsobilosti TTP, možným vyradením niektorých plôch a tiež existuje možnosť zavedenia redukčného koeficientu na plochách TTP s rozptýlenými kríkmi, stromami, prípadne skaliskami, či na strmých svahoch. Či sa to premietne pozitívne, či ešte viac sa prejavia tendencie pustnutia krajiny, je v súčasnej dobe predpovedať s určitosťou ťažko. Závisieť to bude do veľkej miery od iných podmienok v poľnohospodárstve, veľmi od nového Programu rozvoja vidieka.

Výrazne však ovplyvní zmeny využitia krajiny, krajinnej pokrývky a aj LPIS zavedenie plôch EFA. Tie môžu tvoriť úhory, krajinné prvky, nárazníkové pásy pozdĺž vodných tokov, terasy, zalesnené územia, atď. Počas implementácie GAEC do LPIS sa vytvorili GIS vrstvy krajinných prvkov a nárazníkové pásy pozdĺž vodných tokov, tieto plochy môžu byť zaradené do EFA. Taktiež v rámci GAEC bola vytvorená vrstva terás, ale len vo vinohradoch, tá by sa mohla po rozhodnutí administratívy SR doplniť o terasy v ovocných sadoch a na ornej pôde.

Poľnohospodárska pôda v systéme NATURA 2000 by sa podobne mohla taktiež stať súčasťou EFA, z hľadiska LPIS by to bolo jednoduché nakoľko je integrovaná plne v LPIS.

Záverom možno konštatovať, že boli už vykonané niektoré aktivity ktoré v mnohom z hľadiska ozelenenia – greeningu v rámci reformy SPP boli pozitívne a tieto informácie a vrstvy sa dajú použiť. Na druhej strane sa javí, že napriek pozitívnym krokom a určitej

dopredu vykonanej aktivite, plochy ktoré zatiaľ máme ako možné plochy pre EFA nebudú stačiť, aby sa dosiahol limit minimálne 7 %.

Otázne sú zatiaľ aj nasledujúce aktivity v určení spôsobilosti a zachovania TTP, ktoré následne ovplyvnia systém LPIS.

LITERATÚRA

- MIDRIAK, R. A KOL. 2011. Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska. Univerzita Mateja Bleha Banská Bystrica. 401 p.
- MOYZEOVÁ, M., DOBROVODSKÁ, M. 2010. Historické štruktúry poľnohospodárskej krajiny. In *Enviromagazín : časopis o tvorbe a ochrane životného prostredia*, 2010, roč. 15, č. 6, s. 17. ISSN 1335-1877
- GALLAYOVÁ, Z., 2008. Krajinnoeologická analýza a využitie TTP v CHKO – BR Poľana. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, 107 s. ISBN 978-80-228-1968-8
- GASIORKOVÁ, K., HAMLÍKOVÁ, L., SVIČEK, M. 2010. Tvorba vrstvy GIS krajinných prvkov pre implementáciu a kontrolu „dobrých poľnohospodárskych a environmentálnych podmienok“ Kartografické listy 2010, 18 SAV Bratislava. 18 p.
- FERANEC, J., BUCHA, T., CSAPLÁR, J., HEFTY, J., JURAŠEK, M., KAŇÁK, J., KUDELA, K., MACHKOVÁ, N., SVIČEK, M., VOJTKO, R., SCHOLTZ, P., NOVÁKOVÁ, M., SZŐCISOVÁ, I., RAŠI, R., VLADOVIČ, J., REICHENWALDER, P., ZEMAN, M., FINĐO, S., 2010. Slovensko očami satelitov, VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 264 strán, ISBN 978-80-224-1105-9
- FERANEC, J., OŤAHEL, J., 2008. Land Cover Changes in Slovakia in the Period 1970-2000. In *Geografický časopis : časopis Geografického ústavu Slovenskej akadémie vied*. ISSN 0016-7193, 2008, roč. 60, č. 2, s. 113-128.
- FERANEC, J., NOVÁČEK, J., OŤAHEL, J., KOPECKÁ, M., 2008. Identification and Assessment of Change Concerning Pastures by the 1990-2000 CORINE Land Cover Data in Slovakia. In *Man in the Landscape across frontiers: Landscape and land use change in Central European border regions : CD Proceedings of the IGU/LUCC Central Europe Conference*. - Prague : Charles University, Faculty of Science, 2008. ISBN 978-80-861-80-6, s. 60-68.
- SVIČEK, M., 2000. Detekcia zmien krajinej pokrývky analógovou interpretáciou čierno-bielých leteckých snímok Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, edícia PEDO - DISERTATIONES (*Monografia*), 2000 *VÚPOP*, 113 s.
- MANA, V., BROKL, M., 2006. Katalóg krajinných prvkov Českej republiky. Technická podpora implementácie podmienok dobrého zemeľského a ekologického stavu (GAEC) – zachováni krajinných prvkov. Ekotoxa Opava s.r.o., 91 s.
- METODICKÝ POKYN MP SR C. 1304/2010 – 630 k nariadeniu vlády SR c. 20/2009 Z. z. o podmienkach poskytovania podpory v poľnohospodárstve formou priamych platieb.
- LETTRICH, R., 2011. Reforma SPP = tvrdý boj o peniaze. *Roľnícke noviny*, internetový poľnohospodársky portál, 27. 10. 2011.
- NARIADENIE RADY EURÓPSKEHO SPOLOČENSTVA (ES) č. 73/2009 z 19. januára 2009, ktorým sa ustanovujú spoločné pravidlá režimov podpory pre poľnohospodárov v rámci spoločnej poľnohospodárskej politiky a ktorým sa ustanovujú niektoré režimy podpory pre poľnohospodárov.
- NARIADENIE RADY EURÓPSKEHO SPOLOČENSTVA (ES) č. 1782/2003 z 29. septembra 2003, ktorým sa stanovujú spoločné pravidlá pre režimy priamej podpory v rámci spoločnej poľnohospodárskej politiky a ktorým sa zavádzajú niektoré režimy podpory pre

poľnohospodárov a ktorým sa menia a dopĺňajú nariadenia Európskeho hospodárskeho spoločenstva.

NARIADENIE RADY EURÓPSKEHO SPOLOČENSTVA (ES) č. 1698/2005 z 20. septembra 2005
o podpore rozvoja vidieka prostredníctvom Európskeho poľnohospodárskeho fondu pre
rozvoj vidieka.

ZÁKON O LESOCH č. 326/2005 Z. z. z 23. júna 2005.

ZMENY A VÝVOJ PÔDNEHO FONDU NA SLOVENSKU Z ASPEKTU PUSTNUTIA KRAJINY

Ľubica Zaušková¹, Rudolf Midriak² Vladimír Krajčovič³

¹ Katedra geografie, geológie a krajinnej ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: l.zauskova@seznam.cz

² Inštitút výskumu krajiny a regiónov FPV, Centrum vedy a výskumu, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Cesta na amfiteáter č. 1, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: r.midriak@seznam.cz

³ prof. Ing. Vladimír Krajčovič – Javornícka 8, 974 11 Banská Bystrica

Abstrakt: Zmeny a vývoj pôdneho fondu na Slovensku z aspektu pustnutia krajiny.

Príspevok sa venuje fenoménu pustnutia kultúrnej poľnohospodárskej krajiny prostredníctvom zmien vo vývoji pôdneho fondu počas prvej ČSR a po roku 1945 až doteraz. Počas trvania prvej ČSR bola na Slovensku historicky najväčšia výmera lúk a pasienkov (1 050 118 ha) a ornej pôdy (1 942 770 ha). Nadmerné zaťaženie neúrodných pasienkov zvieratami postupne vyvolalo silnejúcu eróziu pôdy a spustnutie pridelennej pôdy. Týmto sa začala história *spustnutia poľnohospodárskej pôdy*. Od tohto obdobia má výmera poľnohospodárskej pôdy klesajúcu tendenciu a výmera lesnej pôdy (pozemkov) stúpajúcu tendenciu. K najväčšiemu zníženiu výmery poľnohospodárskych pôd došlo v rokoch industrializácie Slovenska (1945 - 1985), kedy ubudlo 307 000 ha. Za roky 1945 - 1985 klesla výmera poľnohospodárskej pôdy na 1 obyvateľa Slovenska na polovicu. V období 1998 - 2006 došlo k celkovému úbytku ornej pôdy až o 49 084 ha, čo je najviac v novodobej histórii Slovenska po jeho vzniku v roku 1993. Najnižšie hodnoty indexu vývoja krajiny (pre TTP, ornú pôdu a poľnohospodársku pôdu) sú v období rokov 1945-1990, kedy došlo k najväčšiemu zníženiu výmery poľnohospodárskej a ornej pôdy. Takisto najvyššia hodnota tohto indexu bola dosiahnutá v tomto období pre lesné pozemky, pri ktorých sa zaznamenal nárast výmery.

Kľúčové slová: poľnohospodárska pôda, pôdny fond, pustnutie, indexy krajiny, Slovensko

Abstract: Changes and development of soil fund in Slovakia from view of land abandonment.

The article discusses the phenomenon of cultural agricultural land abandonment through changes in land development during the first Czechoslovak Republic and after 1945 until now. During the first Czechoslovak Republic in Slovakia was historically the largest grassland area (1 050 118 ha) and arable land (1 942 770 ha). Excessive loading of barren pasture lands by animals gradually rose intensified soil erosion and abandoning of allocated land. This history began derelict farmland. Since that time, the area of agricultural land has declining acreage and forest land (plots) rise. The largest reduction in acreage of agricultural land occurred in during industrialization of Slovakia (1945 - 1985), when there are fewer 307 000 ha. For the years 1945 - 1985 decreased acreage of agricultural land per capita in Slovakia on one half. In the period 1998 - 2006 there was an overall loss of arable land to about 49 084 ha, which is the most in the modern history of Slovakia after its creation in 1993. The lowest index value development of the country (for permanent grassland, arable land and agricultural land) was in the period 1945 -1990, which saw the greatest reduction in the area of agricultural and arable land. Similarly, the highest value of this index has been achieved in this period of forest land, where there has been growth areas.

Keywords: agricultural land, soil fund, abandonment, landscape indexes, Slovakia

ÚVOD

Zmeny v pôdnom fonde odzrkadľujú historický vývoj krajiny z hľadiska politicko - spoločenských a ekonomických zmien. Sú obrazom vzťahu človeka k pôde a naznačujú vyspelosť spoločnosti. Svedčia tak jednak o koristníckom vzťahu k pôde, resp. ku krajine, ako

aj o strate vzťahu k pôde. V 20. storočí sa dramaticky zvýšila rozloha opustenej zeme (pôdy) na celom svete. Objavuje sa **nový fenomén – pustnutie krajiny**, ktoré je spôsobené zanechaním hospodárskeho využívania (tradičného, doterajšieho, predchádzajúceho), nevyužívaním zeme, neobrábaním, keď sa zem ponechá ležať *ladom*.

Po roku 1960 sa v európskych krajinách opúšťajú pôvodne obhospodarované poloprirodzené trávnaté ekosystémy. Príčiny opúšťania majú jednak ekologický a jednak ekonomický charakter (Cramer, Hobbs, Standish, 2008). *Ekologické faktory*, ktoré vedú k opusteniu zeme, zahŕňajú často aj pokles úrodnosti pôdy a produkčnej kapacity v dôsledku *degradácie pôdy*. Takáto degradácia môže byť výsledkom chybného obhospodarovania pôdy nadmerným pasením alebo nevhodným obrábaním, hnojením alebo vypaľovaním. Môže však súvisieť aj s regionálnymi problémami znečistenia, zmenou hydrologických režimov povrchovej alebo podzemnej vody alebo s meniacimi sa klimatickými podmienkami. *Ekonomické faktory*, najmä u nás, sú spojené s transformáciou na trhovú ekonomiku a s nedostatkom finančných zdrojov. Sú dôsledkom zmien lokálnej a globálnej ekonomiky, ako aj zmien spoločenských a politických podmienok a sčasti až vyludňovania vidieckych oblastí.

V Európe v dôsledku zmien tradičného spôsobu obhospodarovania dochádza k degradácii ekosystémov a k zmene diverzity a štruktúry ekosystémov (obr. 1). Ustupujú kľúčové pasienkové druhy, pričom dochádza k invázii agresívnych druhov burín. Dejú sa tak zmeny v ekologických procesoch na úrovni ekosystémov a krajiny. Opustenie sa vníma aj ako ohrozenie biodiverzity, strata špecifických typov ekosystémov, ktoré sú závislé od bežného poľnohospodárskeho obhospodarovania (Eliáš, Zaušková, 2011).

Na Slovensku je tento fenomén výrazne zreteľný najmä po spoločensko – ekonomických zmenách v roku 1989 (Zaušková, Midriak, 2008). V prípade pustnutia kultúrnej poľnohospodárskej krajiny Slovenska môžeme konštatovať, že ide o problém **nevyužívania krajiny** veľkého rozsahu, približne na ploche **17,5 %** (424 tisíc ha - SVIČEK 2009), resp. **18,6 %** (452 tisíc ha - Zaušková, Midriak, 2009) z výmery poľnohospodárskej pôdy Slovenska podľa stavu katastra v roku 2009 (2 423 478 ha).



Obr.1. Sukcesné procesy na LPIS-ových pôdach Východoslovenskej roviny. Foto: L. Zaušková

Cieľom nášho príspevku je poukázať na tento fenomén prostredníctvom zmien a vývoja pôdneho fondu na Slovensku v kontexte historického vývoja, a to od čias prvej Československej republiky (ČSR) až po súčasnosť.

MATERIÁL A METÓDY

Vývoj pôdneho fondu sa sleduje prostredníctvom zmien v jeho štruktúre. Štruktúra vyjadruje výmeru jednotlivých druhov pozemkov, tak ako ich eviduje Úrad geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) Slovenskej republiky. Zmeny sme hodnotili jednak z hľadiska zastúpenia dvoch hlavných kategórií – poľnohospodárskej pôdy a lesnej pôdy a jednak z hľadiska zastúpenia kategórií poľnohospodárskej pôdy (orná pôda, chmeľnice, vinice, záhrady, ovocné sady a trvalé trávne porasty), lebo práve pri nej sa najjasnejšie prejavuje pustnutie kultúrnej poľnohospodárskej krajiny. Vzhľadom k procesu tohto pustnutia pri hodnotení zmien sme sa zamerali najmä na výmeru ornej pôdy a trvalých trávnych porastov.

Zmeny vo výmerách kategórií sa dokumentujú aj prostredníctvom *indexu vývoja krajiny* (I_v) a *indexu celkovej zmeny krajiny* (I_z). Index vývoja hodnotí percentuálny pomer určitej kategórie (resp. formy využitia zeme v rámci krajinej štruktúry) na začiatku a na konci sledovaného obdobia. Tento index je vhodný na sledovanie tendencií v zastúpení jednotlivých foriem využitia zeme počas vývoja v určitom sledovanom období. Ak je výsledná hodnota indexu vyššia ako 1, hodnota znamená relatívne zvýšenie, ak je menšia ako 1, indikuje relatívny pokles (Štěpánek, 1996). Z výsledných hodnôt indexu môžeme dedukovať najvýznamnejšie zmeny v určitom sledovanom období. Výpočet indexu vývoja je nasledovný:

$$I_v = P_z / P_a$$

kde:

I_v – index vývoja

P_z – percentuálne zastúpenie kategórie na konci sledovaného obdobia

P_a – percentuálne zastúpenie kategórie na začiatku sledovaného obdobia

Na vyjadrenie intenzity zmien v území sa použil index celkovej zmeny (Štěpánek, 1996, Riezner, 2007). Tento súhrnný index udáva podiel plôch, na ktorých došlo za sledované obdobie k akejkoľvek zmene. Je vyjadrený vzorcom:

$$ICZ = \frac{\sum_{i=1}^n |P_{i1} - P_{i2}|}{R_1 + R_2} \times 100$$

kde:

P_{i1} - výmera i -tej kategórie-formy využitia zeme na začiatku sledovaného obdobia

P_{i2} - výmera i -tej kategórie-formy využitia zeme na konci sledovaného obdobia

n - počet sledovaných kategórií- foriem využitia zeme

R_1, R_2 – celková rozloha územia za sledované obdobie

Vývoj pôdneho fondu na Slovensku sme hodnotili v období (1920 - 1937) patriaceho do trvania prvej ČSR (1948 - 1938), ako aj po roku 1945 až po súčasnosť. Toto druhé obdobie zahŕňa obdobie kolektivizácie, industrializácie, fungovania jednotných roľníckych družstiev (1945 - 1990), trhovej ekonomiky po roku 1989, transformačné obdobie pred vstupom SR do Európskej únie (1991 - 2004), ako aj obdobie po vstupe Slovenska do EÚ (2005 - 2009), kedy sa začínajú u nás uplatňovať nástroje Spoločnej poľnohospodárskej

politiky (SPP) EÚ. Ďalšie kvantitatívne a kvalitatívne hodnotenie zmien vo využívaní krajiny sa uskutočnilo na základe údajov z *Corine Land Cover (CLC)* z rokov 1990 a 2006 (Gallay, Gallayová, 2011).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zmeny vo vývoji pôdneho fondu v prvej Československej republike

Vychádzajúc z osobitých podmienok Rakúsko - Uhorska, pôda v ňom dlhé stáročia patrila šľachte. Postupne sa však delila na šľachtickú, ktorú šľachta využívala vo vlastnej réžii, a na pôdu poddanskú – urbársku, pridelenú do využívania poddaným za robotu a odvádzanie častí úrody. Svojevoľné rozhodovanie o poddaných a im pridelenej pôde do určitej miery obmedzil tzv. tereziánsky úradný urbár.

Po skončení prvej svetovej vojny a vzniku prvej ČSR v roku 1918 bola snaha vlády riešiť veľmi zlú sociálnu situáciu na vidieku, najmä v horských a podhorských oblastiach, kde bol najzávažnejším problémom nedostatok pasienkov pre udržanie stavov hospodárskych zvierat. Táto snaha sa realizovala na základe §14 zákona ČSR zo dňa 10. decembra 1918 číslo 64 Zb. z., ktorý sa nazýval aj *Šrobárov zákon*. V §1 sa hovorí: „Všetka pôda, ktorá je vhodná pre pastvu hospodárskych zvierat, a ktorá nie je určená a využívaná k iným, z verejného hľadiska užitočnejším účelom, musí byť úplne zariadená a využívaná pre pastvu hospodárskych zvierat.“ Úprava na vykonávanie nariadenia ministra s plnou mocou pre správu Slovenska z 11. apríla 1919 umožnila vykonať tento prídel (tab. 1). Z toho bolo pridelených 68 126 ha pasienkov, z ktorých až 74 % získali obce z Martinskej, Zvolenskej a Liptovskej župy.

Tab. 1. Prehľad pasienkov daných v roku 1922 do úžitku obciam na základe nariadenia č. 68/1919/2944, č. 226/1921, č. 105/1922 i dobrovoľnou výmenou v ha (Mácha, 1925)

Počet obcí	Pridelené celkom (ha)	Z akého majetku		Spôsob prídelu		Druhy pridelených pasienkov			
		zo záberu	nezáberové	úradne	dohodou	trvalé	lesné v lese	jednokosné lúky	iné
657	68 126	45 448	22 678	48 403	19 663	15 176	50 827	1 749	374

Pre župu Gemer – Malohont, sa povolilo premeniť lesy na pasienky vo výmere okolo 7 000 ha. Ďalšie prídelky zo šľachtických veľkostatkov sa uskutočnili v rámci pozemkovej reformy takmer vo všetkých župách v rokoch 1925 – 1929. Podľa týchto orientačných čísel možno konštatovať, že išlo o zmenu vo vlastníctve a využití pozemkov, ktorá patrí v histórii k najväčším v rozsahu i štruktúre pôdneho fondu. V tab. 2 uvádzame ako príklad krajné hodnoty podmienok na získanie prídelu spoločne využívaných pasienkov pre župu Liptov, Zvolen a Gemer.

Tab. 2. Krajné hodnoty podmienok na získavanie prídelu spoločne využívaných pasienkov (Mácha, 1925)

Prídelky v župách	Výmera pasienkov (ha)	Počet zvierat (ks)	Počet zvierat na ha	Počet obyvateľov obcí	Výmera na obyvateľa (ha)	Počet zvierat na obyvateľa
Liptov	60-907	181-1 233	0,99-6,35	243-2 613	0,074-0,506	0,241-0,615
Zvolen	34-455	76-1 415	0,35-5,56	400-5 580	0,024-0,355	0,016-0,369
Gemer	45-143	216-1 075	1,75-17,62	211-4 544	0,060-0,583	0,236-1,023

Všetky tieto ukazovatele rozhodovali o prídelloch konkrétnej výmery pasienkov v každej obci. Osobitné počty zvierat predstavovali dobyčie jednotky (prepočet 1 DJ = 400 kg živej hmotnosti). Súviselo to so spôsobom a účelom hospodárenia po prvej svetovej vojne, kedy roľníci, ale aj ostatné obyvateľstvo vidieka, záviseli na zásobení a príjmoch z vlastnej výroby. Konkrétne rozpätia medzi ukazovateľmi indikujú značnú diferenciáciu pomerov a ťažké životné podmienky vidieka v tých časoch.

Pre udržiavanie a využívanie získaných pozemkov bol dôležitý aj vývoj vlastníckych a užívateľských vzťahov (Bujňák, 1964). Urbárnici i obce dostali pôdu do vlastníctva na základe zákonného článku X/1913 Uhorského ministerstva orby, ktorý stanovil spôsoby využívania, vytvorenia pasienkových spoločenstiev na demokratickom základe, ale aj založenie pasienkového konta z prostriedkov, ktoré dotovali poplatky členov za každý pasiený kus dobytka, oviec, kôz, ošípaných i husí a plat pastiera. Tento systém zostal v platnosti aj po prevzatí pridelených pozemkov a bolo mu venované ešte viac zákonných článkov.

Dôležitým momentom bola aj nedeliteľnosť pôdy každého spoločenstva bez ohľadu na dedičné právo. Dedili sa však podiely práva na pasenie. Okrem toho fenomén spoločných a spoločne využívaných pasienkov mal aj sociálny rozmer, pretože pri celodennom pasení dobytka jedným stálym pastierom mohli členovia obrábať polia, alebo pracovať v inom zamestnaní. To veľmi prispelo k zlepšeniu životných podmienok.



Obr. 2. Silne erodovaná opustená pôda, obrábaná po spádnicí, so sukcesnými štádiami - typicky pustnúa poľnohospodárska krajina v Laboreckej vrchovine. Foto: R. Midriak

Pokiaľ ide o spôsoby udržiavania a obhospodarovania pasienkov, obsahovali podrobné postupy. Dohľad nad plnením všetkých požiadaviek mali pasienkarskí inštruktori, riadení vedením okresných úradov a Povereníctva poľnohospodárstva. Tento systém trval až do času socializácie poľnohospodárstva. Podľa našich skúseností a praxe dával dobré predpoklady na plné využívanie získaného pôdneho fondu. Počiatočné obdobie však nebolo také, ako sa predpokladalo. Pridelené pasienky boli prevažne zanedbané, a tak finančné prostriedky pasienkového konta nestačili na potrebné zväčšenie výmer. *Nadmerné zaťaženie neúrodných pasienkov* zvieratami postupne vyvolalo silnejúcu eróziu pôdy a spustnutie pridelenej pôdy

(obr. 2). Takmer vo všetkých župách podhorských a horských oblastí sa vyskytovali spásané porasty. Možno konštatovať, že **týmto sa začala história spustnutia poľnohospodárskej pôdy.**

Z historického hľadiska je dôležité informovať o oficiálnom pôdnom fonde (MÁCHA, 1925). Výsledky výmer zahŕňajú dva blízke ročníky (1920 a 1922) – tab. 3, ktoré poukázali ešte na dosť veľké „pohyby“ medzi kultúrami. Dali by sa z nich odvodzovať snahy vlády pomôcť prídelom pasienkov, ba i jednokosných lúk.

Tab. 3. Historické výmery druhov pozemkov na Slovensku v roku 1920, 1922 (Mácha, 1925) a v roku 1937 (Jůva et al., 1975)

Druh pozemku	1920		1922		1937	
	ha	%	ha	%	ha	%
Polia (orná pôda)	1 917 897,50	39,14	1 858 511	37,98	1 942 770	39,63
Lúky	444 732,45	9,07	441 914	9,03	433 423	8,84
Pasienky	579 970,09	11,83	608 204	12,43	547 473	11,17
Záhrady	47 795,98	0,97	43 297	0,88	64 153	1,31
Vinice	9518,33	0,19	8 802	0,18	10 999	0,22
Lesy	1 658 635,06	33,85	1 669 200	34,11	1 671 932	34,10
Vodné plochy	13 418,69	0,27	13 007	0,27	2 332 (len rybníky)	0,05
Zastavané a neplodné plochy	229 430,11	4,68	250 654	5,12	229 796*	4,68
Celková výmera	4 901 398,21	100,00	4 893 589	100,00	4 902 878	100,00

Pozn.: *vrátane výmery ostatných plôch

Pokles výmery ornej pôdy v roku 1922 oproti roku 1920 sa dá vysvetliť vplyvom I. svetovej vojny a ťažkého obdobia začiatkov nového štátu. Polia pustli vplyvom sekundárnej sukcesie, ale spustli aj eróziou. Zvýšenie zastavaných plôch za 2 roky o viac ako 20 000 ha je nepravdepodobné (svedčí o tom aj výmera z roku 1937), takže v roku 1922 do kategórie zastavaných a neplodných plôch bolo zrejme zaradené aj časť pustnúcich a spustnutých pôd. Je potrebné upozorniť na to, že **v roku 1922 bola na Slovensku historicky najväčšia výmera lúk a pasienkov (1 050 118 ha).** Do konca trvania prvej ČSR sa zvýšila výmera ornej pôdy oproti roku 1922 o 84 259 ha a **v roku 1937 dosahovala výmera ornej pôdy historické maximum (1 942 770).** Od tohto obdobia nasledovali už len jej úbytky.

Vývoj pôdneho fondu na Slovensku po roku 1945

Z prehľadu v tab. 4 vyplývajú relatívne silné poklesy výmery poľnohospodárskej pôdy (a najmä ornej pôdy) z dôvodov jej veľkých záberov, ale aj jej zalesňovania. K najväčšiemu zníženiu výmery poľnohospodárskych pôd došlo v rokoch industrializácie Slovenska (1945-1985), kedy ubudlo 307 000 ha. Výmera orných pôd sa za uvedené obdobie znížila o 270 000 ha (88 % z celkových úbytkov poľnohospodárskej pôdy). Priemerne ročne ubúdalo 7 675 ha poľnohospodárskej pôdy. V časoch najväčších úbytkov (1960 - 1980) priemerne ročne ubúdalo až 21 000 ha poľnohospodárskej pôdy. Za roky 1945 – 1985 klesla výmera poľnohospodárskej pôdy na 1 obyvateľa na polovicu. Kým v roku 1945 jeden ha poľnohospodárskej pôdy živil 1,23 obyvateľov, v roku 1985 už musel živiť 2,09 obyvateľov.

Ešte výraznejšie úbytky ornej pôdy uvádzajú Jůva et al. (1975). Za oveľa kratšie obdobie (1948 - 1972, teda 24 rokov) vykazujú úbytok ornej pôdy až o 259 431 ha. Do roku 1986

vzrástol tento úbytok až na 419 315 ha, čo je 1,6 x viac ako v porovnateľnom období (1945-1985) uvádza Bielek et al. (2000). Z údajov v práci Jůva et al. (1975) vyplýva, že úbytok ornej pôdy v rokoch 1948 - 1960 (12 rokov) bol až 174 554 ha, čo je historickým maximom za takéto obdobie. V ďalšom 12-ročnom období sa úbytok znížil na polovicu (84 877 ha) a v období 1972 -1986 (14 rokov) sa oproti predchádzajúcemu obdobiu takmer zdvojnásobil (159 884 ha), čím sa opäť priblížil k historickému maximu.

V období rokov 1945 - 1985 podľa Bieleka et al. (2000) vzrástla výmera lesnej pôdy o 236 000 ha a podľa údajov v práci Jůva et al. (1975) v rokoch 1948 -1986 o 287 000 ha. Uvedené údaje ukazujú na nezrovnalosti vo zverejnených výmerách jednotlivých kategórií pôdneho fondu, a to už od čias vzniku prvej ČSR. Tento problém, žiaľ, pretrváva až do dnešných čias.

Tab. 4. Štruktúra pôdneho fondu SR (vybrané kategórie v tisícoch ha) v rokoch 1945 – 1999 (podľa práce BIELEK et al., 2000)

Rok	Poľnohospodárska pôda	(z toho Orná pôda)	Lesná pôda
1945	2 774	1 787	1 720
1950	2 785	1 711	1 723
1955	2 679	1 708	1 801
1960	2 754	1 761	1 785
1965	2 647	1 720	1 843
1970	2 628	1 683	1 850
1975	2 560	1 592	1 868
1980	2 477	1 516	1 912
1985	2 467	1 517	1 956
1990	2 448	1 509	1 989
1995	2 446	1 479	1 992
1999	2 444	1 469	1 998

Po spoločensko-ekonomických zmenách v roku 1989 naďalej pokračuje pokles výmery poľnohospodárskej pôdy (a osobitne ornej pôdy), ale i nárast výmery lesných pozemkov. Za 23 rokov (1986 - 2009) poklesla výmera poľnohospodárskej pôdy o 43 493 ha a výmera ornej pôdy o 95 073 ha. Z tabuľky 5 vyplýva, že k najväčším úbytkom ornej pôdy v tomto období došlo v rokoch 1992 - 1993 (22 707 ha), čo súviselo s rozpadom dovtedy fungujúcich jednotných roľníckych družstiev a s prechodom na trhovú ekonomiku. K ďalšiemu zvýšenému úbytku ornej pôdy o 18 569 ha došlo v rokoch 1999 - 2000. **V období 1998 - 2006 došlo k celkovému úbytku ornej pôdy až o 49 084 ha, čo je najviac v novodobej histórii Slovenska po jeho vzniku v roku 1993.** Transformačné obdobie (ako sa zvykne nazývať etapa pred vstupom do EÚ), prinieslo aj pokles výkupných cien poľnohospodárskych produktov, postupné znižovanie dotácií, čo v konečnom dôsledku vyvolalo zánik časti poľnohospodárskych podnikov a zníženie výmery obhospodarovanej poľnohospodárskej pôdy (Geciková et al., 2008). Proces transformácie v poľnohospodárstve podľa Spišiaka et al. (2005) zahŕňal majetkové reštitúcie (navrátenie majetku pôvodným vlastníkom), transformáciu družstiev a privatizáciu štátnych podnikov, zmenu štruktúry podnikateľských subjektov a zmenu poľnohospodárskej politiky.

Úbytky poľnohospodárskej pôdy najviac ovplyvňuje zalesňovanie, občianska a bytová výstavba, zábery na výstavbu priemyselných parkov, hypermarketov, diaľnic a pod. Zmena politického systému (po roku 1989) bola sprevádzaná podľa Sobockej (2007) zvýšenými požiadavkami na záber aj najkvalitnejšej poľnohospodárskej pôdy. Ochrana pôdy je síce

komplexne riešená zákonom 220/2004 Z.z., avšak z hľadiska záberov pôdy koncepcne nerieši zábery najkvalitnejších pôd pre priemyselné parky, podniky, logistické centrá a pod.

Úbytky ornej pôdy ovplyvňuje predovšetkým jej prechod do trvalých trávnych porastov (TTP). Výmera TTP mala do roku 1990 klesajúcu tendenciu. Oproti roku 1950 poklesla z 1 000 km² na 808 km² v roku 1991, t. j. o 19 % (Zaušková, 2007), a to najmä v dôsledku ich rozorávania s cieľom získať nové produkčné plochy. Po roku 1990 výmera TTP opäť vzrastá až na 879 853 ha v roku 2009. Prevažne išlo o spätnú premenu ornej pôdy, ktorá vznikla po rozoraní TTP, avšak nespĺnila predpokladané očakávania najmä kvôli nízkemu produkčnému potenciálu. Po roku 1990 (so zmenou vlastníckych vzťahov) dochádza k samovoľnému zarastaniu lúk a pasienkov nelesnou stromovou a krovinnou vegetáciou. V dôsledku toho je reálna výmera TTP oveľa nižšia. Aj výmera ďalších kategórií (chmeľnice a vinice, záhrady a sady) v štruktúre pôdneho fondu mala v rokoch 1986 - 2009 klesajúcu tendenciu. Stupeň zornenia za roky 2001 - 2010 poklesol z 59,4 % na 58,6 %, čiže o 0,8 %. Celková výmera pôdneho fondu Slovenska k 1.1.2009 bola 4 903 704 ha. Z toho poľnohospodárska pôda zaberala 2 423 478 ha (49,4 %) a lesná pôda 2 008 257 ha (41,0 %).

Na celkovom znižovaní výmer jednotlivých kategórií poľnohospodárskej pôdy má podiel aj vstup Slovenska do EÚ a uplatňovanie Spoločnej poľnohospodárskej politiky, a to najmä prostredníctvom multifunkčného poľnohospodárstva, ktoré predpokladá možnosť pokračovania v poľnohospodárskom využívaní krajiny bez povinnosti vyrábať a prostredníctvom nerovnakých podmienok pre EÚ 15 a EÚ 12.

Na 1 obyvateľa pripadlo v roku 2010 0,45 ha poľnohospodárskej pôdy (z toho 0,26 ha ornej pôdy) a 0,37 ha lesnej pôdy. Podiel lesnej pôdy vzrástol z 35,1 % (v roku 1945) na 44,3 ± 0,4 % vrátane lesa na nelesných pozemkoch (MPaRV 2010 - ZELENÁ SPRÁVA).

Ďalej detailnejšie uvádzame v tabuľke 5 aj zmeny vo vývoji pôdneho fondu SR medzi rokmi 1986 a 2009 tak, ako sú evidované na Československom úrade geodetickom a kartografickom v Prahe a ÚGKK v Bratislave. Tieto údaje však nezohľadňujú zmeny vyplývajúce z reálneho využívania, resp. nevyužívania krajiny, ktoré nie sú evidované na týchto úradoch. Našou analýzou sme zistili viaceré nezrovnalosti v informačných zdrojoch. Jednak išlo o nezrovnalosti v evidencii a zároveň v reálnom využívaní poľnohospodárskeho pôdneho fondu, v poskytnutých a zverejnených informáciách tým istým správcom databázy, v mapových vrstvách spracovaných v geografických informačných systémoch pre poľnohospodársky pôdny fond a lesný pôdny fond. Zmeny vo využívaní krajiny bez ich evidencie sú príčinou nezrovnalostí v evidencii PPF v rámci ÚGKK. Najvýraznejšie sa to prejavilo v období po spoločensko-ekonomických zmenách v období po roku 1989.

Tab. 5. Štruktúra pôdneho fondu SR (údaje v ha/%) v rokoch 1986 – 2009

Stav ku dňu	Orná pôda	Chmeľnice a vinice	Záhrady a sady	Trvalé trávne porasty	Poľnohospodárska pôda	Lesné pozemky
1.1.1986	1 516 925	43 490	98 676	817 342	2 466 971	1 959 761
ŠT. %	61,48	1,35	4,60	33,13	100 ← → 99,9	79,43 → 100,7
1.1.1987	1 516 441	33 389	98 920	815 483	2 464 233	1 974 866
ŠT. %	61,54	1,35	4,01	33,10	100 ← → 99,8	80,14 → 100,8
1.1.1988	1 513 436	33 417	98 809	816 665	2 462 326	1 975 857
ŠT. %	61,46	1,35	4,01	33,16	100 ← → 100,0	80,24 → 100,0
1.1.1990	1 509 517	33 000	98 000	811 798	2 453 000	1 982 533
ŠT. %	61,53	1,34	3,99	33,09	100 ← → 100,0	80,65 → 100,0
1.1.1991	1 509 465	32 888	97 990	808 291	2 448 634	1 988 989
ŠT. %	61,64	1,34	4,00	33,01	100 ← → 100,0	81,22 → 100,0

1.1.1992	1 508 746	32 650	97 742	809 476	2 448 614	1 989 964
ŠT. %	61,16	1,33	3,99	33,09	100 ←	→ 81,24
1.1.1993	1 486 039	32 232	97 468	831 411	2 447 150	1 991 107
ŠT. %	60,72	1,31	3,98	33,55	100 ←	→ 81,36
1.1.1994	1 482 612	31 527	97 220	834 632	2 445 991	1 991 463
ŠT. %	60,61	1,29	3,97	34,12	100 ←	→ 81,41
1.1.1995	1 483 223	30 990	96 990	834 826	2 446 029	1 991 671
ŠT. %	60,63	1,26	3,96	34,09	100 ←	→ 81,42
1.1.1996	1 479 104	30 640	96 875	839 025	2 445 644	1 992 257
ŠT. %	60,47	1,25	3,96	34,30	100 ←	→ 81,46
1.1.1997	1 475 567	30 359	96 805	841 714	2 444 445	1 993 366
ŠT. %	60,36	1,24	3,96	34,43	100 ←	→ 81,54
1.1.1998	1 478 124	30 068	96 851	845 591	2 450 634	1 996 373
ŠT. %	60,46	1,23	3,95	34,50	100 ←	→ 81,66
1.1.1999	1 469 171	29 408	96 836	848 189	2 443 604	1 998 284
ŠT. %	60,12	1,20	3,96	34,71	100 ←	→ 81,77
1.1.2000	1 450 602	28 862	96 339	856 428	2 443 231	2 001 253
ŠT. %	59,64	1,18	3,96	35,21	100 ←	→ 81,94
1.1.2001	1 450 491	28 514	96 440	865 222	2 440 667	2 002 130
ŠT. %	59,43	1,17	3,95	35,45	100 ←	→ 82,03
1.1.2002	1 441 167	28 017	95 840	874 417	2 439 408	2 002 130
ŠT. %	59,07	1,15	3,93	35,84	100 ←	→ 82,07
1.1.2003	1 433 204	27 654	95 638	881 857	2 438 353	2 002 774
ŠT. %	58,77	1,13	3,92	36,16	100 ←	→ 82,13
1.1.2004	1 430 197	27 873	95 303	883 506	2 436 879	2 004 100
ŠT. %	58,68	1,14	3,91	36,25	100 ←	→ 82,34
1.1.2005	1 430 594	27 902	95 199	881 054	2 434 749	2 004 927
ŠT. %	58,76	1,14	3,91	36,18	100 ←	→ 82,41
1.1.2006	1 429 040	27 845	94 812	881 283	2 432 979	2 005 234
ŠT. %	58,75	1,14	3,89	36,22	100 ←	→ 88,41
1.1.2007	1 427 357	27 848	94 605	880 873	2 430 683	2 006 939
ŠT. %	58,72	1,14	3,89	36,24	100 ←	→ 82,56
1.1.2008	1 425 896	27 773	94 310	880 920	2 428 899	2 007 142
ŠT. %	58,71	1,14	3,88	36,26	100 ←	→ 82,64
1.1.2009	1 421 852	27 778	93 996	879 853	2 423 478	2 008 257
ŠT. %	58,67	1,14	3,88	36,30	100	→ 82,87

pozn.: ŠT % = podiel na štruktúre kultúr a pozemkov, ←→ vzájomný pomer medzi PP a LP

Zdroj: Štatistická ročenka o pôdnom фонде v ČSSR (1988), Čs. úrad geodetický a kartografický Praha. Štatistická ročenka o pôdnom фонде v SR (1995), ÚGKK Bratislava.

(Tabuľka: originál spracoval V. Krajčovič, 2011)

I napriek tomu, že je každý vlastník, alebo nájomca a správca poľnohospodárskej pôdy povinný usporiadať a zosúladiť poľnohospodársky druh pozemku s jeho evidenciou v katastri (zmysle Zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy § 3 písm. d), evidencia druhu pozemku do značnej miery neodpovedá realite. Najviac sa to prejavuje na tzv. ne-LPIS-ových pôdach (rozdiel medzi celkovou výmerou poľnohospodárskej pôdy a pôdou zaradenou do *Land Parcel Identification System* – LPIS).

Rozdiel medzi výmerou poľnohospodárskej pôdy, evidovanou v LPIS, a evidovanou v rámci ÚGKK k 1. 1. 2009 bol až 337 410 ha! Najväčší rozdiel v evidencii v rámci ÚGKK a LPIS bol v kategórii trvalých trávnych porastov (až 335 528 ha). Ich využívanie a manažment nie sú zatiaľ vyriešené. Ide o plochy porastené rozličnými sukcesnými štádiami - nelesnou stromovou a krovinnou vegetáciou až lesom, ktorý je v lesníckej terminológii označovaný ako *biele plochy* (Šmelko, Šebeň, 2009). V našom ponímaní ide o typickú *pustnúcu kultúrnu poľnohospodársku krajinu*.

