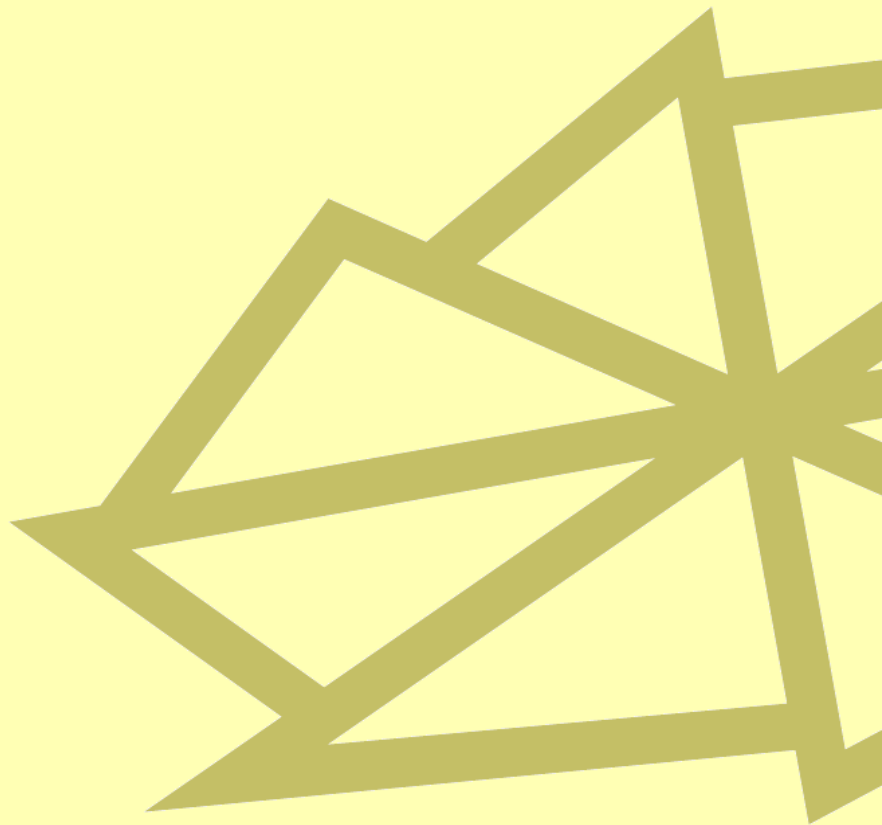


**Zborník príspevkov z konferencie  
Enviro-i-fórum 2014**



Editori:

prof. Ing. Ján Tuček, CSc.

Mgr. Milan Koreň, PhD.

Recenzenti:

prof. Mgr. Jaroslav Hofierka, PhD., Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

doc. RNDr. Eva Mičietová, PhD., Univerzita Komenského v Bratislave

doc. RNDr. Dagmar Kusendová, PhD., Univerzita Komenského v Bratislave

doc. Ing. Branislav Oláh, PhD., Technická univerzita vo Zvolene

doc. Ing. Peter Blišťan, PhD., Technická univerzita v Košiciach

Ing. Róbert Fencík, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave

Ing. Vladimír Koťka, PhD., Žilinská univerzita v Žiline

prof. Ing. Ján Tuček, CSc., Technická univerzita vo Zvolene

I. vydanie v rozsahu 120 strán

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Rok vydania: 2014

Grafická úprava: autori

Vydanie v elektronickej verzii

Za obsah príspevkov zodpovedajú autori a recenzenti.

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-2659-4

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

## Obsah

<b>Terestrické laserové skenovanie - moderná metóda zberu údajov pre tvorbu trojrozmernej základnej mapy lomu pri povrchovom dobývaní ložísk nerastov</b>	
<i>Peter Blišťan, Ľudovít Kovanič</i> .....	6
<b>Vplyv kvality údajov na výsledok rozhodovacieho procesu v GIS</b>	
<i>Renata Ďuračiová, Linda Gálová, Tibor Lieskovský, Alexandra Rášová</i> .....	18
<b>Morfometrická analýza georeliéfu račianskych vinogradov</b>	
<i>Juraj Furdík</i> .....	37
<b>Posúdenie konektivity zelenej infraštruktúry na území Slovenska</b>	
<i>Igor Gallay</i> .....	51
<b>Špecifické vlastnosti historických krajinných štruktúr v kultúrnej krajine, spôsoby mapovania a vyhodnotenia</b>	
<i>Peter Jančura</i> .....	60
<b>Modelovanie faktorov šírenia kontaminácie v baníckej lokalite Ľubietová, nástrojmi GIS</b>	
<i>Jozef Krnáč</i> .....	69
<b>Zavádzanie geoinformačných systémov v samospráve miest – realita alebo vízia?</b>	
<i>Dagmar Kusendová</i> .....	82
<b>Získavanie údajov o lese prostriedkami pozemného laserového skenovania</b>	
<i>Martin Mokroš, Milan Koreň</i> .....	91
<b>Nástroj Parmenides EIDOS TM pomáha vidieť do budúcnosti</b>	
<i>Rudolf Navrátil, Róbert Sedmák, Yvonne Brodrechtová, Róbert Smreček, Ján Tuček</i> .99	
<b>Technológia FieldMap ako nástroj podrobného zberu údajov o lesnom prostredí</b>	
<i>Julián Tomašík</i> .....	110

## **Predhovor**

Cieľom predkladaného zborníka je informovať o aktuálnom stave poznatkov v oblasti geoinformatiky na Slovensku. Spoločnou platformou pre prezentovanie a publikovanie ďalej uvádzaných príspevkov je organizovanie konferencie Enviro i Forum 2014, ktorej 10. jubilejný ročník sa uskutočnil v dňoch 24. a 25. júna 2014 na pôde Technickej Univerzity vo Zvolene.

Toto podujatie tradične komplexne prezentuje odbornej verejnosti výsledky prác z oblasti informatizácie údajov o životnom prostredí a praktickú dostupnosť týchto údajov. Fórum prezentuje a zviditeľňuje nielen prácu rezortných, ale aj práce ďalších mimorezortných inštitúcií v oblasti dostupnosti informácií o životnom prostredí a využívaní informačných technológií pri ich spracovaní a zároveň tiež poskytuje priestor na prezentáciu riešení z oblasti geoinformatiky v celej jej šírke. Pozitívny ohlas prezentujúcich účastníkov tak zo SR ako aj zo zahraničia z roka na rok potvrdzuje, že podujatie si za 10 rokov získalo v radoch odbornej verejnosti svojich stálych priaznivcov. A nie len to. Vďaka sprievodným podujatiam sa okruh sympatizantov a záujemcov o problematiku environmentálnej informatiky a geoinformatiky neustále rozrastá, čoho dôkazom je i priazeň, s akou sa toto podujatie napriek neľahkej ekonomickej situácii každoročne stretáva. Aj spätná väzba, ktorú získavame z dotazníkov potvrdzuje stúpajúcu odbornú aj organizačnú úroveň podujatia a skutočnosť, že zámer, s ktorým toto podujatie vstupovalo na pôdu environmentálnej informatiky, sa organizátorom v spolupráci s partnermi darí plniť.