Podľa Svičeka (2009) v rámci LPIS sa evidovalo len 1 971 489 ha tzv. verifikovanej pôdy, teda pôdy so známym poľnohospodárskym využitím - tej, ktorej využitie farmári počas procesu verifikácie potvrdili, resp. v nasledujúcich rokoch podali na tieto plochy žiadosť o dotácie. Zvyšok (114 580 ha) nebol nikdy evidovaný a kontrolovaný v systéme, a tak môžeme predpokladať, že aj tieto plochy sú z veľkej časti pustnúce. Určite sú tu započítané aj plochy poľnohospodárskej pôdy, ktorú síce farmári obhospodarujú, ale nemajú záujem o zapojenie sa do dotačného procesu (možno práve kvôli nedodržiavaniu obhospodarovania), resp. plochy, pri ktorých farmári neprekračujú podmienku užívania minimálne jedného hektára poľnohospodárskej pôdy. V roku 2009 farmári podali žiadosť na dotácie už len na 1 897 441 ha poľnohospodárskej pôdy.

Druhý zo spomínaných spôsobov vyhodnotenia pustnutia kultúrnej poľnohospodárskej krajiny u nás, ktorý sme použili, bola analýza údajov z máp Corine Land Cover z rokov 1990 a 2006. Podľa tejto analýzy (Gallay, Gallayová, 2011) došlo na Slovensku za uvedené obdobie k zmene využívania zeme/plochy na výmere 265 335 ha (5,4 %). K najväčším patrili zmeny z lesných porastov na prechodné lesokroviny (38 % zo všetkých zmenených plôch). Zmeny s podielom nad 3 % z rozlohy zmenených plôch uvádzame v tab. 6.

Tab. 6. Prehľad najvýraznejších zmien krajinej pokrývky SR za roky 1990 – 2006 (podľa Gallay, Gallayová, 2011)

CLC 1990	CLC 2006	Podiel zo zmenených plôch	Podiel z plochy Slovenska
Ihličnatý les	Prechodné lesokroviny	25 %	1,3 %
Prechodné lesokroviny	Listnatý les	14 %	0,7 %
Listnatý les	Prechodné lesokroviny	9 %	0,5 %
Nezavlažovaná orná pôda	Mozaika polí, lúk a trvalých kultúr	6 %	0,3 %
Prechodné lesokroviny	Zmiešané lesy	6 %	0,3 %
Trávne porasty (lúky, pasienky)	Prechodné lesokroviny	5 %	0,3 %
Zmiešané lesy	Prechodné lesokroviny	4 %	0,2 %
Trávne porasty (lúky, pasienky)	Nezavlažovaná orná pôda	3 %	0,2 %

pozn.: CLC – Corine Land Cover

Najviac zarastajúcim typom krajinej pokrývky zo stavu v roku 1990 sú trávne porasty (lúky, pasienky), ktoré zaberajú necelých 8 % z rozlohy zmenených plôch za roky 1990 až 2006. Na druhom mieste bola kategória prevažne poľnohospodárskych areálov s výrazným podielom prirodzenej vegetácie (3 %). Za nimi nasledovali kategórie ornej pôdy a prirodzených lúk (po 1 %), vinice a mozaika polí, lúk a trvalých kultúr (obe 0 %). Na základe výsledkov z Corine Land Cover bolo v roku 2006 v rozličnom štádiu sekundárnej sukcesie necelých 18 % pôvodne poľnohospodársky využívaných plôch. Touto metódou sa zistil podobný údaj ako uvádza Sviček (2009) a Zaušková, Midriak (2009).

Záverom uvádzame zmeny v pôdnom fonde prostredníctvom indexov krajiny. Indexy v tab. 7 dotvárajú obraz o zmene vo vývoji pôdneho fondu, ktorý je detailne opísaný vyššie. Najnižšie hodnoty indexu vývoja krajiny (pre TTP, ornú pôdu a poľnohospodársku pôdu) sú v období rokov 1945-1990, kedy došlo k najväčšiemu zníženiu výmery poľnohospodárskej a ornej pôdy. Takisto najvyššia hodnota tohto indexu bola dosiahnutá v tomto období pre lesné pozemky, pri ktorých sa zaznamenal nárast výmery. V ostatných obdobiach hodnota

indexu veľmi málo kolíše okolo hodnoty 1,00, čo by poukazovalo na veľmi nepatrné zmeny vo výmerách. Aj hodnota priemerného ročného indexu celkovej zmeny je najvyššia v tomto období (0,83). Indexy síce dotvárajú obraz o využívaní pôdneho fondu, ale v žiadnom prípade nenahrádzajú analýzu, ktorá je uvedená v predchádzajúcom texte.

Tab. 7. Hodnoty indexu vývoja krajiny a indexu celkovej zmeny

	1920-1937	1945-1990	1991-2004	2005-2009
Lúky a pasienky (TTP)	0,96	0,81	1,09	1,0
Orná pôda	1,01	0,84	0,95	0,99
Poľnohosp. pôda	1,00	0,88	1,00	1,00
Lesné pozemky	1,01	1,16	1,01	1,00
Hodnoty indexu celkovej zmeny	0,03	3,75	0,005	0,13
Priemerný ročný index celkovej zmeny	0,002	0,083	0,0004	0,033

ZÁVER

Zmeny v pôdnom fonde je potrebné analyzovať v historickom kontexte so spoločensko-ekonomickými zmenami. Indexové hodnotenie síce dotvára obraz o využívaní pôdneho fondu, ale v žiadnom prípade nenahrádza túto analýzu. V príspevku sa analyzujú zmeny a vývoj pôdneho fondu z aspektu pustnutia krajiny. Tento fenomén, i napriek tomu, že sa najmarkantnejšie prejavil po roku 1989, má svoje počiatky už v prvej ČSR. Problematika pustnutia kultúrnej poľnohospodárskej krajiny je tak teoretickým, ako aj praktickým problémom. Ďalšie utlmovanie poľnohospodárskych aktivít vedie postupne nielen ku strate kultúrneho charakteru vidieckej krajiny, ale aj k prehlbovaniu sociálnych, ekonomických a demografických problémov jednotlivých regiónov.

LITERATÚRA

- BIELEK, P. et al., 2000. Jubilejná správa o pôde Slovenskej republiky a činnosti Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave. VÚPOP Bratislava, 123 s.
- BUJŇÁK, J., 1964. *Vývoj a evidovanie vlastníckeho práva k nehnuteľnostiam na území Slovenska do 1.4.1964*. Krajský úrad Prešov.
- CRAMER, V., HOBBS, R., STANDISH, R., 2008. What's new about old fields ? Land abandonment and ecosystem assembly. In *Trends in ecology and evolution*, 23, 2, p. 104-112.
- GALLAY, I., GALLAYOVÁ, Z., 2011. Identifikácia výskytu pustnutia krajiny na Slovensku v závislosti od prírodných podmienok. In MIDRIAK, R. a kol. 2011: Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska. Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica, s. 262-278.
- GECÍKOVÁ, I. et al., 2008. Aktuálne problémy a otázky rozvoja poľnohospodárstva v podmienkach Slovenskej republiky. SPU v Nitre, Nitra, 190 s.
- ELIÁŠ, P., ZAUŠKOVÁ, E., 2011. Pustnutie krajiny a spoločná poľnohospodárska politika EÚ. In MIDRIAK, R. a kol., 2011: Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska. Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica, s. 245-247.
- JŮVA, K., KLEČKA, A., ZACHAR, D. et al., 1975. Půdní fond ČSSR. (Ochrana, využití a zvelebení). Academia Praha, Veda Bratislava. 480 s.
- MÁCHA, V., 1925. *Pastevnictví na Slovensku*. Praha: Publikace Ministerstva zemědělství, 150 s.

- MORAVČÍK, M. et al. *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2009. ZELENÁ SPRÁVA*. Bratislava: Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, 2010, 102 s.
- RIEZNER, J., 2007. Vývoj využitií pôdy v horním povodí Opavice v letech 1845 – 2003. *Klaudyán*, 4, 2, p. 28-41. Dostupné na: www.klaudyan.cz
- SOBOCKÁ, J., 2007. Pôda ako jeden z prírodných zdrojov poľnohospodárskej produkcie a činiteľ prírodného prostredia v Slovenskej republike. In Midriak, R., Zaušková, Ľ. (eds.): *Súčasný stav a najbližší vývoj pôdneho fondu na Slovensku*. Zbor. refer. z vedec. sympózia, Turčianske Teplice. NLC – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 37 - 42.
- SPIŠIAK, P., KUSEDOVÁ, D., PAVLIČKOVÁ, K. et al., 2005. *Agrorurálne štruktúry Slovenska po roku 1989*. Geo-grafika, Bratislava, 186 s.
- SVIČEK, M., 2009. Expertný systém identifikácie zanedbaných pôd prostredníctvom vlastníckych a užívateľských vzťahov. In Zaušková, Ľ. (ed.): *Pustnutie krajiny - ochrana pôdy - krajinná ekológia*. Zbor. refer. z vedec. seminára pri príležitosti život. jubilea – 70. výročia narodenia prof. Ing. Rudolfa Midriaka, DrSc., 9. 9. 2009 Banská Bystrica. Ústav vedy a výskumu Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, s. 155-162.
- ŠMELKO, Š., ŠEBEŇ, V., 2009. Aktuálne informácie o lese na nelesných pozemkoch podľa NIML SR 2005-2006, metodika ich získania a námety na jej využitie v krajinárstve. In Zaušková, Ľ. (ed.) *Pustnutie krajiny - ochrana pôdy - krajinná ekológia*. Zbor. refer. z vedec. seminára pri príležitosti život. jubilea – 70. výročia narodenia prof. Ing. Rudolfa Midriaka, DrSc., 9.9.2009 Banská Bystrica. Ústav vedy a výskumu Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, s. 163-175.
- ŠTĚPÁNEK, V., 1996. Data o strukture ploch: Jejich spoľehlivosť a vypovedajúci schopnosť. *Geografie – Sborník ČGS*, Vol. 101, No. 1, s. 13-21.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ., 2007. Problémy rozvoja poľnohospodárskej krajiny v Slovenskej republike. In Midriak, R., Zaušková, Ľ. (eds.): *Súčasný stav a najbližší vývoj pôdneho fondu na Slovensku*. Zbor. refer. z vedec. sympózia k 80. výročiu narodenia prof. Ing. Rudolfa Šályho, DrSc., konaného dňa 1. júna 2007 v Turčianskych Tepliciach. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 49 – 53.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ., MIDRIAK, R., 2008. Multifunkčné poľnohospodárstvo ako alternatíva trvalo udržateľného rozvoja poľnohospodárskej krajiny (na príklade slovenskej časti Medzibodrožia). In Izakovičová, Z. (ed): *Smolenická výzva IV. Kultúrna krajina ako objekt výskumu v oblasti trvalo udržateľného rozvoja*. Zbor. z konf., Bratislava, ÚKE SAV, s. 61-67.
- ZAUŠKOVÁ, Ľ., MIDRIAK, R., 2009. Pustnutie krajiny Slovenska – hazard, alebo šanca v hospodárskej kríze? In Blaas, G. (ed.): *Dosahy finančnej a hospodárskej krízy na pôdohospodárstvo – možnosti riešenia*. Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, Zborník 64, Nitra, s.78-85.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná v rámci riešenia projektu APVV-0591-07 Spustnuté pôdy a pustnutie krajiny Slovenska.

PRÍSPEVKY – POSTERY



**PRIESKUM KRAJINNEJ POKRÝVKY A VYUŽITIA KRAJINY
SLOVENSKA V CELOEURÓPSKOM PROJEKTE (LUCAS 2012).
*Štandardizácia prieskumu a nomenklatúry, kódovanie, transport a správa
údajov, kontrola kvality.***

Vladimír Hutár, Michal Sviček, Peter Koleda, Peter Janečka

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail:
v.hutar@vupop.sk, m.svicek@vupop.sk, p.koleda@vupop.sk, p.janecka@vupop.sk*

Abstrakt: Prieskum krajinej pokrývky a využitia krajiny Slovenska v celoeurópskom projekte (LUCAS 2012). Štandardizácia prieskumu a nomenklatúry, kódovanie, transport a správa údajov, kontrola kvality.

Projekt LUCAS (Land Use/Cover Area frame Statistical survey) bol spustený v máji roku 2000 na základe rozhodnutia Európskeho parlamentu a Rady Európskej únie. Eurostat s úzkou spoluprácou Generálneho riaditeľstva pre poľnohospodárstvo (DG Agri) a technickou podporou Spoločného výskumného strediska v Ispre (JRC Ispra) spustili v roku 2001 pilotný projekt LUCAS za účelom testovania integrácie využitia krajiny a krajinej pokrývky Európy s cieľom harmonizovať nomenklatúru a metódy zberu údajov. Slovenská republika participuje na projekte od roku 2006 (2007, 2009, 2012), prostredníctvom Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy.

Kľúčové slová: krajinná pokrývka, využitie krajiny, štandardizácia nomenklatúry, správa údajov

Abstract: Land cover and land use survey of Slovakia in pan-European project Lucas 2012. Standardization of nomenclature and research, coding, transport and management of data quality control.

The LUCAS project was put into operation following the decision of the European Parliament and the Council of the European Union. Eurostat with the close cooperation of Directorate General for Agriculture and Rural Development (DG AGRI), technical support of Joint Research Centre (JRC) started pilot project LUCAS in the year 2001. The main aim was testing of LUCAS methodology integration on the basis of the nomenclature harmonization and standardization. Slovak republic participate on the project Lucas since 2006 (2007, 2009, 2012) by Soil Science and Conservation Research Institute.

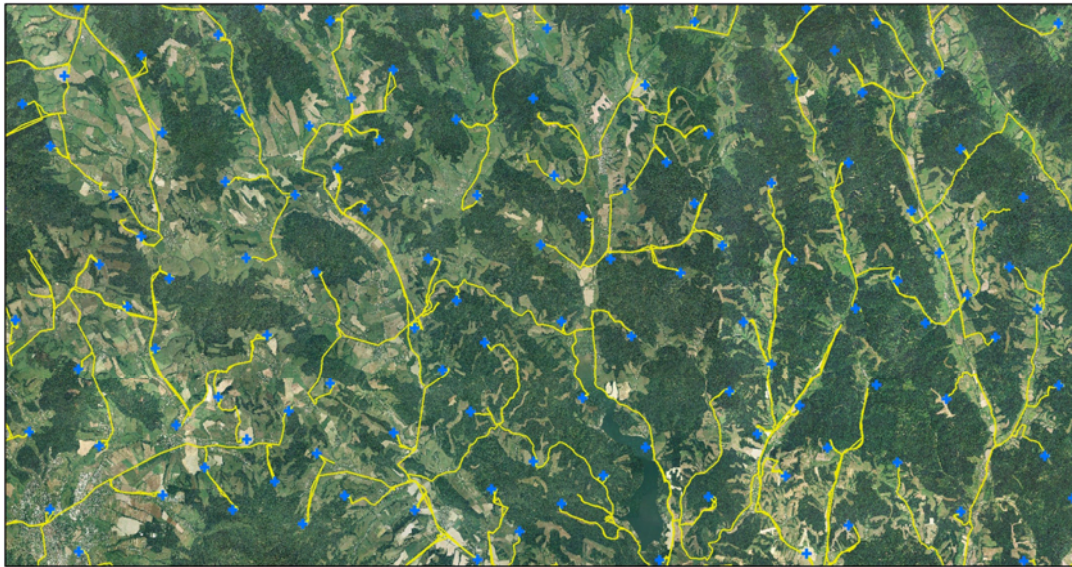
Keywords: land cover, land use, nomenclature standardization, data management

ÚVOD

Krajinná pokrývka (Land Cover) a využitie krajiny (Land Use) je výsledkom postupných zmien pôvodnej prírodnej krajiny pod vplyvom človeka. Spôsob využívania územia, kultivácia poľných a lesných častí, vytváranie nových urbanizovaných a technizovaných prvkov určili ráz súčasnej krajiny a sú veľmi dobrým indikátorom súčasného stavu využívania krajiny (Feranec, O'ahel, 2001).

Prieskum využitia krajiny a krajinej pokrývky LUCAS je projekt navrhnutý pre zber (obr. 1) poľnohospodárskych a enviromentálnych údajov prostredníctvom pozemného pozorovania s použitím prístrojov navigačných satelitných systémov GPS a fotografovania známych georeferencovaných bodov. Súčasťou prieskumu je aj záznam definovaných lineárnych elementov a krajinej pokrývky pozdĺž 250m dlhého transektu smerom na východ. Základ fotodokumentácie predstavuje fotografický záznam krajiny v smere štyroch svetových strán, fotografie bodu, reprezentatívnej plodiny, hydromeliorácií a koniec transektu v smere georeferencovaného bodu.

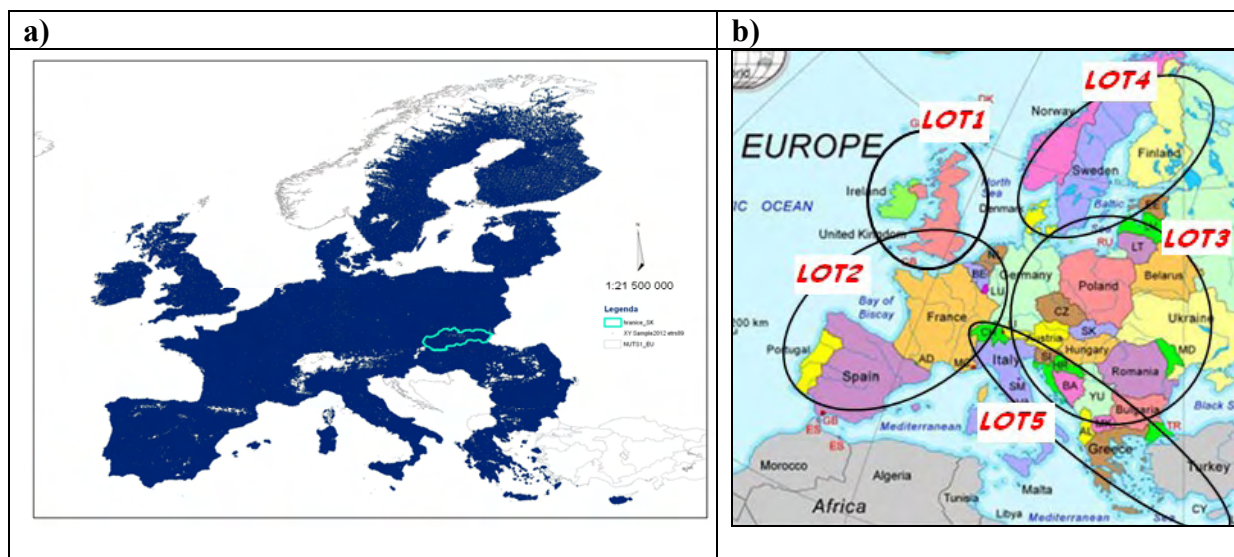
Údaje získané z projektu LUCAS sú využívané na štatistické hodnotenie krajiny pokrývky a využitia krajiny na európskej úrovni (publikované v štatistických ročenkách Articles in Eurostat Yearbook, Agricultural Pocketbook, Eurobase a iných), monitorovanie agro – environmentálnych zmien a ako východiskové pozemné pozorovania pri aktivitách spojených s diaľkovým prieskumom Zeme (napr. CORINE Land Cover, projekty GMES globálneho monitoringu životného prostredia a bezpečnosti a i.). Takto harmonizované výsledky zberu údajov o krajine ponúkajú možnosti vytvárať štatistiky krajiny pokrývky a využitia krajiny. Takisto je možné použiť údaje na výpočet komparatívnych indikátorov fragmentácie, rôznorodosti a dominantnosti štandardizovaných krajinných indexov.



Obr. 1. Ukážka záznamu zberu údajov v teréne (GPS záznam prístupových trás, rozmiestnenie bodov)

Prieskum Lucas 2012 vychádza z referenčného roku 2009 prieskumu krajiny a krajiny pokrývky, keď bolo preskúmaných 492 prieskumníkmi 235 000 bodov v 23 krajinách. Súčasťou prieskumu bol aj odber pôdných vzoriek na selektovaných odberových miestach pre analýzu pôdných vlastností. Pôvodný zámer uskutočniť prieskum až na rok 2013 (z dôvodu dôkladnejšieho využitia údajov, vybudovania centralizovaného IT systému, prehĺbenia spolupráce s členskými krajinami) neuspel a prieskum sa musel uskutočniť už v roku 2012. Všetkých 27 členských krajín bolo začlenených do prieskumu, pričom množstvo údajov pre prieskum predstavovalo 270 389 bodov. Metodológia prieskumu bola zvolená čo najpodobnejšie prieskumu z roku 2009, pričom ale odber pôdných vzoriek sa konal iba v Rumunsku a Bulharsku.

Pre takto rozsiahly prieskum bolo nevyhnutné vybudovať prepojenú hierarchickú štruktúru toku údajov (obr. 3b), kde boli jednotlivé členské krajiny zoskupené do celkov Lot 1 (Spojené kráľovstvo, Írsko), 2 (Belgicko, Francúzsko, Luxembursko, Holandsko, Portugalsko, Španielsko), 3 (Rakúsko, Bulharsko, Česká republika, Slovensko, Estónsko, Nemecko, Maďarsko, Lotyšsko, Litva, Poľsko, Rumunsko), 4 (Dánsko, Fínsko, Švédsko), 5 (Cyprus, Grécko, Taliansko, Malta, Slovinsko) a Lot 6 reprezentujúci technickú podporu a kontrolu kvality. Slovenská republika patrí spolu s ostatnými 11 krajinami do zoskupenia Lot 3 (obr. 2). Uchovávanie, správu a transport (import/export) údajov zabezpečoval nástroj správy údajov (Data Management Tool, DMT) vyvíjaný firmou Siemens (jadro softvéru prebrané od Eurostatu).



Obr. 2. a) Distribúcia bodov prieskumu Lucas 2012 v EÚ, pokrytie 27 členských krajín, b) schematické začlenenie krajín do koordinačných celkov

MATERIÁL A METÓDY

Metodika zberu údajov pozostáva zo súboru štandardizovaných dokumentov (EUROSTAT 2012), ktorých porovnanie aktualizácie a preklad zabezpečuje Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy. Z pomerne rozsiahleho súboru dokumentov a ich príloh treba spomenúť Inštrukcie pre prieskumníkov (technický referenčný dokument C-1), Nomenklatúru využitia krajiny a krajinnéj pokrývky (technický referenčný dokument C-3), Postupy kontroly kvality (technický referenčný dokument C-4) a užívateľská príručka správy údajov (data management tool DMT).

Inštrukcie pre prieskumníkov predstavuje dokument, ktorý poskytuje podrobné informácie pre prieskumníkov potrebné pre zber údajov v teréne. Poukazuje na údaje, ktoré budú sledované a zaznamenané pri terénnom prieskume ako aj správnosť vyplnenie zápisníka. Zápisník predstavuje základ záznamu údajov (technický referenčný dokument C-3), ktorých prepis do digitálnej formy predstavuje spolu s fotografiami a údajmi z globálneho navigačného systému GPS základ správy údajov DMT.

Nomenklatúra a kódovanie

Nomenklatúra využitia krajiny poskytuje podrobné informácie o klasifikačnom systéme krajinnéj pokrývky, pričom má oddelené klasifikačné systémy pre krajinnú pokrývku a využitie krajiny. Krajinná pokrývka je fyzický pokryv zemského povrchu a využitie krajiny je socioekonomickou funkciou krajiny. Uvedená taxonómia je prepojená s existujúcimi systémami (ako napr. Organizácia pre výživu a poľnohospodárstvo – FAO metodika, Štatistická klasifikácia ekonomických aktivít v Európskom spoločenstve – NACE a Prieskum štruktúry fariem). Základ klasifikácie tvorí 8 hlavných tried (tabuľka 1) spolu s podrobnejšími triedami, kódovanými základným trojmiestnym (v prípade lesných typov štvormiestnym) alfanumerickým kódom.

Stručné definície krajinnéj pokrývky v jednotlivých kategóriách sú nasledovné: A00 Umelé plochy – plochy charakterizované umlým a často nepriepustným krytom stavby a vozovky, B00 Poľnohospodárska pôda – plochy využívané na pestovanie poľnohospodárskych plodín, C00 Lesná pôda – plochy pokryté stromami so zápojom korún najmenej 10%, D00 Krovinaté plochy – plochy, na ktorých sú dominantné (>10% povrchu)

kroviny a nízke lesné rastliny, E00 Trvalé trávne porasty – územie pokryté prevažne trávnyimi a bylinnými spoločenstvami, F00 Holá pôda a lišajníky/machy – plochy, na ktorých nie je dominantný vegetačný kryt na najmenej 90% plochy alebo plochy pokryté lišajníkmi. G00 Vodné plochy – pobrežné a vnútrozemské plochy bez vegetácie a pokryté vodou a zaplavené povrchy alebo pravdepodobne zaplavené väčšiu časť roka, H00 Mokrade – sú plochy medzi súšou a vodou. Bližšiu charakteristiku tried prináša technický referenčný dokument C-3 Využitie krajiny a krajinná pokrývka, Nomenklatura (Eurostat 2012). Spôsob prieskumu uvedených tried prináša technický referenčný dokument C-1 Ištrukcie pre prieskumníkov (Eurostat 2012).

Využitie krajiny je opis tých istých plôch s ohľadom na ich socioekonomické funkcie. Využitie krajiny má 14 hlavných kategórií a spolu s podrobnejšími triedami sú kódované základným trojmiestnym alfanumerickým kódom (tabuľka 2).

Tab. 1. Základné členenie a klasifikácia krajinej pokrývky podľa technického referenčného dokumentu C-3 (Eurostat, 2012)

A	B	C	D	E	F	G	H
UMELÉ PLOCHY	POENOHOŠPODÁRSKA PÔDA	LESNÁ PÔDA	KROVINATÉ PLOCHY	TRVALÉ TRÁVNE PORASTY	HOLÁ PÔDA A LIŠAJNÍKY/MACHY	VODNÉ PLOCHY	MOKRADE
A10, A20	B10, B20, B30, B40, B50, B70, B80	C10, C20, C30	D10, D20	E10, E20, E30	F10, F20, F30, F40	G10, G20, G30	H10, H20
A11 A12 A13 A21 A22	B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B21, B22, B23, B31, B32, B33, B34, B35, B36, B37, B41, B42, B43, B44, B45, B50, B51, B52, B53, B54, B55, B70, B72, B73, B74, B75, B76, B77, B81, B82, B83, B84	C21, C22, C23, C31, C32, C33, CXX1, CXX2, CXX3, CXX4, CXX5, CXX6, CXX7, CXX8, CXX9, CXXA, CXXB, CXXC, CXXD, CXXE	bez špecifikácie	bez špecifikácie	bez špecifikácie	bez špecifikácie	H11, H12, H21, H22, H23

Tab. 2. Základné členenie a klasifikácia využitia krajiny podľa technického referenčného dokumentu C-3 (Eurostat, 2012)

U110	POENOHOŠPODÁRSTVO
U120	LESNÉ HOSPODÁRSTVO
U130	AKVAKULTÚRY A RYBÁRSTVO
U140	ŤAŽBA A DOBÝVANIE NERASTNÝCH SUROVÍN
U210	VÝROBA ENERGIE
U220	PRIEMYSELNÁ VÝROBA
U310	DOPRAVA, KOMUNIKÁCIE, SKLADY, OCHRANNÉ DIELA
U320	VODNÉ A ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO
U330	STAVBY
U340	KOMERČNÉ, FINANČNÉ A OBCHODNÉ VYUŽITIE
U350	VEREJNÉ SLUŽBY
U360	REKREÁCIA A ŠPORT
U370	OBYTNÉ ZÓNY
U400	NEVYUŽÍVANÉ A ZANEDBANÉ PLOCHY

Pre správne priradenie využitia krajiny ku krajinej pokrývke existuje matica kombinácií (príloha č.5 C-1 technického referenčného dokumentu), definujúca ich vzájomný vzťah kategóriou i) povolené, ii) zriedkavé iii) nepovolené.

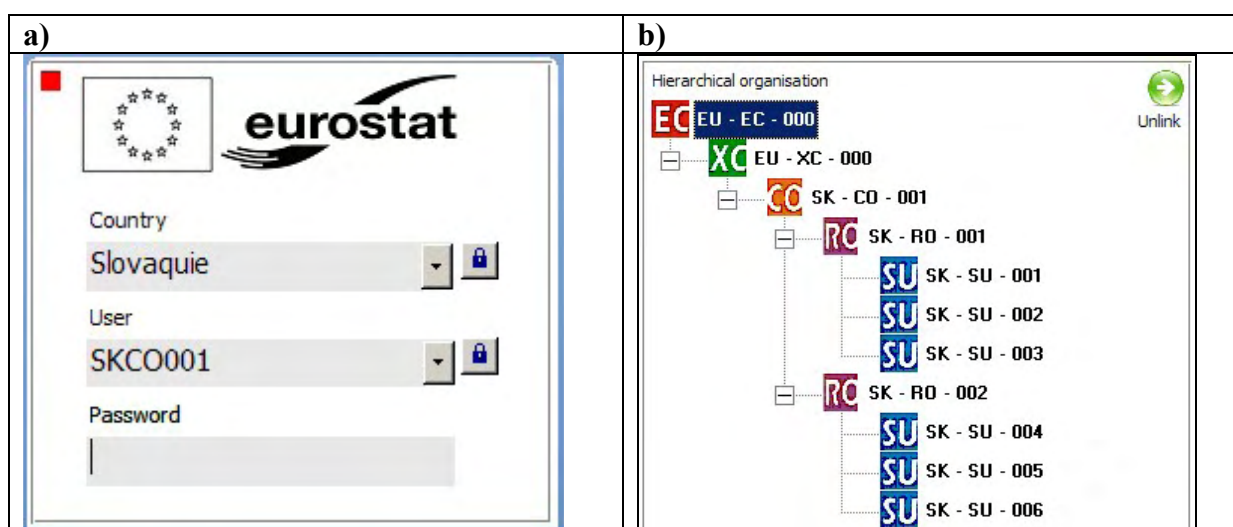
Transport a správa údajov

Ako už bolo spomínané, uchovávanie, správu a transport (import/export) údajov zabezpečoval nástroj správy údajov (DMT). Každá zúčastnená krajina dostala inicializačný súbor pre aktiváciu aplikácie (obr. 3a), pričom organizácia vnútorného členenia prebiehala v dvoch hierarchických úrovniach – regionálnej (RO) a prieskumníckej (SU). Počet zložiek na každej z hierarchickej úrovne závisí od veľkosti krajiny a počte pridelených bodov prieskumu. Samotná zúčastnená krajina predstavovala koordinačnú hierarchickú úroveň CO. Vonkajšie stupne úrovne správy údajov prieskumu krajiny a krajinskej pokrývky Lucas predstavovala úroveň kontroly zabezpečovanou nezávislým kontrolným orgánom Luxspace (XC), pričom najvyššia úroveň hierarchie predstavuje Štatistický úrad Európskych spoločností Eurostat (EC). Údaje prieskumu tvoria štruktúrovanú databázu s prílohami obrazových záznamov a digitálnych záznamov prejdených trás pomocou GPS. Vzhľadom na pomerne veľké množstvo údajov (predovšetkým obrazové záznamy) sú tieto údaje komprimované a pre potrebu ochrany pred neoprávneným prístupom aj šifrované. Ich načítanie umožňuje nástroj DMT oprávnenému užívateľovi so správnym inicializačným prístupovým kódom. Prenos údajov medzi jednotlivými centrami (hierarchickými úrovňami) zabezpečuje štandardný protokol prenosu súborov ftp na internete. Ukážka prerozdelenia a hierarchického členenia v rámci Slovenska prináša obrázok 3b.

Tok údajov predstavuje postupnosť SU-RO-CO-XC-EU, pričom gradient kontroly sa stupňuje s hierarchiou príslušnej úrovne. Zamietnuté body sa z vyššej úrovne spätne vracajú na nižšiu úroveň pre opravu a/alebo doplnenie informácií.

Kontrola kvality

Viacstupňová kontrola kvality tvorená hierarchickým členením využíva podporné prostriedky ako letecké/satelitné obrazové záznamy, fotodokumentáciu z prieskumu, digitálne údaje prieskumu bodu a prechodu transektom zaznamenané prístrojmi GPS. Základom kontroly kvality je súlad zbieraných informácií s popisom a definíciou v príslušných technických referenčných dokumentoch. Ako referenčný rok slúžia údaje z prieskumu 2009, pričom základná fotodokumentácia a informácie v podobe kódov je súčasťou softvéru správy údajov DMT.



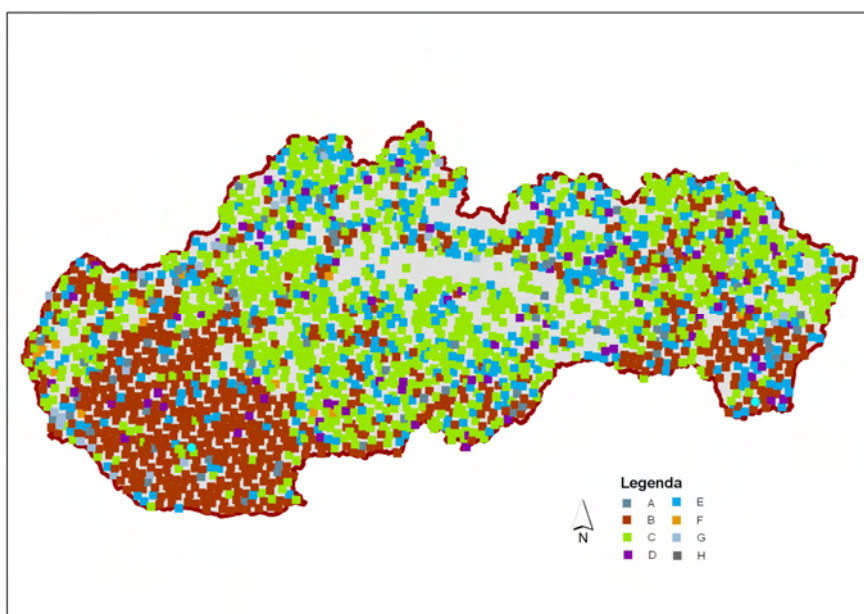
Obr. 3. a) Ukážka vstupu do správy údajov DMT, Slovensko a jej hierarchická organizácia b) v koncepcii Európska únia (EC), Kontrolný orgán (XC), Koordinátor (CO)

Zamietnuté body sú dokumentované systémom štruktúrovaných a voľných poznámok, pričom štruktúrované poznámky zahŕňujú chybové hlásenia popisujúce i) spornú súhrnnú kvalitu, ii) problémy pozorovania, iii) problémy spojené s klasifikáciou krajinej pokrývky, iv) problémy spojené s klasifikáciou využitia krajiny v) problémy s prídavnými informáciami krajinej pokrývky/využitia krajiny, vi) problémy s informáciami o zavlažovaní, vii) problémy s transektom, viii) chýbajúcimi fotografiami, ix) poškodenými fotografiami a x) zlou kvalitou fotografií. Dokumentácia opravy zahŕňa opätovnú návštevu v teréne, technické spracovanie podkladových informácií podľa definovanej špecifikácie a dopĺňaním štruktúrovaných a voľných poznámok.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

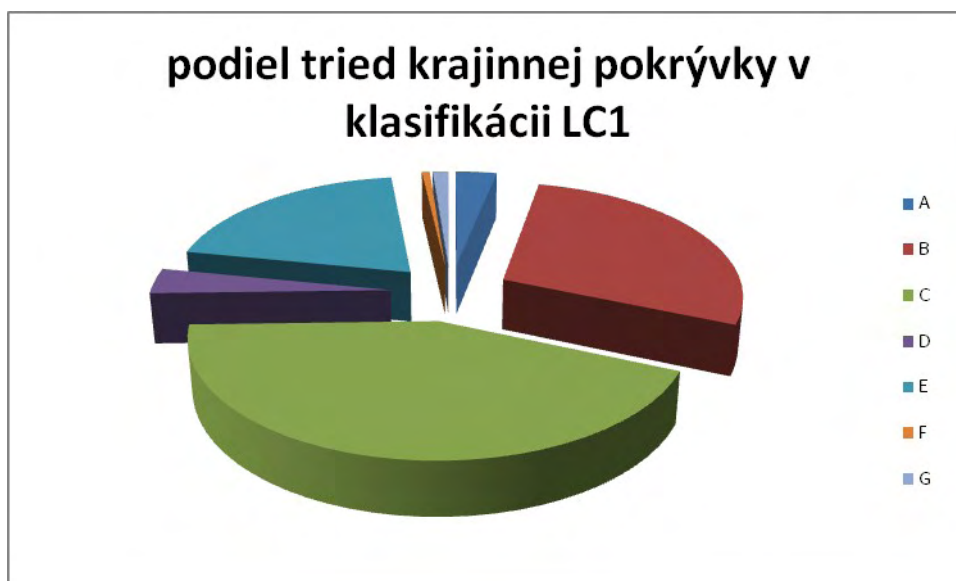
Prieskum krajinej pokrývky a využitia krajiny na Slovensku sa zahájil 23.04.2012, pričom pri počte 2455 vybraných bodov bol priemerný počet pozorovaných bodov 409 na skupinu (6 skupín prieskumníkov s náhradníkmi). Priemerný čas strávený na bode zaznamenávaním údajov bol 27 minút, priemerná vzdialenosť dosiahnutia bodu sa pohybovala od 25 m do 380 m. Progres vykonaných návštev počas trojmesačného obdobia mal lineárny charakter s priemerným počtom 6,5 bodu za deň, pričom limitácia počtu bola spôsobená predovšetkým nepriaznivým počasím, náročným terénom a sprievodnými komplikáciami (problémy s autami, vybavením a pod.).

Priestorové rozdelenie pozorovaných bodov podľa tried krajinej pokrývky zobrazuje obrázok 4. Krajinná pokrývka zodpovedá využitiu krajiny, takže na nížinách dominuje ako krajinná pokrývka orná pôda doplnená najmä zastavanými plochami, miestami menšími lesmi a TTP, v pahorkatinách a pohoriach dominujú ako krajinná pokrývka lesy doplnené TTP a v podhorskej krajine zas najmä TTP s mozaikou ornej pôdy, krovín, lesov a zastavaných plôch.



Obr. 4. Distribúcia tried krajinej pokrývky LC1 na Slovensku

Podiel jednotlivých tried krajinej pokrývky zobrazuje graf č. 1. Najpočetnejšiu triedu tvorí lesná pôda, po nej nasleduje poľnohospodárska pôda a tretou najpočetnejšou triedou boli trvalé trávne porasty. Z ostatných tried krajinej pokrývky boli najpočetnejšie body v krovínach a zastavaných oblastiach.



Graf. 1. Graf klasifikácie krajinej pokrývky (v zmysle klasifikácie Eurostat) LC1 na Slovensku

Vzhľadom na stabilizáciu vzorkovacej schémy a nemennosť bodov od roku 2009 je takisto možné budovať časové rady pre monitorovanie zmeny krajinej pokrývky na vybraných typoch krajinej pokrývky. Napriek odlišnej schémy vzorkovania v roku 2009, 2007 a 2006, je možné tieto zmeny na vybraných bodoch pozorovať už aj teraz.

Ako príklad vyberáme zarastanie vinohradov, kde možno pozorovať nasledovné ukážky zarastania (pustnutia), popisované príslušnými kódmi krajinej pokrývky a využitia krajiny:

a) Trieda hlavnej krajinej pokrývky (2009) - B82: vinohrady, trieda vedľajšej krajinej pokrývky E10: trvalé trávne porasty (TTP) s riedkym stromovitým/krovinatým porastom, využitie U111 poľnohospodárstvo. Trieda hlavnej krajinej pokrývky (2012) - B82: vinohrady, trieda vedľajšej krajinej pokrývky E30: samovoľne rastúca vegetácia, využitie U410 zanedbané (opustené) plochy.

b) Trieda hlavnej krajinej pokrývky (2009) - B82: vinohrady, trieda vedľajšej krajinej pokrývky E30: samovoľne rastúca vegetácia, využitie U410 zanedbané (opustené) plochy. Trieda hlavnej krajinej pokrývky (2012) - B82: vinohrady, trieda vedľajšej krajinej pokrývky D20: krovinaté plochy bez stromovitého porastu, využitie U410 zanedbané (opustené) plochy.

Uvedený príklad popisuje štádia postupného zarastania (zmeny) krajinej pokrývky vplyvom prírodných sukcesných procesov, ktoré v našich klimatických podmienkach smerujú ku konečnému štádiu rastlinného spoločenstva (klimaxu) – lesu. Dominantnú časť zmien krajinej pokrývky tvoria ale predovšetkým náhle zmeny priameho antropogénne vplyvu, akými sú zástavby, odlesnenie, odvodnenie, atď. Nepriame vplyvy antropogénneho charakteru, zasahujúce do hydrologicko/klimatických cyklov a hygienicko/environmentálnych stavov nachádzajú odozvu v zmene krajinej pokrývky postupne, v spolupôsobení s ostatnými činiteľmi, pričom môžu mať spomaľujúci (inhibičný) alebo urýchľujúci (gradačný) účinok.