Podrobné informácie o jubilejnom 10. ročníku môže záujemca nájsť v archíve na adrese <http://enviroiforum.sazp.sk/2014/program-enviro-i-forum-2014>, z ktorého sú zároveň zabezpečené linky na zdroje všetkých doterajších ročníkov konferencie. Po zhrnutí možno konštatovať, že bolo pripravených 7 programových blokov, v ktorých počas dvoch dní odznelo 39 prezentácií. Okrem hlavného programu prebiehali aj sprievodné podujatia, každé s ohľadom na naliehavosť a aktuálnosť v súčasnom období - Pracovné stretnutie Národných referenčných centier siete Eionet SR a pre spoluprácu EEA a Workshop programu Copernicus na ktorých sa spolu s účasťou na hlavnom programe zúčastnilo 150 záujemcov.

Vzhľadom na skutočnosť, že na Slovensku stále nie je organizované špecializované podujatie pre oblasť geoinformatiky, možno považovať zaradovanie tém z tejto oblasti do programu konferencie Enviro i Forum za veľmi potrebné a užitočné. Aj v programe aktuálneho ročníka mali takúto povahu už tradične posledné dva bloky druhého dňa, pričom sa problematika

geoinformatiky objavovala aj v ostatných častiach programu. Novinkou jubilejného 10. ročníka je príprava a publikovanie recenzovaného zborníka príspevkov. Zameranie konferencie sa tak rozširuje aj na prezentáciu vedeckých poznatkov a publikovanie výsledkov výskumu v oblasti geoinformatiky a environmentálnej informatiky ako aj príbuzných a súvisiacich oblastí. Veríme tak, že i touto formou budú môcť byť Vaše odborné poznatky a vedomosti na poli environmentálnej informatiky v oveľa väčšej miere zúročené a že rozšíria okruh priaznivcov podujatia. Garanciu odbornej úrovne podujatia, prezentácii ako aj publikovaných príspevkov zabezpečoval programový ako aj vedecký výbor konferencie, členovia ktorého boli zároveň recenzentami príspevkov.

Vážení čitatelia, dovoľte nám záverom poďakovať sa organizátorom za možnosť rozšírenia programu o prezentovanie vedecky a výskumne orientovaných príspevkov a zabezpečenie procesu editácie a vydania zborníka. Ďakujeme autorom za prihlásenie, prezentovanie a spracovanie predložených príspevkov. Zároveň vyslovujeme poďakovanie členom vedeckého výboru za recenzovanie. Veríme, že publikované témy ako aj samotné príspevky nájdu svojich priaznivcov a možnosť publikovať príspevok v zborníku bude ďalším motívom pre účasť na konferencii Enviro i Forum v budúcnosti.

Záverom chceme konštatovať, že vývoj a aplikácia geoinformatiky do širokého spektra aplikačných oblastí sa na Slovensku v aktuálnom období je dynamický a predstavuje veľké výzvy tak pre komunitu výskumníkov ako aj praktické aplikácie.

Ján Tuček a Milan Koreň, editori zborníka

# **Terestrické laserové skenovanie - moderná metóda zberu údajov pre tvorbu trojrozmernej základnej mapy lomu pri povrchovom dobývaní ložísk nerastov**

*Peter Blišťan, Ľudovít Kovanič*

## **Abstrakt**

Jednou zo základných povinností pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných bankým spôsobom, je vedenie a doplňovanie bankomeračskej dokumentácie. Bankomeračská dokumentácia je u nás ešte stále vytváraná a vedená na základe vyše 20 rokov starého predpisu. Tento predpis MH SR č. 1/1993 z 20. júla 1993 určujú postupy pri zbere dát a tvorbe mapových výstupov ale nerieši problematiku tvorby digitálnej banko-meračskej dokumentácie. Pri dokumentácii povrchových bankých prevádzok sa však v posledných rokoch začali využívať aj moderné geodetické prístroje a metódy ako je napr. terestrické laserové skenovanie (TLS) a letecká fotogrametria využívajúca ultraľahké bezpilotné lietadlá a vrtuľníky (UAV). Z takto nameraných údajov potom v prostredí špecializovaných CAD (Computer Aided Design) systémov vieme vyhotoviť trojdimenzionálne (3D) topografické mapy, účelové mapy, ale aj 3D Základné banké mapy. Práve z týchto dôvodov by bolo do budúca potrebné vytvoriť nový právny dokument, ktorý by určil záväznú metodiku tvorby digitálnej banko-meračskej dokumentácie a bral pritom do úvahy aj platné európske smernice napr. smernicu INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) vydanú Európskou komisiou.

**Kľúčové slová:** banká činnosť, základná banká mapa, terestrické laserové skenovanie, CAD, INSPIRE.

## Úvod

Medzi základné povinnosti organizácie pri vykonávaní banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných bankským spôsobom patrí vedenie a dopĺňovanie bankomeračskej dokumentácie. Bansko-meračská dokumentácia - základné banké mapy, účelové banké mapy, rezy, zápisníky a pod., je ešte stále vytváraná a vedená na základe viac ako 20 rokov starého predpisu. Jeho znenie síce bolo upravené o možnosť tvorby máp v digitálnej forme ale stále chýba metodický pokyn ako sa to má robiť.

Súčasnú potrebu praxe ukazujú na potrebu prijatia nového predpisu, ktorý by riešil aj zber údajov novými geodetickými metódami, následné spracovanie údajov v softvéroch CAD a geografických informačných systémoch (GIS), tvorbu priestorových databáz a vyhotovovanie digitálnych mapových diel. Nový predpis by mal zohľadňovať využívanie moderných geodetických metód zberu údajov, plne podporovať digitálnu formu dokumentácie a umožňovať interoperabilitu dát v zmysle smernice Európskeho parlamentu INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) [1] transponovanej u nás Zákonom NR SR č. 3/2010 Z.z. o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie (NIPI) [2].

## Súčasný stav problematiky tvorby digitálnej bansko-meračskej dokumentácie

Jednou zo základných povinností pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných bankským spôsobom, v organizáciách vykonávajúcich tieto činnosti, je vedenie a dopĺňovanie bankomeračskej dokumentácie. Bansko-meračská dokumentácia je ešte stále vytváraná a vedená na základe Výnosu Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o bankomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných bankským spôsobom [3]. Tento výnos z roku 1993, ako základný predpis, upravuje vyhotovovanie, vedenie, dopĺňanie a uchovávanie bankomeračskej dokumentácie:

- *pri banskej činnosti, s výnimkou úpravy a zušľachtovania nerastov vykonávaných v súvislosti s ich dobývaním,*
- *pri niektorých činnostiach vykonávaných bankským spôsobom, a to:*
- *pri dobývaní ložísk nevyhradených nerastov, zabezpečovaní a likvidácii bankých diel a lomov, ako aj vyhľadávaní a prieskume ložísk nevyhradených nerastov,*
- *pri podzemných prácach vykonávaných bankským spôsobom, najmä pri hĺbení jám a šachtíc, razení štôlní a tunelov, ako aj iných podzemných priestorov s objemom nad 500 m<sup>3</sup>,*

- *pri prácach na sprístupňovaní jaskýň a prácach na ich udržiavaní v bezpečnom stave.*

Tento záväzný právny dokument vznikol v období, keď bansko-meračská dokumentácia bola vyhotovovaná iba v klasickej papierovej (analogovej) podobe a všetky súvisiace mapové výstupy (rezy, účelové mapy a pod.) boli tiež iba v papierovej podobe. Nedávno bol tento predpis doplnený o možnosť tvorby bansko-meračskej dokumentácie aj v digitálnej forme. Žiaľ predpis neurčuje aké geodetické metódy a postupy majú byť použité pri zbere údajov (napr. meraní lomu) a nedefinuje pravidlá pre tvorbu máp v digitálnej forme a už vôbec nič nehovorí o možnosti tvorby základných banských máp v systémoch CAD v trojdimenzionálnom zobrazení.