ZÁVER

Vnímanie krajiny a záujem človeka o krajinu je prirodzený a súvisí s existenčnými potrebami človeka v prostredí. Identifikácia priestorových objektov v krajine a poznávanie ich podstaty poznáme pod pojmom krajinná pokrývka, ktorá predstavuje zhmotnený priemet

prírodných priestorových daností a zároveň súčasného využívania krajiny spoločnosťou (Feranec, Oťahel, 2001).

Príspevok prezentuje priebeh prípravy, zabezpečenia, uskutočňovania a manažovania prieskumu krajinej pokrývky a využitia krajiny na Slovensku v jeho celoeurópskom kontexte. Vo svojej viac ako šesťročnej histórii (a treťom cyklickom opakovaní) predstavuje uvedený projekt už viac-menej rutinný zber georeferencovaných údajov o krajine so zabežanou a osvedčenou metodikou. Napriek uvedeným skutočnostiam je pri každom cykle badať znateľný dôraz na prídavnú hodnotu, ktorá v tomto roku predstavovala požiadavka na vysokú úroveň kvality údajov, fotodokumentácie a sprievodných výstupov (záznam prístupových trás a prieskum transektov, podkladových materiálov, propagácie v médiách a oboznámenie verejnosti o vykonávaní prieskumu).

Výsledky zberu údajov na takto harmonizovanom základe predstavujú rozhodujúcu údajovú bázu pre priestorové a územné hodnotenie, ktorých významnosť pre strategické plánovanie neustále narastá. Zmeny v krajinej pokrývke, definované biofyzikálne atribúty zemského povrchu v priestore a čase, socioekonomické aktivity využívania, zámery a ciele človeka aplikované na tieto atribúty predstavujú kľúčové aspekty fungovania ekologických a environmentálnych systémov. Ich systematický zber a analýza tak umožňuje kontinuálny rozvoj a monitoring krajinných zdrojov na základe overených postupov.

LITERATÚRA

- EUROSTAT 2012. Technický referenčný dokument C-1 Inštrukcie pre prieskumníkov, Všeobecná realizácia , Krajinná pokrývka a využitie, Hydromelioračné sústavy, Transekt, Fotografie. 72p. Prílohy (ANNEX) 2,3,4,5,6,7,8,9,10
- EUROSTAT 2012. Technický referenčný dokument C-3: Využitie krajiny a krajinná pokrývka, Nomenklatúra 83p.
- EUROSTAT 2012. Technický referenčný dokument C-4: Postupy kontroly kvality. 14p.
- EUROSTAT 2012. DMT 2012 – Uživatelská príručka, Siemens. V 8.0. 47p.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J., 2001. Krajinná pokrývka Slovenska (Land cover of Slovakia). Bratislava: Veda, ISBN 80 – 224 -0663 – 5, 124 s.
- HUTÁR, V., 2012. LUCAS 2012, First intermediate report (Slovak republic), VÚPOP Bratislava, 17p.
- OŤAHEL, J., FERANEC, J., CEBECAUER, T., HUSÁR, K., 2003. Mapovanie zmien krajinej pokrývky aplikáciou databázy Corine Land Cover (na príklade okresu Skalica). Kartografické listy 11, s.61-73
- SIGMA – THE BULLETIN OF EUROPEAN STATISTICS, 2010/01. LUCAS-a multipurpose land use survey, dostupné na internete: < http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/LUCAS_%E2%80%94_a_multi-purpose_land_use_survey>
- SZÖCSOVÁ, I., 2006. Land use/cover survey in Slovak republic in 2006. Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy 28, s.116-129

GIS A JEHO VYUŽITIE NA POLOHOVÚ CHARAKTERISTIKU PRI SLEDOVANÍ PROCESU HUMIFIKÁCIE V PÔDE KREMNICKÝCH VRCHOV

Peter Koleda¹, Michal Hudec², Melánia Feszterová²

¹Výskumný Ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10, 827 13
Bratislava, e-mail: p.koleda@vupop.sk

²Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied, Katedra chémie, Trieda A.
Hlinku 1, 949 74 Nitra, e-mail: michal.hudec@ukf.sk, mfeszterova@ukf.sk

Abstrakt: GIS a jeho využitie na polohovú charakteristiku pri sledovaní procesu humifikácie v pôde Kremnických vrchov.

Cieľom príspevku je predstaviť možnosti sledovania procesu humifikácie prostredníctvom využitia geografických informačných systémov (GIS). V práci sme sa zamerali na hodnotenie faktorov ovplyvňujúcich proces humifikácie a tvorby humusu v lokalite Kremnických vrchov. Prírodné možnosti spolu s morfológickými ukazovateľmi reliéfu určujú stanovištné pomery a celkový produkčný faktor jednotlivých druhov pôd. Pomocou GIS môžeme zhodnotiť vlastnosti, umiestnenie a nároky na využitie pôd vo vybraných lokalitách.

Kľúčové slová: humifikácia, pôdotvorné procesy, GIS

Abstract: GIS and its using for positional characterization of tracking humification process in the soil of Kremnicke mountains.

The aim of this paper is to present tracking options of humification process through the use of geographic information systems (GIS). In this work we aimed to evaluate the factors affecting the process of humification and humus formation in the area the Kremnické vrchy Mountains. Natural options along with morphometric indicators of relief determine habitat relationships and overall factor of production of particular soil types. Using GIS, we can evaluate the characteristics, location and requirements for the use of land in the selected locations.

Keywords: humification, soil processes, GIS

ÚVOD

Humifikácia je proces stabilizácie organickej hmoty (Koivula, 2004) a prebieha súčasne s procesom mineralizácie (Šimanský, 2010). Podľa Kögel – Knabnera (2002) sú látky syntetizované rastlinnými a živočíšnymi bunkami v priebehu degradácie mŕtvej organickej hmoty dôležité pri vzniku humusových látok. Krnáčová a iní (2008) definujú humifikáciu ako proces premeny organickej zložky, pri ktorej sú výsledným produktom špecifické humusové látky. Kumada (1987) uvádza, že humifikácia je proces riadený pôdotvornými procesmi ako klímou, materským materiálom, vegetáciou a časom. Ide o premenu čerstvých organických zvyškov biochemického charakteru na humus, a súčasne prebieha aj jeho akumulácia v povrchovej časti pôdnej vrstvy (Zaujec a iní, 2002; Zaujec a iní, 2009). Humifikácia patrí medzi procesy vedúce k sekvestracii pôdneho organického uhlíka (Lal, 2001), ktorý slúži ako zdroj energie pre mikrobiálne procesy, predovšetkým pre dýchanie a ukladanie živín a jeho zmeny sú pôdnymi indikátormi kvality závislé od jeho obsahu (Reeves, 1997). Prostredníctvom zvýšenej sekvestracii uhlíka pri zvýšenom obsahu oxidu uhličitého v atmosfére môže dôjsť k zmierneniu globálnych klimatických zmien (Britaňák a iní, 2007). Geografický informačný systém (GIS) slúži nielen na produkovanie mapových

výstupov ako výsledku pracovného procesu, ale aj na vykonávanie rôznych jednoduchých alebo zložitých analýz (Šimonides, 2004).

Krajina, krajinná sféra obsahuje rôzne komponenty (napr. hydrosféra, atmosféra, pedosféra, socioekonomické sféry a pod.), ktoré navzájom interagujú prostredníctvom výmeny látok a energie. Táto látkovo energetická výmena predstavuje priestorové procesy, ktoré majú kľúčový význam pre pochopenie priestorovej diferenciácie krajiny, jej jednotlivých čiastkových sfér a ich zmien v čase (Rapant, 2002). Prostredníctvom súčasných možnosti analyzovania reliéfu krajiny a prírodných pomerov (geologicko – geomorfologická situácia, klimatické faktory, typologické pomery, pôdne pomery ...) vieme doceliť a zhodnotiť vlastnosti pre celkový potenciál pôd, nároky a trvalo udržateľné využívanie pôd do budúcnosti.

Naším cieľom bolo zistenie zmien obsahu celkového organického uhlíka v procese humifikácie s ohľadom na časovú premenlivosť využitím práve geografického informačného systému.

MATERIÁL A METÓDY

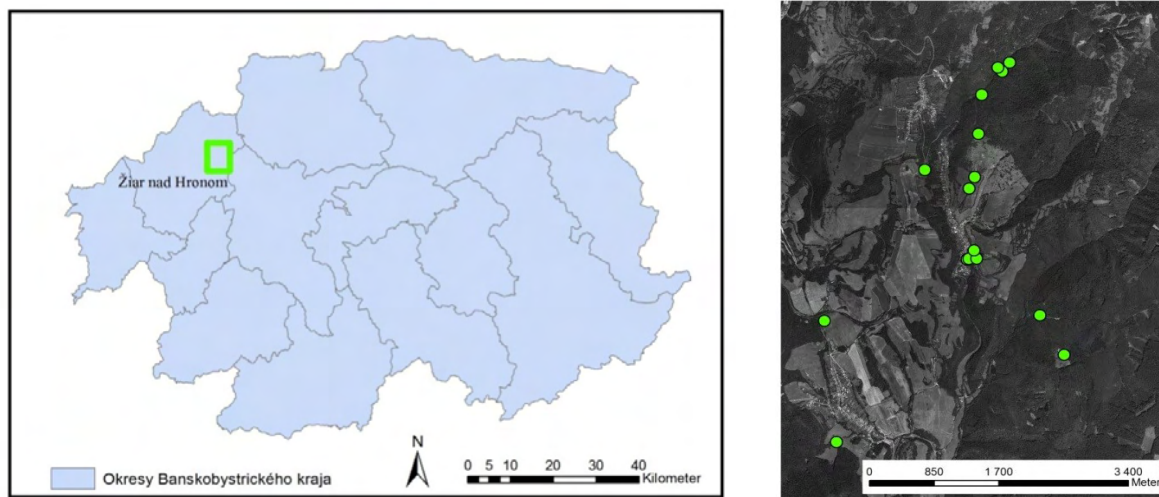
Analyzované pôdne vzorky Kremnických vrchov v okrese Žiar nad Hronom boli odobrané z identifikovaných pôdných horizontov z pôdných profilov, ktoré boli vytvorené metódou otvorených kopaných sond alebo pomocou Edelmanovho pôdneho vrtáku. Odborné miesta sú znázornené na obrázku 1. Analýzy pôdných vzoriek sme uskutočnili v chemickom laboratóriu na FPV UKF v Nitre štandardnými postupmi:

- pôdna reakcia - potenciometricky (Fiala a iní, 1999)
 - aktívna pôdna reakcia ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v H_2O ,
 - výmenná pôdna reakcia (pH_{KCl}) v $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{KCl}$,
- obsah organického uhlíka (C_{ox}) - oxidometricky metódou Ľurina v modifikácii Nikitina (Orlov a Grišina, 1981) a obsah humusu (H_m) sme vypočítali ako $\text{C}_{\text{ox}} \cdot 1,724$.

Polohy miest odberu pôdných vzoriek boli zamerané prístrojom GPS Garmin Colorado 300. Súradnice nameraných bodov boli transformované z WGS 84 do súradnicového systému S – JTSK použitím Excelovej aplikácie Transformace GPS (zdroj: Geodetické referenční systémy v České republice; VÚGTK Praha a VZÚ Praha). Výsledná mapa bola vytvorená pod softvérom ArcGIS 9.3. Ako topografický podklad je použitá ortofotosnímka (EUROSENCE, 2003). Získané výsledky sa vyhodnotili použitím štatistického softwaru SPSS. Na posúdenie štatisticky významných rozdielov medzi obsahmi humusu v jesennom a jarnom období v závislosti od stupňa intenzity odtoku a orientácie odberného miesta sme použili dvojvýberový Wilcoxonov test.

Pri spracovaní v prostredí GIS sme sa zamerali na priestorové analýzy pod ktorými rozumieme zhodnotenie základných morfometrických charakteristík. Sú to najčastejšie používané ukazovatele reliéfu, ktoré sa určujú zo vzájomného vzťahu elementárnej hodnoty (svahovitosť, sklonitosť reliéfu, orientácia reliéfu, horizontálne a vertikálne krivosti). Na základe týchto charakteristík sme sa zamerali na zhodnotenie vplyvu reliéfu a jeho možné príčiny ktoré môžu ovplyvniť jednotlivé odberové miesta. Podľa Krcho (1991), Miklós a Izakovičová (1997), rozoznávame: *Hypsometrické mapy* – sa rozumie ako charakter konfigurácie povrchu v plošnej jednotke, ktorá presahuje minimálne 10mm vzdialenosť a zahŕňa okolitý reliéf. Ide o tieňovaný DTM vo vektorovom formáte s farebnou škálou hypsometrických stupňov. *Sklon reliéfu* – v smere spádových kriviek je najpoužívanejším ukazovateľom reliéfu. V praktickom používaní sa spravidla konštruujú izokliny – čiary rovnakých uhlov sklonov – vybraných hodnôt (najčastejšie s hodnotami uhla sklonu = $30^\circ, 1^\circ$,

3°, 7°, 12°, 25°), ktoré potom ohraničujú areály s daným intervalom sklonov. *Orientácia reliéfu* – je stabilná expozícia reliéfu voči chodu Slnka. Vyjadruje sa izotangentami - čiarami rovnakého uhla orientácie (smerové fronty) – ktoré spájajú body s rovnakou orientáciou reliéfu. *Odtokové pomery (Povrchový tok)* – Povrchový tok vody možno charakterizovať v zmysle práce (Gerits a INÍ, 1990) ako tečenie vody po povrchu reliéfu, až kým nedosiahne korytový vodný tok – spôsobuje vodnú eróziu pôdy a šírenie kontaminantov vody a pôdy (chemické, rádioaktívne znečistenie). *Horizontálnu krivosť* –určujeme na každej vrstevnici (horizontálnom smere), kde hľadáme hraničné body medzi jednotlivými krivosťami. Výsledkom budú plošné vyjadrenia krivosti vrstevníc. Tento ukazovateľ je pomerne ľahko vizuálne určiteľný. Ako prvé je určenie polohy chrbtov a dolín, voči ktorým sa potom určujú podľa prostého priebehu a zakrivenia vrstevníc konvexné svahy (chrbty), konkávne svahy (doliny, úvaliny), prípadne nezakrivené svahy. *Vertikálnu krivosť* – určujeme v spádnici (v kolmom smere), na ktorej hľadáme hraničné body medzi jednotlivými krivosťami spádovej krivky. Výsledkom je plošné vyjadrenie jednotlivých krivosti spádových kriviek.

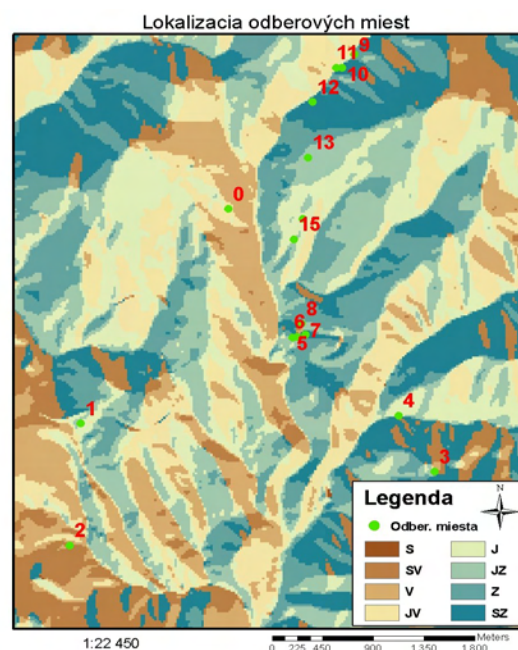
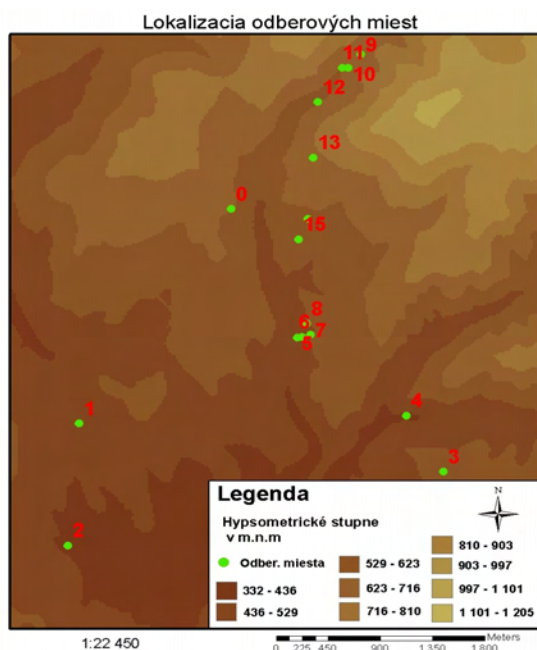


Obr. 1. Vymedzenie územia miesta odberu pôdných vzoriek (Zdroj: Hudec, 2012)

Formy reliéfu – sú priestorovou syntézou horizontálnej a normálnej krivosti. Kombinácia konvexných, konkávnych a nezakrivených tvarov z oboch tvarov z oboch druhov krivosti dáva 9 možných základných tvarov, ktorými možno určiť komplexný tvar každej plochy (Krcho, 1971). Tieto v rozhodujúcej miere ovplyvňujú svahové procesy. Priestorovou syntézou horizontálnej a normálnej krivosti boli vytvorené formy reliéfu, ktoré v rozhodujúcej miere ovplyvňujú svahové procesy, ktorý vyjadruje ako sa na svahu materiál zhromažďuje, rozptyľuje, spomaľuje alebo zrýchľuje. Kombinované spôsoby sú hodnotené: XX vyjadruje koncentrovanie materiálu a zrýchľovanie jeho pohybu, XY koncentrovanie materiálu a spomaľovanie jeho pohybu, XZ koncentrovanie materiálu pri jeho žiadanom pohybe, YX rozptyľovanie materiálu a zrýchľovanie jeho pohybu po svahu, YY rozptyľovanie materiálu a spomaľovanie jeho pohybu, YZ rozptyľovanie materiálu pri jeho žiadanom pohybe, ZX zrýchľovanie pohybu materiálu po svahu, ZY spomaľovanie pohybu materiálu po svahu, ZZ stav kedy nedochádza ani k pohybu ani ku koncentrácii, alebo rozptyľovaniu materiálu.

Tab. 1. Charakteristika miest odberu pôdnych vzoriek

	Miesto odberu	Nadmorská výška [m n.m.]	Poloha	Orientácia	Využitie	Pôdny typ
0	Nevol'né zákruta	619	svahová pod cestou	V/JV	kosená lúka	kambizem modálna
1	Pod stanicou	486	svahová	V/JV	kosená lúka	
2	Bartoš	430	svahová	J/JZ	kosená lúka	
3	Bukoviny	561	svahová	V/JV	kosená lúka	
4	Korimova lúka	437	rovina	V/JV	kosená lúka	fluvizem modálna
5	Kamenné mesto pod chrbtom	512	svahová	J/JZ	xerotómny biotop	ranker andozemný
6	Kamenné mesto chrbát	520	chrbtová	chrbát	xerotómny biotop	
7	Nad ihriskom	532	svahová	Z/SZ	xerotómny biotop	ranker modálny
8	Nad skamenelou pannou	520	svahová	J/JZ	xerotómny biotop	
9	Železné vráta 1	654	rovina	V/JV	xerotómny biotop	ranker andozemný
10	Železné vráta 2	678	svahová	Z/SZ	les	andozem modálna
11	Železné vráta 3	637	dolná časť svahu	V/JV	les	
12	Železné vráta 4	558	svahová	Z/SZ	les	
13	Hrb 1	696	horná časť svahu	J/JZ	xerotómny biotop	kambizem andozemná
14	Hrb 2	612	horná časť svahu	V/JV	kosená lúka	kambizem modálna
15	Hrb 3	578	dolná časť svahu	J/JZ	kosená lúka	



Obr. 2. a, b Vymedzenie územia miesta odberu pôdnych vzoriek (Zdroj: VUPOP, 2012)

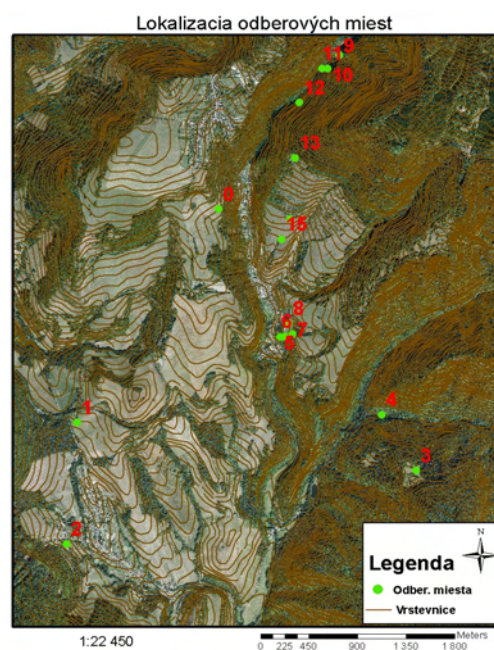
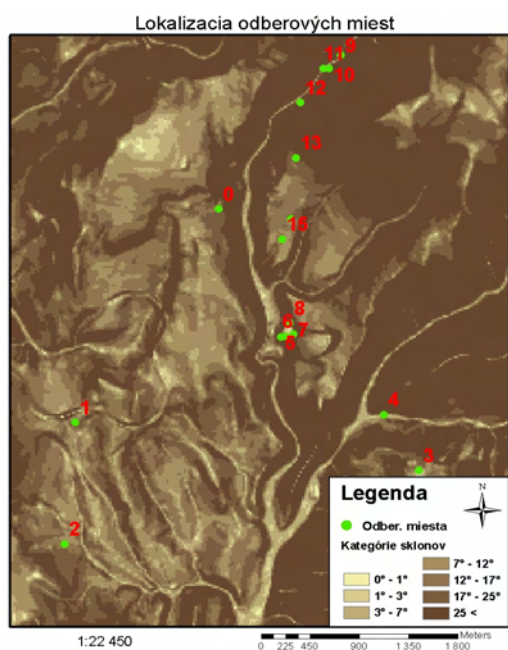
Miklós a Izakovičová (1997) definuje intenzitu odtoku podľa tab. 3, kde hodnoty kombinácií krivostí a sklonov sú usporiadané podľa stupňa deštrukcie od najsilnejšej po najslabšiu. Usporiadanie týchto hodnôt do troch kategórií udáva stupeň intenzity odtoku a to silný, stredne silný a slabý odtok: **Silný odtok:** XX7, XX6, XY7, XY6, ZX7, ZX6. **Stredne silný odtok:** XX5, XX4, YX5, YX4, ZX5, ZX4, XY7,XY6,XY5, XY4, YY7, YY6, YY5, YY4, ZY7, ZY6, ZY5, ZY4. **Slabý odtok:** XX3, XX2, XXI, YX3, YX2, YX1, ZX3, ZX2, ZX1, XY3, XY2, XY1, YY3, YY2, YY1, ZY3, ZY2, ZY1, XZ7, XZ6, XZ5, XZ4, XZ3, XZ2, XZ1, YZ7, YZ6, YZ5, YZ4, YZ3, YZ2, YZ1, ZZ7, ZZ6, ZZ5, ZZ4, ZZ3, ZZ2, ZZ1.

Tab. 2. Spôsoby kombinovania tvarov (Miklós a iní, 1997)

Horizontálne/Vertikálne zakr.	Konvexné	Vyrovnané Y (0)	Konkávne Z (A)
Konvexné X	XX	XY	XZ
Vyrovnané Y (0)	YX	YY	YZ
Konkávne Z (A)	ZX	ZY	ZZ

Tab. 3. Priestorová syntéza horizontálnej, vertikálnej krivosti (MIKLOS A INÍ, 1997)

Krivosti/Sklony	7	6	5	4	3	2	1
	>25°	17°- 25°	12°- 17°	7°- 12°	3°- 7°	1°- 3°	0°- 1°
XX	XX7	XX6	XX5	XX4	XX3	XX2	XX1
YX	YX7	YX6	YX5	YX4	YX3	YX2	YX1
ZX	ZX7	ZX6	ZX5	ZX4	ZX3	ZX2	ZX1
XY	XY7	XY6	XY5	XY4	XY3	XY2	XY1
YY	YY7	YY6	YY5	YY4	YY3	YY2	YY1
ZY	ZY7	ZY6	ZY5	ZY4	ZY3	ZY2	ZY1
XZ	XZ7	XZ6	XZ5	XZ4	XZ3	XZ2	XZ1
YZ	YZ7	YZ6	YZ5	YZ4	YZ3	YZ2	YZ1
ZZ	ZZ7	ZZ6	ZZ5	ZZ4	ZZ3	ZZ2	ZZ1



Obr. 3 c, d Vymedzenie územia miesta odberu pôdnych vzoriek (Zdroj: VUPOP, 2012)

Použité ukazovatele sa využívajú v rôznych environmentálnych aplikáciách so svojou vlastnou výpovednou schopnosťou o procesoch, ktoré sú reliéfom ovplyvňované. Komplexnejší zoznam ukazovateľov a ich charakteristík sú uvedené v prácach KRCHO (1991), MIKLOS A INÍ (1997), MOORA A INÍ (1991).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Krajina v oblasti odberových miest je ovplyvnená svojou polohou, okolitým prostredím a spôsobom využívania. Reliéf svojimi vlastnosťami, ako sú pôsobenie nadmorskej výšky, sklonu svahov, expozície, odtokových pomerov ovplyvňujú celkovú hĺbku pôdy a jednotlivých vrstiev, vlhkosť pomery a mikroklimatické pomery. Odbery boli robené v katastrálnom území obce Jastrabá, Ihráč s prevýšením 700 metrov (v rámci územia). Nadmorská výška je prvým faktorom pôsobiacim na danú oblasť a odberové miesta ktoré sú v rozmedzí 430 až 700 m n.m. (obr. 2 a) a sú ovplyvnené teplotou a dažďovými zrážkami. V oblasti prevláda mierne teplá klíma – v závislosti od nadmorskej výšky s priemernými ročnými teplotami 8 °C a úhrnom zrážok (pre túto oblasť) 600 až 800 mm (Futák, 1982). Územie pokrývajú vo väčšine kambizeme nasýtené a nenasýtené, ktoré možno charakterizovať ako pôdy stredne skeletnaté (najmä vo vyšších nadmorských výškach). Majú dobrú až priemernú zásobu živín a patria medzi vhodné pôdy pre les, ale sú tiež perspektívne pre poľnohospodárstvo. Namerané priemerné obsahy organického uhlíka a humusu vo vybraných pôdnych typoch a územiach Kremnických vrchov v jednotlivých ročných obdobiach uvádzame v tabuľke 4.

Sklonitosť reliéfu ako jeden z hlavných ukazovateľov najviac vplýva na celkový ráz krajiny. Je hlavným činiteľom odtokových pomerov ovplyvňujúca smer pohybu odtoku vody a materiálu po svahu. Tento ukazovateľ je veľmi dôležitý na posúdenie či sa na danom mieste materiál rozptyľuje, alebo koncentruje (obr. 3 c). Odberné miesta 10, 11, 12, 5, 6, 2 sa nachádzajú na miestach s najväčším svahom 17° – 25° a zaradujú sa do kategórie XX 6 – silný odtok (pre odberové miesta 10, 11, 12) podľa stupňa sklonitosti vyjadruje koncentrovanie materiálu a zrýchľovanie jeho pohybu na svahu. XZ 5, 6 – stredný odtok (pre odberové miesta 5, 6, 2), vyjadruje koncentrovanie materiálu pri jeho žiadanom pohybe. Pre tento typ sú typické lúky a pasienky a strmé lesné svahy. Odberové miesta 9, 13, 0, 8, 7 sa nachádzajú na miestach so stredným svahom 12° – 17° a zaradujú sa do kategórie XZ 6, 5, 4 – slabý odtok a vyjadruje koncentrovanie materiálu pri jeho žiadanom pohybe. Do tejto kategórie spadajú kosené a nekosené lúky, pasienky. Odberové miesta 14, 15, 1, 4, 3 sa nachádzajú na miestach s najnižším svahom 7° – 12° a zaradujú sa do kategórie XZ 4 – slabý odtok podľa stupňa sklonitosti vyjadruje koncentrovanie materiálu pri jeho žiadanom pohybe. Do tejto kategórie zaradujeme kosené lúky, obhospodarované plochy. Pri testovaní zmien obsahu humusu v procese humifikácie v jarnom a jesennom období v závislosti od horizontálnej, vertikálnej krivosti a sklonov bola zaznamenaná štatisticky významná zmena v prípade najväčšieho svahu 17° – 25° so silným odtokom XX 6 (odberové miesta 10, 11, 12), kde $p = 0,046$ na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ (tab. 5). V priemere na týchto odberných miestach došlo v jarnom období k poklesu obsahu humusu až o 32,8 % ($p < 0,05$).

Tab. 4. Priemerné obsahy organického uhlíka a humusu v daných ročných obdobiach
C_{ox} – celkový organický uhlík, H_m - humus

	Miesto odberu	Jeseň 2011		Jar 2012	
		C _{ox}	H _m	C _{ox}	H _m
0	Nevolné zákruta	2,13	3,67	2,44	4,20
1	Pod stanicou	1,64	2,83	1,39	2,39
2	Bartoš	2,30	3,96	2,02	3,48
3	Bukoviny	0,99	1,71	0,91	1,56
4	Korimova lúka	4,85	8,37	2,14	3,69
5	Kamenné mesto - pod chrbtom	2,62	4,52	6,12	10,55
6	Kamenné mesto - chrbát	2,89	4,98	2,13	3,67
7	Nad ihriskom	1,05	1,81	2,23	3,84
8	Nad skamenelou pannou	2,71	4,67	2,02	3,48
9	Železné vráta 1	6,49	11,19	9,57	16,50
10	Železné vráta 2	6,30	10,85	4,46	7,69
11	Železné vráta 3	5,05	8,71	4,75	8,19
12	Železné vráta 4	6,37	10,99	2,68	4,63
13	Hrb 1	2,58	4,45	1,50	2,59
14	Hrb 2	4,30	7,41	3,14	5,41
15	Hrb 3	1,24	2,13	1,64	2,84

Tab. 5. Závislosť procesu humifikácie od horizontálnej, vertikálnej krivosti a sklonov

Miesta odberu pôdnych vzoriek	Horizontálna, vertikálna krivosť a sklony	p value
14, 15, 1, 4, 3	7° – 12° XZ 4 – slabý odtok	0,410
9, 13, 0, 8, 7	12° – 17° XZ 6, 5, 4 – slabý odtok	0,859
5, 6, 2	17° – 25° XZ 5, 6 – slabý odtok	1,000
10, 11, 12	17° – 25° XX 6 – silný odtok	0,046*

Tab. 6 . Závislosť procesu humifikácie od orientácie reliéfu odberného miesta

Miesta odberu pôdnych vzoriek	Orientácia reliéfu	p value
9, 11, 0, 14, 1, 4, 3	východ/juhovýchod	0,528
13, 15, 8, 5, 2, 6	juh/juhozápad	0,650
6	sever/severovýchod	0,180
10, 12, 7	západ/severozápad	0,249

Orientácia reliéfu (expozícia) je v súvislosti s rôznymi faktormi (teplota, intenzita vetra, žiarenia..) ktoré vplyvajú na danú lokalitu. Odberové miesta číslo: 6 sú orientované na sever/severovýchod, odberové miesta číslo: 9, 11, 0, 14, 1, 4, 3 sú orientované na východ/juhovýchod a sú ovplyvnené prevažne chladnejšou klímou – (odpar, pretrvávajúca rosa, kratšie vegetačné obdobie, pretrvávajúci sneh). Odberové miesta číslo: 13, 15, 8, 5, 2, 6 sú orientované južne/juhozápadne, odberové miesta č: 10, 12, 7 sú západne/severozápadne orientované a sú ovplyvnené prevažne teplejšou klímou a sú ovplyvnené zvýšenou dobou trvania slnečného svitu. Na základe štatistického spracovania nameraných údajov orientácia reliéfu neovplyvnila proces humifikácie (tab. 6).

ZÁVER

Tematika hodnotenia využívania pôd je v súčasnosti čoraz viac aktuálnejšia v závislosti od transformačných zmien ktorými prechádza v posledných rokoch naša spoločnosť. V súčasnosti softvérové riešenia umožňujú používateľovi zhodnotiť fungovanie procesov pomocou fyzikálnych modelov vzájomných väzieb a softvérovej implementácie. Oproti klasickému prístupu používateľa k papierovým mapám (ktoré majú limitované možnosti modelovania väzieb v krajine) prinášajú rôzne formy vizualizácie poskytujúce omnoho širšie možnosti priamej interakcie používateľa s údajmi Mitášová a iní (1994).

Miesta odberu sú ovplyvňované ich polohou, orientáciou, sklonitosťou, odtokovými pomermi, vyžitím a pôdnym typom. Zo získaných výsledkov môžeme stanoviť prevládajúce procesy, vlastnosti a možnosti využívania krajiny, ktorá je ovplyvnená viacerými faktormi. Z výsledkov je možné usúdiť že oblasť v ktorej sa nachádzajú odberové miesta je ovplyvnená reliéfom ktorý je prevažne vrchovinový a hornatinový. Prevažná väčšina odberových miest (10 odberových miest) je v stredných (7° – 12°) a výrazných svahoch (12° – 17°) ovplyvnené slabým a stredným odtokom a koncentráciou materiálu na svahu a výrazných svahoch (17° – 25°), ktoré sú ovplyvnené silným odtokom a zrýchleným pohybom na svahu, čo dokazujú aj zistené štatistické údaje, kedy na odberných miestach 10, 11, 12 ($p = 0,046$; $p < 0,05$) došlo v jarnom období k poklesu obsahu humusu v priemerne o 32,8 %. Pestrá členitosť povrchu a veľké rozdiely v nadmorskej výške spôsobujú, že pohorie patrí do rozdielnych klimatických oblastí. Nižšia časť patrí do mierne teplej a vyššia časť do chladnejšej klimatickej oblasti. Južne až juhovýchodné orientovanie u väčšiny odberových miest môže spôsobovať dlhodobejšie zatienenie, pretrvávajúcu rosu, kratšie vegetačné obdobie, ale aj pretrvávajúci sneh.

LITERATÚRA

- BRITAŇÁK, N., ILAVSKÁ, I., LIPTÁK, L., HANZES, L., MAČÁKOVÁ, D. 2007. TRVALÉ trávnaté porasty ako producenti biopalív. In *Systémy využívania trvalých trávnatých porastov a ornej pôdy v podhorských a horských oblastiach*, zborník odborných referátov, Eds. Dronzek, T., Kučera, V., Veličná 2007, ISBN 978-80-88872-64-1, s. 73-79.
- FIALA, K., KOBZA, J., MATÚŠKOVÁ, L., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČIKOVÁ, G., PECHOVÁ, B., BÚRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ, B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D. 1999. *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - pôda*. 1.vyd. Bratislava: VÚPOP, 1999. 142 s. ISBN 80-85361-55-8
- FUTÁK, J. 1982. Flóra Slovenska 3. Slovenská Akadémia vied, 609s.
- KOIVULA, N. 2004. *Temporal Perspective of Humification of Organic Matter*. Jyväskylä: University of Jyväskylä. 2004. 62 p. ISBN 951-39-1770-3.
- KÖGEL-KNABNER, I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. In *Soil Biology and Biochemistry* 34, 2002. pp. 139-162.
- KRCHO, J. 1971. Teoretické problémy modelovania prírodnej časti geosféry ako kybernetického systému. *Geografický časopis*, 23 - 2, 160 - 162, Bratislava.
- KRCHO, J. 1991. Georelief as a subsystem of landscape and the influence of morfometric parameters of georelief on spatial differentiation of landscape ecological processes. *Ecology (CSFR)*, 10, 2, 115 - 157.
- KRNÁČOVÁ, Z., HREŠKO, J., ĎUGOVÁ, O. 2008. *Základy pedológie pre ekologov a environmentalistov*. 1. vyd. Nitra : UKF, 2008. 190 s. ISBN 978-80-8094-393-6.

- KUMADA, K. 1987. *Chemistry of Soil Organic Matter*. Japan: Elsevier. 1987. 240 p.
- LAL, R. 2001. The potential of soil organic carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate the greenhouse. In *Soil carbon sequestration and the greenhouse effect*. Edited by R. Lal. Madison, WI: SSSA Special Publication. 2001. pp.137-154.
- MITAŠOVÁ, H., BROWN, W., HOFIERKA, J. 1994. Multidimensional dynamic cartography. *Kartografické listy* 2, s. 37 - 50s.
- MIKLÓS, L., IZAKOVIČOVÁ, Z. 1997. *Krajina ako geosystém*. Veda SAV, Bratislava 153s.
- MIKLÓS, L., KRCHO, J., HRNČIAROVÁ, T., MATEČNÝ, I., KOZOVÁ, M. 1997: Morfometrické ukazovatele reliéfu a ich účelnosť interpretácie pre plánovacie procesy. Nadácia katedry UNESCO pre ekologické vedomie, 1997 ISBN 80-967351-5-2
- MOORE, I. D., GRAYSON, R. B., LANDSON, A. R. 1991. *Digital Terrain Modelling: a Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications*. In *Hydrological Processes*, 1991, č. 11, p. 47 - 54.
- ORLOV, D. S., GRIŠINA, L. A. 1981. *Praktikum po chemijigumusa*. Moskva: Izdatel'stvo Moskovskovo uniresiteta, 1981. 272 p.
- RAPANT, P. 1997. Možné spôsoby realizácie času v databázách GISu. In *Sborník referátů z IX semináře GIS ve státní správě*. ISSN 1211-7439. Str. 70- 78
- REEVES, D. W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. In *Soil Tillage Research*. [online]. 1997, vol. 43, no. 1-2. pp.131-167. [cit. 2011-12-18]. Dostupné na internete: <<http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/10593/1/IND44017137.pdf>>
- ŠIMANSKÝ, V. 2010. *Základy pedológie*. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2010. 108 s. ISBN 978-80-552-0404-8.
- ŠIMONIDES, I. 2004. *Základy geografických informačných systémov*. 2. nezmen. vyd. Nitra: SPU. 109 s. ISBN 80-8069-426-5.
- ZAUJEC, A., CHLPÍK, J., TOBIAŠOVÁ, E., POLLÁKOVÁ, N. 2002. *Pedológia*. 1.vyd. Nitra: SPU, 2002. 98 s. ISBN 80-8069-090-1.
- ZAUJEC, A., CHLPÍK, J., NÁDAŠSKÝ, J., POLLÁKOVÁ, N., TOBIAŠOVÁ, E. 2009. *Pedológia a základy geológie*. 1.vyd. Nitra: SPU, 2009. 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5.

VZŤAH MEDZI KVALITATÍVNYM ZLOŽENÍM PÔDNEHO ROZTOKU A VLASTNOSŤAMI PÔDNEHO PROFILU

Viera Kováčová, Yvetta Velísková

Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava, SR, e-mail: kovacova@uh.savba.sk, veliskova@uh.savba.sk

Abstrakt: Vzťah medzi kvalitatívnym zložením pôdneho roztoku a vlastnosťami pôdneho profilu.

Obsah iónov v pôdnom roztoku podlieha značnej dynamike v závislosti od klimatických podmienok, zavlažovania, antropogénnej činnosti a fluktuácie podzemnej vody. Boli odoberané vzorky pôdy z hĺbky 0 – 10, 10 – 30, 30 – 50, 50 – 100 cm. Boli stanovované bázické kationy Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , anióny Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- a pH na zistenie pomerného zastúpenia jednotlivých iónov a určenie vlastností pôdneho roztoku. V niektorých lokalitách sa prevládajúcim iónom v podzemnej vode stáva sodík a jeho soli sú translokované z podzemnej vody do jednotlivých vrstiev pôdneho profilu. Tieto pôdy majú potom nežiadúce hydrofyzikálne, chemické a biologické vlastnosti. Merané údaje v rokoch 1989 – 2006 potvrdili prebiehajúce procesy salinizácie a alkalizácie.

Kľúčové slová: pôdny roztok, pôdny profil, nenasýtená zóna, chemické zloženie

Abstract: Relation between the soil solution quality composition and the soil profile attributes.

The content of ions in the soil solution is submitted to a considerable dynamism influenced by the climatic conditions, irrigation, anthropogenic activities and ground water fluctuations. The soil samples were collected from the depth 0 – 10, 10 – 30, 30 – 50, 50 – 100 cm. Basic cations Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , anions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- and pH value were determined to ascertain proportional composition of soil solution and estimation of soil profile attributes. In the Danube Lowland the ground waters are of bicarbonate up to bicarbonate-sulphate, eventually of sulphate-bicarbonate types. But in some localities sodium is prevailing in the ground water and the salts of sodium are translocated from the different ground water layers to the higher horizons of the soil profile. This soils have very undesirable hydrophysical, chemical and biological properties. The presented analytical data recorded in year 1989 – 2006 support the contemporary processes salinization and alkalization in the monitored soils.

Keywords: soil solution, soil profile, unsaturated zone, chemical composition

ÚVOD

Voda vstupujúca do pôdneho profilu v dôsledku infiltrácie zo zrážok, závlah alebo vztlínaním z hladiny podzemnej vody obsahuje vždy určité koncentrácie rozpustených látok, či už prírodného pôvodu, alebo ako dôsledok antropogénnej činnosti. Proces prúdenia vody a transportu látok treba vnímať komplexne, ako súbor mnohých navzájom sa ovplyvňujúcich faktorov. Heterogenita pôdneho povrchu a pôdneho profilu, variabilita hydraulických a transportných parametrov pôdy, variabilita transportných parametrov chemických látok spolu s klimatickými podmienkami podmieňujú transport vody a rozpustených látok. Môže dochádzať k akumulácii týchto látok v pôdnom profile, ako aj k znečisteniu podzemných vôd.

Pohyb pôdneho roztoku v pôdnom koloidnom komplexe, ktorý určuje transport a akumuláciu iónov je ovplyvňovaný procesmi konvekcie, difúzie, hydrodynamickej disperzie, adsorpcie, chemisorpcie a i. Transport solí v nenasýtenej zóne podstatne závisí od vlhkosti pôdy a tokov pôdnej vody, ktoré sú ovplyvňované atmosférickými zrážkami, evapotranspiráciou a povrchovým odtokom (Barzegar et al. 1994, Burger a Čelková 2004, Hanes 1997, Hyánková a Melioris 1992, Yong et al. 1992).

V pôde sa voda dostáva do styku s pôdnymi časticami, reaguje s nimi, obohacuje sa rôznymi rozpustnými látkami, umožňuje výmenu iónov na sorpčnom komplexe pôdy. V pôdach sa vyskytuje zmes katiónov a aniónov, ktoré sú charakteristické energiou sorpcie, koncentráciou a hlavne vzájomným vplyvom. Bázické katióny je preto potrebné hodnotiť nielen v celkových, ale aj v relatívnych, pomerných koncentráciách, v akých sa v pôde nachádzajú. Preukaznú závislosť obsahu dvojmocných bázických katiónov od hodnoty pH potvrdzujú vo svojich prácach viacerí autori. Sorpčná schopnosť pôdy ako aj zloženie výmenných katiónov v pôde sú výsledkom pôdotvorného procesu v kontexte s klimatickými podmienkami, antropogénne sú ovplyvňované využívaním pôdy a agrotechnickými vstupmi do pôdy. Zloženie a kvalita sorpčného komplexu spolu s obsahom a kvalitou organickej hmoty v pôde patria k priamym indikátorom kvality pôdy, keďže fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy sú závislé na vlastnostiach pôdneho roztoku a pôdnych koloidov. V pôde je voda v styku s pôdnymi časticami, reaguje s nimi, dochádza k výmene iónov medzi povrchom pôdnych koloidov a pôdnym roztokom. Preto je veľmi dôležitou vlastnosťou iónov ich schopnosť vzájomne sa zamieňať, pričom adsorpcia a výmena iónov je rozdielna v prípade katiónov a aniónov (Kobza 2002, Kobza a Gáborík 2008, Makovníková, 2005, Kováčová 2002, Kutílek, 1978, Levy et al. 2003, Pitter 1990, Ross et al. 2008, VÚPOP 2000, 2002).

Vysokodisperzné častice, koloidy, predstavujú najaktívnejšiu časť pôdy. Schopnosť pôdy viazať živiny, ktoré sa mobilizujú rôznymi procesmi v pôde takmer úplne závisí od vysokodisperznej frakcie, predovšetkým v dôsledku jej veľkého špecifického povrchu a zvláštneho mineralogického zloženia. Vysokodisperzné častice aktívne reagujú s pôdnym roztokom. Pri veľkej ploche vzájomného kontaktu procesy sorpcie a desorpcie nadobúdajú značnú kvantitatívnu úroveň. Hrubozrnné častice sú málo aktívne a ich funkcia je hlavne v tom, že vytvárajú zásobný fond pre ďalšie zvetrávanie. Vysokodisperzné častice sú dobrým tmeliacim materiálom. Zúčastňujú sa pri tvorbe pôdnej štruktúry, ktorá ovplyvňuje celý rad fyzikálnych vlastností pôdy, jej vodno-vzdušný režim a spolu s obsahom živín vo veľkej miere vytvárajú podmienky činnosti mikroorganizmov pri tvorbe a premene minerálnych a organických látok v pôde. Veľká povrchová plocha koloidných častíc je príčinou ich zvláštneho fyzikálneho a chemického prejavu. Na rozhraní dvoch fáz sa vytvárajú styčné povrchové vrstvy, ktoré sú energeticky bohaté. Na povrchu sa adsorbujú rozpustné látky a plyny, vznikajú koloidné javy elektrickej povahy. Povrchy koloidov môžu byť polárne, nepolárne, v pôde sa stretávame aj s heteropolárnym povrchom koloidov, na ktorom sa striedajú miesta polárneho a nepolárneho charakteru. Miesta s polárnymi skupinami vytvárajú aktívne centrá, ktoré sa najviac uplatňujú pri adsorpcii, zadržiavaní látok na povrchu pôdnych koloidov. Katióny pútané z vonkajšieho roztoku predstavujú kompenzujúce ióny. Tieto ióny sa môžu vymieňať za iné ióny, preto sa nazývajú **výmenné katióny**.

Výmenne adsorbované ióny na polárnych povrchoch pôdnych koloidov, ktoré sú usporiadané vo vonkajšej časti elektrickej dvojvrstvy ovplyvňujú elektrokinetický potenciál ζ , a tým aj procesy koagulácie a peptizácie koloidov. Elektrokinetický potenciál ovplyvňujú predovšetkým opačne nabité ióny (ak je náboj koloidu kladný, tak anióny, ak je záporný, ovplyvňujú ho katióny). Vplyv výmenných katiónov na ζ – potenciál vzrastá s mocenstvom katiónu. Ak výmenné katióny sú rôzneho mocenstva, rozhodujúci vplyv majú ióny vyššieho mocenstva.. Pri rovnakom mocenstve výmenných katiónov závisí ich vplyv od postavenia v lyotropnom rade: $\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$; $\text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. Postavenie v lyotropnom rade je dané stupňom hydratácie iónov, ktorý má opačné poradie. Hrúbka hydratačného obalu okolo iónu klesá s rastúcim polomerom iónu a vzrastá s mocenstvom. Najviac zo všetkých iónov ovplyvňujú ζ – potenciál ióny H^+ (H_3O^+) a OH^- (kyseliny a zásady, reakcia pôdneho roztoku). Anióny v pôdnom roztoku znižujú vplyv výmenných katiónov na ζ – potenciál; tento ich kompenzačný účinok vzrastá s valenciou aniónov : $\text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$.

Pri chemickej reakcii elektrolytu s adsorbentom (chemosorpcii) sa ζ – potenciál zvyšuje, ak vzniká dobre rozpustná a silne disociovaná zlúčenina, a naopak znižuje sa (a to i pri malej koncentrácii elektrolytu), ak vzniká ťažko rozpustná málo disociovaná zlúčenina.

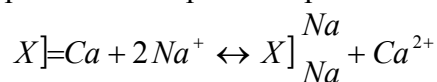
Vplyv solí na koloidný systém sa uplatňuje jednak ich pôsobením na elektrokinetický potenciál, a taktiež aj pri hydratácii koloidných častíc. Z praktického hľadiska je zvlášť dôležitý vplyv solí vápnika a sodíka. Soli Ca, napr. CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 účinne vyvolávajú koaguláciu koloidov (ílových minerálov, humínových zlúčenín). Znamená to, že vápnením pôd s obsahom koloidov možno dosiahnuť vyžrážanie koloidov, a tým zlepšenie pôdnej štruktúry. Soli Na, ako napr. NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , ktoré sú prítomné v zasolených a alkalických pôdach vyvolávajú naopak účinnú peptizáciu koloidov, ktorá má za následok krajne nepriaznivý fyzikálny stav pôdy (veľmi nízka priepustnosť pre vodu a vzduch).

Pri alkalickej až silne alkalickej reakcii pôdy v podmienkach suchej a teplej klímy sa amfoterné koloidy prebývajú a vzniká na ich povrchu záporný náboj. Medzi hlavné adsorbované ióny v týchto podmienkach patrí Na^+ , ktorý silne peptizuje minerálne a organické koloidy. Tie vo forme zmesného stabilného sólu sú eluované z povrchového horizontu. Pôsobením vysokej koncentrácie rozpustných solí v iluviálnom horizonte (slancový Bn-horizont), humusom tmavo sfarbené hydrosóly sa zrážajú na hydrogély, ktoré sa pri vysušovaní scvrkávajú a praskajú. Tento proces sa nazýva soloncovanie (solonizácia). Vznik iluviálnych horizontov koloidno-chemickými pochodmi rôznej povahy ovplyvňuje vlastnosti pôdneho profilu. Zvýšený obsah koloidov v týchto horizontoch, väčšinou vo forme hydrogélov, znižuje ich priepustnosť pre vodu, vzduch, obmedzuje prenikanie koreňov. Zlepšenie kvality pôdnej štruktúry možno pozorovať po sádrovaní alkalických pôd t.j. náhrade adsorbovaného Na^+ vápnikom (Čurlík 2003, Fulajtár 1998, Kaledhonkar et al.2001).

Fyzikálna sorpcia súvisí s povrchovými javmi na fázovom rozhraní. Prejavuje sa zvyšovaním (pozitívna adsorpcia), alebo znižovaním (negatívna adsorpcia) koncentrácie molekúl na povrchu pevnej fázy a jej poklesom alebo vzostupom v pôdnom roztoku. Pri fyzikálnej sorpcii klesá voľná povrchová energia v systéme ako dôsledok buď zmeny povrchového napätia (pri adsorpcii povrchovo aktívnych látok), alebo zmenšenia celkovej povrchovej plochy (adsorpcia molekúl pri koagulácii koloidov). Štúdium javov fyzikálnej sorpcie elektrolytov v pôde je sťažené tým, že tento proces je veľmi ťažko oddeliť od súčasne prebiehajúcich chemických a fyzikálno-chemických reakcií. Výsledky získané pri štúdiu dusičnanov a chloridov t.j. solí, ktoré v pôde vytvárajú len rozpustné zlúčeniny preukázali, že dusičnany a chloridy sa sorbujú v pôde záporne. Znamená to, že ich koncentrácia vo vodných obaloch, ktoré obklopujú pôdne častice je menšia ako vo voľnom pôdnom roztoku. Spočiatku prebieha záporná adsorpcia NaNO_3 . Voda adsorbovaná na suché pôdne častice je chudobná na dusičnany, preto vo filtrátoch je zvýšená koncentrácia NO_3 . Keď sa vodný obal, obklopujúci pôdnej častice sformuje, koncentrácia pretečeného roztoku je stabilná.

Fyzikálno-chemická adsorpcia (výmenná sorpcia) – pri nej ióny z vonkajšieho roztoku prechádzajú do oblasti elektrickej dvojvrstvy koloidného systému. Najčastejšie sa výmenná sorpcia uskutočňuje vo vrstve kompenzačných iónov, z ktorej sa súčasne vytesňuje ekvivalentné množstvo iných iónov, ktoré prechádzajú do roztoku. Prevažná väčšina koloidov v pôde má záporný náboj, to znamená, že výmenne adsorbujú katióny.

Sorpcia katiónov v pôde - veľká heterogenita pôdnych častíc spôsobuje, že proces výmeny katiónov nie je možné charakterizovať jednoduchou schémou. Fyzikálne, chemické a biologické reakcie neustále narušujú vytvárajúce sa iónové rovnováhy. Pri zjednodušenom pohľade reakcia výmennej sorpcie katiónov prebieha podľa nasledujúcej schémy :



Katióny vonkajšieho roztoku sa sorbujú na pôdne koloidy a desorbované katióny prechádzajú do pôdneho roztoku. Pôdne koloidy ako amfoterné polárne adsorbenty obsahujú

na svojom povrchu záporné i kladné náboje. Celkový počet nábojov na jednotku povrchovej plochy predstavuje hustotu povrchového náboja. Určitá časť záporného povrchového náboja je rovnomerne rozložená a nezávisí od pH. Zbytok negatívneho náboja, ktorý je spojený s disociáciou H^+ iónov kyslých skupín a pozitívny náboj, ktorý vzniká adsorpciou H^+ iónov bázičnými skupinami je závislý na hodnotách pH pôdneho roztoku. Závislosť sa prejavuje nasledovne : pri stúpajúcej hodnote pH sa záporný náboj zvyšuje a kladný klesá a naopak, pri klesajúcej hodnote pH rastie kladný náboj a klesá záporný. Difúzia katiónov podmienená ich tepelným pohybom a elektrostatické príťažlivé sily vyvolávajú ich neustály pohyb z roztoku do iónovej dvojvrstvy vo fázovom rozhraní a opačným smerom. Pri rovnovážnom stave je počet iónov pohybujúci sa obidvoma smermi ekvivalentný. Adsorpcia katiónov je teda v rovnováhe s desorpciou.

Rovnovážny stav závisí od aktivity iónov (aktivita iónu sa rovná analytickej koncentrácii vynásobenej koeficientom aktivity daného iónu pri určitej koncentrácii). Donnanova membránová rovnováha – nerovnomerné rozdelenie iónov – stúpa s výmennou kapacitou adsorbenta a klesá so zvyšujúcou sa koncentraciou soli v intermicelárnom (pôdnom) roztoku. Zo zriedených roztokov v podmienkach humidnej klímy sú viac adsorbované dvojmocné katióny ako jednomocné ($Ca, Mg > K, Na$) a pri ďalšom zriedovaní pôdneho roztoku stúpa relatívna nasýtenosť pôdy dvojmocnými výmennými katiónmi. Vysoká výmenná kapacita pôdy (T) nerovnomernosť rozdelenia iónov zvyšuje. Naopak, z koncentrovaných pôdnych roztokov v podmienkach arídnej klímy je najviac adsorbovaný jednomocný ión Na^+ , vplyvom čoho dochádza k solonizácii pôd. Rovnovážny stav medzi katiónmi sorbentov (koloidov) a katiónmi vonkajšieho roztoku sa vytvára veľmi zložitými procesmi a závislosťami. Dôležitú úlohu pri tom majú : vlastnosti katiónov, vlastnosti adsorbentov a vlastnosti roztokov. Katióny s vyšším mocenstvom majú väčšiu schopnosť adsorbovať sa v kompenzačnej vrstve acidoidov. V rovnakých podmienkach jednomocné katióny sa adsorbujú v menšom množstve ako dvojmocné. Najväčšiu schopnosť adsorbovať sa majú trojmocné katióny : $M^+ < M^{2+} < M^{3+}$.

Schopnosť adsorbovať sa a schopnosť vytesňovať sa je u rôznych katiónov rozdielna. Platí, že čím intenzívnejšie sa katión adsorbuje, tým ťažšie sa vytláča. Jednomocné katióny sa desorbujú ľahšie ako dvojmocné a dvojmocné ľahšie ako trojmocné. Súvisí to, podobne ako pri adsorpcii so stupňom disociácie zlúčenín, ktoré sa vytvárajú pôsobením iónov elektrickej dvojvrstvy. Stupeň disociácie zlúčenín klesá so zvyšovaním mocenstva katiónu. Okrem mocenstva iónu dôležitý význam má (podobne ako pri adsorpcii) hrúbka hydratačného obalu. Čím je väčšia, tým ľahšie sa ión vytesňuje zo sorpčného komplexu. Schopnosť katiónov desorbovať sa klesá podľa nasledujúceho radu : $Li^+ > Na^+ > NH_4^+ > K^+ > H^+, Mg^{2+} > Ca^{2+}$. Veľký podiel výmenného Ca^{2+} v porovnaní s ostatnými katiónmi u prevažnej väčšiny pôd sa objasňuje nielen jeho vysokým obsahom v zemskej kôre, ale aj jeho vysokou adsorpčnou a nízkou desorpčnou schopnosťou.

Juhovýchodná časť Podunajskej nížiny vývojovo patrí do obdobia paleogén-miocén. V pleistocéne vplyvom zmeny klímy dochádza k intenzívnemu zvetrávaniu hornín. Počas teplejších období dochádzalo k vzniku terás, ktoré boli v chladnejších obdobiach pokryté sprašami, prípadne eolickými pieskami, až vznikol súčasný reliéf ako výsledok celého radu činiteľov. Územie vykazuje nepatrné výškové rozdiely, sčasti je členené mŕtvymi ramenami Dunaja. Sú tu aluviálne nánosy s rozdielnou zrnitosťou, často s pomerne vysokým obsahom $CaCO_3$ (miestami až 35 %). V spodnej časti aluviálnych nánosov ležia štrky stredného až drobného zrna, ktoré vystupujú už v hĺbkach okolo 2,5 m a ojedinele až na povrch

Význam výmenných katiónov pre rastliny spočíva v tom, že ich zloženie ovplyvňuje celkový chemizmus, biológiu a fyzikálny stav pôdy. Okrem vápnika a horčíka v adsorbovanom stave by mali byť v malom množstve zastúpené K^+, Na^+, NH_4^+, H^+ . Prítomnosť uvedených iónov napomáha pri vytváraní rovnovážneho stavu pôdneho roztoku,

ktorý je hlavným zdrojom živín pre rastliny. Okrem toho jednomocné katióny v malých množstvách zastúpené v sorpčnom komplexe zvyšujú hodnotu elektrokinetického potenciálu koloidov, a v dôsledku toho čiastočne ich dispergáciu, čo podmieňuje zvyšovanie prístupnosti živín viazaných na pôdne koloidy (Čurlík a kol. 2003; Hanes, 1997; Granec a Šurina, 1999).

Na záujmovom území sa vyskytujú prevažne tieto pôdne typy : lužná pôda karbonátová, černozem lužná, černozem karbonátová, lužná pôda solončiakovaná-slancovaná, slanec (lužný) solončiakovaný. Pre charakteristiku týchto pôd treba uviesť, že tak v morfológii, ako aj v chemických, fyzikálnych a mechanických vlastnostiach vykazujú veľké rozdiely. Táto rozdielnosť je podmienená najmä zrnitosťou nerovnorodosťou aluviálnych náplavov. Humusový horizont má kolísavú mocnosť. Pôdy v aluviálnej nive Dunaja sú mimoriadne bohaté na bázičné dvojmocné katióny Ca a Mg, obsah CaCO_3 je do 35 %, rozloženie karbonátov v profile je nerovnomerné.

Solončiakovano-slancované pôdy v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny sú nerovnomerne rozšírené. Tieto pôdy sú charakteristické tým, že obsahujú zvýšené množstvo vo vode rozpustných solí, ktoré sa za sucha usádzajú na povrchu pôdy vo forme výkvetov. Humusový horizont týchto pôd je tmavosivý s hrúbkou 35 - 60 cm, druhovo sú to pôdy stredne ťažké, množstvo solí v humusovom horizonte nepresahuje 0,2 - 0,4 %. Slancovitosť sa prejavuje v peptizácii koloidov. Množstvo sorbovaného sodíka v koloidnom komplexe sa pohybuje v širokom rozpätí až do 20 %. Maximum sorbovaného sodíka sa nachádza v podorničnej vrstve. Pôdna reakcia je alkalická, pre rastlinstvo už škodlivá. Tieto pôdy majú nevhodné chemické, fyzikálne a biologické vlastnosti, nízku pórovitosť, vzdušnosť priepustnosť. Charakteristický je ich ostrovčekovitý výskyt v závislosti od stavby mikroreliefu (Burger a Čelková 2007, 2009 ; Červenka, 1970 ; Fulajtár a kol. 1998 Granec a Šurina 1999 ; Kováčová, 2002, 2006 ; Rapant a kol. 1999, kol.VÚPOP 2001).

METODIKA A VYMEDZENIE ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

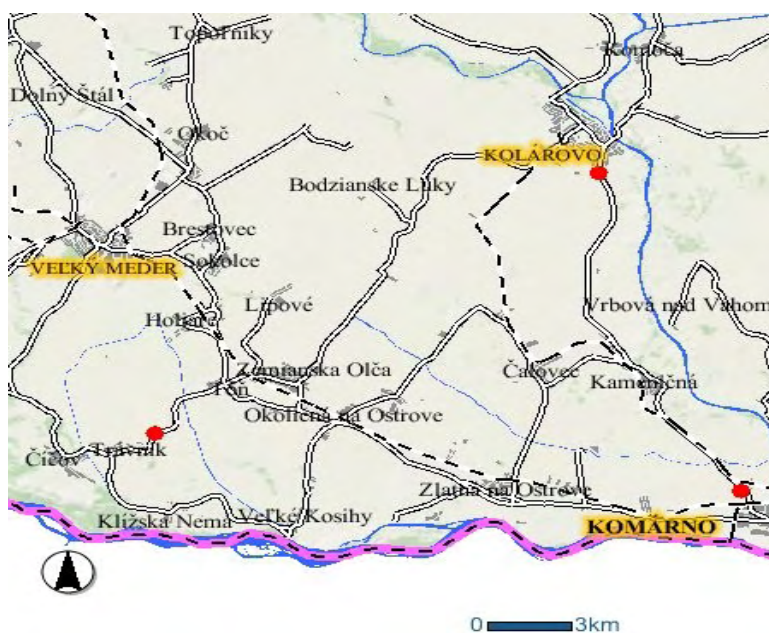
Jednotlivé pôdne typy sú charakteristické určitým zložením výmenných katiónov v sorpčnom komplexe; zmeny prebiehajúce v pôdach vplyvom poľnohospodárskeho využívania výrazne ovplyvňujú výmenné katióny v pôdnom komplexe a naopak výmenné katióny sorpčného komplexu pôd ovplyvňujú nielen chemické procesy a biologické pomery, ale i fyzikálny stav a technologické vlastnosti pôd.

Pôdy s prevahou Ca^{2+} a Mg^{2+} iónov (neutrálne pôdy) sú vhodné pre kultiváciu, majú optimálnu chemickú dynamiku. Zmenám reakcie odolávajú tým, že vznikajúcu kyslosť neutralizujú voľným uhličitanom vápenatým alebo výmenou adsorbovaného Ca^{2+} za voľné H^+ ióny v pôdnom roztoku. Pôdny humus je neutrálny a nasýtený vápnikom, čo priaznivo ovplyvňuje tvorbu vodoodolných štruktúrnych agregátov. Priaznivá štruktúra uľahčuje a skvalitňuje spracovanie pôd (dobré sa obrábajú pri širokom rozmedzí vlhkostí). Majú priaznivú priepustnosť pre vodu, koloidy v koagulovanom stave, ktoré nepeptizujú ani pri veľkom prevlhčení pôdy, pri vysychaní a ovlhčovaní sa príliš nemení ich objem, takže nepraskajú, ani príliš nenapučiavajú a nie sú mazľavé.

Pôdy s prevahou H^+ a Al^{3+} iónov (kyslé pôdy) sú sorpčne nenasýtené, vznikajú v oblastiach humídnej klímy, väčšinou na dobre priepustných substrátoch, najčastejšie pod lesnými formáciami.

Pôdy s prevahou Na^+ iónov (alkalické pôdy) vznikajú v arídnych podmienkach. Majú veľmi nepriaznivé fyzikálne vlastnosti. Adsorbované Na^+ ióny vyvolávajú intenzívnu a trvalú peptizáciu minerálnych a organických koloidov. Pri nadmernom prevlhčení (po prudkých dažďoch, závlahách) koloidy napučievajú a pôdy sa rozlievajú, sú veľmi mazľavé a nepriepustné. Po vysušení sa zmrašťujú, silne tvrdnú a praskajú. Pôdna reakcia (pH) je silne alkalická, veľmi ťažko sa obrábajú a meliorujú.

V juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny sú nerovnomerne rozšírené solončiakovano-slancované pôdy. Záujmové územie je vymedzené približne trojuholníkom Veľký Meder – Kolárovo – Komárno (obr. 1).



Obr. 1. Vymedzenie záujmového územia v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny

Kritériom na rozlíšenie začínajúceho procesu alkalizácie pôd je obsah výmenného sodíka (ESP) v pôdnom koloidnom komplexe nad 5 %.. Obsah výmenného sodíka prevažne v intervale 5 – 10 % svedčí o slabej intenzite alkalizácie pôd. Solné pôdy v alúviu Dunaja sú charakteristické tým, že nevytvárajú súvislejšie rozšírenie, vyskytujú sa ostrovčekovito medzi okolitým karbonotvornými lužnými a nivnými pôdami, s ktorými tvoria komplexy. Údaje výskytu slancových pôd v jednotlivých rokoch ukazujú na ich závislosť od klimatických podmienok. V suchých rokoch je výskyt slancových pôd zaznamenaný vo väčšom rozsahu ako v rokoch vlhkejších, v ktorých dochádza k vymývaniu solí z povrchových do spodných vrstiev pôdneho profilu.

Ďalším kritériom kvality vody s ohľadom na nebezpečie vzniku alkalických pôd je adsorpčný pomer sodíka k vápniku a horčíku (SAR). Hodnoty tohoto ukazovateľa vyššie ako 10 vytvárajú podmienky na vznik alkalických pôd. Súčasný rozsah a najmä intenzita zasoľovania nie je v dôsledku charakteru chemického zloženia podzemných vôd a pôdneho roztoku alarmujúca (hodnoty pomeru $\text{Na}^+:(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ tesne na hranici alkalizácie), avšak z hľadiska ich potenciálneho rozširovania, najmä s ohľadom na klimatologické predpovede pre nasledujúce roky, ktoré predpovedajú postupné rozširovanie suchých klimatických období a postupnej zmeny klimatických podmienok je varujúci.

Boli odoberané vzorky pôdy z hĺbky 0 – 10, 10 – 30, 30 – 50, 50 – 100 cm. Boli stanovované bázické kationy Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , anióny Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- a pH na zistenie pomerného zastúpenia jednotlivých iónov a určenie vlastností pôdneho roztoku. Z odobraných pôdnych vzoriek a vzoriek vysokomineralizovaných podzemných vôd bolo stanovené množstvo vo vode rozpustných solí, odparok, pôdna reakcia pH, merná elektrická vodivosť EC, obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy ESP, sodíkový adsorpčný pomer SAR. Pre posúdenie obsahu solí v pôdnom komplexe a vzájomné zastúpenie jednotlivých iónov uvádzame profily Veľké Kosihy, Okoličná, Čalovec, Zlatná na Ostrove a Kameničná (tab.1,2). Merná elektrická vodivosť jednotlivých vrstiev pôdneho profilu vo vyhodnocovanom období 1989 - 2006 je v tab.2 a na obr.2.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Oblasti ohrozené vývojom salinizácie a alkalizácie v nenasýtenej zóne sa nachádzajú ostrovčekovito rozmiestnené v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny, kde boli odoberané vzorky pôdy a vzorky mineralizovaných podzemných vôd. Následne bola vykonaná ich analýza na zistenie celkového množstva rozpustených látok (TDS), elektrickej vodivosti (EC), pH, kationovej výmennej kapacity (CEC), vzájomného zastúpenia jednotlivých iónov - sodíkového adsorpčného pomeru (SAR), obsahu výmenného Na v sorpčnom komplexe pôdy (ESP).

Vznik a vývoj soľných pôd neprebíha náhle, prechádza pomalým vývojom od začiatkových štádií, cez stredné stupne, až po ich plné rozvinutie. Intenzitu tohto vývoja možno sledovať predovšetkým v prvých štádiách, keď obsah solí a výmenného sodíka je ešte nízky a ich nárast je preukaznejší ako v stredných a v rozvinutých štádiách. V oblasti Podunajskej nížiny mierne vzostupný trend hladín podzemnej vody a jej mineralizácie vytvárajú reálny predpoklad postupného rozvoja soľných pôd, najmä v prvých vývojových štádiách. Sem patria sledované lokality 1-5 (obr. 1). Vo vybraných lokalitách obsah solí a výmenného sodíka je na hranici limitných a mierne nadlimitných hodnôt a ich odrazom sú slabo a stredne slancované a slaniskované pôdy. Výsledky monitorovania vývoja soľných pôd v sledovanom období 1989-2006, uvedené v tab. 1,2 potvrdzujú už spomenutý poznatok, že jednotlivé skupiny sodných solí (neutrálne a alkalické), a tým aj procesy formovania soľných pôd (salinizácia a alkalizácia) sa v prirodzených podmienkach prevažne nevyskytujú samostatne. Z údajov vyplýva, že vo všetkých monitorovaných pôdach prebieha jednak proces salinizácie, indikovaný nadlimitnými hodnotami odparku a EC, jednak proces alkalizácie indikovaný nadlimitnými hodnotami ESP a pH. V lokalitách, kde ESP dosahuje hodnoty 5-20 % je slancovanie dominantným procesom.

Tab. 1. Zastúpenie jednotlivých iónov v pôdnom profile (lokalita 1 - Veľké Kosihy, lokalita 2 – Okoličná, lokalita 3 – Čalovec, lokalita 4 – Zlatná na Ostrove, lokalita 5 - Kameničná.

lok.	Hĺbka (cm)	Cl ⁻ (mg/100g)	SO ₄ ²⁻ (mg/100g)	HCO ₃ ⁻ (mg/100g)	NO ₃ ⁻ (mg/100g)	Na ⁺ (mg/100g)	K ⁺ (mg/100g)	Ca ²⁺ (mg/100g)	Mg ²⁺ (mg/100g)	pH/H ₂ O	pH/KCl	Odp. 105°C
1	0-10	7,5	2	25,6	7,5	22	9,8	24,5	6	7,13	6,15	120
	10-30	7,4	2	38,2	4,2	26,8	2,3	12,5	7,5	7,36	6,98	165
	30-50	13,5	3,8	40,3	4	50	1	8,5	6,5	7,22	6,89	240
	50-100	13,3	15,5	41,2	5,2	63,5	0,8	8,2	7,4	7,22	6,85	225
2	0-10	8,6	6	135	4,1	4	0,9	20,5	4,2	6,82	6,53	140
	10-30	11,5	7,4	114	2,9	5,2	0,8	22,4	3,8	6,70	6,45	147
	30-50	16,2	8,2	195	3,1	5,9	0,8	16,5	3,5	6,72	6,49	176
	50-100	17	8,1	187	3,5	6,8	0,9	12,7	5	6,95	6,72	182
3	0-10	28,6	42,5	94,5	3,5	10	1	24	5,9	7,42	7,20	196
	10-30	23,5	35	90,6	2,9	11,5	0,7	19,5	9,3	7,10	6,73	270
	30-50	28	18	79	2,2	7	0,6	15,2	7,4	6,92	6,58	233
	50-100	16	17	85	6,8	18	0,9	13	6,2	7,01	6,79	212
4	0-10	6,7	44,1	150,9	6,1	68,5	2,8	18,2	4,8	8,6	7,90	189
	10-30	15,7	69,6	133,8	4,2	97,7	4,2	19,2	2,4	8,2	7,71	209
	30-50	9,2	64,3	144,2	3,1	98,9	3,1	16,4	1,2	8,3	7,81	220
	50-100	11,4	65,2	80	2,8	61,6	2,1	12	6,9	8	7,30	248
5	0-10	15,8	11,0	45,8	5,7	12,1	0,8	28	5,9	7,3	6,9	95
	10-30	18,5	9,1	92,7	3,2	8,5	1	17,2	7,6	7,2	6,7	103
	30-50	23,1	19,7	108	2,8	18,9	0,9	21,5	8,9	7,5	7,1	157
	50-100	20,7	22,1	135	4,6	17,6	1,5	27,5	10,7	7,9	7,5	190

Tab. 2. Vývoj zasoľovania (salinizácie) a slancovania (alkalizácie) v pôdnom profile.

lokalita	názov pôdy	hĺbka (cm)	Odparok (%)			ECe (mS.m ⁻¹)			pH/H ₂ O			ESP (%)		
			1989	1999	2006	1989	1999	2006	1989	1999	2006	1989	1999	2006
Veľké Kosihy	čiernica modal. slabo slaniskova	0 – 10	0,03	0,07	0,12	49	72	96	7,6	7,2	7,3	1,8	2,1	2,6
		10 – 30	0,08	0,09	0,09	67	60	69	7,8	7,5	7,3	2,5	2,7	3,5
		30 – 50	0,10	0,10	0,13	95	115	128	7,9	7,6	8,1	6,8	7,6	8,5
		50 – 100	0,12	0,15	0,18	213	250	305	7,8	8,0	8,1	7,9	8,2	9,1
Okoličná na Ostrove	čiernica modal. slabo slaniskova	0 – 10	0,10	0,08	0,15	36	68	95	7,2	7,3	7,2	1,4	1,8	1,9
		10 – 30	0,12	0,06	0,18	59	71	90	7,5	7,6	7,4	3,1	2,4	2,9
		30 – 50	0,15	0,11	0,19	61	108	113	7,4	8,0	7,9	2,7	2,9	8,6
		50 – 100	0,19	0,13	0,19	207	210	215	7,9	8,1	8,2	8,4	8,2	11,1
Čalovec	čiernica glejova, slabo slanisk slabo slanc.	0 – 10	0,06	0,04	0,14	40	56	76	7,1	7,1	7,2	2,6	1,9	1,9
		10 – 30	0,08	0,11	0,17	48	62	70	7,2	7,3	7,4	3,7	3,9	4,2
		30 – 50	0,04	0,06	0,12	75	90	99	7,3	7,4	7,5	5,8	6,2	7,5
		50 – 100	0,05	0,10	0,16	155	180	199	7,5	7,6	7,7	8,3	8,7	9,1
Zlatná na Ostrove	čiernica černoziemna slabo slanisk hlboko slanc	0 – 10	0,04	0,11	0,11	51	30	67	7,5	7,3	7,6	1,2	1,1	0,9
		10 – 30	0,05	0,10	0,14	55	40	58	7,2	7,6	7,5	2,8	1,7	1,1
		30 – 50	0,04	0,03	0,10	119	83	115	7,8	8,0	7,5	9,6	7,3	8,2
		50 – 100	0,10	0,16	0,16	242	207	291	8,1	8,1	8,0	9,7	10,1	9,7
Kameničná	čiernica glejova, slabo slanisk slabo slanc.	0 – 10	0,07	0,09	0,11	30	40	50	7,2	7,2	7,4	0,8	1,2	1,4
		10 – 30	0,13	0,14	0,15	57	49	80	7,1	7,3	7,5	1,0	2,5	3,9
		30 – 50	0,09	0,10	0,09	91	56	85	7,2	7,4	7,6	2,7	3,9	4,7
		50 – 100	0,11	0,12	0,16	120	126	170	7,8	7,5	7,9	5,6	8,8	9,5

1. Vývoj salinizácie – zasoľovania pôd

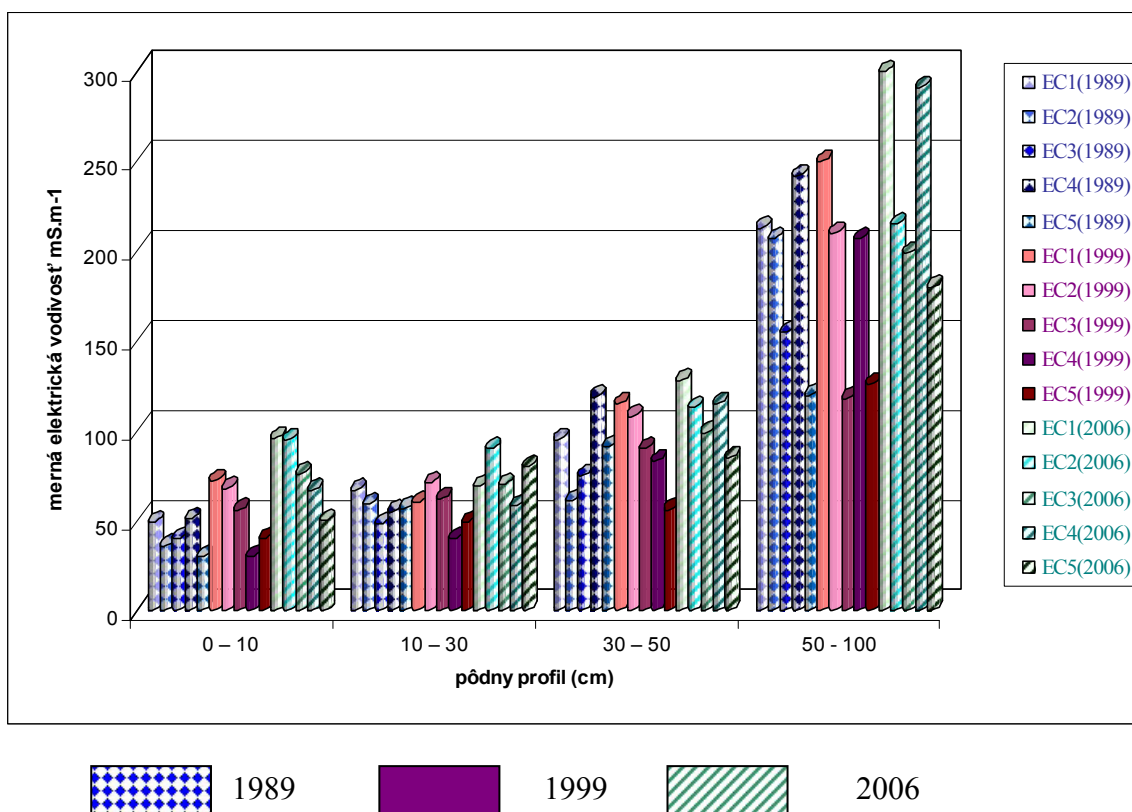
Nadlimitné hodnoty odparoku vodného výluhu pôdy a elektrickej vodivosti nasýteného extraktu pôdy (EC) v tab. 2 potvrdzujú, že akumulácia sodných solí v pôdnom profile prebieha vo všetkých monitorovaných pôdach. Odparok za celé sledované obdobie kolíše v intervale 0,01-0,22 % a elektrická vodivosť (EC) v spodných horizontoch v intervale 200-400 mS.m⁻¹. To sú hodnoty, ktoré indikujú začiatkové štádium zasoľovania. Z údajov tab.2 ďalej vyplýva, že zvýšený obsah solí sa vyskytuje v spodných – substrátových horizontoch, To svedčí o tom, že zasoľovanie prebieha postupne od spodných horizontov k povrchu pôdy. Príkladom tohoto vývoja sú profily lokalít Veľké Kosihy, Okoličná, Zlatná na Ostrove (lok. 1, 2, 4), v ktorých proces salinizácie prebehol za sledované obdobie od substrátových horizontov až k povrchu pôdy.

2. Vývoj alkalizácie – slancovania pôd

Prítomnosť procesu slancovania v monitorovaných pôdach potvrdzujú nadlimitné hodnoty výmenného sodíka (ESP) 5 % a viac, ako aj alkalická pôdna reakcia pH 8 a vyššia. Za hodnotené obdobie sme uvedené hodnoty zaznamenali v spodných horizontoch vo všetkých monitorovaných lokalitách. V pôdach v lokalite Zlatná na Ostrove (lok.4) sa obsah výmenného sodíka (ESP) za celé hodnotené obdobie pohybuje okolo 10 %, v roku 2006 ESP dosahuje > 11 %, čo indikuje prítomnosť slancovania. Súčasne sa tým potvrdzuje stabilná intenzita tohto procesu, ktorá tu neprekračuje prvý vývojový stupeň.

V podzemnej vode na základe kritérií, ktoré charakterizujú mieru nebezpečia salinizácie pôdy vplyvom podzemnej vody (EC a SAR) bola podľa hodnoty EC na lokalite Veľké Kosihy zistená miera nebezpečia salinizácie vysoká (75 <EC< 225 mS.m⁻¹) a podľa hodnoty SAR je vysoké až veľmi vysoké ohrozenie sodíkom (18 <SAR< 38). Na lokalite Čalovec je vysoká až veľmi vysoká miera nebezpečia salinizácie (75 <EC< 300 mS.m⁻¹) a stredné ohrozenie sodíkom (10 <SAR< 18). Hodnoty väčšiny sledovaných parametrov v podzemnej vode mali rastúcu tendenciu, na základe čoho možno konštatovať, že riziko salinizácie pôd pod vplyvom mineralizovanej podzemnej vody sa a obidvoch lokalitách zvyšuje. Na území približne ohraničenom V. Kosihy – Okoličná – Čalovec – rieka Váh – rieka Dunaj sa hazard sodicity zvyšuje na stredný (SAR od 10 do 18) až na hranicu vysokého (SAR=18), ktorý sa nachádza

približne v oblasti ohraničenej spojnicou Zlatná na Ostrove, Okoličná, Čalovec (Burger-Čelková 2009).