Podobný problém je aj v susednej Českej republike, kde je vzhľadom na blízku banícku históriu podobná legislatíva. Na rozdiel od SR je v ČR tvorba bansko-meračskej dokumentácie upravená priamo Vyhláškou č. 435 Českého báňského úradu z 13. mája 1992 o dôležité merné dokumentácie. Tá je už však tiež zastaraná a v súčasnosti prebieha medzirezortné pripomienkovanie novej vyhlášky o bansko-meračskej dokumentácii. Tá by mala riešiť aj problematiku digitálnych banských máp.

Pri štúdiu zahraničnej odbornej literatúry venujúcej sa problematike INSPIRE resp. problematike digitálnej bansko-meračskej dokumentácie a jej súladu s INSPIRE sme nedospeli k relevantným prácam, ktoré by sa venovali komplexne práve tejto téme.

### **Moderné metódy zberu údajov pre tvorbu trojdimenzionálnej základnej mapy lomu pri povrchovom dobývaní ložísk nerastov**

Pri dokumentácii - geodetickom zameraní povrchových banských prevádzok sa v ostatných asi piatich rokoch začali využívať moderné geodetické prístroje a metódy ako je napr. terestrické laserové skenovanie či digitálna fotogrametria. Novinkou je aj letecké laserové skenovanie a letecká fotogrametria využívajúca ultraľahké bezpilotné lietadlá a vrtuľníky (UAV). Tieto technológie umožňujú v relatívne krátkom čase zdokumentovať veľké časti územia povrchových banských prevádzok. Z takto nameraných údajov potom v prostredí špecializovaných systémov CAD vieme vyhotoviť topografické mapy, účelové mapy, ale aj základné banské mapy a 3D modely.

Cieľom nášho výskumu bolo overiť práve technické možnosti najmodernejších geodetických prístrojov, predovšetkým možnosť využitia terestrického laserového skenovania pri zbere priestorových dát v povrchových banských prevádzkach pre účely tvorby 3D modelu lomu



a základnej banskej mapy. V rámci výskumu bola daná metodika hodnotená z viacerých hľadísk, a to predovšetkým z pohľadu:

- *presnosti merania, ktorá je daná presnosťou použitého prístroja a samotnej metódy TLS,*
- *rýchlosti zberu dát,*
- *náročnosti na pracovanie získaných dát.*

### **Terestrické laserové skenovacie systémy**

Skenovacích systémov existuje v súčasnosti celý rad a líšia sa fyzikálnymi princípmi, technickými parametrami, účelom a nasadením. Skenovacie systémy môžu byť umiestnené na družiciach, lietadlách (LIDAR), alebo na Zemi. Terestrické laserové skenovacie systémy poskytujú v súčasnosti progresívny a efektívny spôsob zberu veľkého množstva priestorových údajov s cieľom vytvorenia digitálneho modelu 3D objektov, alebo uzavretých priestorov. Princíp merania TLS vychádza z princípov univerzálnych meracích staníc (UMS), teda na určenie výslednej priestorovej polohy bodu v karteziánskom súradnicovom systéme (súradnice X,Y,Z) sa využíva priestorová polárna metóda. Proces zberu údajov využitím TLS závisí predovšetkým na vlastnostiach dokumentovaného objektu (veľkosť, tvar, drsnosť, odrazivosť a pod.) a samozrejme od typu a parametrov skenera (tab. 1) [4].

Tab. 1. Základná charakteristika laserových skenerov [4]

<i>Typ skenera</i>	<i>Dosah</i> <sup>1)</sup>	<i>Dĺžková presnosť</i> <sup>2)</sup>	<i>Rýchlosť</i> <sup>3)</sup>
<i>Pulzný</i>	<i>do 300 – 4 000 m</i>	<i>2 – 30 mm</i>	<i>5 000 – 100 000 bodov/s</i>
<i>Fázový</i>	<i>do 70 m</i>	<i>0,2 – 5 mm</i>	<i>až 1 000 000 bodov/s</i>

<sup>1)</sup> v závislosti od atmosférických podmienok a odrazivosti povrchu

<sup>2)</sup> v závislosti od veľkosti meranej dĺžky a modelu skenera

<sup>3)</sup> v závislosti od modelu skenera, hustoty skenovania a veľkosti zorného poľa

Technológia terestrického laserového skenovania využíva dva princípy skenerov:

- *pulzný,*
- *fázový [5].*

Pulzné „time-of-flight“ skenery merajú čas letu svetelnej vlny od vyslania po prijatie a na základe známej rýchlosti šírenia vlnenia sa vypočíta meraná dĺžka. Tieto skenery majú dosah merania až niekoľko 100 m s nepatrným poklesom presnosti v závislosti od narastajúcej vzdialenosti. Presnosť určenia priestorovej polohy bodu sa pritom pohybuje od

5 mm po 30 mm pri rýchlosti merania viac ako 50 000 bodov za sekundu. Presnosť modelovanej plochy sa pohybuje pri súčasných skeneroch od 2 mm.

Fázový skener je založený na meraní fázového rozdielu, ktorý vzniká medzi vysielaným a prijímaným signálom a z tohto fázového rozdielu sa následne určuje meraná dĺžka. Fázový skener má veľmi dobré výsledky pri dokumentovaní blízkych objektov cca do 50 m. Pri väčších vzdialenostiach (zámerách dlhších ako 100 m) má obmedzené použitie, pretože v závislosti na vzdialenosti od objektu klesá jeho presnosť. Pri krátkych zámerách je presnosť od cca 0,2 mm a pri zámerách okolo 70 m narastá až k cca 5 mm. Na presnosť vplýva aj odrazivosť skenovaného materiálu a samozrejme parametre skenera.

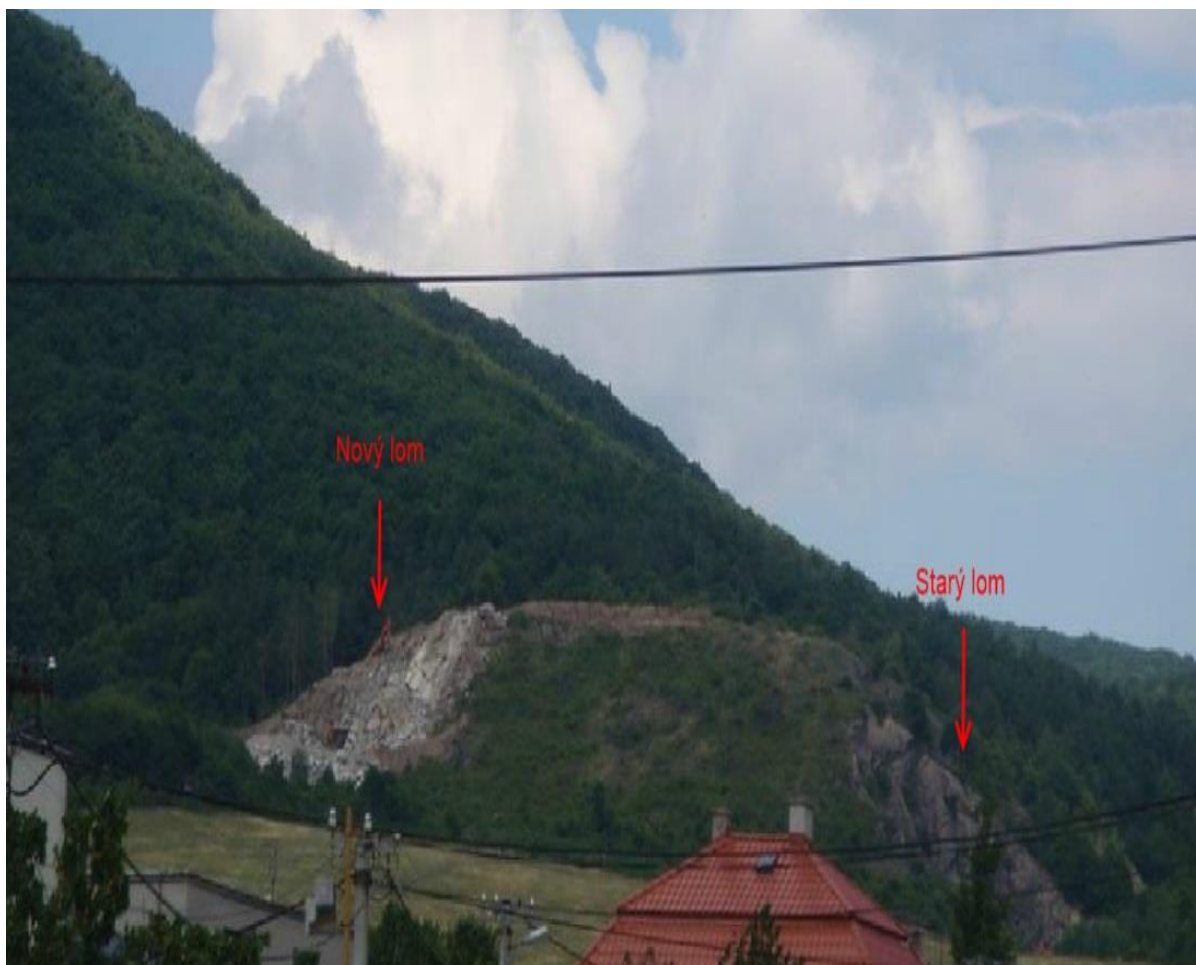
Výsledkom laserového skenovania je tzv. mračno bodov (point cloud), množina diskrétnych priestorových bodov definovaných súradnicami X, Y, Z. Je potrebné ich ďalej spracovať až do výsledného modelu meraného objektu, zvyčajne vyjadreného nepravidelnou trojuholníkovou sieťou (TIN) [6], [7]. Problémy, ktoré prináša táto technológia, spočívajú predovšetkým v:

- *možnom šume až strate údajov zapríčinenom nevhodnou odrazivosťou povrchu (čierne, lesklé a mokré povrchy),*
- *šume zapríčinenom samotnou presnosťou meranej dĺžky,*
- *meraní nesprávnych bodov (spôsobenom zákrytmi, hranami a vegetáciou),*
- *obrovskom množstve údajov (rádovo milióny bodov) a so súvisiacimi problémami pri ich spracovaní.*

Nespornou výhodou a perspektívou tejto technológie je možnosť niektorých spracovateľských softvérov vytvárať rozdielové mapy takto meraných povrchov a určiť prípadné zmeny povrchu masívu [8].

### **Tvorba trojdimenzionálnej základnej mapy lomu využitím údajov z TLS**

Záujmová lokalita - povrchový lom (obr. 1) sa nachádza v katastrálnom území obce Brestov, asi 1km západne od zastavanej časti obce. Ťažba andezitu v lome začala už v 19. storočí. Andezity nad Brestovom sú jemne zrnité, svetlošedej farby. Majú lavicovitú odlučnosť, dobrú štiepatelnosť a opracovateľnosť. Ťažba andezitu v lome nad Brestovom bola v roku 1972 zastavená a opätovne otvorená až v roku 2004. Ložisko je rozdelené na dve časti - Starý a Nový lom (obr. 1). V minulosti sa banská činnosť vykonávala v Starom lome. V súčasnosti sa ťažba presunula na opačnú stranu ložiska, ktorá dostala pomenovanie Nový lom.



Obr. 1. Starý lom (vpravo) a nový lom (vľavo) v lokalite Brestov

### **Geodetické zameranie lomu využitím TLS**

Zameranie lomu bolo realizované na jeseň 5. 10. 2013 za ideálnych poveternostných podmienok. Lomová stena bola zameraná pomocou 3D laserového skenera Leica ScanStation C 10 od spoločnosti Leica (obr. 2). Skener patrí do skupiny presných geodetických prístrojov. Jedná sa o pulzný terestrický laserový skener, ktorý zahŕňa okrem laserového skenovacieho systému aj automatickú videokameru a fotoaparát s vysokým rozlíšením (tab. 2). Prístroj ponúka vysoký výkon, univerzálnosť použitia a dostatočnú presnosť pre práce takéhoto charakteru [9].



Obr. 2. Geodetické práce v lome Brestov. Zameranie steny lomu laserovým skenerom Leica ScanStation C10

Pred začatím samotného zamerania lomu bola vykonaná rekognoskácia terénu a vybudovaná meračská sieť zahŕňajúca body 5001 až 5010, ktoré slúžili ako stanoviská skenera a na orientáciu skenera. Na orientáciu bol použitý 6 palcový terč, umiestnený na statíve. Tento typ terča umožňuje pri meraní a orientácii automatické vyhľadanie stredu terča. Body 5001 až 5010 boli dočasne stabilizované meračským klincom. Súradnice bodov boli určené metódou Globálnych Navigačných Satelitných Systémov (GNSS) v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a výšky vo výškovom systéme Balt po vyrovnaní. Pri skenovaní boli nastavené parametre skenera tak, aby pri najväčšej vzdialenosti medzi skenerom a stenou bol raster meraných bodov pri premietnutí na stenu lomu v sieti cca 2x2 cm. Výsledkom merania ťažobnej steny metódou TLS boli mračná bodov ďalej spracované v špecializovanom softvéri.

Tab. 2. Technické parametre TLS Leica ScanStation C10 [9]