Obr. 2. Elektrická vodivosť v pôdnom profile v lokalite Veľké Kosihy – EC1, Okoličná – EC2, Čalovec – EC3, EC4 – Zlatná na Ostrove – EC4, Kameničná – EC5

ZÁVER

Mierne vzostupný trend hladín podzemnej vody a jej mineralizácie vytvárajú reálny predpoklad postupného rozvoja soľných pôd, najmä v prvých vývojových štádiách. Sem patria sledované lokality 1-5 (obr. 1). Vo vybraných lokalitách obsah solí a výmenného sodíka je na hranici limitných a mierne nadlimitných hodnôt a ich odrazom sú slabo a stredne slancované a slaniskované pôdy. Výsledky monitorovania vývoja soľných pôd v sledovanom období 1989-2006, uvedené v tab. 1,2 potvrdzujú už spomenutý poznatok, že jednotlivé skupiny sodných solí (neutrálne a alkalické), a tým aj procesy formovania soľných pôd (salinizácia a alkalizácia) sa v prirodzených podmienkach prevažne nevyskytujú samostatne. Z údajov vyplýva, že vo všetkých monitorovaných pôdach prebieha jednak proces salinizácie, indikovaný nadlimitnými hodnotami odparku a EC, jednak proces alkalizácie indikovaný nadlimitnými hodnotami ESP a pH. V lokalitách, kde ESP dosahuje hodnoty 5-20 % je slancovanie dominantným procesom.

Vývoj salinizácie – zasoľovania pôd : Nadlimitné hodnoty odparku vodného výluhu pôdy a elektrickej vodivosti nasýteného extraktu pôdy (EC) v tab. 3,5 potvrdzujú, že akumulácia sodných solí v pôdnom profile prebieha vo všetkých monitorovaných pôdach. Váha odparku za celé sledované obdobie kolíše v intervale 0,01-0,22 % a elektrická vodivosť (EC) v spodných horizontoch v intervale 200-400 mS.m⁻¹. To sú hodnoty, ktoré indikujú začiatkové štádium zasoľovania. Z údajov tab.2 ďalej vyplýva, že zvýšený obsah solí sa

vyskytuje v spodných – substrátových horizontoch, To svedčí o tom, že zasolovanie prebieha postupne od spodných horizontov k povrchu pôdy. Príkladom tohoto vývoja sú profily lokalít Veľké Kosihy, Okoličná, Zlatná na Ostrove (lok. 1, 2, 4), v ktorých proces salinizácie prebehol za sledované obdobie od substrátových horizontov až k povrchu pôdy.

Vývoj alkalizácie – slancovania pôd : Prítomnosť procesu slancovania v monitorovaných pôdach potvrdzujú nadlimitné hodnoty výmenného sodíka (ESP) 5 % a viac, ako aj alkalická pôdna reakcia pH 8 a vyššia. Za hodnotené obdobie sme uvedené hodnoty zaznamenali v spodných horizontoch vo všetkých monitorovaných lokalitách. V pôdach v lokalite Zlatná na Ostrove (lok.4) sa obsah výmenného sodíka (ESP) za celé hodnotené obdobie pohybuje okolo 10 %, v roku 2006 ESP dosahuje > 11 %, čo indikuje prítomnosť slancovania. Súčasne sa tým potvrdzuje stabilná intenzita tohto procesu, ktorá tu neprekračuje prvý vývojový stupeň.

Možno konštatovať, že z výsledkov monitoringu kvalitatívnych ukazovateľov podzemnej vody v období 1989 – 2006 vo vybraných lokalitách vyplýva, že v priebehu sledovaného obdobia došlo k zhoršeniu jej kvality, čo sa týka zasolujúcich iónov. Koncentrácie väčšiny sledovaných ukazovateľov v období 1989 – 2006 majú vzostupný trend, rovnako aj hodnoty EC a SAR.

Zhodnotenie výsledkov monitorovania vývoja soľných pôd potvrdzuje súčasnú prítomnosť procesov slaniskovania i slancovania, pričom proces slancovania je výraznejší v lokalite 4 – Zlatná na Ostrove. Údaje indikujúce prítomnosť uvedených procesov (odparok, EC a ESP), ich výskyt v pôdnom profile a priebeh v sledovanom období 1989-2006 nám dovoľujú konštatovať, že slaniskovanie a slancovanie pôdneho profilu sa rozvíja od spodných – substrátových horizontov cez podpovrchové horizonty až k povrchu pôdy. Namerané hodnoty EC, ESP a pH v jednotlivých lokalitách v sledovanom období potvrdzujú značnú priestorovú variabilitu týchto procesov.

LITERATÚRA

- BARZEGAR, R.A., OADES, J.M., RENGASAMY, P., GILES L. 1994. Effect of sodicity and salinity on disaggregation and tensile strength of an Alfisol under different cropping system. *Soil and Tillage Res.*, 32, 329-345.
- BURGER, F., ČELKOVÁ, A. 2004. Interakcia závlahovej vody z povrchových tokov a pôdy z aspektu salinity a sodicity. *Acta Hydrologica Slovaca*, roč. 5, č.1, ÚH SAV Bratislava, 112-121.
- BURGER, F., ČELKOVÁ, A. 2005. Numerická simulácia transportu látok infiltráciou vody do charakteristických profilov aluviálnych kvartérnych sedimentov na Podunajskej rovine. *Acta Hydrologica Slovaca*, roč. 6, č.1, ÚH SAV Bratislava, 11-23.
- BURGER, F., ČELKOVÁ, A. 2007. Pôvod a mechanizmus vzniku soľných pôd Podunajskej roviny a faktory podmieňujúce ich formovanie. *Acta Hydrologica Slovaca*, roč. 8, č.2, ÚH SAV Bratislava, 254-271.
- BURGER, F., ČELKOVÁ, A. 2009. Salinizácia a kontaminácia podpovrchového environmentu. Monografia ÚH SAV, ISBN 978-80-89139-17-0, 327 s.
- ČERVENKA, L. 1970. Vplyv podzemných vôd na vznik soľných pôd na Slovensku. vydavateľstvo SAV Bratislava, 236 s.
- ČURLÍK, J.a kol. 2003. Pôdna reakcia a jej úprava. Suma print Bratislava, 250 s.
- ČURLÍK, J., ŠEFČÍK, P. 1999. Geochemický atlas Slovenskej republiky : Časť V – Pôdy, VÚPOP Bratislava, 99s.
- FULAJTÁR, E. a kol. 1998. Vplyv Vodného diela Gabčíkovo na poľnohospodárske pôdy. VUPÚ Bratislava, 179 s.
- GRANEC M., ŠURINA B. 1999. Atlas pôd SR. VÚPOP Bratislava, 60s.

- HANES, J. 1997. Pôdna chémia. SPU Nitra, 100 s.
- HANES, J. 1999. Analýza sorpčných vlastností pôd. VÚPOP Bratislava, 138s.
- HYÁNKOVÁ, K., MELIORIS, L. 1992. Vybrané kapitoly z hydrogeochémie. PF UK Bratislava, 92s
- KALEDHONKAR, M.J., TYAGI, N.K., van der ZEE. 2001. Solute transport modelling in soil for irrigation field experiments with alkali water. Agricultural Water Management, 51, 2, 153-171.
- KOBZA, J. a kol. 2002. Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd. VÚPOP Bratislava, 180 s.
- KOBZA, J., GÁBORÍK, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 57 s.
- KOVÁČOVÁ, V. 2001. Výskyt iónov zasoľujúcich látok v podzemných vodách vo vybraných lokalitách Podunajskej nížiny II. Acta Hydrologica Slovaca, roč. 2, č.1, ÚH SAV Bratislava, 19-23.
- KOVÁČOVÁ, V. 2002. Stanovenie zasoľujúcich iónov v pôdnom profile vo vybraných lokalitách Podunajskej nížiny. Acta Hydrologica Slovaca, roč. 3, č.1, ÚH SAV Bratislava, 61-68.
- KOVÁČOVÁ, V. 2006. Bilancia solí v pôdnom profile vo vybraných lokalitách Žitného ostrova. Zborník z medzinár. vedec. konf. "Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia", ÚH SAV, VHZ Michalovce.
- KUTÍLEK, M. 1978. Vodohospodárska pedologie. SNTL Praha, 295 s.
- LEVY, G.J., MAMEDOV, A.I., GOLDSTEIN, D. 2003. Sodicity and water quality effects on slaking og aggregates from semi-arid soils. Soil Science, 168, 8, 552-562.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., (2005): Variabilita bázičických katiónov vo vybraných pôdnych typoch SR. IV. pôdoznalecké dni – Zborník referátov z konferencie pôdoznalcov SR, Bratislava, VÚPOP – SPS, s.214 – 219.
- PITTER, P. 1990. Hydrochemie. SNTL Praha, 565 s.
- RAPANT, S., VRANA, K., BODIŠ, D. 1999. Geochemický atlas Slovenska : Časť I – Podzemné vody, Geologická služba SR, Bratislava, 127s.
- RICHTER, B.C., KREITLER, Ch.W. 1993. Geochemical Techniques for Identifying Sources of Ground-Water Salinization. EPA, USA, 225 p.
- ROSS, D. S., MATSCHONAT, G., SKYLLBERG, U. 2008. Cation exchange in forest soils: the need for a new perspective. European J. of Soil Sc., 59, 6, 1141 – 1159.
- YONG,, R.N., MOHAMED, A.M.O., WARKENTIN, B.P. 1992. Principles of Contaminant Transport in Soils. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 327p.
- VÚPOP – SPS, 2000. Klasifikácia pôd SR (morfofenetický klasifikačný system pôd Slovenska). 76 s.
- VÚPOP Bratislava – ÚKaSÚP Bratislava – LVÚ Zvolen, 2002. Monitoring pôd Slovenskej republiky – súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd. 1997 – 2001, 180 s.

Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu Centra excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia ITMS 26240120004, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja., projektu VEGA 2/0123/11 a projektu APVV-0274-10.

ANALÝZA VÝVOJA POĽNOHOSPODÁRSKEJ SEZÓNY 2011/2012 Z HĽADISKA VÝSKYTU SUCHA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE

Martina Nováková, Rastislav Skalský, Jozef Takáč, Zuzana Klikušovská

Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: m.novakova@vupop.sk, r.skalsky@vupop.sk, j.takac@vupop.sk, z.klikusovska@vupop.sk

Abstrakt: Analýza vývoja poľnohospodárskej sezóny 2011/2012 z hľadiska výskytu sucha v poľnohospodárskej krajine.

Sucho v poľnohospodárskej krajine možno považovať za komplexný jav. Jeho výskyt a prejav v poľnohospodárskej krajine možno hodnotiť z viacerých hľadísk, a to ako meteorologické sucho, pôdne sucho alebo fyziologické sucho, pričom všetky ovplyvňujú a môžu mať dopad na produkčnú schopnosť poľnohospodárskych plodín. Príspevok sa venuje problematike viacúrovňovej analýzy výskytu sucha v poľnohospodárskej sezóne v roku 2012 prostredníctvom aplikácie národného systému agrometeorologického modelovania (SK_CGMS). Pri analýze boli použité meteorologické, fenologické, pôdne údaje, údaje o plodinách a štatistické údaje o osevných plochách a dosiahnutých úrodách pšenice ozimnej a kukurice na zrno na okresnej úrovni za obdobie rokov 1997 - 2011. Aplikovaná bola metóda priestorovej interpolácie meteorologických údajov, agrohydrologické modelovanie vlhkosťného stavu pôd, biofyzikálne modelovanie rastu a produkcie, štatistické metódy – metódy regresného počtu pri odhade úrod pšenice ozimnej a kukurice na zrno; všetky sú implementované v rámci SK_CGMS. Výsledky analýzy potvrdili výskyt meteorologického sucha takmer počas celého obdobia január – august 2012, výskyt pôdneho sucha s postupným poklesom relatívnej vlhkosti pôdy, a to predovšetkým pri ozimných a jarných plodinách, dopad a prejav meteorologického a pôdneho sucha na raste a tvorbe produkcie pšenice ozimnej a kukurice na zrno, ako aj dopad výskytu sucha na ich predpokladané úrody v roku 2012.

Kľúčové slová: sucho, poľnohospodárska krajina, modelovanie, SK_CGMS

Abstract: The analysis of the agricultural season 2011/2012 in terms of drought occurrence in agricultural land.

Drought occurrence in agricultural land can be considered as a complex phenomenon. Its occurrence in agricultural land can be assessed in several ways; as meteorological drought, as soil drought or physiological drought and all of them may have an impact on the productive capacity of agricultural crops. This paper considers the problem of multi-level analysis of drought in the agricultural season in 2012 through the application of the national system of agro-meteorological modeling (SK_CGMS). In the analysis, there were used meteorological data, phenological data, soil data, crop data and statistics on planted areas and yields of winter wheat and grain maize at the NUTS4 level in period 1997 - 2011. In the analysis, there were applied the methods of spatial interpolation of meteorological data, agro-hydrological modeling of soil moisture status, bio-physical modeling of growth and production and statistical methods - regression analysis to estimate the yield of winter wheat and grain maize. All mentioned methods are implemented within SK_CGMS. The results of the analysis confirmed the occurrence of meteorological drought for most of the period from January to August 2012 and the occurrence of soil drought with a gradual decrease in the relative soil moisture, especially in winter and spring crops. As well, the results of the analysis confirmed the impact of weather and soil droughts on growth and production of winter wheat and maize grain, and the impact of drought on their expected yields 2012.

Keywords: drought, agricultural land, modelling, SK_CGMS

ÚVOD

K tradičným, a zároveň stále aktuálnym úlohám riešeným Výskumným ústavom pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚPOP), patrí problematika analýzy a hodnotenia vývoja aktuálnej poľnohospodárskej sezóny, pričom dôraz je kladený predovšetkým na hodnotenie charakteru a vývoja počasia, stavu a vývoja porastov konkrétnych poľnohospodárskych plodín ako východiska pre kvantifikovaný odhad ich úrod a produkcie.

Extrémne poveternostné situácie môžu mať negatívny vplyv na rast a vývoj porastov poľnohospodárskych plodín. V niektorých prípadoch môže dôjsť aj k ich funkčnému poškodeniu a zníženiu produkcie úrody. S ohľadom na pravdepodobnosť výskytu a výmeru postihnutej plochy patrí v našich podmienkach k pomerne významným stresorom sucho. Definícia sucha môže byť rôzna. Rozlišuje sa napr. klimatické sucho (Majerčák 2005); pôdne sucho (Šútor a Štekauerová 2008) či vodný stres rastlín – fyziologické sucho (cf. Kostrej a iní 1992).

V závislosti od použitej definície sucha je možné jeho výskyt sledovať, analyzovať, hodnotiť a interpretovať viacerými spôsobmi. Najčastejším spôsobom je vyhodnocovanie bodových meraní klimatických, fenologických alebo pôdných charakteristík v podobe klimatických indexov (Majerčák 2005), agroklimatických indexov (Špánik a iní 2000) či vybraných hydrolimitov pôdy (Šútor a Rehák 1999). Výstupy takýchto analýz sa vzťahujú ku konkrétnym bodom (meteorologickým a fenologickým staniciam; k pôdnym odberovým miestam). V prípade potreby môžu byť extrapolované v priestore.

Alternatívou uvedeného prístupu je analýza a interpretácia údajov, ktoré majú plošný charakter. Sú reprezentované plošnými priestorovými jednotkami, ktoré pokrývajú celé záujmové územie. Príkladom môžu byť údaje z diaľkového prieskumu Zeme, vybrané metódy agro-meteorologického a bio-fyzikálneho modelovania (napr. Lazar a Genovese 2004), prípadne aj ich vzájomná integrácia v rámci rôznych systémov monitorovania (napr. Petr a iní 1987, JRC Ispra – viac na <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Models-Software-Tools/Crop-Growth-Modelling-System-CGMS>).

V rokoch 2007 – 2009 bol pre SR na základe metodiky vyvinutej a pre európske krajiny odporúčanej JRC (uvedenej vyššie) vybudovaný národný systém agrometeorologického modelovania SK_CGMS s aplikačnou koncovkou kvantifikovaného odhadu úrod a závlahového dispečingu (Nováková a iní 2010).

Príspevok sa venuje problematike aplikácie národného systému agrometeorologického modelovania (SK_CGMS) v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012, pričom zameraný je predovšetkým na prezentáciu potenciálnych možností výstupov tohoto systému pri viacúrovňovej analýze a hodnotení výskytu sucha v poľnohospodárskej krajine.

MATERIÁL A METÓDY

Sucho v poľnohospodárskej krajine

Sucho sa v poľnohospodárskej krajine, ktorú možno zjednodušene považovať za systém pôda – rastlina – atmosféra (systém PRAT), prejavuje viacúrovňovo; týka sa všetkých zložiek systému PRAT samostatne, pričom pri výskyte sucha v poľnohospodárskej krajine je potrebné uvažovať aj s existenciou kauzálnych (príčinno-následných) vzťahov v tomto systéme, t.j. sucho možno považovať za komplexný jav.

Sucho z komplexného hľadiska sa prejavuje najprv ako meteorologické sucho (dlhotrvajúce obdobie s nedostatkom atmosférických zrážok, s vysokou teplotou vzduchu a tým podmienenou vysokou úrovňou potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie); v prípade, že meteorologické sucho trvá dostatočne dlhú dobu, prejaví sa zníženým obsahom vody v koreňovej zóne rastlín až dosiahne úroveň pôdných limitov – ako bod zníženej dostupnosti a

bod vädnutia, pričom takýto stav sa označuje ako pôdne sucho; nakoniec, po prekročení schopnosti adaptability konkrétnej rastliny na nedostatok vody v pôde, resp. na vodný stres, sa sucho prejaví aj ako fyziologický jav, ktorý ovplyvňuje produkčnú schopnosť poľnohospodárskej plodiny.

Systém SK_CGMS a analýza sucha v poľnohospodárskej krajine

Národný systém agrometeorologického modelovania SK_CGMS pozostáva z viacerých úrovní, z ktorých každá má vlastné zameranie a každá úroveň umožňuje analyzovať a hodnotiť určitý aspekt sucha a jeho prejavov v poľnohospodárskej krajine (príspevok nadväzuje na práce Nováková 2009 alebo Nováková a iní 2009).

Monitoring počasia (1.úroveň SK_CGMS): Implementovaná je metóda agrometeorologického modelovania, t.j. priestorová interpolácia nameraných bodových klimatických údajov a priestorová reprezentácia odvodených agroklimatických indexov ako indikátorov klimatického sucha. Výstupom monitoringu počasia sú interpretované meteorologické údaje, priestorovo reprezentované prostredníctvom definovanej gridovej siete s priestorovým rozlíšením 10x10 km – tzv. meteorologické a klimatické indikátory, ktoré umožňujú hodnotiť charakter aktuálnej vegetačnej sezóny a bližšie analyzovať vplyv vývoja počasia na stav a vývoj poľnohospodárskych plodín, ako aj vstupné meteorologické údaje pre druhú tematickú úroveň SK_CGMS (údajové vstupy pre implementovaný model WOFOST). Sucho v zmysle meteorologického sucha bolo hodnotené indikátormi - odchýlkou priemernej mesačnej teploty vzduchu od dlhodobého priemeru (°C), mesačným úhrnom atmosférických zrážok vyjadreným v % dlhodobého mesačného priemeru a mesačným úhrnom potenciálnej evapotranspirácie (mm) vyjadreným v % dlhodobého mesačného priemeru.

Monitoring vývoja poľnohospodárskych plodín (2.úroveň SK_CGMS): Implementovaná je metóda agro-hydrologického modelovania, t.j. simulácia a priestorová reprezentácia vybraných ukazovateľov vlhkostného stavu pôdy ako indikátorov pôdneho sucha; ako aj metóda bio-fyzikálneho modelovania, t.j. simulácia a priestorová prezentácia vybraných vegetačných indexov ako indikátorov fyziologického sucha. Simulácie sú zabezpečené agrometeorologickým a biofyzikálnym modelom WOFOST (Supit a iní 1994, Supit a van der Groot 2003). V procese modelovania boli sledované indikátory vlhkostných pomerov v pôde (napríklad index RSM – Relative Soil Moisture); ako aj indikátory vývoja celkovej nadzemnej produkcie (index TAGP – Total Above Ground Production), vývoja suchej hmoty v zásobných orgánoch (index TWSO – Total Dry Weight of Storage Organs) a niektoré ďalšie vegetačné indikátory (listová pokrývnosť, vývojové štádium plodiny). Výstupné vegetačné indexy a indikátory sú priestorovo reprezentované prostredníctvom definovanej gridovej siete s priestorovým rozlíšením 1x1 km, prípadne prostredníctvom elementárnych mapovacích jednotiek (Elementary Mapping Unit, EMU) definovaných prostredníctvom tejto gridovej siete. Sucho v rámci monitoringu vývoja poľnohospodárskych plodín (vrátane monitoringu vlhkostných pomerov pôdy) bolo hodnotené na základe porovnávania sledovaných indikátorov v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012 a dlhodobo priemerných hodnôt sledovaných indikátorov (za obdobie 1975 - 1990).

Štatistické analýzy – odhad úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín (3.úroveň SK_CGMS): Odhady úrod sú stanovené prostredníctvom aplikácie vybraných štatistických metód na výsledky monitoringu počasia (meteorologické a klimatické indikátory) a monitoringu vývoja poľnohospodárskych plodín (interpretované a simulované vegetačné indexy a indikátory) a časové rady dosiahnutých priemerných úrod; odhady priemerných úrod jednotlivých plodín sú odvodené pre definované priestorové elementy - administratívne jednotky, v tomto prípade okresy. Sucho, resp. dopad sucha na úrodu poľnohospodárskych

plodín bolo hodnotené na základe porovnania odhadovaných úrod a priemerných úrod poľnohospodárskych plodín na úrovni okresov stanovených za obdobie rokov 1997 – 2011.

Použité údaje

V príkladovej štúdií boli použité tieto údaje:

- *klimatické údaje* zo 70 klimatických staníc v sieti SHMÚ; konkrétne denné údaje: minimálna, maximálna a priemerná denná teplota vzduchu (°C), trvanie slnečného svitu (hod), tlak vodných pár (hPA), priemerná rýchlosť vetra ($m.s^{-1}$) a úhrny atmosférických zrážok (mm) za rok obdobie 2011 – 2012; pri priestorovej interpolácii boli dopyčítavané aj doplnkové údaje, konkrétne denné hodnoty potenciálnej evapotranspirácie ($m.d^{-1}$) a radiácie na zemskom povrchu ($KJ.m^{-2}.d^{-1}$) (viac o aplikovanej metodike v prácach Voet a iní 1994; van der Goot 1998, v rámci SR Nováková 2007).;
- *fenologické údaje* z fenologických staníc v sieti SHMÚ; konkrétne priemerné termíny nástupu vybraných fenologických fáz analyzovaných poľnohospodárskych plodín stanovené za obdobie rokov 1989 - 2010;
- *pôdne údaje* - hydrofyzikálne vlastnosti a vybrané vlastnosti pôd relevantné z hľadiska charakteru a intenzity rastlinnej výroby v pravidelnom gride s rozlíšením 1x1 km, ktoré boli interpretované z údajov o profilových vlastnostiach 17741 pôdnych sond a údajov o priestorovej distribúcii vybraných vlastností pôdy v mierke 1:5000 z Informačného systému o pôde v správe Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave (viac v práci Nováková a Skalský 2008, Nováková a iní 2010).

Spracovanie údajov, ich analýza a interpretácia

Pri spracovaní údajov bol využitý národný systém pre odhad úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín (*SK_CGMS*), resp. jeho samostatné subsystémy: *monitoring počasia* a *monitoring poľnohospodárskych plodín*:

- *priestorová interpolácia klimatických a agroklimatických údajov* a priestorová reprezentácia interpolovaných údajov boli realizované v referenčnej gridovej sieti s priestorovým rozlíšením 10x10 km. Odvođené boli:
 - mesačné úhrny zrážok (za mesiace apríl – august v roku 2012) vyjadrené ako percento dlhodobého priemerného úhrnu zrážok za identické obdobie v rokoch 1975 – 1990, aplikovaná bola klasifikácia podľa Lapina a iných 1988;
 - priemerné mesačné teploty vzduchu (°C) za obdobie apríl – september v roku 2012;
 - rozdiely medzi priemernými mesačnými teplotami vzduchu a dlhodobými priemernými mesačnými teplotami vzduchu (°C) za obdobie január – august v roku 2012, pričom priemer bol stanovený za obdobie 1975 – 1990, aplikovaná bola klasifikácia podľa Lapina a iných 1988;
 - mesačný úhrn potenciálnej evapotranspirácie vyjadrený v % dlhodobého mesačného priemeru (mm) za obdobie január – august 2012;
- *modelovanie vlhkosťného stavu poľnohospodárskych pôd*, vrátane doplnkových indikátorov intenzity procesov v systéme pôda – rastlina - atmosféra s významným vplyvom na vlhkosťný stav pôd, bolo realizované prostredníctvom referenčnej gridovej siete s priestorovým rozlíšením v 1x1 km. Pre modelovanie bol využitý agro-hydrologický model WOFOST (Supit a iní 1994, Supit a van der Groot 2003), ktorý je súčasťou systému SK_CGMS. Odvođené boli indexy – pre pšenicu ozimnú, jačmeň jarný (v desaťdennom kroku, v príspevku sú prezentované výstupy k termínom 10.6.2012 a k 10.7.2012), kukuricu na zrno a zemiaky konzumné (v desaťdennom kroku, v príspevku sú prezentované výstupy k termínom 20.7.2012 a k 20.8.2012):
 - relatívna vlhkosť pôdy (%);
 - objemová vlhkosť koreňovej zóny (%);

- celková (kumulatívna) potreba a celková (kumulatívna) spotreba vody sledovanou poľnohospodárskou plodinou (cm);
- zásoba vody (mm);
- deficit vody (mm);
- potrebná závlahová dávka v koreňovej zóne konkrétnych poľnohospodárskych plodín (mm);
- pre *modelovanie vývoja plodiny a tvorby produkcie poľnohospodárskych plodín* bol využitý bio-fyzikálny model WOFOST (Supit a iní 1994, Supit a van der Groot 2003), ktorý je súčasťou systému SK_CGMS. Odvodené boli:
 - vegetačné indexy ako percento dlhodobej priemernej hodnoty konkrétneho vegetačného indexu za identickú dekádu, pričom priemer bol stanovený za obdobie 1975 – 1990; konkrétne vodou limitovaná nadzemná biomasa a sušina v zásobných orgánoch pšenice ozimnej v termíne 20.5.2012, 20.6.2012 a 20.7.2012;
 - vegetačné indexy (v %) ako vzájomné porovnanie úrovne vodou limitovanej a potenciálnej nadzemnej biomasy a sušiny v zásobných orgánoch kukurice na zrno v termíne 20.7.2012, 20.8.2012 a 20.9.2012;
- pre *odhad úrod poľnohospodárskych plodín*, v tomto prípade pšenice ozimnej (k 10.7.2012) a kukurice na zrno (k 20.9.2012) boli použité časové rady dosiahnutých úrod za obdobie 1997 – 2012, klimatických a agroklimatických indikátorov za obdobie 1997 – 2012 – úhrnov zrážok (mm) a vodnej bilancie (t.j. rozdiel medzi úhrnom potenciálnej evapotranspirácie a úhrnom atmosférických zrážok, mm) v období od 1. do 19. dekády v roku 2012 v prípade pšenice ozimnej a v období od 15. do 26. dekády v roku 2012 v prípade kukurice na zrno. Aplikované boli štatistické metódy regresného radu. Jednoduchá kvantifikácia dopadu sucha na očakávanú úrodu pšenice ozimnej a spočívala vo vizuálnom porovnaní predpovedaných úrod a priemerných úrod týchto plodín na úrovni okresov za obdobie 1997 - 2012.

Výpočty boli realizované v databázovej aplikácii MS Office Access 2003. Pre priestorovú reprezentáciu (vizualizáciu) výstupov bolo využité prostredie ArcGIS 9.3. V príspevku je vizuálne prezentované len obmedzené množstvo vybraných výstupov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza počasia a klimatické sucho v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012

Pre priaznivý a dostatočný rast poľnohospodárskych plodín vzhľadom na ich nároky na prostredie je nevyhnutné dosiahnutie určitých klimatických podmienok; ide predovšetkým o vzájomný pomer medzi zaznamenaným úhrnom atmosférických zrážok a priemernej teploty vzduchu, ktorý určuje úroveň evapotranspirácie a tým reguluje aj množstvo vody v koreňovej zóne rastlín, ktorá je prístupná rastlinám.

V období mesiacov január až august 2012 bol nízky úhrn zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom za konkrétny mesiac (vyjadrený ako % dlhodobého priemeru; dlhodobý priemer stanovený za obdobie 1971 – 1995; obr. 1) zaznamenaný s výnimkou mesiaca júl prakticky vo všetkých mesiacoch analyzovaného obdobia:

- vo februári boli zaznamenané výrazné kontrasty v priestorovom rozložení atmosférických zrážok; kým na severozápade a severovýchode Slovenska dosahovali mesačné úhrny viac ako 200 % dlhodobého priemeru, na juhu stredného a východného Slovenska dosiahli len okolo 50 % dlhodobého priemerného úhrnu zrážok;
- v marci v južných častiach Slovenska mesačný úhrn atmosférických zrážok nedosiahol ani 10 % dlhodobého priemeru, a naopak v severných oblastiach západného a východného

Slovenska bol zaznamenaný dostatok zrážok, mesačný úhrn tu dosiahol viac ako 130 % dlhodobého priemeru;

- v apríli, pričom apríl bol na väčšine územia Slovenska zrážkovo normálny, len na krajnom západe bol suchý až veľmi suchý;
- v máji bol zaznamenaný nedostatok atmosférických zrážok na väčšine územia Slovenska (veľmi suchý mesiac) okrem východnej časti SR, kde mesačný úhrn dosiahol priemerné hodnoty pre toto obdobie (normálny mesiac);
- v júni v prvej polovici mesiaca boli atmosférické zrážky zaznamenané takmer každý deň (mali letný charakter, t. j. prevládali búrkové lejaky a prehánky), avšak ich množstvo nebolo veľmi výrazné; za celý mesiac jún spadlo na území Slovenska od 30 do 180 mm zrážok, najväčšie úhrny boli zaznamenané v severnej polovici Slovenska (v porovnaní s dlhodobým priemerom sa tu mesiac javí ako zrážkovo normálny až vlhký), na ostatnom území bol jún hodnotený ako normálny až suchý a na krajnom juhozápade až veľmi suchý;
- v auguste, pričom takmer celé územie SR patrilo do kategórie mimoriadne suchého a veľmi suchého mesiaca, len lokálne na Orave a na Liptove bol mesiac zrážkovo normálny.

V období mesiacov január až august 2012 bola relatívne vysoká priemerná mesačná teplota v porovnaní s dlhodobým priemerom za konkrétny mesiac (vyjadrená ako odchýlka od dlhodobého priemeru; +/- stupne °C; dlhodobý priemer stanovený za obdobie 1971 – 1995; obr. 2) zaznamenaná:

- v januári, keď dosiahla priemerná mesačná teplota vzduchu juhozápadnej časti Slovenska kladné hodnoty, pohybovala sa v rozpätí od 0 do 2 °C, čo je viac ako 5 °C nad dlhodobým priemerom; veľmi teplé počasie bolo aj na ostatnom území Slovenska, tam už však tieto odchýlky neboli až také výrazné;
- počas všetkých jarných mesiacov- marec, apríl aj máj boli teplotne nadpriemerné; v marci bol najmä juhozápad Slovenska mimoriadne teplý s priemernou mesačnou teplotou vzduchu vyššou o viac ako 4,5 °C nad dlhodobým priemerom; v apríli aj v máji už bol mimoriadne teplý nielen juhozápad ale aj juh stredného a východného Slovenska, pričom väčšina ostatného územia bola veľmi teplá (apríl), resp. normálna (máj);
- v júni, ktorý bol ako mesiac na väčšine územia Slovenska mimoriadne teplý, na juhovýchode a juhu stredného Slovenska bola priemerná mesačná teplota vzduchu vyššia o 5 °C a viac od dlhodobého priemeru, v južnej časti Záhorskej a Podunajskej nížiny až o 6 °C a viac;
- v júli, pričom júl bol jedným z najteplejších júlov aspoň od polovice 20. storočia, a to na celom území Slovenska; priemerná mesačná teplota vzduchu bola vyššia ako je dlhodobý priemer takmer na celom území Slovenska - na juhozápade a na juhu stredného a východného Slovenska sa odchýlka pohybovala od 5 do 6,5 °C;
- v auguste, keď naďalej pretrvávali tropické teploty vzduchu, vysoké boli aj nočné teploty, ktoré dosahovali v najteplejších oblastiach 20 °C a viac (tzv. tropická noc); koncom prvej augustovej dekády nastalo pomerne výrazné ochladenie, kedy teploty vzduchu nedosahovali ani letných 25 °C, ale v druhej polovici augusta nastalo výrazné oteplenie, teploty vzduchu opäť dosahovali tropické hodnoty (30 °C a viac); priestorová variabilita, ako aj hodnoty odchýliek priemernej mesačnej teploty vzduchu od dlhodobého priemeru boli takmer identické s júlovou priestorovou variabilitou.

Nízke úhrny zrážok v kombinácii s teplým počasím už počas jarného obdobia podmienili vysokú potenciálnu, aj aktuálnu evapotranspiráciu a následne zvyšovanie deficitu vody v pôde. Pretrvávajúce sucho vytvorilo výrazné stresujúce podmienky pre

poľnohospodárske plodiny takmer na celom území Slovenska. Ďalšia vlna vysokej evapotranspirácie bola zaznamenaná v druhej polovici júna (extrémne teplé počasie), ale aj v júli a počas augusta. Obdobie vysokej potenciálnej evapotranspirácie tak pretrvávalo takmer celé sledované obdobie, t.j. od januára, až do konca augusta (obr.3).

Analýza vlhkostných pomerov pôdy a pôdne sucho v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012

Relatívna vlhkosť pôdy určuje množstvo vody v koreňovej zóne rastlín, ktorá je prístupná rastlinám. Relatívna vlhkosť pôdy stanovená pod porastom konkrétnej plodiny vyjadruje úroveň - množstvo vody vo vzťahu k využiteľnej vodnej kapacite pôdy, pričom ako určitá hraničná hodnota relatívnej vlhkosti pôdy vo vzťahu využiteľnosti vody rastlinami je uvažovaná úroveň 50 %.

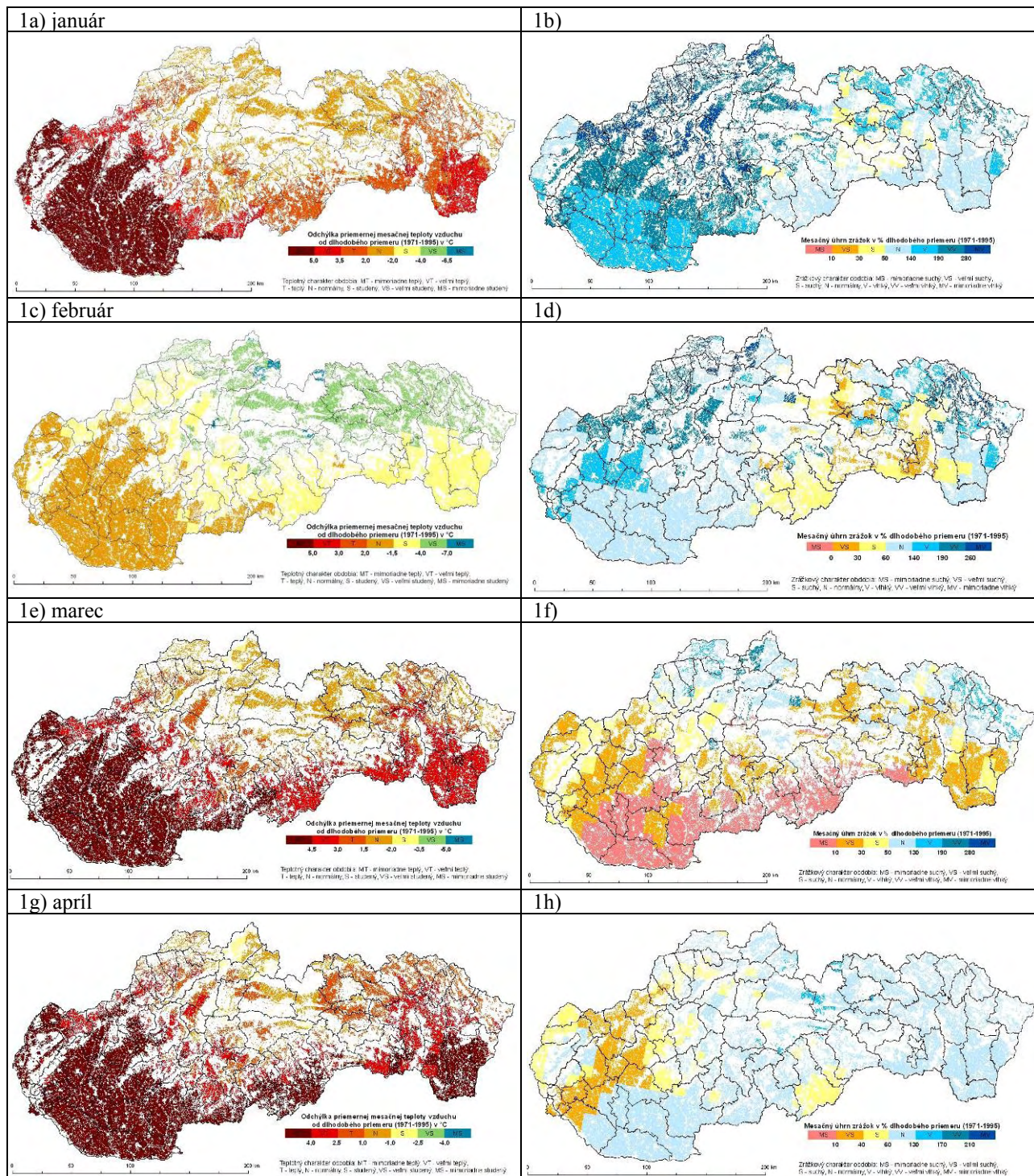
V tohtoročnej poľnohospodárskej sezóne vplyvom nízkeho úhrnu zrážok s vysokých teplôt vzduchu, resp. vplyvom vysokej potenciálnej a predovšetkým aktuálnej evapotranspirácii postupne klesala relatívna vlhkosť pôdy a narastal deficit vody v pôde.

V prípade porastov pšenice ozimnej (obr. 4a, 4b), oblasti s najnižšou zaznamenanou relatívnou vlhkosťou pôdy (kategórie do 25 %, 25-50 % a 50-75 %) k termínu 10.6.2012 boli lokalizované prakticky v najproduktívnejších častiach SR – na Podunajskej nížine, v Juhoslovenskej kotline, v Košickej kotline a na juhu Východoslovenskej nížiny; v termíne k 10.7.2012 sa relatívna vlhkosť pôdy ešte viac znížila (až na úroveň kategórií do 25% a 25-50%), a to vo všetkých produkčných oblastiach SR, najmä však v pahorkatinných častiach Podunajskej nížiny a na juhu Východoslovenskej nížiny, pričom oblasť s nízkou relatívnou vlhkosťou pôdy sa rozšírila o pahorkatinné časti Východoslovenskej nížiny o o vyššie položené kotliny SR.