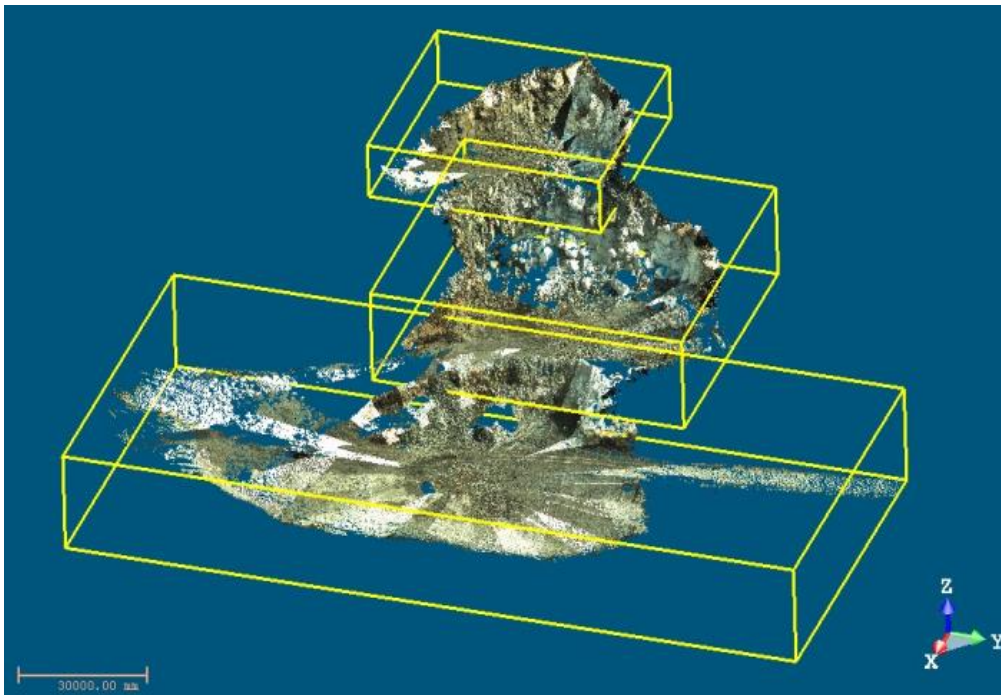
<b>Všeobecné</b>	
<i>Typ prístroja</i>	<i>Kompaktný, pulzný, dvojoso vo kompenzovaný.</i>
<b>Presnosť</b>	
<i>Polohová</i>	<i>6 mm na vzdialenosť do 50m,</i>
<i>Vzdialenosť</i>	<i>4 mm na vzdialenosť do 50m,</i>
<i>Uhol (H/V)</i>	<i>60 μrad / 60 μrad</i>
<i>Model. povrch/šum</i>	<i>2 mm</i>
<i>Automat. určenie stredu terča</i>	<i>2 mm (str. chyba)</i>
<b>Laserový systém</b>	
<i>Typ/trieda lasera</i>	<i>Pulzný laser/3R (IEC 60825-1), zelená vlnová dĺžka = 532nm</i>
<i>Dosah</i>	<i>300 m@90%; 134 m@18% (min. vzdialenosť 0,1 m)</i>
<i>Rýchlosť skenovania</i>	<i>50 000 bodov/sekundu, max. nepretržitá rýchlosť</i>
<i>Zorné pole</i>	<i>H - 360° (max.); V - 270° (max.); cielenie - bez paralaxy</i>
<i>Skenovacia optika</i>	<i>Vertikálne rotujúce zrkadlo na horizontálnej rotačnej báze (Smart X – Mirror™), automaticky rotuje</i>

### **Spracovanie údajov a tvorba základnej banskej mapy lomu**

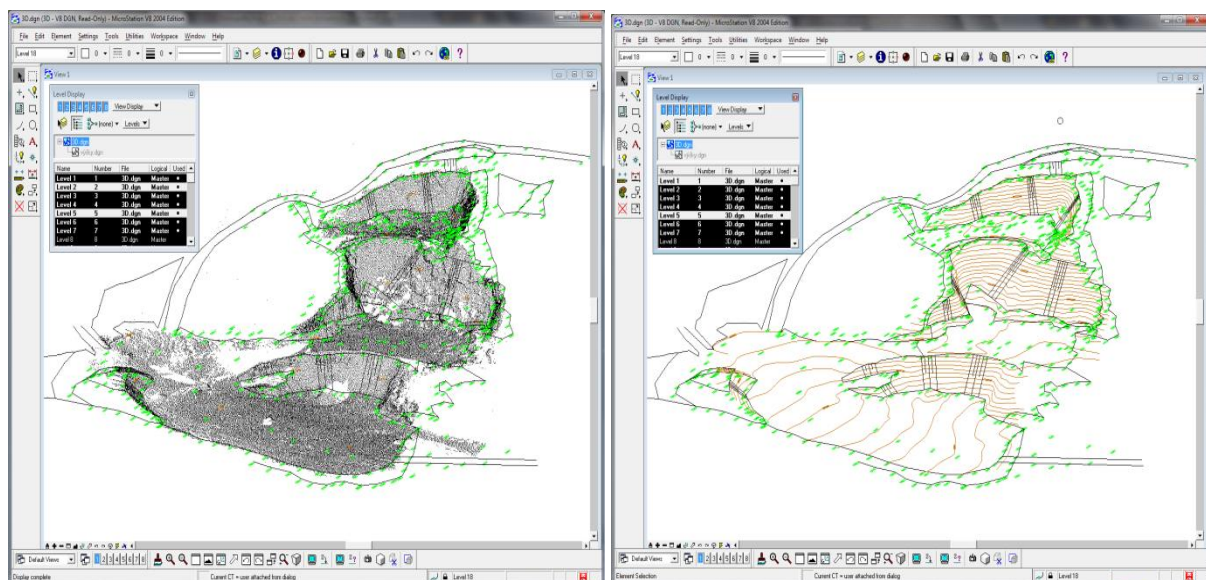
Údaje zo skenera boli spracovávané v prostredí softvéru Trimble RealWorks [10], ktorý ponúka nástroje na efektívne spracovanie dát z 3D terestrického laserového skenera a generovanie výstupného mračna bodov pre ďalšie spracovanie v systémoch CAD. Prvým krokom v procese spracovania "surových" dát je filtrácia, segmentácia a orezávanie dát - redukcia dát s cieľom ponechať v súbore meraní len dáta, ktoré sa nachádzajú v záujmovom území. Takto boli orezané nadbytočné dáta najmä ďaleko za hranicou lomu, kríky, porasty, stromy a pod. (obr. 3.). Výsledné mračno bodov bolo exportované a následne spracovávané v programovom systéme CAD MicroStation [11].

Základná banská mapa lomu bola spracovávaná tiež v programovom prostredí systému MicroStation. Podkladom pre jej vytvorenie bol digitálny model terénu, resp. lomu zostavený na základe mračna bodov. Model lomu bol vygenerovaný ako model TIN s využitím Delaunayovej triangulácie. Vrstevnice, hrany a päty lomových stien, potrebné pre tvorbu mapy

lomu, boli odvodnené z modelu TIN. Ich zobrazenie v 3D spolu s časťou bodového poľa je na obr. 4.



Obr. 3. Segmentácia a orezanie nadbytočných bodov



Obr. 4. Lomu Brestov – mračno bodov zobrazené v systéme CAD a z neho vytvorený 3D model lomu a základná bankská mapa

Základná bankská mapa bola vyhotovená v zmysle [3]. Proces tvorby digitálnej mapy zahŕňal tvorbu mapových znakov tiež v zmysle uvedeného predpisu. Použité farby boli „namiešané“ vo

farebnej RGB škále tak, aby sa čo najviac podobali farbám Technicolor. Objekty kreslené vo výkrese (vrstevnice, hrany a päty, hranica dobývacieho priestoru, bodové pole a pod..) boli rozdelené do niekoľkých vrstiev, tak aby objekty nachádzajúce sa v jednej vrstve logicky súviseli (napr. vrstevnice základné, zdôraznené a pomocné).

Do 3D modelu základnej banskej mapy lomu boli následne doplnené ostatné náležitosti mapového listu a mimorámové údaje.