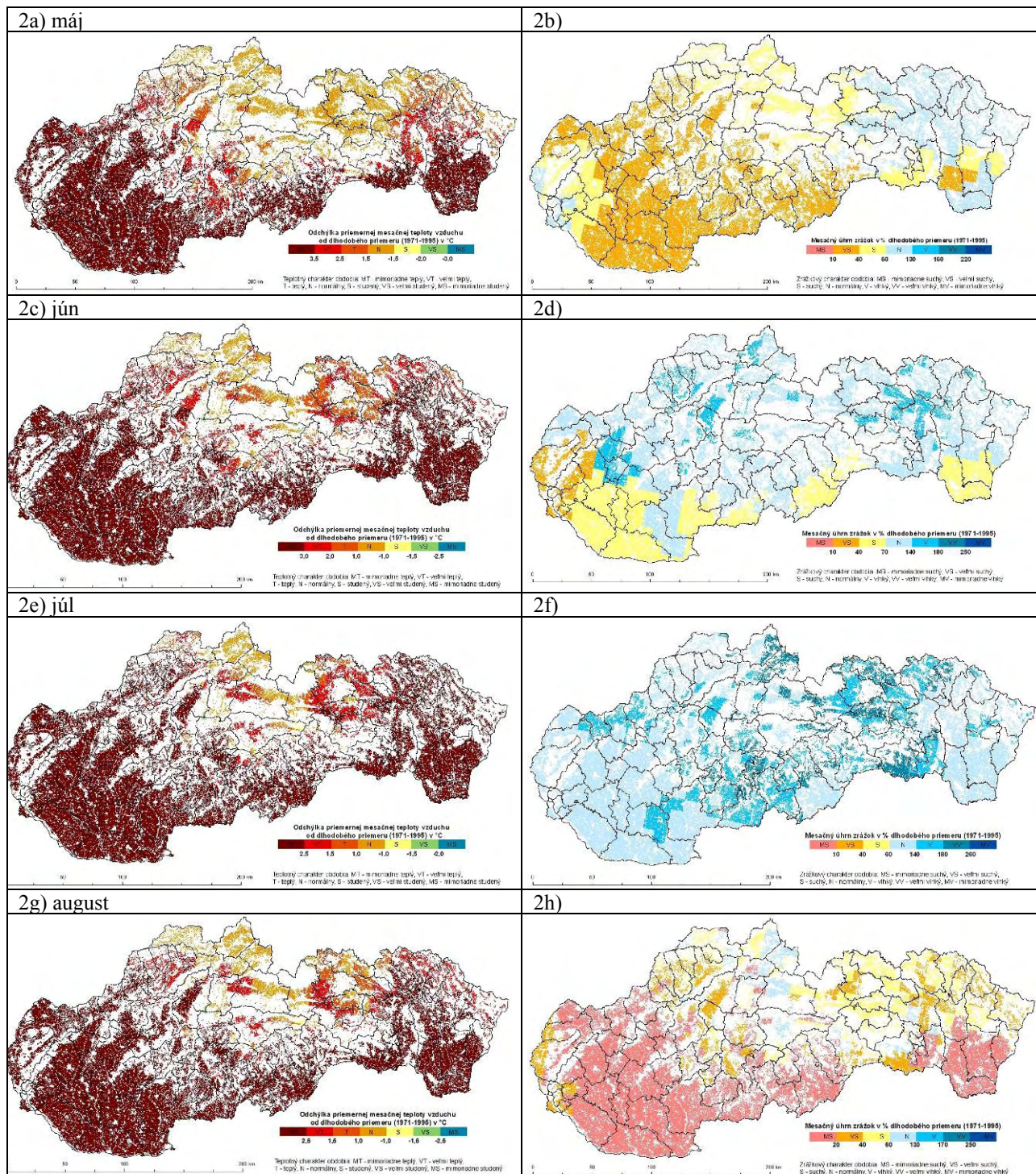
V prípade porastov jačmeňa jarného (obr. 4c a 4d), bola situácia podobná ako v prípade relatívnej vlhkosti pôdy, resp. koreňovej zóny pri pšenici ozimnej. Regióny s najnižšou zaznamenanou relatívnou vlhkosťou pôdy (kategórie do 25 %, 25-50 % a 50-75 %) k termínu 10.6.2012 boli lokalizované prakticky v najproduktívnejších častiach SR – na Podunajskej nížine, a to vrátane pahorkatinných častí, v Juhoslovenskej kotline, v Košickej kotline, na juhu Východoslovenskej nížiny a v rámci stredne vysoko položených kotlin SR; v termíne k 10.7.2012 sa oblasť s nízkou relatívnou vlhkosťou pôdy rozšírila len o plošne nevýrazné územia vo flyšovom pásme a v Podtatranskej kotline, avšak výrazná zmena nastala v úrovni relatívnej vlhkosti pôdy - v najproduktívnejších častiach SR prevažovala kategória s obsahom vody v koreňovej zóne len do 25 %.

V prípade porastov kukurice na zrno (obr. 5a, 5b), oblasti s najnižšou zaznamenanou relatívnou vlhkosťou pôdy (kategórie do 2 5% len lokálne, 25-50 % a 50-75 %) k termínu 20.7.2012 boli lokalizované v najproduktívnejších častiach SR – na Podunajskej nížine, v Juhoslovenskej kotline, v Košickej kotline a na juhu Východoslovenskej nížiny; v termíne k 20.8.2012 sa regionálne rozdiely v relatívnej vlhkosťi pôdy na celom poľnohospodársky využívanom území SR vyrovnali a relatívna vlhkosť pôdy ostala na úrovni 50-75 % dlhodobu prístupnej vody v pôde.

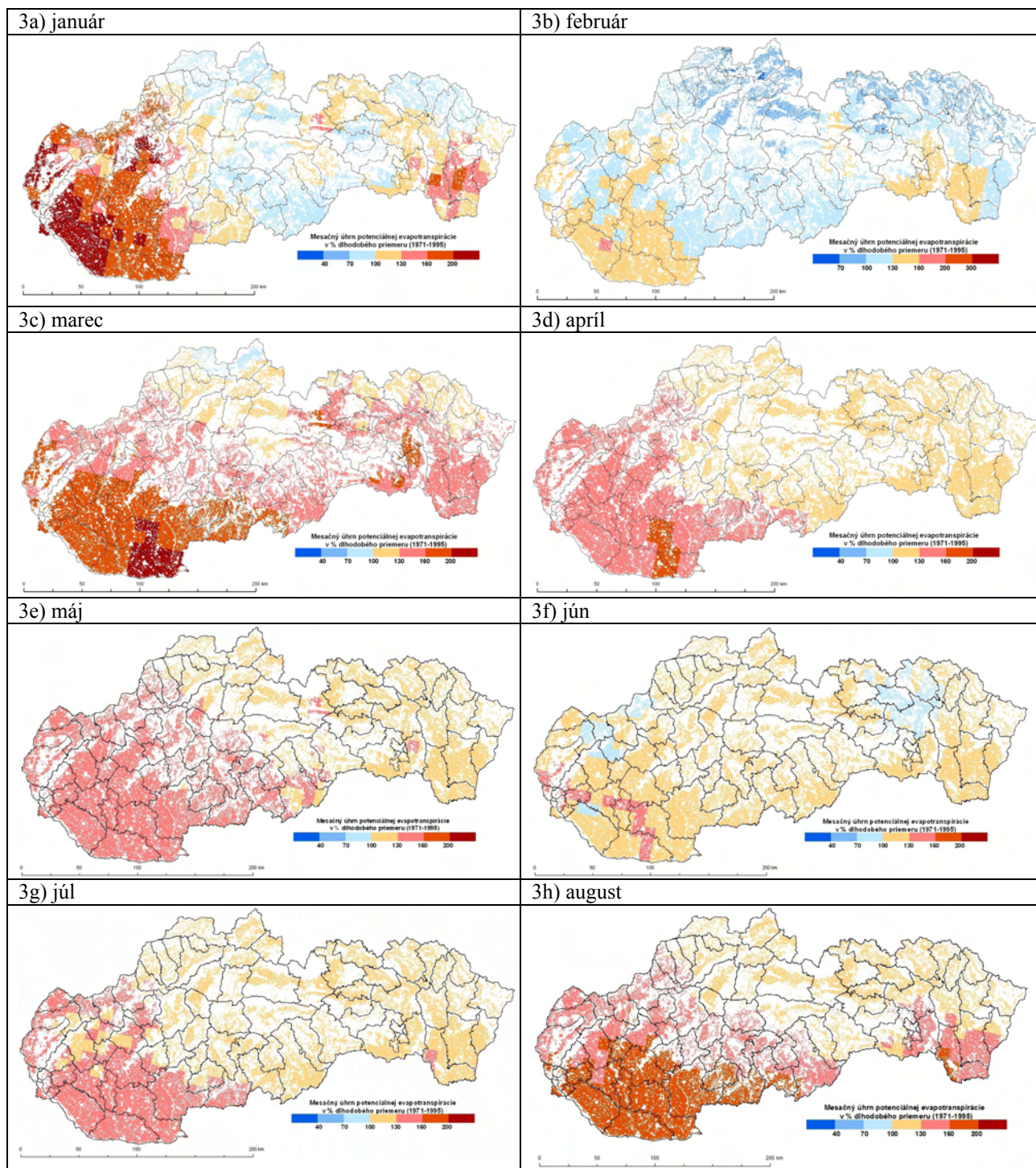
V prípade porastov zemiakov konzumných (obr. 5c, 5d), bola situácia podobná ako v prípade relatívnej vlhkosti pôdy, resp. relatívnej vlhkosti koreňovej zóny pri kukurici na zrno; v termíne k 20.7.2012 boli zaznamenané výrazné regionálne rozdiely v priestorovej variabilite relatívnej vlhkosti pôdy, pričom najsuchšie oblasti, t.j. oblasti s najnižšou relatívnou vlhkosťou pôdy boli sústredené v najproduktívnejších častiach SR – na Podunajskej nížine, v Juhoslovenskej kotline, v Košickej kotline a na juhu Východoslovenskej nížiny a v termíne k 20.8.2012 sa regionálne rozdiely v relatívnej vlhkosťi pôdy na celom poľnohospodársky využívanom území SR vyrovnali a relatívna vlhkosť pôdy ostala na úrovni 50-75 % dlhodobu prístupnej vody v pôde.



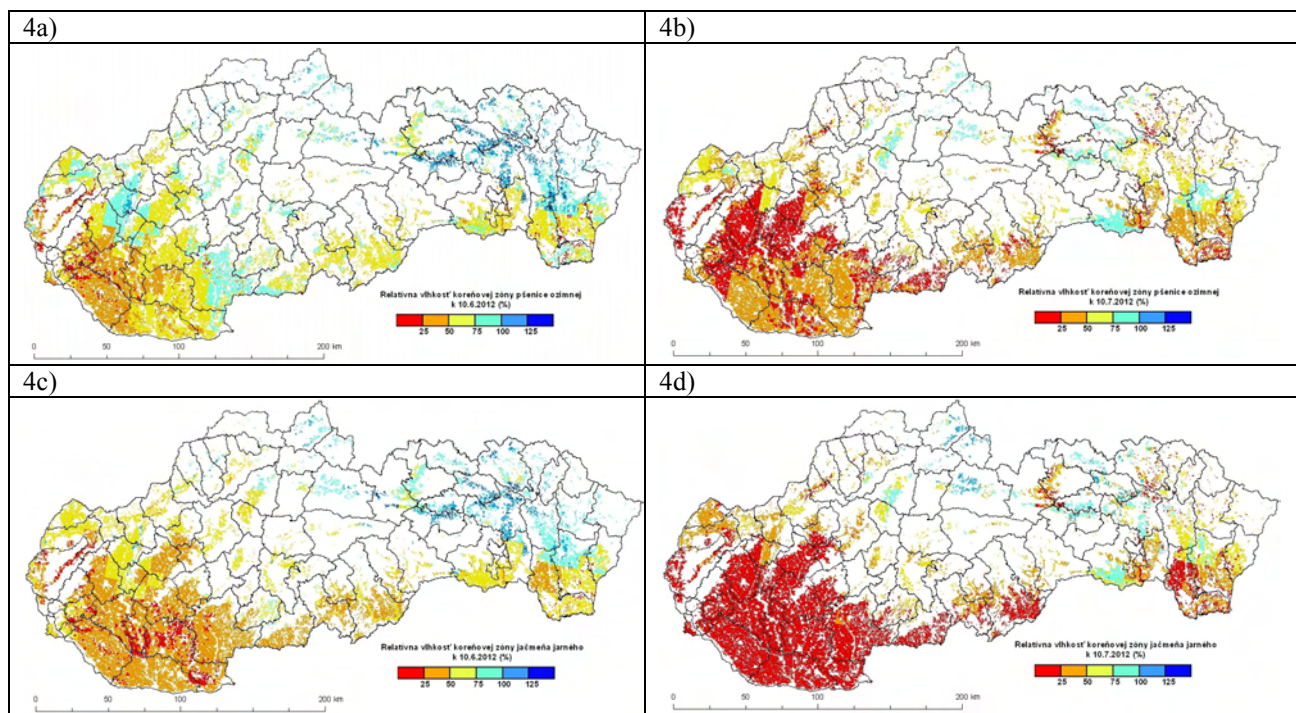
Obr.1. Odchýlka priemernej mesačnej teploty vzduchu od dlhodobého priemeru (1a, 1c, 1e a 1g; °C) a mesačný úhrn atmosférických zrážok vyjadrený v % dlhodobého mesačného priemeru (1b, 1d, 1f a 1h) v roku 2012.



Obr.2. Odchýľka priemernej mesačnej teploty vzduchu od dlhodobého priemeru (2a, 2c, 2e a 2g; °C) a mesačný úhrn atmosférických zrážok vyjadrený v % dlhodobého mesačného priemeru (2b, 2d, 2f a 2g) v roku 2012.



Obr.3. Mesačný úhrn potenciálnej evapotranspirácie vyjadrený v % dlhodobého mesačného priemeru v roku 2012.

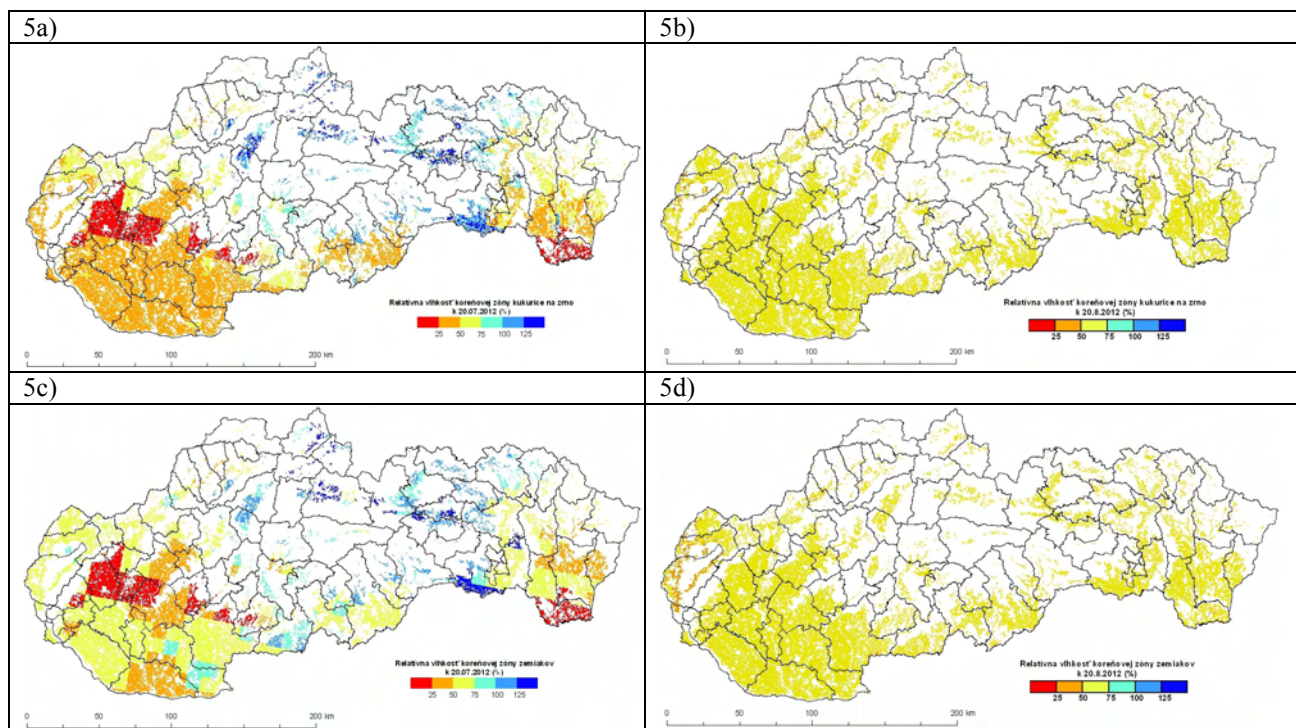


Obr.4. Relatívna vlhkosť pôdy (%) v koreňovej zóne pšenice ozimnej k 10.6.2012 (4a) a k 10.7.2012 (4b) a jačmeňa jarného k 10.6.2012 (4c) a k 10.7.2012 (4d).

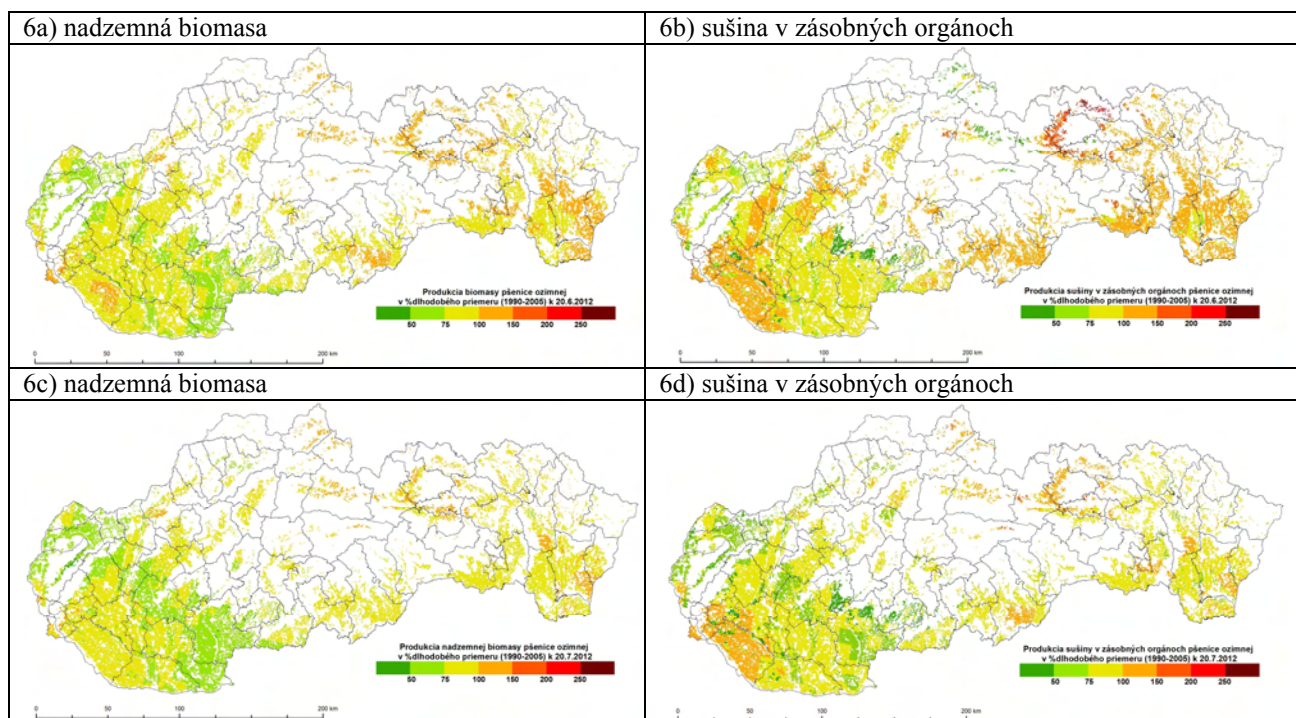
Analýza rastu poľnohospodárskych plodín a fyziologické sucho v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012

V tohtoročnej poľnohospodárskej sezóne, v termíne k 20.6.2012, bola v prípade celkovej nadzemnej biomasy pšenice ozimnej (obr. 6a, 6b) zaznamenaná znížená produkcia prakticky na celom poľnohospodársky využívanom území SR, a to na úrovni 75-100 % dlhodobej priemernej produkcie; lokálne, v pahorkatinných častiach Podunajskej nížiny bola aj nižšia – na úrovni len 50-75 % dlhodobej priemernej produkcie; o niečo vyššia produkcia nadzemnej biomasy pšenice ozimnej bola zaznamenaná na Východoslovenskej nížine a čiastočne aj v Juhoslovenskej kotline (kategória 100-150 % dlhodobej priemernej produkcie, avšak prevažne pri dolnej hranici intervalu).

Čo sa týka vegetačného indikátora produkcie sušiny v zásobných orgánoch pšenice ozimnej v tomto termíne, situácia bola o niečo priaznivejšia, a to predovšetkým v juhozápadnej časti Podunajskej nížiny, v Juhoslovenskej kotline, v Košickej kotline a v rámci Východoslovenskej nížiny (úroveň 100-150 % dlhodobej priemernej produkcie, prevažne však pri dolnej hranici intervalu); na ostatnom území prevažovala produkcia sušiny v zásobných orgánoch pšenice ozimnej na úrovni 75-100 % dlhodobej priemernej produkcie. V termíne k 20.7.2012 (obr. 6c, 6d) bola pri oboch sledovaných vegetačných indikátoroch situácia podobná. V prípade produkcie celkovej nadzemnej biomasy pšenice ozimnej sa plošne rozšíril areál zodpovedajúci produkcii na úrovni 50-75 % dlhodobej priemernej produkcie v rámci Podunajskej a Záhorskej nížiny; zároveň v prevažnej časti Juhoslovenskej kotliny a Východoslovenskej nížiny bol zaznamenaný pokles produkcie na úroveň 75-100 % dlhodobej priemernej produkcie. V prípade produkcie sušiny v zásobných orgánoch pšenice ozimnej bol zaznamenaný areálovo pomerne výrazný pokles produkcie na úroveň 75-100 % dlhodobej priemernej produkcie na Východoslovenskej nížine, v Juhoslovenskej kotline, ako aj v rámci Podunajskej nížiny.



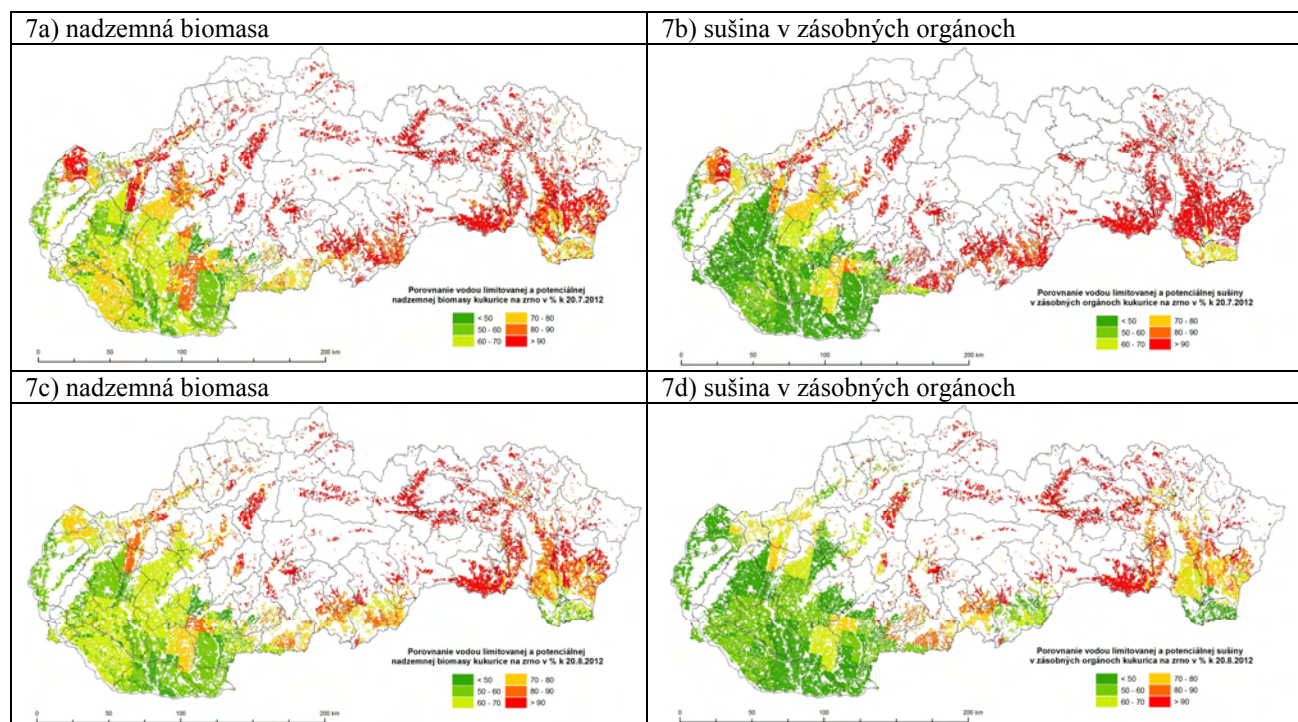
Obr.5. Relatívna vlhkosť pôdy (%) v koreňovej zóne kukurice na zrno k 20.7.2012 (5a) a k 20.8.2012 (5b) a zemiakov konzumných k 20.7.2012 (5c) a k 20.8.2012 (5d).



Obr.6. Produkcia nadzemnej biomasy a sušiny v zásobných orgánoch pšenice ozimnej v % dlhodobého priemeru k 20.6.2012 (6a, 6b) a k 20.7.2012 (6c, 6d).

V prípade kukurice na zrno (obr. 7) bol v termínoch k 20.7.2012 a k 20.8.2012 zaznamenaný výrazný rozdiel medzi vodou limitovanou a potenciálnou produkciou ako nadzemnej biomasy, tak aj sušiny v zásobných orgánoch; zaznamenaná bola výrazná priestorová variabilita sledovaných indikátorov v rámci celého územia SR. Pri nadzemnej

biomase kukurice na zrno v termíne k 20.7.2012 bol najvýraznejší rozdiel zaznamenaný predovšetkým v najproduktívnejšej časti poľnohospodársky využívanom území SR – na Podunajskej nížine (kategórie do 50 %, 50-60 %, 60-70 %, 70-80 % a lokálne aj 80-90 %); na ostatnom území bol rozdiel výrazne nižší. V prípade vegetačného indikátora sušiny v zásobných orgánoch bola zaznamenaná priestorová variabilita ešte výraznejšia - na Podunajskej nížine prevažovala kategória s hodnotami do 50 % a 50-60 %. V termíne k 20.8.2012 bola pri oboch sledovaných indikátoroch situácia podobná; rozdiely boli zaznamenané predovšetkým v rámci Juhoslovenskej kotliny a Východoslovenskej nížiny – v oboch prípadoch išlo o nárast rozdielu medzi vodou limitovanou a potenciálnou produkciou, a teda o výskyt území charakterizovaných kategóriami do 50 %, 50-60 %, 60-70 % a 70-80 %.



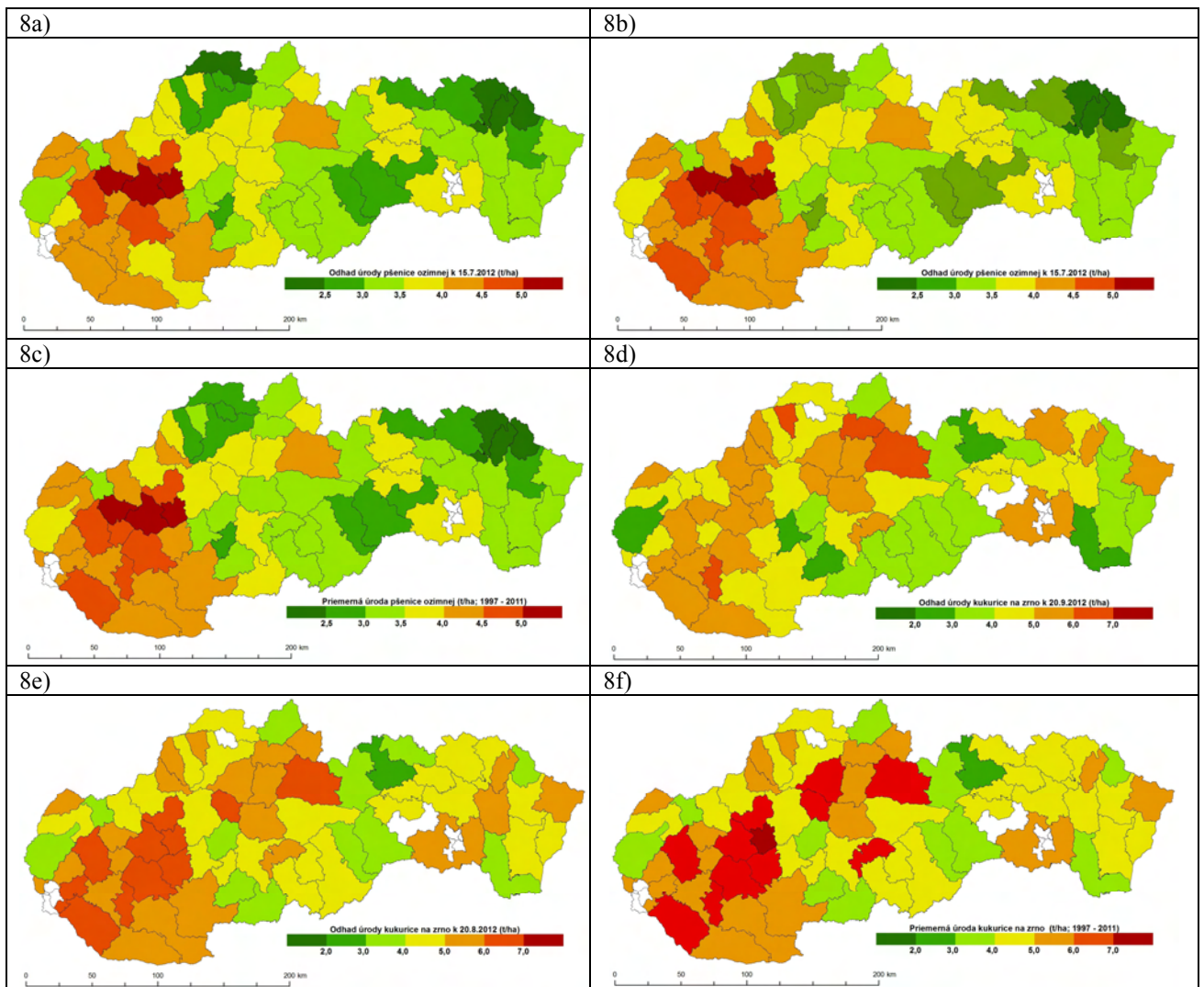
Obr.7. Produkcia nadzemnej biomasy a sušiny v zásobných orgánoch kukurice na zrno v % dlhodobého priemeru k 20.7.2012 (7a, 7b) a k 20.8.2012 (7c, 7d).

Jednoduchá kvantifikácia dopadu sucha na očakávané úrody poľnohospodárskych plodín v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012

Výsledky odhadu úrod pšenice ozimnej a kukurice na zrno na krajskej a národnej úrovni a ich porovnanie s priemernými úrodami týchto plodín za obdobie rokov 1997 – 2011 sú uvedené v tab.1 a 2.

Čo sa týka pšenice ozimnej, v termíne k 10.7.2012 bola očakávaná úroda na úrovni 3,46 t.ha⁻¹ pri aplikovaní indikátora vodná bilancia, čo v porovnaní s priemernou úrodou pšenice ozimnej za obdobie rokov 1997 až 2011 predstavuje pokles o 14,94 % a úrodu na úrovni 3,54 t.ha⁻¹ pri aplikovaní indikátora zrážky, čo v porovnaní s priemernou úrodou pšenice ozimnej za obdobie rokov 1997 až 2011 predstavuje pokles o 13,03 %. Na krajskej úrovni bola zaznamenaná priestorová variabilita odhadovaných úrod; pri oboch indikátoroch bola najvyššia úroda predpovedaná v Trnavskom kraji (3,82 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia a 3,95 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky) a najnižšia v Banskobystrickom kraji (2,62 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia a 2,60 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky). Na okresnej úrovni (obr. 8a, 8b, 8c) je priestorová variabilita predpovedaných úrod pšenice ozimnej pri použití oboch indikátorov, ako aj priestorová variabilita priemerných úrod pšenice ozimnej veľmi podobná;

maximálne úrody sú predpokladané v okresoch Piešťany (5,24 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 5,35 t/ha pri indikátore zrážky; priemerná úroda 5,37 t/ha), Partizánske (5,03 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 5,33 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 5,24 t.ha⁻¹) a Topoľčany (5,02 t/ha pri indikátore vodná bilancia; 5,30 t/ha pri indikátore zrážky; priemerná úroda 5,36 t.ha⁻¹); najnižšie úrody sú predpokladané v okresoch Svidník (2,07 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 2,08 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 2,06 t.ha⁻¹), Medzilaborce (2,40 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 2,39 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 2,32 t.ha⁻¹) a Stropkov (2,47 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 2,39 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 2,42 t.ha⁻¹). Celkovo bola najvyššia úroda zaznamenaná v rámci okresov Podunajskej nížiny a najnižšia v rámci okresov vo flyšovom pásme a na Kysuciach.



Obr.8. Predpovedaná úroda pšenice ozimnej k 10.7.2012 na základe indikátora vodná bilancia (8a) a na základe indikátora zrážky (8b); predpovedaná úroda kukurice na zrno k 20.9.2012 na základe indikátora vodná bilancia (8d) a na základe indikátora zrážky (8e); priemerná úroda pšenice ozimnej (8c) a jačmeňa jarného (8f) za obdobie 1997 - 2011.

Čo sa týka kukurice na zrno, v termíne k 20.9.2012 bola očakávaná úroda na úrovni 4,71 t.ha⁻¹ pri aplikovaní indikátora vodná bilancia, čo v porovnaní s priemernou úrodou kukurice na zrno za obdobie rokov 1997 až 2011 predstavuje pokles o 16,79 % a úrodu na úrovni 5,13 t.ha⁻¹ pri aplikovaní indikátora zrážky, čo v porovnaní s priemernou úrodou kukurice na zrno za obdobie rokov 1997 až 2011 predstavuje pokles o 9,53 %. Na krajskej

úrovni bola zaznamenaná priestorová variabilita odhadovaných úrod; pri oboch indikátoroch bola najvyššia úroda predpovedaná v Trnavskom kraji (5,40 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia a 6,02 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky) a najnižšia v Banskobystrickom kraji (3,57 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia a 4,23 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky). Na okresnej úrovni (obr. 8d, 8e, 8f) je priestorová variabilita predpovedaných úrod kukurice na zrno pri použití oboch indikátorov, ako aj priestorová variabilita priemerných úrod kukurice na zrno veľmi podobná; maximálne úrody pri indikátore vodná bilancia sú predpokladané v okresoch Šaľa (6,26 t.ha⁻¹; priemerná úroda 6,49 t.ha⁻¹) a Dunajská Streda (6,26 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; priemerná úroda 6,56 t.ha⁻¹); pri indikátore zrážky sú predpokladané v okresoch Bánovce nad Bebravou (6,26 t.ha⁻¹; priemerná úroda 6,90 t.ha⁻¹), Partizánske (6,88 t.ha⁻¹; priemerná úroda 6,88 t.ha⁻¹) a Topoľčany (6,61 t.ha⁻¹; priemerná úroda 6,55 t.ha⁻¹). Najnižšie úrody sú predpokladané v okresoch Kežmarok (2,17 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 2,27 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 2,28 t.ha⁻¹) a Krupina (2,32 t.ha⁻¹ pri indikátore vodná bilancia; 3,11 t.ha⁻¹ pri indikátore zrážky; priemerná úroda 3,64 t.ha⁻¹). Celkovo bola najvyššia úroda zaznamenaná v rámci okresov Podunajskej nížiny.

Tab. 1. Odhady úrody pšenice ozimnej v t.ha⁻¹ v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012 (k 10.7.2012)

región	úroda_pr	vodná bilancia				zrážky		
		Odhad úrody	rozdiel		Odhad úrody	rozdiel		
	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	%	
Bratislavský kraj	4,07	3,08	-0,99	-24,25	3,25	-0,82	-20,12	
Trnavský kraj	4,63	3,82	-0,81	-17,51	3,95	-0,69	-14,80	
Trenčiansky kraj	4,23	3,69	-0,54	-12,82	3,69	-0,54	-12,67	
Nitriansky kraj	4,50	3,71	-0,80	-17,66	3,85	-0,65	-14,46	
Žilinský kraj	3,61	3,05	-0,56	-15,39	2,94	-0,67	-18,47	
Banskobystrický kraj	3,33	2,62	-0,71	-21,40	2,60	-0,73	-21,78	
Prešovský kraj	3,12	2,85	-0,26	-8,39	2,76	-0,36	-11,42	
Košický kraj	3,41	2,69	-0,72	-21,15	2,61	-0,79	-23,25	
Slovenská republika	4,07	3,46	-0,61	-14,94	3,54	-0,53	-13,03	

Tab. 2. Odhady úrody kukurice na zrno v t.ha⁻¹ v poľnohospodárskej sezóne 2011/2012 (k 20.9.2012)

región	úroda_pr	vodná bilancia				zrážky		
		Odhad úrody	rozdiel		Odhad úrody	rozdiel		
	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	%	
Bratislavský kraj	5,40	4,49	-0,91	-16,86	5,47	0,06	1,19	
Trnavský kraj	6,09	5,40	-0,70	-11,42	6,02	-0,07	-1,14	
Trenčiansky kraj	5,86	4,98	-0,88	-15,04	5,64	-0,22	-3,78	
Nitriansky kraj	5,92	5,05	-0,87	-14,73	5,78	-0,14	-2,39	
Žilinský kraj	5,72	5,03	-0,69	-12,04	5,05	-0,68	-11,80	
Banskobystrický kraj	4,37	3,57	-0,81	-18,42	4,23	-0,15	-3,38	
Prešovský kraj	4,65	4,65	0,00	0,06	4,58	-0,07	-1,47	
Košický kraj	4,51	3,93	-0,58	-12,80	4,53	0,03	0,59	
Slovenská republika	5,67	4,71	-0,95	-16,79	5,13	-0,54	-9,53	

ZÁVER

Sucho v poľnohospodárskej krajine možno považovať za komplexný jav. Jeho výskyt a prejav v poľnohospodárskej krajine možno hodnotiť z viacerých hľadísk, a to ako

meteorologické sucho, pôdne sucho alebo fyziologické sucho, pričom všetky ovplyvňujú produkčnú schopnosť a môžu mať dopad na dosiahnutú úrodu poľnohospodárskych plodín.

Čo sa týka zaznamenaných atmosférických zrážok, v rámci všetkých mesiacov v období január až august (s výnimkou mesiaca júl) 2012 boli zaznamenané na území SR regióny s nízkym úhrnom zrážok; regionálna variabilita úhrnu zrážok sa prejavila aj v regionálnej variabilite hodnotenia jednotlivých mesiacov v kategóriách od mimoriadne suchých, veľmi suchých, suchých a normálnych mesiacov v porovnaní s dlhodobým priemerom za daný región a za daný mesiac (k najsuchším patrili marec, máj a august). Čo sa týka priemerných mesačných teplôt vzduchu, resp. odchýliek priemerných mesačných teplôt vzduchu od dlhodobého priemeru, výrazné odchýlky boli zaznamenané (podobne ako pri zrážkach) v rámci všetkých mesiacov v období január až august. Nízky úhrn zrážok spojený s vysokou teplotou vzduchu podmienili vysokú úroveň ako potenciálnej, tak aj aktuálnej evapotranspirácie. Meteorologické sucho v jednotlivých mesiacoch sa postupne prejavilo aj na úrovni obsahu vody v koreňovej zóne pôdy pod porastmi jednotlivých poľnohospodárskych plodín, pričom oblasti s najnižšou relatívnou vlhkosťou pôdy boli lokalizované predovšetkým v najproduktívnejších oblastiach poľnohospodársky využívaného územia SR. Meteorologické a pôdne sucho v jednotlivých mesiacoch v období január – august v roku 2012 sa prejavilo následne aj na raste porastov poľnohospodárskych plodín, konkrétne pšenice ozimnej a kukurice na zrnó (hodnotenom prostredníctvom vegetačných indikátorov nadzemnej biomasy a sušiny v zásobných orgánoch), ako aj na tvorbe ich produkcie. Predpokladané úrody oboch plodín boli na úrovni SR o 10 až 17 % nižšie ako je priemerná úroda oboch plodín stanovená za obdobie rokov 1997-2012.

Národný systém agrometeorologického modelovania SK_CGMS (s implementovaným modelom WOFOST), prostredníctvom ktorého bola analýza výskytu sucha v roku 2012 realizovaná, tak predstavuje efektívny nástroj pre výskum a manažment poľnohospodárskej krajiny ako v súčasnosti, tak aj v najbližšej budúcnosti.

LITERATÚRA

- GOOT, E. VAN DER, 1998. Spatial interpolation of daily meteorological data for the Crop Growth Monitoring System (CGMS). In: M. Bindi, B. Gozzini (eds). Proceedings of seminar on data spatial distribution in meteorology and climatology, 28 September – 3 October 1997, Volterra, Italy. EUR18472 EN
- JOINT RESEARCH CENTRE – INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY: CROP GROWTH MODELLING SYSTEM [online]. European Communities, c1995-2012 [cit. 2012-01-10]. Dostupné na internete: <<http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Models-Software-Tools/Crop-Growth-Modelling-System-CGMS> >
- KOSTREJ, A., DANKO, J., GÁBORČÍK, N., JUREKOVÁ, Z., KUBOVÁ, A., REPKA, J., ŠVIHRA, J., ZIMA, M., 1992. Fyziológia porastu poľných plodín. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 135 s., ISBN 80-7137-028-2
- LAPIN, M., FAŠKO, P., KVETÁK, Š., 1988. Klimatické normály. Metodický predpis 3-09-1/1. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 6. s.
- LAZAR, C., GENOVESE, G., 2004. Methodology of the MARS crop yield forecasting system. Vol. 2: Agro-meteorological data collection. processing and analysis. The Office for Official Publications of European Communities, Luxembourg, 98 pp., ISBN 92-894-8181-1
- MAJERČÁK, J., 2005. Matematický model a indexy sucha. In Sobocká, J. (ed.): Štvrté pôdoznalecké dni na Slovensku. (Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov

- SR), Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, s.207 – 213, ISBN 80-89128-18-1
- NOVÁKOVÁ, M., 2007. Interpolácia meteorologických údajov pre potreby monitoringu stavu, vývoja a odhadu úrod poľnohospodárskych plodín. Vedecké práce, VÚPOP Bratislava, č. 29, s. 93 – 103
- NOVÁKOVÁ, M., 2009. Identifikácia regiónov s výskytom sucha v podmienkach poľnohospodársky využívaného územia SR. In: BLÁHA, L. (ed.) *Vliv abiotických a biotických stresov na vlastnosti rastlín 2009*. Praha : VÚRV, 2009. s. 254-260, ISBN 978-80-97011-91-1
- NOVÁKOVÁ, M., KLIKUŠOVSKÁ, Z., SKALSKÝ, R., TAKÁČ, J., TARASOVIČOVÁ, Z. 2009. Integrácia metód priestorového modelovania pre potreby identifikácie regiónov s výskytom sucha na Slovensku. In Čelková, A. (ed), *17th International Poster Day. Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy- Atmosphere*, Bratislava: ÚH SAV, s. 447-458. ISBN 978-80-89139-19-4.
- NOVÁKOVÁ, M., KLIKUŠOVSKÁ, Z., SKALSKÝ, R., SVIČEK, M., MISOVÁ, M., ČIČOVÁ, T. 2010. Národný systém pre odhad úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín SK _CGMS. Bratislava : VÚPOP, 32 s. ISBN 978-89-89128-68-6
- NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., 2008. Agrometeorologické modelovanie – alternatívny spôsob monitorovania stavu a vývoja biomasy. In Rožnovský, J., Litschmann, T.(ed.), *Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů krajiny. Mikulov 9. – 11.9.2008*, Praha : Český hydrometeorologický ústav pre Českú bioklimatologickú spoločnosť, ISBN 978-80-86690-55_1, Dostupné na internete: <http://www.cbks.cz/Mikulov08b/index.htm>, stránka navštívená 19. decembra 2008
- PETR, J., BAIER, J., BUREŠ, R., COUFAL, V., A INÍ, 1987. *Počasí a výnosy*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 365 s.
- SUPIT, I., HOOIJER, A.A., VAN DIEPEN, C.A., 1994. System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS. Volume 1: Theory and Algorithms. EUR Publication N° 15959 EN of the Office for Official Publications of the EC. Luxembourg, 146 pp.
- SUPIT, I., VAN DER GOOT, E., 2003. Updated system description of the WOFOST crop growth simulation model as implemented in the crop growth monitoring system applied by European Commission. In *Treebook 7, Heelsum* : Treemail Publishers, 122 s, ISBN 90-804443-8-3
- ŠPÁNIK, F., ANTAL, J., TOMLAIN, J., ŠKVARENINA, J., REPA, Š, ŠIŠKA, B., MALIŠ, J., 2000. *Aplikovaná agrometeorológia*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 194 s., ISBN: 80-7137-795-3
- ŠÚTOR, J., ŠTEKAUEROVÁ, V., 2008. Prognóza pôdneho sucha. In Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): *Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině. (Zborník príspevkov z konferencie)*. Mikulov 9. – 11.9.2008, Praha : Český hydrometeorologický ústav pre Českú bioklimatologickú spoločnosť, ISBN 978-80-86690-55_1, Dostupné na internete: <http://www.cbks.cz/Mikulov08b/index.htm>, stránka navštívená 19. decembra 2008
- ŠÚTOR, J., REHÁK, Š., 1999. Evaluation of disposable water supply in soil for biosphere in the area of Žitný ostrov. *Scientific Papers of the Research Institute of Irrigation*, No 24, Bratislava, pp. 173 – 187
- VOET, P. VAN DER, DIEPEN, C.A. VAN, OUDE VOSHAAR, J., 1994. Spatial interpolation of meteorological data. A knowledge based procedure for the region of the European Communities. SC-DLO, Report 53.3, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 35 pp

VYBRANÉ INDIKÁTORY HODNOTENIA REKREAČNEJ FUNKCIE PÔDY V KATASTRÁLNOM ÚZEMÍ PITELOVÁ

Boris Pálka¹, Jozef Mališ², Jarmila Makovníková¹, Katarína Orságová³, Slávka Bohunčáková⁴

¹*Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy - Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: b.palka@vupop.sk,*

²*C-Shop, spol. s r. o., Einsteinova 25, Bratislava 851 01, e-mail: jozef.malis@c-shop.sk,*

³*Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, Ekonomická fakulta, Katedra ekonómie, Tajovského 10,*

974 01 Banská Bystrica, e-mail: katarina.orsagova@umb.sk,

⁴*Obvodný pozemkový úrad Banská Bystrica, Skuteckého 19, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: slavka.bohuncakova@gmail.com*

Abstrakt: Vybrané indikátory hodnotenia rekreačnej funkcie pôdy v katastrálnom území Pitelová.

Vyčlenili sme oblasti poľnohospodárskej pôdy s nižšou hodnotou kvality, spustené pôdy a pôdy s vysokým potenciálom rekreačnej funkcie. Pre vyčlenenie takýchto oblastí sme použili skupiny kvality pôdy 6 – 9 so sklonom vyšším ako 12°, ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné pre pestovanie rýchlorastúcich drevín a zároveň nie sú vhodné pre produkciu potravín. V záujmovom katastrálnom území Pitelová zaberajú tieto pôdy plochu 167 ha, čo je 42% z výmery poľnohospodársky využívaných pôd. Analýza využitia rekreačnej funkcie pôdy spojená s vypracovaním lokálneho návrhu rôznych variantov jej využitia v cestovnom ruchu môže prispieť nielen k ochrane pôdy a životného prostredia ale výraznou mierou aj k rozvoju ekonomiky daného regiónu.

KLúčové slová: rekreačná funkcia pôdy, Pitelová, spustené pôdy

Abstract: Selected indicators of evaluation recreational soil function in cadaster Pitelová.

We determined the agricultural land with low potential of production function, neglected farmlands and land with a high potential for recreation soil function. We used soil from groups of soil quality 6 to 9 with a slope greater than 12 °, which are technically and economically viable for planting fast growing trees as well as are not suitable for food production. In the area of interest Pitelová occupy these soils area of 167 ha, which is 42 % of land area used for agriculture. Analysis of land-use recreation function in tourism associated with the preparation of local design of different variants of its use can contribute not only to protect the land and environment, but greatly to the development of the economy of the region.

Keywords : recreation soil function, Pitelová, neglected farmlands

ÚVOD

Európska charta o pôde považuje pôdu za najvzácnejšie bohatstvo ľudstva a uvádza niekoľko najvýznamnejších funkcií pôdy (produkcia biomasy, filtrácia, neutralizácia a premena látok, zdroj surovín, základňa pre socio-ekonomické aktivity, ekologický a genetický potenciál a pôdy ako kultúrne dedičstvo). Jednou z najstarších i najvyužívanejších funkcií pôdy je produkcia biomasy. Postupnou intenzifikáciou využívania pôdy na poľnohospodársku produkciu sa do popredia dostávajú aj tzv. mimoprodukčné funkcie pôdy, najmä z hľadiska dlhodobej udržateľnosti krajiny.

Krajina, v ktorej je výrazne znížená produkčná a ekologická funkcia pôdy (Makovníková a i., 2007, Bujnovský a i., 2010, Bujnovský a i., 2011) však môže pre človeka poskytovať priestor pre socio-ekonomické aktivity (agroturistika, využitie rekreačnej funkcie

pôdy) a tým prispievať k ekonomickej stabilite a prosperite daného regiónu. Hodnotenie funkcií pôdy determinuje výber pôdnych vlastností nazývaných indikátory pôdy, ktoré poskytujú využiteľné informácie vo vzťahu k stavu a fungovaniu danej funkcie pôdy (Bujnovský a Juráni, 1999).

V našom príspevku chceme poukázať na možnosti využitia niektorých mimoprodukčných funkcií pôdy cez hodnotenie jej rekreačného potenciálu prostredníctvom vybraných indikátorov v modelovom území.

MATERIÁL A METÓDY

Modelovým územím je časť Žiarskej kotliny a konkrétne katastrálne územie Pitelová. Vychádzali sme z databáz Komplexného pedologického prieskumu (KPP) a z databázy LPIS (Identifikačný systém produkčných blokov na poľnohospodárskej pôde), ktorá je kľúčovým prvkom identifikácie poľnohospodárskych plôch a je nevyhnutným predpokladom subvencií v rezorte pôdohospodárstva. Využili sme tiež údaje z terénneho sledovania súčasného stavu využívania poľnohospodárskej pôdy v tomto regióne (Mališ a i., 2009). Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi, na priestorové analýzy a tvorbu výsledného výstupu sme využili programový balík ArcGIS®.

Poľnohospodárske pôdy sme zatriedili do skupín kvality pôdy, ako uvádza zákon č. 220/2004 Z.z. Potom sme vyčlenili skupiny kvality pôdy 6 – 9 (Tab. 1). Tieto pôdy majú nižšiu produkčnú schopnosť a sú potenciálne vhodné okrem ich využívania ako trávne porasty a pasienky aj na výsadbu rýchlorastúcich drevín podľa prílohy č. 3 uvedeného zákona. Z týchto pôd sme ešte vyčlenili plochy so sklonom vyšším ako 12° (Tab. 2), ktoré nie sú technicky a ekonomicky výhodné (obmedzenie pri použití strojového parku) pre pestovanie rýchlorastúcich drevín (s výnimkou pestovania na menšej výmere pre zásobovanie rodinných domov) (Gonda a i., 2010). Pre identifikáciu a mapovanie spustnutých pôd sme využili

Obr. 1 Ukážka zanedbanej poľnohospodárskej pôdy v južnej časti modelového územia



ortofotomapu, databázy KPP, LPIS a hranice pozemkov registra „C“, ktoré sme získali z verejne dostupnej databázy www.katasterportal.sk.

Prekrytím jednotlivých digitálnych vrstiev poľnohospodárskych pôd KPP, databázy LPIS a katastra nehnuteľností sme v záujmovom území diferencovali plochy nezaraďené do systému LPIS, poľnohospodárske druhy pozemkov ako aj plochy zaraďené do LPIS ale došlo tu k degradácii, k sekundárnej sukcesii a rozvoju ruderálnych a nežiaducich spoločenstiev rastlín. Týmto sme vyseletovali pôdy, ktoré môžu byť okrem klasického využívania ako trávne porasty a pasienky ekonomicky zaujímavé práve svojím potenciálom a perspektívou využívania mimoprodukčných funkcií pôdy ako je aj rekreačná funkcia.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Katastrálne územie obce Pitelová sa nachádza cca 5 km od Žiaru nad Hronom. Vzhľadom na orografickú situáciu táto obec už nie je vystavená priamemu prúdeniu vzdušných mäs z primárnych zdrojov kontaminácie, keďže je situovaná v zákryte bočného

hrebeňa Kremnických vrchov. Vzhľadom k stredohorskému rázu obce a z toho plynúcej nižšej kvality poľnohospodárskych pôd je však veľká časť pôdy opustená s rozširujúcimi sa náletovými spoločensťami. Zastúpenie pôdných druhov, skladba pôd, neponúka možnosti pre výnosnú poľnohospodársku produkciu. Tento fakt, a tiež nízka významnosť obce v rámci regiónu, sa podpísali aj pod súčasný stav tej časti katastrálneho územia, ktorá je vedená ako poľnohospodárska pôda. Mnohé pozemky, vedené ako TTP, resp. menej aj orné pôdy, sa nachádzajú vo veľmi zanedbanom stave, sú zaburinené, resp. porastené náletovými krami a drevinami (Obr. 1). Na niektorých miestach dosahuje hustota týchto porastov takú mieru, že sú pre človeka absolútne nepriechodné. Veľmi ťažko obrábatelne časti boli preradené medzi ostatné plochy, ktoré však takisto stále viac pustnú, resp. sú zdrojom náletových druhov pre susedné, zatiaľ nezaburinené plochy. Jediným reálnym prínosom týchto plôch v súčasnosti je tvorba úkrytov pre zver, teda tieto úspešné spoločensťá slúžia poľovnému hospodárstvu.

Do systému LPIS je zaradených 396,2 ha, čo je 80% z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd v záujmovom katastri Pitelová. Dominantným pôdnym typom sú tu kambizeme. Tvoria až 82% z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd. Na rovinatých prvkoch reliéfu pozdĺž nivy rieky Hron sa nachádzajú fluvizeme (18%). Zaradenie poľnohospodárskych pôd podľa skupín kvality pôdy je v Tab. 1.

Tab.1. Poľnohospodárska pôda v k.ú. Pitelová zaradená do skupín kvality pôdy

Skupiny kvality pôdy	Plocha v %
5	17,8
6	0
7	32,1
8	26,2
9	23,9

Podľa zákona č. 220/2004 Z.z.

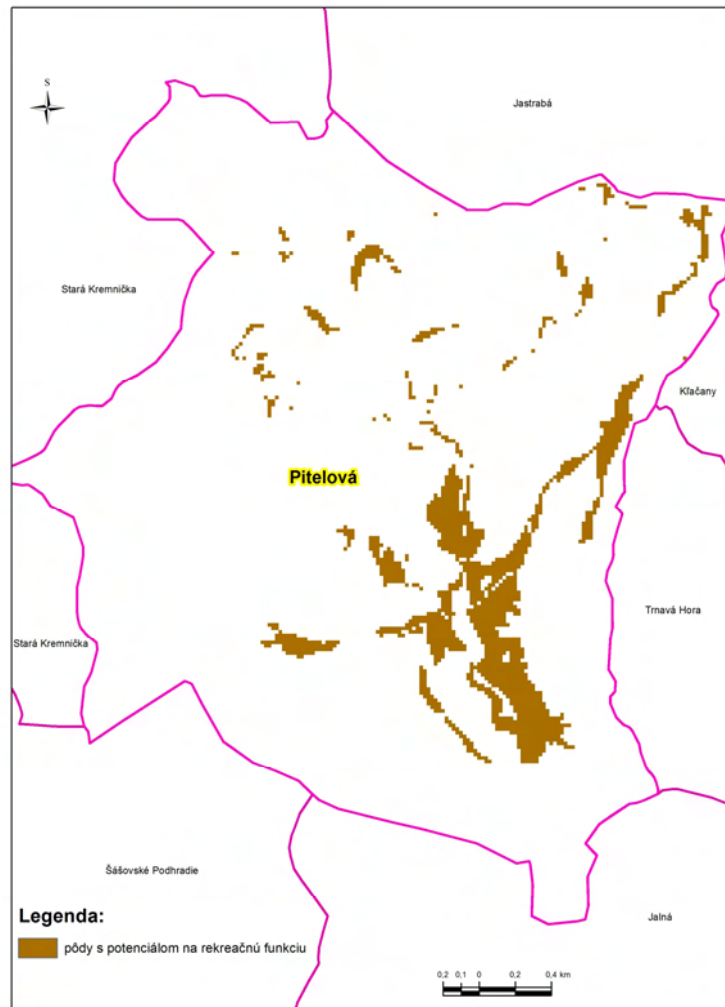
Tab. 2 Kategórie sklonov reliéfu vyčlenených spustnutých poľnohospodárskych pôd.

Kategórie sklonovspustnutých pôd (v stupňoch)	Plocha v %
0 – 3	10,6
3 – 7	22,1
7 – 12	30,8
12 – 17	15,8
17 - 25	12,8
25 a viac	7,9

Časť týchto pôd nie je vhodná pre primárne poľnohospodárske využitie na potravinové účely. Ich živinový potenciál je však možné využiť na pestovanie energetických plodín vhodných pre daný klimatický región (napr. obilniny, olejniny) ako aj tráv. Trávy poskytujú tzv. celulózu biomasu zloženú z celulózy, hemicelulózy a lignínu s nízkym zastúpením bielkovinových látok, tukov a popola, ktorú je možné využiť celú v termochemických a biochemických procesoch, napríklad aj na výrobu etanolu (EEA, 2008). Na pôdach zaradených v skupine kvality 6 až 9 je možné pestovať rýchlorastúce dreviny podľa Metodického usmernenia MP SR č. 3187/2007 (Gonda a iní, 2010).

S poklesom produkčnej funkcie pôdy nadobúda väčší význam potenciál rekreačnej funkcie pôdy. Súčasťou vidieckeho cestovného ruchu je aj agroturistika, pri ktorej uplatňovaní sú využívané aj plochy poľnohospodárskej pôdy (ako trvalé trávne porasty) formou, ktorá nevyžaduje trvalé odňatie poľnohospodárskej pôdy z dôvodu zabránenia ďalšiemu úbytku takejto pôdy. Agroturistika je druhom cestovného ruchu, ktorý sa spája s pobytom vo

vidieckom prostredí. Zvyčajne ide o činnosti spojené s návratom k prírode, s možnosťou ubytovania vo vidieckych domoch a ubytovacích zariadeniach na vidieku, kde je súčasťou ponuky aj možnosť stravovania sa alebo vlastnej prípravy stravy a vykonávania rozličných aktivít spojených s pobytom na vidieku (Gúčík, 2004, s. 141).



Obr. 2 Vyselektované poľnohospodárske pôdy s potenciálom pre využitie ich rekreačnej funkcie v katastrálnom území Pítelová

Poľnohospodárske pôdy s nízkou kvalitou a so sklonom nad 12° je možné využiť na pestovanie košíkárskej vŕby s následným založením košíkárskych dielní priamo v strediskách cestovného ruchu. Ďalšou alternatívou je pestovanie liečivých rastlín spojených s agroturistikou, ozdravnými pobytmi v prírode, zameranými na pestovanie a využitie liečivých rastlín. Na pôdach s neutrálnou až slabo alkalickou hodnotou pôdnej reakcie je to napr. rakytník rašetliakový, shizandra čínska, kustovnica čínska, banán severu, kotúč alebo železník argentínsky. Slabo kyslé pôdy vyhovujú arónii čiernoplodej alebo drieňu obyčajnému. Založenie plantáží drobného ovocia (čučoriedky, brusnice – vyžadujú slabo kyslé až kyslé pôdy), ktoré nie je náročné na klimatické a pôdne podmienky môže byť spojené s jeho tradičným spracovaním a ponukou domácich produktov v ubytovacích zariadeniach na vidieku. Ďalej je možné vyčlenené plochy (Obr. 2) využiť aj na pestovanie okrasných rastlín s možnosťou účasti turistov na ich výrobe spojenej s následným odkúpením za zvýhodnené ceny. Taktiež je možné na týchto plochách pestovanie kvetov vhodných na

sušenie a aranžovanie s následným vypracovaním distribúcie do predajní tohto typu, príp. so založením aranžérskych dielní priamo v strediskách cestovného ruchu.

Obr. 3 Ukážky využitia rekreačného potenciálu pôd



Spustnuté pôdy porastené náletovými krami a drevinami, ktorých čistenie je finančne veľmi náročné, majú perspektívu na vytvorenie bludísk. S menšími úpravami je možné tieto plochy použiť na vytvorenie lanových parkov (napr. „Tarzánia“) pre deti aj dospelých.

Poľnohospodárske pôdy s nízkou kvalitou, so stredným sklonom môžu byť vyčlenené na vytvorenie napríklad bike-parkov alebo cyklotrás.



ZÁVER

V súčasnosti na Slovensku v mnohých oblastiach hospodárstva a vedy rezonuje problematika spustnutých poľnohospodárskych pôd. Na pribúdanie takýchto neproduktívnych plôch majú zásadný vplyv rýchlo sa meniace ekonomické podmienky. Vzhľadom na trvalú udržateľnosť krajiny v územiach s marginálnou poľnohospodárskou produkciou sme sa snažili poukázať na možnosti využitia poľnohospodárskej pôdy, ktorá je v mnohých prípadoch zanedbaná a pustne. Príspevkom prezentujeme využitie mimoprodukčných funkcií pôdy v katastrálnom území Piteľová, so zameraním na rekreačnú funkciu pôdy, ktorú analyzujeme cez konkrétne príklady využitia.

LITERATÚRA

- BUJNOVSKÝ, R., BALKOVIČ, J., BARANČIKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., VILČEK, J. 2009. *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2010, 72 str., ISBN 978-80-89128-56-3
- BUJNOVSKÝ R., JURÁNI B. 1999. *Kvalita pôdy - jej vymedzenie a hodnotenie*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 1999. 42 str., ISBN 80-85361-49-3
- BUJNOVSKÝ, R., VILČEK, J., BLAAS, G., SKALSKÝ, R., BARANČIKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., BALKOVIČ, J., PÁLKA, B. 2011: *Hodnotenie kapacít pôdy a efektov z jej využívania*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2011, 70 str., ISBN 978-80-89128-83
- GONDA, Ľ. - ABRHAM, Z. - ANDERT, D. - GADUŠ, J. - GUŠTAFÍKOVÁ, T. - KANIANSKA, R. - KIZEKOVÁ, M. - KUNSKÝ, M. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - MALIŠ, J. - OBRČIANOVÁ, D. - PEPICH, Š. 2010. *Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj*., Piešťany : CVRV a Banská Bystrica : SAŽP, 2010, 118 str., ISBN 978-80-89128-54-9
- GÚČIK, M. 2004. *Krátky slovník cestovného ruchu*. Banská Bystrica: Slovensko-švajčiarske

- združenie pre rozvoj cestovného ruchu, 2004. ISBN 80-88945-73-9, 175 s.
- HOPKINS, A. 2009. *Relevance and functionality of semi-natural grassland in Europe – status quo and future prospective*. SALVERE Semi-natural grassland as a source of biodiversity improvement : International workshop, 2009, p. 9 – 14.
- MALIŠ, J. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - PÁLKA, B. - KANIANSKA, R. - KIZEKOVÁ, M. 2009. Potenciál využitia degradovaných poľnohospodárskych pôd katastra Pitelová na energetické účely. In *Proceedings. Vedecké práce, č. 31*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2009, s. 102 – 107. ISBN 978-80-89128-59-4
- NÁVRH NARIADENIA EURÓPSKEHO PARLAMENTU, 2012. Dostupné na internete: www.ec.europa.eu, stiahnuté: 6. Septembra 2012
- SPRÁVA O STAVE ŽP SR V ROKU 2010 (eds. KLINDA, J. - LIESKOVSKÁ, Z.), MŽP SR 2011, 280 s., ISBN 978-80-88833-54-3
- CRA HDP. 2012. Dostupné na internete: <http://www.euractiv.sk/regionalny-rozvoj/clanok/vlada-chce-zvysit-podiel-cestovneho-ruchu-na-hdp-019155>, zverejnené: 27.4. 2012 www.katasterportal.sk

POROVNANIE VÝSKYTU SUCHA NA SLOVENSKU PODĽA RÔZNYCH KLIMATICKÝCH INDIKÁTOROV

Jozef Takáč¹, Bernard Šiška², Martina Nováková¹

¹ *Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: j.takac@vupop.sk, m.novakova@vupop.sk*

² *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: bernard.siska@uniag.sk*

Abstrakt: Porovnanie výskytu sucha na Slovensku podľa rôznych klimatických indikátorov.

Príspevok prezentuje porovnanie výskytu sucha v poľnohospodárskych regiónoch Slovenska za obdobie 1961-2011 podľa rôznych klimatických indexov. Ročné, sezónne a mesačné hodnoty percenta normálu zrážkových úhrnov, štandardizovaný index zrážok, klimatická vodná bilancia a relatívna evapotranspirácia boli vypočítané z denných meteorologických údajov pre 26 meteorologických staníc. Výskyt sucha stanovený pomocou štandardizovaného indexu zrážok (SPI) korešponduje s hodnotením vyjadreným v percentách normálu. Pri indikátoroch zahrňujúcich aj potenciálnu evapotranspiráciu, sa stanovené najsuchšie roky čiastočne líšili od rokov vypočítaných podľa zrážkových indexov.

Kľúčové slová: sucho, evapotranspirácia, štandardizovaný index zrážok, klimatická vodná bilancia

Abstract: Comparison of Drought Occurrence In Slovakia According to the Various Climatic Indicators.

Comparison of drought occurrence in agricultural regions of Slovakia during the period 1961-2011 according to the various climatic indices is presented in the paper. Annual, seasonal and monthly values of the percentage of the precipitation normal, standardized precipitation index, climate water balance and relative evapotranspiration were calculated from the daily meteorological data for 26 meteorological stations. Drought occurrence determined according to the standardized precipitation index (SPI) harmonized with drought occurrence determined according to the percentage of the precipitation normal. In case of the indicators including evapotranspiration determined driest years differ in part from these calculated according to the precipitation indices.

Keywords: drought, evapotranspiration, standardized precipitation index, climate water balance

ÚVOD

Poľnohospodárstvo je sektorom hospodárstva, ktorý je závislý na klíme a zmenou klímy môže byť významne ovplyvnený. V dôsledku globálneho otepľovania a zmeny atmosférickej cirkulácie možno očakávať zmeny v ročnom chode zrážok a väčšiu variabilitu a extrémnosť počasia. Predpokladá sa, že zmena klímy sa na jednej strane prejaví častejším výskytom suchých období, na druhej strane vzrastie výskyt intenzívnych búrkových lejakov. V oblastiach s doteraz občasným výskytom suchých období bude ich častejší výskyt limitujúcim faktorom poľnohospodárstva. Zvyšovanie teploty a zmeny v distribúcii zrážok vyvolajú aj zmeny v hydrologickej bilancii a hydrologickom cykle. S dôsledkami zmien sa bude potrebné vyrovnávať vo všetkých sektoroch, ale hlavne v zásobovaní vodou, hydroenergetike a v poľnohospodárstve aj v dôsledku neustále sa zvyšujúcich požiadaviek jednotlivých sektorov na vodu.

Nárast variability a extrémnosti počasia potvrdzujú aj priame pozorovania. Na väčšine meteorologických staníc vzrástol počet dní so zrážkovými úhrnmi nad 10 mm. Zvýšili sa ročné maximálne 24-hodinové úhrny zrážok a ročné maximálne 5-dňové úhrny zrážok. Rok 2010 bol mimoriadne daždivý, následkom čoho boli rozsiahle povodne. Podľa 5. národnej

správy SR o zmene klímy (2009) sa mimoriadne sucho vyskytlo v rokoch 1990-1994, 2000, 2002, 2003 a 2007. Nedostatok zrážok, ako aj nadmerné zrážkové úhrny, spôsobujú stále častejšie významné škody v rôznych sektoroch hospodárstva.

V závislosti od potrieb užívateľa sa na hodnotenie klímy najčastejšie využívajú rôzne klimatické indexy vypočítané obvykle na základe empirického vzorca. Klimatické indexy dávajú aktuálne počasie do historického kontextu a vyjadrujú tak odchýlky od normálnych podmienok. Používajú sa v rôznych modifikáciách. Niektoré z nich sú vhodné na rajonizáciu podnebia, iné sú použiteľné skôr pre identifikáciu a hodnotenie výskytu suchých a vlhkých období. V tomto príspevku je prezentované porovnanie výskytu sucha podľa rôznych klimatických indexov na vybraných lokalitách za obdobie 1961-2012.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristickou črtou počasia je jeho priestorová a časová variabilita. Z dlhodobého hľadiska v súvislosti s prirodzenými cyklami a vplyvmi ľudskej činnosti sa prejavujú aj určité trendy v chode meteorologických prvkov. V klimatologickej praxi pre hodnotenie klímy a jej trendov sa používajú minimálne 30-ročné časové rady. V súčasnosti sa za normálové obdobie považuje obdobie 1961-1990.

V našich podmienkach je najčastejšie používaným indikátorom hodnotenia zrážkových úhrnov percento normálu zrážkových úhrnov, ktoré vyjadruje pomer aktuálnych zrážkových úhrnov k dlhodobým zrážkovým priemerom. Teplotné pomery sa hodnotia podľa odchýlok od normálov pre dané časové obdobie. Pre stanovené hranice zabezpečenia výskytu meteorologického prvku (zrážkových úhrnov, teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu) sa používa kvalitatívne hodnotenie podľa pravdepodobnosti opakovania určenej z kvantilov mesačných, sezónnych alebo ročných hodnôt meteorologického prvku za normálové obdobie 1961-1990 (Lapin a iní, 1988).

Populárnymi indikátormi sucha sú indexy, ktoré môžu vyjadriť a porovnať aj závažnosť sucha. Medzi agroklimatické indikátory sucha založené na odchýlkach zrážkových úhrnov od dlhodobých normálnych hodnôt patrí okrem percenta normálu a intervalov zabezpečenia výskytu aj štandardizovaný index zrážok *SPI* (McKee a iní, 1993). Jeho výpočet je založený na dlhodobých záznamoch zrážkových úhrnov za obdobie najmenej 30 rokov. *SPI* je definovaný ako

$$SPI = \frac{Z - \bar{Z}}{\sigma}$$

kde Z je úhrn zrážok za hodnotené obdobie, \bar{Z} je dlhodobý priemerný úhrn zrážok [mm] za dané obdobie a σ je smerodajná odchýlka úhrnov zrážok za dané obdobie. *SPI* umožňuje použitie pre rôzne dlhé obdobia (dekáda, mesiac, štvrtrok, polrok, rok). Štandardizované hodnoty pre *SPI* sú: > 2 pre mimoriadne vlhké obdobie, $1,5 - 1,99$ pre veľmi vlhké obdobie, $1 - 1,49$ pre vlhké obdobie, $-0,99 - 0,99$ pre normálne obdobie, $-1 - -1,49$ pre suché obdobie, $-1,5 - -1,99$ pre veľmi suché obdobie a < -2 pre mimoriadne suché obdobie.

Rozdiel medzi úhrnmi atmosférických zrážok Z a potenciálnej evapotranspirácie ET_0 vyjadruje klimatická vodná bilancia *KVB*, označovaná u nás aj ako ukazovateľ zavlaženia:

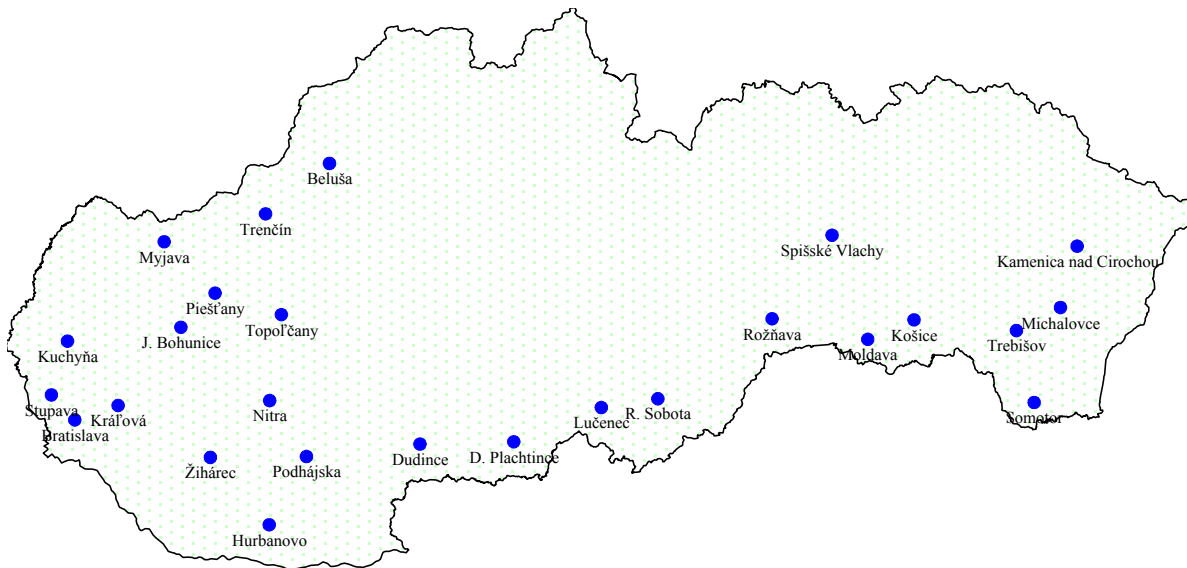
$$KVB = Z - ET_0$$

Medzi najčastejšie používané agroklimatické indexy u nás patrí okrem klimatickej vodnej bilancie relatívna evapotranspirácia. Relatívna evapotranspirácia ET_{rel} je definovaná ako pomer aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie a najčastejšie sa vyjadruje v percentách:

$$ET_{rel} = \frac{ET}{ET_0} * 100$$

kde ET_0 je potenciálna evapotranspirácia a ET je aktuálna evapotranspirácia [mm]. Aktuálnou evapotranspiráciou sa rozumie evapotranspirácia porastu konkrétnej plodiny za aktuálneho stavu porastu a vlhkosti pôdy. Aktuálna evapotranspirácia ET sa rovná potenciálnej evapotranspirácii ET_0 , ak je pôda dostatočne nasýtená vodou. Pri vlhkosti pôdy menšej ako je jej kritická hodnota sa ET znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy. Pri poklese ET_{rel} pod 50 % sa predpokladá, že plodina trpí nedostatkom vody.

Výpočty jednotlivých indexov boli vykonané z denných zrážkových úhrnov z 26 meteorologických staníc za obdobie 1961-2012 (obr. 1). Potenciálna evapotranspirácia bola počítaná z denných údajov o priemernej, maximálnej a minimálnej teplote vzduchu, priemernej vlhkosti vzduchu, trvaní slnečného svitu a priemernej rýchlosti vetra podľa Penman-Monteithovej rovnice v modifikácii podľa FAO (Allen a iní, 1998).



Obr. 1. Rozmiestnenie meteorologických staníc použitých pre výpočet klimatických indexov

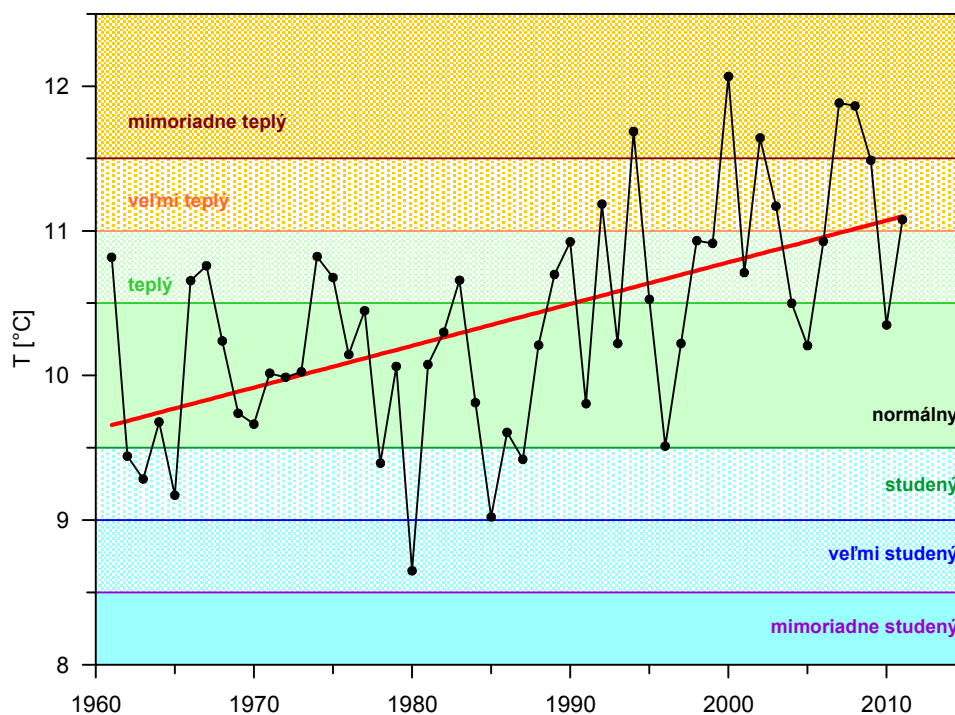
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obdobie sucha je inicializované poklesom zrážkových úhrnov a jeho účinky sa postupne kumulujú. Intenzita sucha je determinovaná aj teplotou vzduchu, nakoľko so stúpajúcou teplotou sa zvyšuje aj evapotranspirácia. Podľa 5. národnej správy o zmene klímy (2009) bolo počas obdobia 1881-2008 zaznamenané zvýšenie priemernej ročnej teploty vzduchu na území Slovenska o 1,6 °C.

Trendy vývoja teploty vzduchu sú ilustrované na príklade Hurbanova, ktorého meteorologická stanica je považovaná za reprezentatívnu pre Podunajskú nížinu, teda poľnohospodársky najproduktívnejšiu oblasť Slovenska. Priemerná ročná teplota v Hurbanove za normálové obdobie 1961–1990 je 10,0 °C a priemerný ročný úhrn zrážok 523 mm. V letnom polroku (apríl až september) dosahuje priemerná teplota vzduchu 16,7 °C a priemerný úhrn zrážok 303 mm. Trend nárastu priemerných ročných teplôt je znázornený na obr. 2. Ako vidieť, po roku 1990 sa vyskytol len jeden studený rok, ale až 5 mimoriadne teplých rokov.

Trend otepľovania sa prejavuje aj na výskyte dní s charakteristickými teplotami. V období 1961-2010 bol pozorovaný postupný nárast počtu letných a tropických dní charakterizovaných maximálnymi dennými teplotami 25 °C, resp. 30 °C a vyššími (obr. 3).

V druhej polovici hodnoteného obdobia bol zaregistrovaný aj zvýšený výskyt dní s maximálnymi teplotami nad 35 °C, ktoré sa v prvej polovici tohto obdobia vyskytovali len výnimočne. Podobne bol pozorovaný aj zvýšený výskyt tropických nocí, keď denná minimálna teplota nepoklesla pod 20 °C. Na druhej strane, výskyt ľadových dní s celodennými mrazmi mierne klesá. Po roku 1987 sa v Hurbanove nevyskytol ani jeden arktický deň s maximálnou teplotou nižšou ako -10 °C.

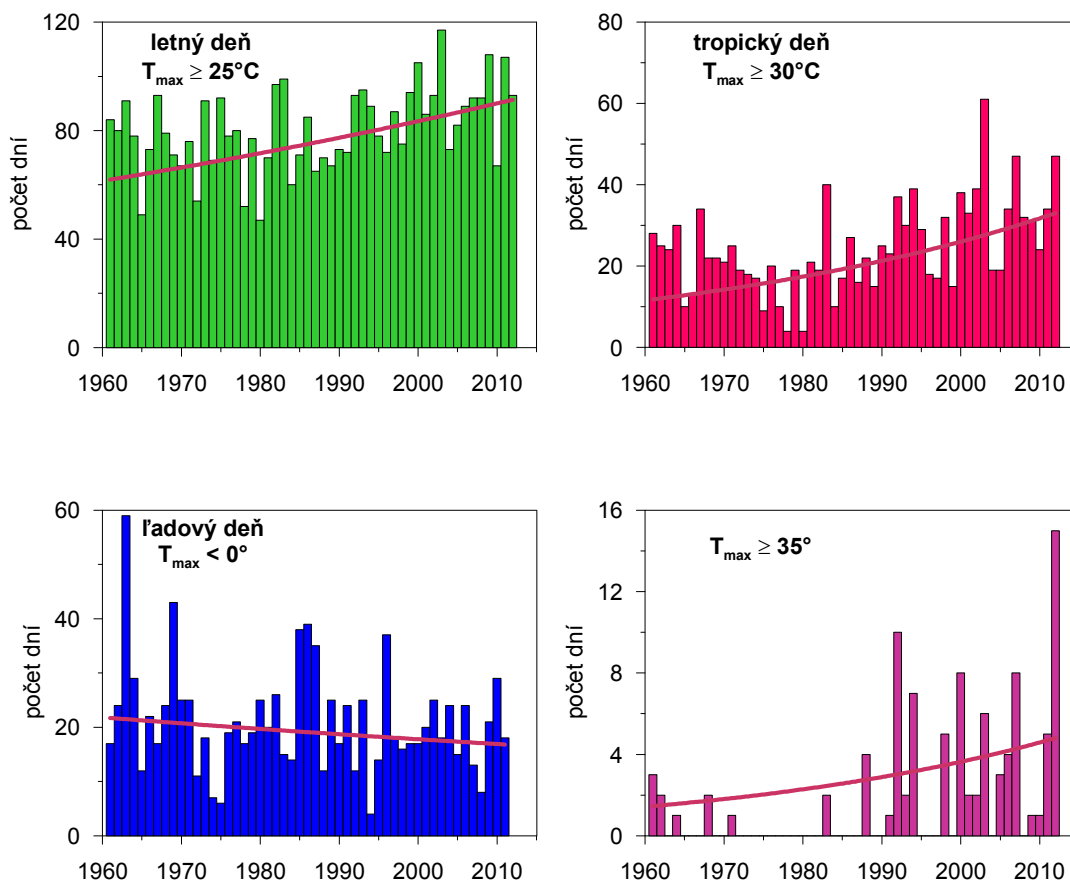


Obr. 2. Priemerná ročná teplota vzduchu [°C] v období 1961-2011 na meteorologickej stanici Hurbanovo.