## **Diskusia**

Tvorba digitálnej bansko-meračskej dokumentácie a trojdimenzionálnych základných bankých máp je problematika, ktorá si určite zaslúži pozornosť odbornej verejnosti a to najmenej z dvoch pohľadov:

- *súčasná platná legislatíva neobsahuje metodiku tvorby trojdimenzionálnych bankých máp a neupravuje použitie najnovších geodetických metód a prístrojov ako je terestrické laserové skenovanie či UAV pri dokumentácii povrchových bankých prevádzok,*
- *vzhľadom na to, že základné banké mapy obsahujú informácie ktoré súvisia so životným prostredím, bolo by vhodné analyzovať potrebu zosúladiť tvorbu základných bankých máp a inej bansko-meračskej dokumentácie ako špecifickej skupiny priestorových informácií s platnou Európskou legislatívou zastúpenou smernicou INSPIRE.*

Tieto dva hlavné problémy by si zaslúžili hlbšiu odbornú diskusiu, ktorá by mala v ideálnom prípade priniesť návrh novej smernice alebo vyhlášky pre tvorbu základnej bansko-meračskej dokumentácie.

## **Záver**

Cieľom tohto príspevku bolo prezentovať terestrické laserové skenovanie ako relatívne novú technológiu pre dokumentovanie povrchových bankých prevádzok. Táto technológia sa javí ako progresívna a výkonná metóda pre zameranie lomov pre potreby dokumentácie postupu ťažby ale aj pre potreby tvorby Základnej banskej mapy lomu. Toto potvrdzujú aj výsledky práce kolektívu autorov prezentované v tomto príspevku. Využívanie TLS ale aj iných nových technológií ako je napr. UAV prináša so sebou potrebu úpravy súčasných právnych noriem riešiacich tvorbu bansko-meračskej dokumentácie [3]. S tvorbou digitálnych bankých máp súvisí aj možnosť tvorby trojdimenzionálnych bankých máp. Táto problematika však vôbec nie je riešená na odborných fórach a rovnako nie je riešená ani problematika interoperability

digitálnych banských máp a priestorových údajov v nich zobrazených v zmysle smernice INSPIRE.

## PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol za finančnej podpory grantovej agentúry APVV - číslo grantu APVV-0339-12.

## Literatúra:

- [1] *Smernica Európskeho parlamentu a rady č. 2007/2/ES zo 14. marca 2007, ktorou sa zriaďuje Infraštruktúra pre priestorové informácie v Európskom spoločenstve (INSPIRE)*. Ministerstvo spravodlivosti SR.
- [2] *Zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie*. In: *Jednotný automatizovaný systém právnych informácií*, Ministerstvo spravodlivosti SR.
- [3] *Výnos Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky č. 1/1993 o banskomeračskej dokumentácii pri banskej činnosti a niektorých činnostiach vykonávaných bankským spôsobom*. In: *Jednotný automatizovaný systém právnych informácií*, Ministerstvo spravodlivosti SR.
- [4] FRAŠTIA, M.: *Laserové verzum optické skenovanie skalných masívov*. *Mineralia Slovaca*, č. 2, roč. 44 (2012), s. 177 – 184
- [5] *Terestrické laserové systémy*. [online]. [cit. 10.05.2014]. Dostupné z <[http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/06\\_Geodezie%20a%20kartografie/6\\_01\\_Prakticke%20aspekty%20geodezie%20a%20kartografie/Zamecnikova\\_Miriam.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/06_Geodezie%20a%20kartografie/6_01_Prakticke%20aspekty%20geodezie%20a%20kartografie/Zamecnikova_Miriam.pdf)>
- [6] HOFIERKA, J.: *Spatial interpolation and terrain analysis*. In: Bender, O., Evelpidou, N., Krek, A. & A. Vassilopoulos (eds.): *Geoinformation Technologies for Geocultural Landscapes: European Perspectives*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema (Taylor & Francis Group), 2008, pp. 189-206.
- [7] HOFIERKA, J. - GALLAY, M. - KAŇUK, J.: *Spatial Interpolation of Airborne Laser Scanning Data with Variable Data Density*. *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference, August 25-30, 2013*.



- [8] FRAŠTIA, M.: *Produkcia horninových masívov s rozlíšením a presnosťou vyššími ako 1 cm*. In: Geotechnical monitoring, 9th International Geotechnical Conference, Bratislava, 2009, s. 263 – 267.
- [9] Leica ScanStation C 10. [online]. [cit. 08.05.2014]. Dostupné z <[http://www.geotech.sk/downloads/Laserove-skenery-HDS/Leica\\_ScanStation\\_C10\\_Brochure\\_en.pdf](http://www.geotech.sk/downloads/Laserove-skenery-HDS/Leica_ScanStation_C10_Brochure_en.pdf)>
- [10] *Trimble RealWorks*. [online]. [cit. 09.09.2014]. Dostupné z <<http://www.trimble.com/3d-laser-scanning/realworks.aspx>>
- [11] *MicroStation*. [online]. [cit. 09.09.2014]. Dostupné z <<http://www.bentley.com/en-US/Products/MicroStation/>>

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

doc. Ing., PhD. Blišťan, Peter, Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 040 01 Košice; e-mail: [peter.blistan@tuke.sk](mailto:peter.blistan@tuke.sk), tel.: +421 55 602 2786

Ing., PhD., Kovanič, Ľudovít, Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 040 01 Košice; e-mail: [ludo.kovanic@tuke.sk](mailto:ludo.kovanic@tuke.sk),

# Vplyv kvality údajov na výsledok rozhodovacieho procesu v GIS

## The impact of data quality on the result of GIS-supported decision-making process

*Renata Ďuračiová, Linda Gálová, Tibor Lieskovský, Alexandra Rášová*

### Abstract

GIS-supported decision-making process uses spatial data from different sources and different representations. These data are assumed to be accurate and precise, often without considering their actual quality. This paper focuses on the topic of providing and using information about data quality, possibilities of their visualisation and processing, and their analysis in the assessment of the accuracy of multi-criteria decision-making results. There are several examples mentioned: the effect of the digital elevation model (DEM) inaccuracy on the visibility analysis; the role of positional accuracy, thematic accuracy, and completeness in archaeological prediction modelling; and the uncertainty of data in crisis management. These examples demonstrate the importance of including the data quality in the decision-making process, because – as it is shown – the analysis results and their subsequent interpretation are greatly affected by the uncertainty of input data.

**Kľúčové slová:** kvalita priestorových údajov, multikriteriálne rozhodovanie, GIS, analýza viditeľnosti, archeologické predikčné modelovanie, ochrana pred povodňami

**Keywords:** spatial data quality, multi-criteria decision-making, GIS, visibility analysis, archeological predictive modeling, flood protection

### Úvod

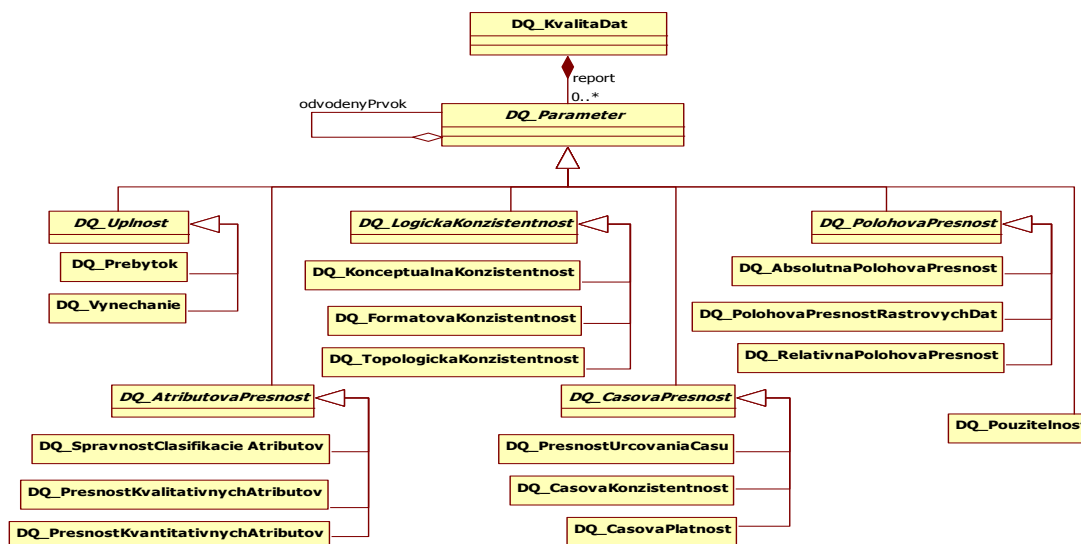
Geografický informačný systém (GIS) je nástroj, ktorý slúži (okrem iného) na podporu rozhodovania na základe dostupných priestorových informácií. Predpokladom vykonania efektívneho rozhodnutia sú presné a správne údaje. Ich kvalita výraznou mierou ovplyvňuje výsledok rozhodnutia. Proces rozhodovania je často založený na spracovaní informácií, ktoré sú reprezentované priestorovými a nepriestorovými dátami z rôznych zdrojov, v rôznych formátoch, ale predovšetkým rôznej kvality. Práve otázka kvality vstupných údajov je neraz pri ich spracovaní neprávom zanedbávaná, aj keď používanie dát neznámej kvality alebo dát bez

informácie o ich pôvode môže byť úplne nevhodné alebo až nebezpečné. Dáta poskytované formou geoportálov v prostredí webu sú pritom dostupné širokému spektru používateľov, avšak informácie o ich kvalite sú často nedostupné alebo nedostatočné. Príspevok poukazuje na problematiku poskytovania a využívania dostupných informácií o kvalite dát, možnostiach ich vizualizácie a spracovania, ako aj na ich analýzu v hodnotení správnosti výsledku multikriteriálneho rozhodnutia na podklade priestorových dát.

### **Kvalita priestorových údajov v kontexte platných noriem**

Norma ISO 9000 Quality Management Systems definuje kvalitu ako mieru, ktorá hovorí o stupni splnenia požiadaviek používateľa konkrétneho produktu súborom inherentných znakov (Ivánová, 2007). Kvalitu priestorových dát špeciálne upravuje norma ISO 19157 Geographic Information – Data Quality, ktorá definuje parametre kvality priestorových dát, ako aj ich súčasti. Ich stručný prehľad je formou diagramu tried v jazyku UML (Unified Modeling Language) uvedený podľa normy ISO 19157 na obr. 1. Každý z uvedených parametrov charakterizuje iný aspekt kvality priestorových dát. Nie je možné jednoznačne určiť, ktorý z nich je najdôležitejší, pretože o tom rozhoduje účel, na ktorý budú dáta použité: pri zisťovaní počtu rodinných domov v meste je dôležitejšia tematická presnosť príslušného atribútu než polohová presnosť ich určenia, pri zisťovaní vlastníkov uvedených domov je potom dôležitá logická konzistentnosť v databáze.

V rámci sústavy slovenských technických noriem (STN) bola norma STN EN ISO 19157 Geografické informácie – Kvalita dát vydaná 1. 6. 2014, čím sa stala platnou aj na Slovensku a zároveň nahradila normy STN EN ISO 19113 a STN EN ISO 19114, ktoré pôvodne zastrešovali problematiku hodnotenia kvality priestorových dát.



Obr. 1. Parametre kvality priestorových dát (podľa ISO 19157)

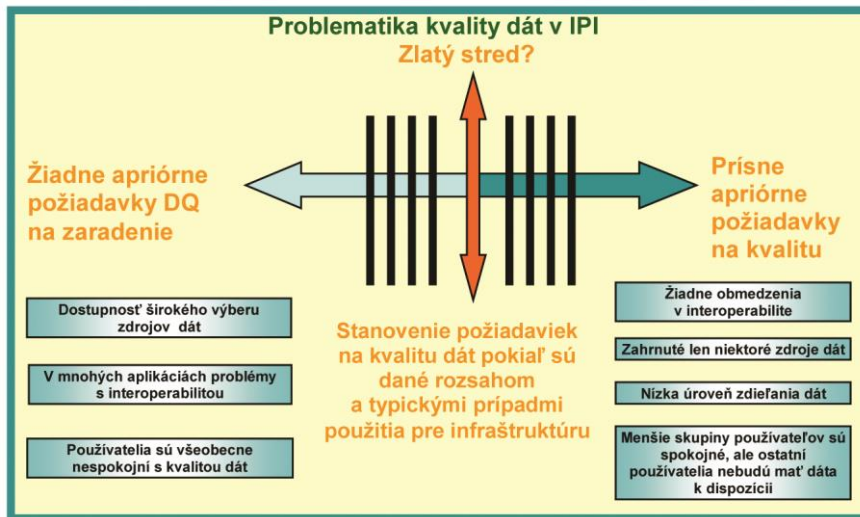
## Hodnotenie kvality priestorových údajov v kontexte smernice INSPIRE

Požiadavky na kvalitu tých dát, ktoré sú zdieľané podľa smernice INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), definuje dokument (Toth a kol., 2013). Z pohľadu budovania infraštruktúry pre priestorové informácie (IPI) vyžaduje smernica INSPIRE splnenie dvoch hlavných úloh, a to:

- zabezpečenie prístupu k existujúcim priestorovým dátam,
- zabezpečenie interoperability priestorových dát, bez ohľadu na to, do akej tematickej domény patria a aký majú pôvod.

Zdieľanie dát je v súčasnosti zjednodušené stále narastajúcim počtom geoportálov a poskytovaných webových služieb, avšak správne dokumentovanie informácií o kvalite poskytovaných priestorových dát a ich použiteľnosti za ním stále výrazne zaostáva alebo úplne absentuje. Dôležitou skutočnosťou v hodnotení kvality priestorových dát v rámci INSPIRE je, že primárnou úlohou budovania IPI nie je zber nových dát, ale využívanie existujúcich. Z toho dôvodu je zaujímavá otázka stanovenia požiadaviek na kvalitu dát a jej hodnotenie. V určení apriórnych požiadaviek na kvalitu priestorových dát je podľa (Toth a kol., 2013) nevyhnutné zachovať rovnováhu (obr. 2). Príliš prísne požiadavky na kvalitu dát by viedli k stavu, v ktorom by nemohli byť všetky dostupné dáta poskytované v takom rozsahu, v akom sú v súčasnosti k dispozícii. Ak by ale boli dáta poskytované bez stanovenia akýchkoľvek kritérií na ich kvalitu, boli by síce dostupné v maximálnom možnom rozsahu, ale často úplne bez záruky a známej

informácie o ich kvalite alebo použiteľnosti (obr. 2). Vhodným riešením uvedenej situácie je štandardizácia metadát, ktoré obsahujú potrebné informácie o kvalite poskytovaných priestorových dát.



Obr. 2. Vzťah medzi možnosťami zdieľania priestorových dát a ich kvalitou (Toth a kol., 2013)

### Vzťah neistoty priestorových dát a neistoty výsledku multikriteriálneho rozhodovania v prostredí GIS

Kvalita priestorových dát je nepriamo úmerná rozsahu ich neistoty, nepresnosti alebo neurčitosti.