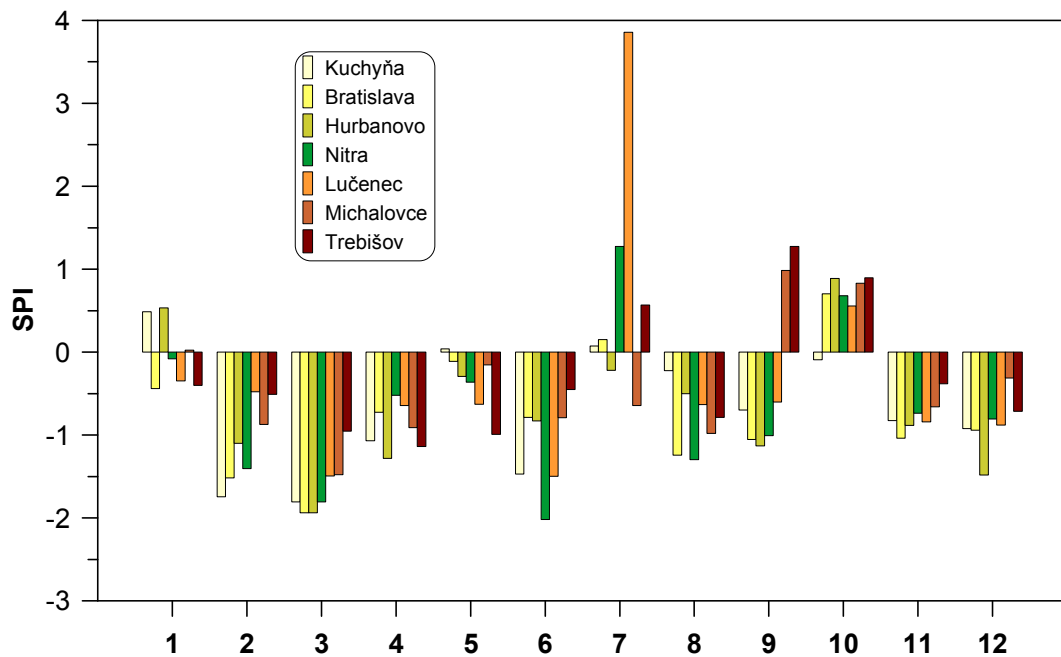
Z dlhodobého pohľadu sú zrážky na území Slovenska počas roka rozložené rovnomerne. Na druhej strane, charakteristickou črtou zrážok je ich priestorová a časová variabilita. Podľa ročných zrážkových úhrnov možno z hľadiska plošného rozsahu považovať za najsuchší rok 2003. veľmi až mimoriadne boli na celom území aj roky 1971 a 1986. na Záhorskej nížine boli mimoriadne suché aj roky 1982 a 1990, na Podunajskej nížine rok 2011. na Východoslovenskej nížine boli mimoriadne suché roky 1961 a 1967. naopak, mimoriadne zrážkové úhrny sa vyskytli na celom území v rokoch 1965 a 2010.

Podľa zrážkových úhrnov za letný polrok (apríl až september) bol najsuchším letný polrok 1986. veľmi až mimoriadne suché boli aj letné polroky v rokoch 1961, 1962, 1967, 1992, 1993, 2003 a 2009. Na zrážky mimoriadne bohatý bol letný polrok v rokoch 1965 a 2010, ale regionálne boli mimoriadne vlhké aj letné polroky 1972, 1995, 1996, 1998, 2005 a 2008.

V jednotlivých rokoch sa často vyskytujú anomálie v zrážkových úhrnoch trvajúce od niekoľkých dní do niekoľkých mesiacov. Anomálie vo forme vyšších zrážkových úhrnov sa vyskytujú často celoplošne, ako to bolo napr. v rokoch 1965 a 2010 (tab. 1). Podľa ročných hodnôt *SPI* bol najsuchším rokom uvažovaného obdobia na území Slovenska rok 2003. Ako ukazuje obr. 4, prakticky počas celého roku 2003 trval deficit zrážok. Mesačné hodnoty *SPI* boli na všetkých meteorologických staniciach prevažne záporné. Nadpriemerné úhrny zrážok sa vyskytli až v októbri, na východe už v septembri.



Obr. 3. Počet dní s charakteristickými teplotami v období 1961-2012 na meteorologickej stanici Hurbanovo.



Obr. 4. Mesačné hodnoty štandardizovaného indexu zrážok SPI v roku 2003 na vybraných meteorologických staniciach

Z hľadiska dopadov na rastlinnú výrobu sú významné epizódy sucha vo vegetačnom období. Hodnoty *SPI* za letný polrok ukazujú regionálne rozdiely v deficite zrážok (tab. 2). Kým sucho v rokoch 1986, 1992 a 1993 sa viac prejavilo na juhu stredného Slovenska a na východnom Slovensku, sucho v rokoch 1978, 2000 a 2003 bolo výraznejšie na západe Slovenska. Historicky najznámejšie sucho v roku 1947 možno podľa hodnôt *SPI* v letnom polroku chápať ako celoplošné.

Z aspektu dopadov na úrody pestovaných plodín je najdôležitejšie, v ktorom období a najmä v ktorej vývojovej fáze plodiny sa epizóda sucha vyskytne. V rokoch 1993 a 2003 boli suchom prakticky na celom území Slovenska postihnuté hlavne obilniny a ďalšie plodiny s vegetačným obdobím v jarných mesiacoch. Naproti tomu v rokoch 1990 a 2000, súdiac podľa hodnôt *SPI*, sucho zasiahlo viac plodiny s vegetačným obdobím v letných mesiacoch.

Výdatné prehánky a búrky, ktoré sa najčastejšie vyskytujú v letných mesiacoch, môžu ovplyvniť hodnoty *SPI* tak, že výsledná hodnota nevystihuje skutočný dlhotrvajúci ráz počasia. Najvyššia mesačná hodnota *SPI* v roku 2003 bola zaznamenaná v júli v Lučenci, a to 3,86, čo znamená mimoriadne vlhký mesiac (obr. 4). Celkovo napršalo v tomto mesiaci 146,1 mm, z toho spadlo 105 mm 29. júla, ďalších 11 mm ešte 30. a 31. júla, teda na konci mesiaca. Táto epizóda významne ovplyvnila nielen mesačnú hodnotu *SPI*, ale aj hodnoty *SPI* za dlhšie obdobia, keď ani leto a ani letný polrok roku 2003 neboli podľa hodnôt *SPI* suché (tab. 2).

Podľa simulácií na hlinitej luvizemi s porastom kukurice (obr. 5) bola už od jari vlhkosť pôdy pod hodnotou bodu zníženej dostupnosti. V orníčnom horizonte približne do hĺbky 15 cm na konci prvej dekády júna klesla vlhkosť pôdy až do aridného intervalu. Takto mimoriadne presušená bola horná vrstva pôdy až do polovice júla. Zóna s dostatkom vody pre plodiny bola začiatkom júna v hĺbke 70 cm a počas leta postupne klesla pod 1 m. Po mimoriadne vysokom zrážkovom úhrne 29. júla sa pôda prevlhčila do hĺbky necelých 40 cm a počas nasledujúcich 10 dní sa vlhkosť pôdy udržiavala v semiuvidickom intervale, teda nad bodom zníženej dostupnosti. Po 10 dňoch vlhkosť pôdy opäť poklesla do semiaridného intervalu.

Vyššie uvedený príklad dokumentuje, že indexy založené len na údajoch o zrážkach nedávajú dostatočne presnú informáciu o výskyte a trvaní sucha. Takéto zrážkové udalosti a vývoj vlhkosti pôdy nie sú zriedkavé ani v iných rokoch a v iných regiónoch Slovenska. Analýzy založené len na údajoch o zrážkach môžu byť v takýchto prípadoch skreslené a z toho dôvodu sa stále viac využívajú klimatické indexy zahrňujúce okrem údajov o zrážkach aj údaje o evapotranspirácii.

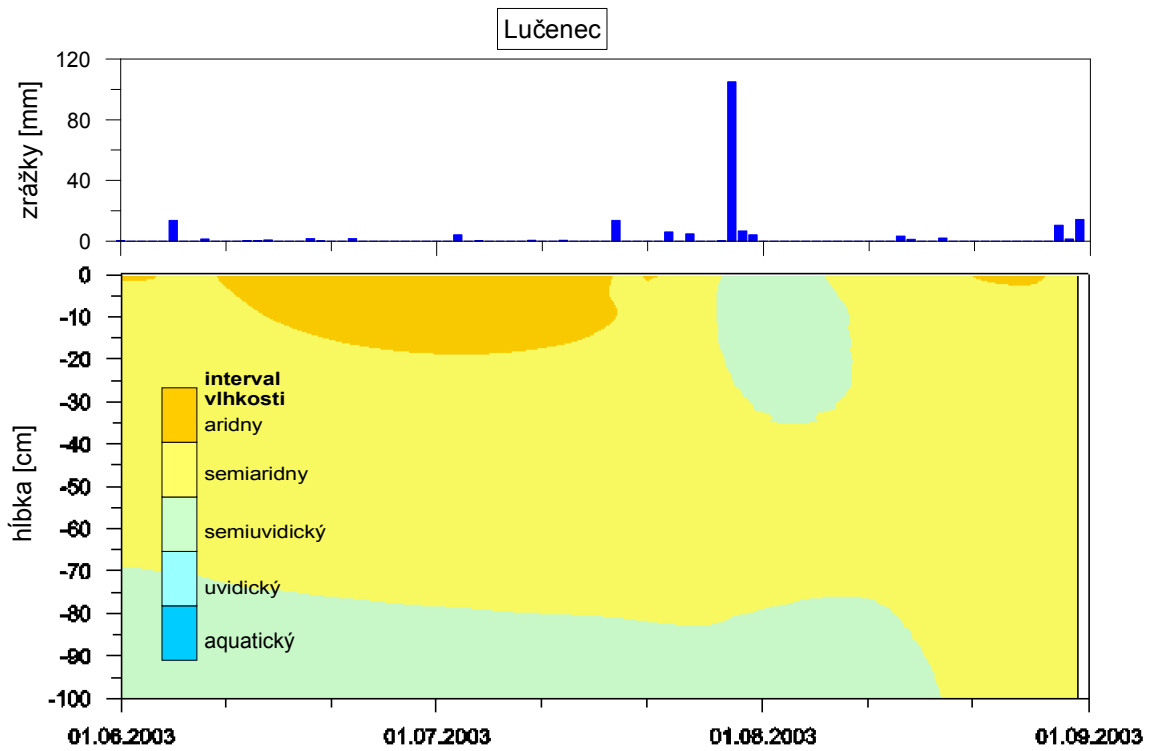
Potenciálna evapotranspirácia ET_0 , a teda aj vlahová potreba plodín, prevláda nad dotáciou atmosférickými zrážkami. Klimatická vodná bilancia je v nížinných regiónoch Slovenska záporná (obr. 6). Záporná klimatická vodná bilancia prevažuje od marca do októbra, od novembra do februára zrážky prevyšujú potenciálnu evapotranspiráciu (obr. 7). V hodnotenom období sa klimatická vodná bilancia medziročne pohybovala v širokých intervaloch (tab. 3), pričom extrémne hodnoty sa vyskytli na väčšine územia hlavne v poslednom desaťročí. Klimatická vodná bilancia v mimoriadne suchom roku 2003 bola záporná od polovice marca a maximálny deficit dosiahla začiatkom októbra. Celkovo v roku 2003 na staniách na Podunajskej nížine chýbalo na doplnenie potenciálnej evapotranspirácie viac ako 600 mm zrážok. Ďalšími mimoriadne suchými rokmi podľa klimatickej vodnej bilancie boli 1986, 1992, 1993, 2000 a 2011. podľa klimatickej vodnej bilancie za letný polrok boli okrem roku 2003 veľmi suché aj roky 1961, 1962, 1986, 1992, 1993, 2000, 2007 a 2009. Najnižších priemerných hodnôt dosahuje klimatická vodná bilancia na juhu Podunajskej nížiny (obr. 6). Kým na Podunajskej nížine chýba na pokrytie potenciálnej evapotranspirácie viac ako 400 mm zrážok každý štvrtý rok (tab. 3), na východnom Slovensku je takýto vysoký deficit klimatickej vodnej bilancie zriedkavý.

Tab. 1. Hodnoty SPI za rok na vybraných meteorologických staniciach za obdobie 1961-2011

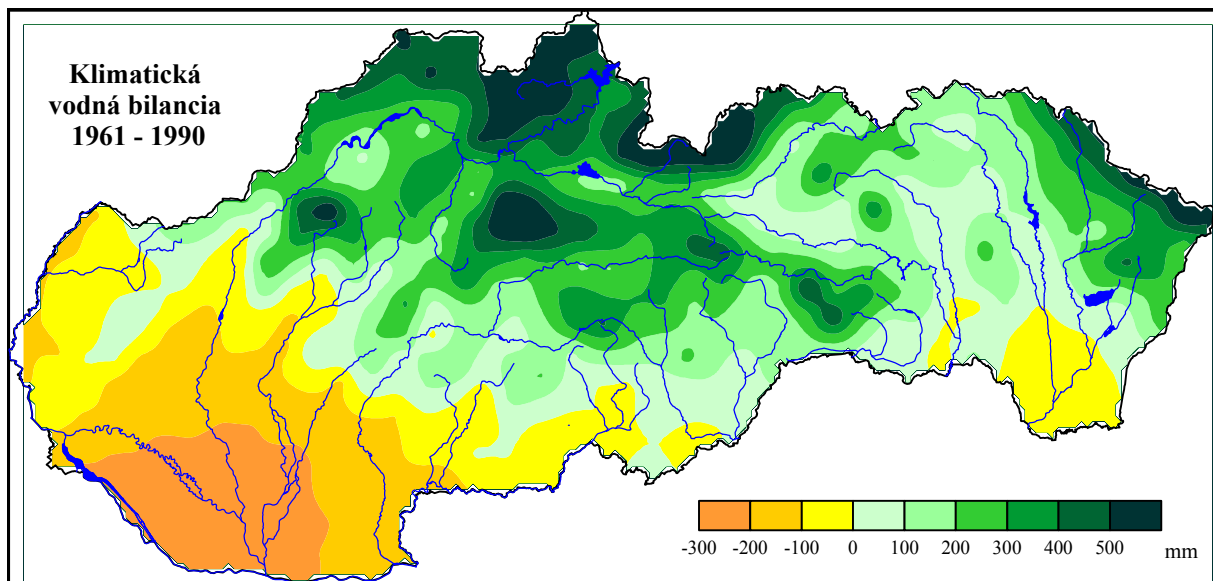
Rok	Kuchyňa	Hurbanovo	Nitra	Lučenec	Michalovce	Trebišov
1961	-0.3648	0.2638	-0.2480	-1.0520	-2.3436	-2.1641
1962	0.3659	-0.3374	-0.3251	-0.2536	-0.9964	-0.3064
1963	-0.4819	0.6400	0.8393	0.2171	-0.3741	0.0377
1964	0.9786	-0.0288	0.0742	0.3534	0.0755	0.1964
1965	2.0325	3.2086	2.0665	2.9280	0.4359	1.6268
1966	3.1533	2.2513	2.2895	0.6057	1.7579	1.4348
1967	-0.0115	-1.2006	-1.0233	-0.4560	-0.9885	-1.5737
1968	0.3514	-0.4092	-1.0588	-0.8480	0.5046	-0.3996
1969	0.7192	-0.6586	-0.0292	0.1468	-1.2890	-1.2064
1970	0.1520	-0.2719	-0.0423	1.5726	1.2491	1.8832
1971	-1.1904	-1.1742	-1.3455	-1.6743	-1.5083	-0.7847
1972	-0.0406	0.8143	2.0615	0.7496	-0.0483	-0.0511
1973	-0.2961	-0.6850	-0.4112	-1.4542	-0.7630	-1.5526
1974	-0.1645	0.7879	0.6366	1.3508	1.7137	1.1707
1975	0.4085	-0.4261	-0.7071	0.3449	0.8343	0.6980
1976	-0.2516	0.1434	-0.0504	1.1264	0.5692	0.1153
1977	-0.4800	-0.4399	-0.0636	0.0757	-0.0286	0.3184
1978	-1.0994	-0.9587	-1.8735	-0.2841	-0.4238	-0.2220
1979	0.9679	0.0071	1.6804	0.7192	0.2806	0.6824
1980	-0.1170	1.2645	0.3539	0.7479	1.6072	1.7023
1981	-0.0183	0.0272	0.0256	-0.6490	-0.0602	0.2596
1982	-1.4420	-1.3095	-0.6281	-1.1900	-0.3063	-0.4873
1983	-0.9610	-0.9502	-0.2582	-1.1468	-0.4530	-0.6959
1984	-0.1790	0.3790	-0.0970	0.4296	0.4738	0.3484
1985	1.2592	0.2226	0.6113	-0.4170	1.5402	0.9931
1986	-1.2630	-0.6639	-0.9057	-1.3957	-1.6061	-1.4272
1987	0.7424	0.6146	-0.2460	-0.2655	-0.4585	-0.2686
1988	-0.5332	0.7256	0.4927	-0.5542	0.2593	-0.1099
1989	-0.8962	-0.7801	-1.2391	-0.3959	-0.1099	-0.5472
1990	-1.3404	-1.0559	-0.5794	0.6684	0.4564	0.3295
1991	-0.6755	-0.4282	-1.0111	0.9190	-0.0223	-0.3929
1992	-0.5013	0.1730	-0.9817	-0.8954	0.1354	-0.7880
1993	0.3040	-0.2032	0.1715	-0.7430	-0.8473	-1.2075
1994	-0.0135	0.5217	1.4321	-0.4187	0.0566	0.1597
1995	1.0957	1.3986	0.4522	1.4608	-0.2692	1.2007
1996	-0.0493	0.8228	1.4869	0.6480	0.2758	0.1864
1997	-0.4451	-0.4409	-0.4142	-0.5787	-0.0152	-0.2786
1998	0.3466	1.0077	-0.3747	0.2120	1.3532	2.1406
1999	1.0211	1.3765	0.3884	1.1069	0.3042	-0.7358
2000	-0.7539	-0.8467	-0.8257	-0.1436	0.1354	0.5814
2001	-0.4026	-0.1451	-0.3139	-0.3036	0.2782	1.1374
2002	0.6030	1.1176	0.9386	-0.0547	-0.0184	0.5071
2003	-2.2657	-2.0121	-1.9546	-0.9614	-0.7961	-0.6337
2004	-0.8933	0.9274	-0.0140	-0.0902	1.2720	1.1019
2005	0.1665	1.0574	0.5160	0.7683	1.5772	0.9743
2006	0.3901	0.0430	-0.5409	-0.4881	0.0644	0.0909
2007	0.0533	0.5174	0.5333	0.4228	0.4927	-0.0411
2008	0.7279	0.1603	-0.0646	1.3364	1.2026	0.0776
2009	1.7645	0.5460	0.3600	0.5354	0.5684	0.4139
2010	3.0294	4.7967	3.2877	4.5468	2.5537	3.8263
2011	0.0785	-2.1040	-1.1692	-1.0545	-0.3126	-0.2475

Tab. 2. Hodnoty SPI za let. polrok na vybraných meteorologických staniach za obdobie 1961-2011

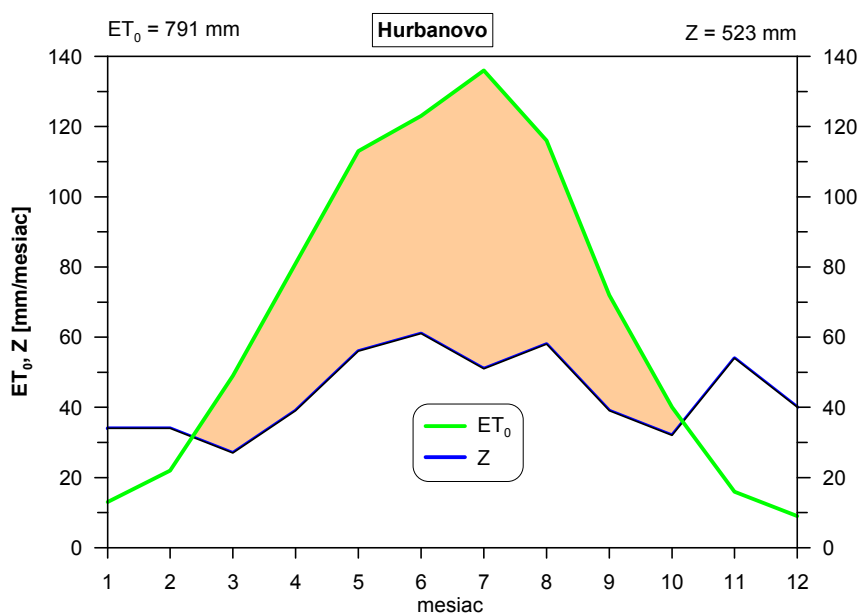
Rok	Kuchyňa	Hurbanovo	Nitra	Lučenec	Michalovce	Trebišov
1961	-0.9031	-0.1940	-0.9838	-1.1000	-2.4011	-2.2727
1962	-0.8331	-1.4783	-1.5929	-1.2373	-1.3989	-0.5601
1963	-0.0605	0.9690	1.0622	0.3121	-0.6115	-0.0464
1964	0.0532	-0.1726	-0.2870	-0.6665	-0.3804	-0.7363
1965	2.5086	3.3836	2.2752	3.2748	0.5009	1.7204
1966	2.9196	1.4667	1.9738	0.2076	1.2375	0.3015
1967	-0.0261	-1.0726	-0.9085	0.3972	-1.4507	-2.0091
1968	0.8165	-0.0648	-0.7433	-0.9627	0.8098	-0.5119
1969	0.2403	-1.1221	-0.1487	-0.3263	-1.0986	-1.2138
1970	-0.8434	-0.7805	-0.4904	1.0818	1.1727	2.1075
1971	-0.6896	-0.3131	-0.0888	-1.0457	-0.9182	0.2879
1972	1.3239	1.8409	3.1362	2.0307	0.9653	1.1149
1973	0.5961	0.1409	0.1775	-0.8510	-0.4473	-0.6700
1974	-1.1373	-0.2120	-0.1817	0.7549	0.7396	0.1298
1975	1.1322	0.2746	-0.2086	0.9188	1.3909	1.1194
1976	-0.8044	-0.2457	-0.5183	0.5140	0.4167	-0.1715
1977	-0.6746	-0.7445	-0.5028	-0.8684	-0.4841	-0.2814
1978	-0.5863	-0.0378	-1.1315	0.6442	0.2709	0.7986
1979	0.0658	-0.4872	0.9889	-0.5056	-0.5132	-0.0871
1980	0.1725	0.4431	0.1022	-0.1552	1.6004	1.7430
1981	0.1025	0.2948	0.0216	-0.6921	-0.1871	-0.1278
1982	-1.2165	-1.1918	-0.3933	-0.9504	-0.1946	-0.5089
1983	-0.5403	-1.1097	-0.2788	-0.9094	-0.3383	-0.2859
1984	-0.4003	0.4454	-0.1208	0.7753	0.8401	0.5335
1985	0.9577	0.0161	0.4212	-0.2259	1.7462	1.1812
1986	-0.9479	-0.6929	-0.8538	-1.0549	-1.4853	-1.0903
1987	0.4297	0.5442	-0.1064	-0.1838	-0.6493	-0.5736
1988	-0.8319	0.6544	0.1971	-0.1623	0.1197	-0.3793
1989	0.1438	0.5015	-0.0258	0.4946	0.4361	0.0741
1990	-0.9674	-1.0558	-0.7908	0.4915	0.3119	0.4145
1991	-0.3475	-0.5423	-0.8940	0.9526	-0.4052	-0.6972
1992	-1.0305	-0.3344	-1.1882	-0.7495	-0.4398	-1.3930
1993	0.1174	-1.3030	-0.4904	-1.0190	-1.0327	-1.8103
1994	0.1025	0.6094	1.2749	0.1318	-0.1028	0.4567
1995	1.3607	1.0701	0.6028	2.4693	0.0678	2.2943
1996	0.9761	1.4004	1.9676	1.1812	0.9254	1.3077
1997	0.2047	-0.0546	-0.1962	-0.2207	0.2385	0.1042
1998	0.7213	1.5870	0.3964	0.7426	1.6080	2.8411
1999	1.6270	1.0982	0.6947	1.5163	0.1521	-1.3117
2000	-1.4495	-1.1378	-1.3885	-0.3376	0.3324	1.0682
2001	0.4710	0.1330	0.4273	-0.2832	0.2504	1.3755
2002	0.4917	0.9229	0.8702	0.4443	-0.0305	0.8227
2003	-1.3703	-1.2850	-1.1748	-0.3806	-0.7465	-0.4833
2004	-1.4105	0.6409	-0.2271	-0.0916	1.4027	1.6767
2005	0.6225	0.5847	0.1238	1.2990	2.5227	2.0593
2006	1.0404	0.3555	-0.0135	0.4987	0.3335	0.8227
2007	-0.1420	0.1139	0.1775	0.5263	-0.0931	-0.2769
2008	1.4204	0.4791	-0.0867	1.4210	1.8466	0.4567
2009	0.2391	-0.6535	-0.9167	-0.7301	-0.9226	-1.2891
2010	4.3006	4.6084	2.9359	4.7033	2.8640	4.8836
2011	1.1391	-0.8670	-0.1652	-0.3560	0.2784	0.6434



Obr. 5. Denné úhrny zrážok a priebeh vlhkosti pôdy v lete v roku 2003 v Lučenci



Obr. 6. Priemerná ročná klimatická vodná bilancia [mm] v období 1961-1990



Obr. 7. Priemerné mesačné úhrny atmosférických zrážok Z [mm] a potenciálnej evapotranspirácie ET_0 [mm] v období 1961-1990 na meteorologickej stanici Hurbanovo.

Tab. 3. Základné štatistické charakteristiky klimatickej vodnej bilancie za letný polrok na vybraných meteorologických staniciach v obdobiach 1961-1990 a 1981-2010

	Kuchyňa	Hurbanovo	Nitra	Lučenec	Michalovce	Trebišov
1961-1990						
minimum	-330.802	-517.358	-476.933	-376.252	-466.308	-427.882
dolný decil	-308.604	-473.758	-384.318	-356.964	-308.521	-310.574
dolný kvartil	-293.422	-412.925	-353.438	-308.561	-223.306	-255.12
priemer	-197.824	-336.146	-286.473	-217.746	-152.263	-194.885
medián	-198.53	-359.634	-317.16	-233.369	-171.3	-207.119
horný kvartil	-162.066	-277.631	-271.555	-152.768	-36.439	-101.386
horný decil	-56.9739	-215.175	-154.398	-89.9876	-11.2291	-53.613
maximum	76.13888	27.48227	79.01812	164.7704	67.66	40.1738
smerodajná odchýlka	108.0818	120.2945	126.5016	123.7263	128.5054	107.6222
1981-2010						
minimum	-473.72	-625.425	-624.953	-431.453	-383.775	-444.169
dolný decil	-374.956	-520.929	-549.56	-376.252	-299.577	-359.892
dolný kvartil	-313.731	-460.958	-459.425	-337.519	-275.608	-279.376
priemer	-227.664	-358.409	-375.546	-232.31	-179.611	-218.844
medián	-214.824	-339.845	-359.449	-265.639	-206.609	-224.752
horný kvartil	-170.968	-277.676	-300.663	-140.057	-106.827	-153.622
horný decil	-88.7582	-231.787	-262.23	-87.5897	-6.49524	-97.5343
maximum	163.8535	97.80281	-60.841	252.8058	67.12914	99.28959
smerodajná odchýlka	130.3088	140.8279	125.7481	140.5249	122.832	115.8576

Limitujúcim faktorom evapotranspirácie je vlhkosť pôdy. Ak pôda obsahuje dostatok vody, aktuálna evapotranspirácia sa rovná potenciálnej evapotranspirácii. Pri vlhkosti pôdy menšej ako je jej kritická hodnota, aktuálna evapotranspirácia sa znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy. Priemerná ročná hodnota relatívnej evapotranspirácie menšia ako 60 % je považovaná za hranicu suchej oblasti (Soták a iní, 2001). Podľa tohto kritéria je suchou oblasťou Podunajská nížina a západ Záhorskej nížiny. Z hľadiska ročného chodu dosahuje relatívna evapotranspirácia najnižších hodnôt v auguste.

Podľa hodnôt priemernej ročnej relatívnej evapotranspirácie ET/ET_0 boli na celom území Slovenska najsuchšie roky 2003, na západnom Slovensku bol podľa tohto kritéria mimoriadne suchý rok 1990 (tab. 4). Podľa hodnôt evapotranspirácie ET/ET_0 za letný polrok sa javí na celom území Slovenska ako najsuchší rok 2012 spolu s rokmi 2003 a 1961. Na západnom Slovensku bol mimoriadne suchý rok 1990 (tab. 5). V letných polrokoch rokov 1990, 2003 a 2012 bola priemerná relatívna evapotranspirácia na Podunajskej nížine menšia ako 40 %.

Výskyt sucha je okrem množstva zrážok determinovaný aj ich rozdelením v priebehu roka, ako aj teplotou vzduchu v danom období. Využitie vody z búrkových lejakov je veľmi nízke. Ako ukázal príklad z Lučenca z roku 2003, v prípade mimoriadnych zrážkových úhrnov hodnotenia sucha založené len na zrážkových úhrnoch môžu výrazne skresliť výslednú informáciu (tab. 2). Naproti tomu, ak sa zoberú do úvahy aj ďalšie klimatické činitele, ako je to v prípade výpočtu relatívnej evapotranspirácie, je výsledná informácia podstatne presnejšia (tab. 4 a 5).

Tab. 4. Hodnoty ET/ET_0 [%] za rok na vybraných meteorologických staniciach za obdobie 1961-2011

Rok	Kuchyňa	Hurbanovo	Nitra	Lučenec	Michalovce	Trebišov
1961	65.9	67.5	69.5	65.9	65.0	63.8
1962	64.2	60.9	64.7	66.0	66.2	71.2
1963	76.1	75.5	79.5	80.7	76.5	76.4
1964	71.9	69.3	77.3	72.1	81.9	76.1
1965	79.5	78.1	80.7	81.4	80.3	77.7
1966	80.1	78.8	84.8	77.2	86.0	77.3
1967	72.4	64.0	68.5	71.9	77.6	69.5
1968	72.7	64.4	69.6	69.5	83.3	71.3
1969	74.7	62.5	77.8	72.8	78.4	65.2
1970	71.8	64.5	68.5	78.8	82.1	79.7
1971	70.2	61.8	65.1	71.5	74.4	75.5
1972	77.2	79.0	84.9	81.8	85.8	79.1
1973	70.0	67.5	73.4	71.7	78.9	73.5
1974	61.6	67.0	71.8	72.4	79.1	69.4
1975	81.4	72.6	74.3	85.4	84.8	86.5
1976	67.3	62.7	67.7	76.5	79.7	73.9
1977	71.6	72.7	79.5	73.5	76.2	77.6
1978	71.2	64.8	65.7	77.5	80.3	80.9
1979	71.3	60.1	76.0	71.3	72.9	71.2
1980	76.0	75.9	80.3	78.2	82.2	78.2
1981	65.0	70.4	72.9	75.7	78.1	73.0
1982	69.5	68.0	75.7	69.7	78.9	72.9
1983	64.7	61.7	71.7	71.7	78.9	80.3
1984	69.1	67.3	70.6	77.3	82.4	79.0
1985	78.6	68.7	70.9	73.9	82.4	81.7
1986	69.1	68.1	63.8	66.0	71.7	70.3
1987	75.3	74.4	67.8	70.5	77.8	71.5
1988	69.8	71.5	72.1	70.2	79.3	75.0
1989	74.6	74.2	67.8	75.2	84.1	74.3
1990	57.0	51.1	53.9	74.1	78.2	72.3
1991	69.4	65.9	61.4	84.5	82.6	78.0
1992	67.7	65.7	61.2	75.5	75.7	68.0
1993	68.4	63.9	63.6	64.5	76.2	69.2
1994	70.6	76.6	79.5	75.4	75.8	76.6
1995	76.5	76.9	76.1	80.9	75.5	76.3
1996	81.7	77.7	80.6	74.1	80.5	77.7
1997	63.2	60.9	62.4	66.5	81.0	68.8
1998	69.1	71.5	63.3	76.5	85.6	79.5
1999	80.8	75.4	72.6	83.8	79.8	65.9
2000	62.9	65.8	60.4	71.9	81.8	79.5
2001	71.7	70.6	71.0	74.7	83.0	81.7
2002	74.6	70.8	72.9	70.2	76.2	70.1
2003	61.7	60.2	59.8	69.1	69.3	67.4
2004	64.4	73.8	66.8	73.7	81.8	78.8
2005	58.7	68.6	62.2	77.4	86.1	80.4
2006	73.0	69.6	69.2	75.3	81.2	79.0
2007	63.4	69.1	65.7	69.5	75.5	64.5
2008	77.7	67.7	65.8	82.6	84.6	78.9
2009	75.9	66.5	61.4	73.3	73.8	68.5
2010	77.8	81.6	81.0	83.3	83.5	83.1
2011	79.1	63.0	64.1	72.1	76.7	73.4

Tab. 5 Hodnoty ET/ET_0 [%] za letný polrok na vybraných staniciach za obdobie 1961-2011

Rok	Kuchyňa	Hurbanovo	Nitra	Lučenec	Michalovce	Trebišov
1961	55.0	57.7	56.4	48.2	46.0	46.4
1962	58.0	53.0	56.5	60.0	62.8	66.6
1963	65.6	68.4	74.3	71.6	67.6	66.6
1964	66.9	65.2	73.2	64.7	74.5	69.8
1965	79.3	78.9	79.8	79.7	79.7	78.2
1966	81.8	79.3	83.1	74.3	83.6	71.6
1967	65.6	57.0	62.9	64.8	70.9	56.2
1968	65.7	53.0	56.5	55.8	79.4	60.1
1969	77.0	58.9	76.7	78.4	75.6	60.4
1970	69.9	59.9	64.6	82.9	83.1	83.8
1971	56.1	48.9	54.2	62.4	71.3	72.3
1972	73.4	73.1	82.9	74.6	80.2	70.3
1973	63.2	51.2	60.3	59.6	73.6	66.1
1974	43.0	50.9	60.9	64.9	72.6	60.8
1975	79.0	64.2	67.5	81.9	83.7	82.9
1976	54.0	47.7	52.2	65.0	73.2	66.0
1977	68.1	63.4	71.0	68.1	77.3	75.1
1978	58.1	51.0	53.1	74.8	78.4	78.1
1979	66.8	50.2	74.0	68.1	74.9	71.0
1980	73.2	72.1	78.1	74.8	85.3	74.7
1981	55.4	64.0	66.0	68.6	77.0	68.9
1982	54.0	48.5	61.7	57.7	75.5	58.5
1983	57.7	48.6	62.6	59.9	75.7	70.0
1984	57.8	52.2	55.8	68.3	77.4	70.5
1985	74.3	57.3	65.4	70.4	83.5	83.4
1986	61.1	60.0	53.6	56.0	65.4	60.0
1987	70.6	69.9	61.6	61.9	73.2	65.1
1988	65.5	66.6	67.2	69.2	79.0	71.3
1989	64.6	65.6	58.0	68.6	80.3	65.6
1990	43.6	35.0	38.1	63.4	71.5	63.8
1991	59.9	51.1	43.2	85.7	76.7	67.0
1992	54.9	52.3	44.2	64.6	71.2	55.9
1993	60.8	45.6	47.1	44.0	72.1	57.6
1994	61.4	66.2	71.0	65.5	70.1	67.8
1995	72.2	69.2	72.6	78.9	71.8	73.5
1996	75.4	73.9	75.2	71.7	74.1	66.2
1997	52.8	50.6	50.4	59.3	79.4	59.4
1998	55.3	61.2	49.1	66.3	83.8	78.0
1999	82.7	74.7	69.7	83.9	79.3	57.4
2000	50.1	50.6	47.2	61.6	80.2	70.4
2001	59.7	60.3	58.5	68.4	76.9	76.2
2002	64.7	59.5	61.5	57.7	62.0	56.1
2003	37.9	39.1	35.3	52.3	55.0	55.3
2004	47.1	66.0	55.5	64.5	82.9	74.2
2005	60.4	68.9	61.0	76.7	84.6	74.5
2006	73.1	69.8	65.3	75.0	77.1	74.1
2007	43.1	53.2	50.9	56.7	59.3	41.5
2008	71.6	57.7	55.8	76.2	81.3	69.9
2009	71.0	51.7	45.3	63.2	65.4	52.7
2010	81.4	82.4	78.9	81.5	80.6	77.7
2011	75.1	49.4	51.4	62.6	68.6	64.8

ZÁVER

Príspevok prezentuje porovnanie výskytu sucha v poľnohospodárskych regiónoch Slovenska za obdobie 1961-2011 podľa rôznych klimatických indexov vypočítaných pre 26 meteorologických staníc. Podľa priemeru percenta normálu zrážkových úhrnov a podľa štandardizovaného indexu zrážok *SPI* z vybraných staníc boli najsuchšie roky 2003, 1971 a 1989 a najsuchšie letné polroky 1961, 1962 a 1986. Podľa klimatickej vodnej bilancie boli najsuchšie roky 2003, 2011 a 1986 a najsuchšie letné polroky 2003, 1992 a 2009. Podľa priemerných hodnôt relatívnej evapotranspirácie boli najsuchšími rokmi roky 1990, 2003 a 1962 a najsuchšími letnými polrokmi 2012, 2003 a 2007.

Výskyt sucha stanovený pomocou štandardizovaného indexu zrážok *SPI* korešponduje s hodnotením podľa pravdepodobnosti opakovania vyjadreným v percentách normálu, ktoré je zaužívané u nás. Na druhej strane, pri indikátoroch zahrňujúcich aj potenciálnu evapotranspiráciu, sa stanovené najsuchšie roky čiastočne líšili od rokov vypočítaných podľa zrážkových indexov.

Vzhľadom na skutočnosť, že výskyt sucha je ovplyvnený aj ďalšími klimatickými a pôdnymi činiteľmi, nemôžu hodnotenia sucha založené na klimatických indexoch vychádzajúcich len zo zrážkových úhrnov dať dostatočne presnú informáciu o intenzite sucha a jeho účinkoch na pestované plodiny. Problematický je aj časový krok použitý na výpočet klimatických indexov. Klimatické indexy, ktoré využívajú len ročné alebo mesačné údaje, neumožňujú stanoviť ani začiatok a ani trvanie sucha dostatočne presne.

LITERATÚRA

- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. ISBN 92-5-104219-5
- LAPIN, M., FAŠKO, P., KVETÁK, Š. 1988. *Metodický predpis 3-09-1/1. Klimatické normály*. SHMÚ, Bratislava. 25 s.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J., KLEIST, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim CA, USA*, pp. 179-184.
- MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF THE SLOVAK REPUBLIC AND THE SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE. 2009. *The Fifth National Communication of the Slovak Republic on Climate Change under UNFCCC and Kyoto Protocol*. Bratislava. 158 p.
- SOTÁK, V., TOMLAIN, J., TAKÁČ, J., JENČO, M. 2001. Upresnenie závlahových oblastí na Slovensku. *Vedecké práce Výskumného ústavu meliorácií a krajinného inžinierstva v Bratislave*, 25, VÚMKI Bratislava, s. 309 – 324.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou Slovenskej republiky v rámci projektov APVV-0242-06 a VEGA1/1220/12.

ZBORNÍK z vedeckého seminára

Environmentálne indexy a indikátory ako nástroje analýzy a hodnotenia stavov a procesov v krajine

podporený *Agentúrou na podporu vedy a výskumu* na základe zmluvy č. APVV-0242-06 a aktivitou *Komisie Predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied pre ekológiu a krajinné inžinierstvo*.

© Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 2012

Editori: Mgr. Martina Nováková, PhD., Ing. Michal Sviček, CSc.

Oponent: prof. Ing. Jozef Vilček, PhD.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochranu pôdy
Gagarinova 10, Bratislava

Tlač: Edičné stredisko
Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy
Gagarinova 10, Bratislava

Počet strán: 165

ISBN 978-80-89128-97-6

Texty neprešli jazykovou úpravou