Určovanie neistoty dát vyplývajúcej z nepresnosti v meraní (t.j. náhodnej udalosti) je založené na teórii pravdepodobnosti a matematickej štatistike. Jeho základným predpokladom je, že namerané hodnoty, ako aj ich chyby, majú určité rozdelenie pravdepodobnosti. Potom platí, že aj výsledok merania alebo spracovania má určité rozdelenie pravdepodobnosti. Základom určenia neistoty výsledku spracovania dát je zákon o šírení chýb.

Modelovanie neurčitosti priestorových dát, ktorá nemá charakter náhodnej udalosti, ale skôr charakter nejednoznačnosti pojmov, je založené na teórii fuzzy množín (Zadeh, 1968). Podľa práce (Kosko, 1990) môže byť teória fuzzy množín považovaná za nadmnožinu teórie pravdepodobnosti, aj keď podľa niektorých autorov by sa malo modelovanie neurčitosti dát a spracovanie ich nepresnosti vyplývajúcej z merania odlišovať.

Na určovanie správnosti (resp. nesprávnosti) klasifikácie kvalitatívnych atribútov sa využívajú štatistické metódy, ktorých základom je klasifikačná chybová matica. Z nej je možné určiť charakteristiky atribútovej presnosti, ako napríklad Cohenov index.

Vykonávanie priestorových analýz vyhodnocovaním viacerých kritérií (podmienok), na základe ktorých sa prijímajú rozhodnutia (napr. o vhodnosti, resp. nevhodnosti daných lokalít na konkrétny účel), nazývame multikriteriálne rozhodovanie. Pri multikriteriálnom rozhodovaní v prostredí GIS je výsledkom agregácia vrstiev vyjadrujúcich splnenie čiastkových podmienok. Jednotlivé podmienky sú v tomto prípade väčšinou reprezentované klasickými množinami, t.j. každá lokalita podmienku spĺňa alebo nespĺňa. Pri práci s dátami v bežných priestorových analýzach (priemik, zjednotenie, obalová zóna, atribútové a priestorové výbery z dát apod.) nepresnosť a neurčitosť dát vo všeobecnosti nie je zohľadnená, aj keď výsledok rozhodovania významne ovplyvňuje. Preto je vhodnejšie na reprezentáciu rozhodovacích kritérií aplikovať namiesto ostrých množín fuzzy množiny (Ďuračiová a kol., 2011). V multikriteriálnom rozhodovaní používame pri agregácii jednotlivých kritérií rôzne agregáčne operátory, medzi ktoré patria priemery, OWA (ordered weighted averaging) operátory alebo logické operátory (Grabisch a kol., 2009), (Ďuračiová, 2013). Vo fuzzy logike sú logické operátory reprezentované triangulárnymi normami a konormami. Voľba agregáčneho operátora môže tiež výrazne ovplyvniť výsledok multikriteriálneho rozhodnutia (Lieskovský a kol., 2011), (Ďuračiová a kol., 2011).

Výsledkom analýzy na podklade multikriteriálneho rozhodovania by potom mala byť aj agregovaná informácia o kvalite výslednej informácie, na základe ktorej môže používateľ vykonať spoľahlivejšie rozhodnutie. Spoľahlivosť výsledku pritom závisí od vstupných parametrov, spoľahlivosti (kvality) ich určenia a tiež od samotného procesu rozhodovania (Bingham a Karssenberga, 2014). V tom prípade je namieste aj otázka citlivosti modelu rozhodovania na presnosť alebo kvalitu vstupných dát. Ak malá zmena v hodnotách vstupných parametrov vyvolá zásadnú zmenu vo výsledku rozhodovacieho procesu, tak je nutné buď zvýšiť kvalitu vstupných dát alebo zmeniť postup rozhodovania. Podmienky rozhodovania sú často vopred stanovené, a preto je často jedinou možnosťou na získanie spoľahlivejšieho výsledku rozhodovania zvýšenie kvality vstupných dát. Keďže zber a aktualizácia dát je v GIS tou najnákladnejšou položkou, pokiaľ je to možné, je vhodné využívať existujúce dátové zdroje, čo si ale vyžaduje poznať ich kvalitu a na základe nej model otestovať.

## **Interpretácia informácií o neistote priestorových dát**

Vzhľadom na dôležitosť poznania informácií o kvalite priestorových dát je potrebné tieto informácie vhodným spôsobom interpretovať potenciálnym používateľom. V prípade priestorových dát z interných zdrojov organizácií môže byť postačujúca napríklad informácia o metóde zberu dát, avšak v prípade verejne dostupných dátových zdrojov by bolo vhodné poskytovať informácie o kvalite dát prostredníctvom metadát alebo aspoň vhodnou formou vizualizácie. Vizualizácia neistoty priestorových dát síce neposkytuje rovnakú informačnú hodnotu ako metadáta, ale pre bežných používateľov priestorových dát môže byť zrozumiteľnejšia a názornejšia.

MacEachren (1992) navrhol tri základné metódy vizualizácie neistoty priestorových dát:

pomocou porovnávacích máp, t.j. vytvorením samostatnej mapy pre hodnoty vybraného atribútu aj pre hodnoty neistoty jeho určenia,

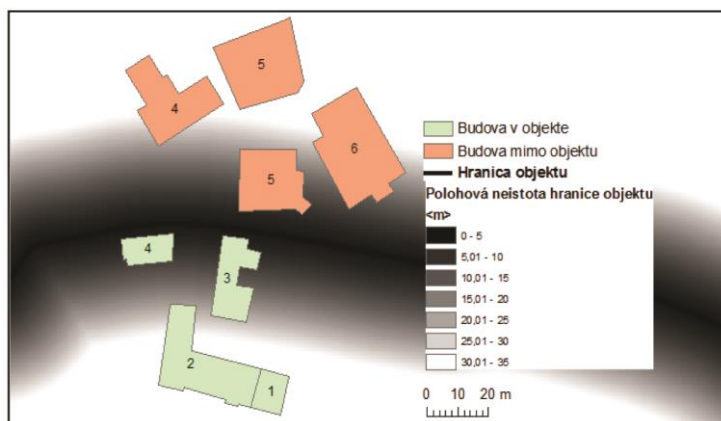
pomocou kombinovaných máp, t.j. bivariačných máp využívajúcich kombináciu dvoch premenných (atribút aj neistota sú znázornené na jednej mape s využitím vhodných grafických symbolov),

s využitím interaktívneho nástroja na vizualizáciu hodnoty atribútu aj hodnoty jeho neistoty (napríklad pomocou sekvencie, v ktorej sa bude striedať vizualizácia atribútu s vizualizáciou jeho neistoty).

Výsledky testovania prvých dvoch metód sú uvedené v prácach (Kubíček, 2011) a (Kubíček, 2012).

Na aktuálnosť témy vizualizácie neistoty priestorových dát v súčasnosti poukazuje aj práca (Pyysalo a Oksanen, 2014), v ktorej autori testujú vplyv znalosti informácie o neistote dát na výsledok rozhodnutia. Autori uvádzajú 7 základných metód vizualizácie informácie o neurčitosti, z ktorých najvýstižnejšie sú:

- vizualizácia spojitou farebnou škálou, pričom neurčitosť dát je znázornená intenzitou odtieňa jednej farby (obr. 3),
- vizualizácia diskretnými hodnotami vyjadrenými odtieňom jednej farby, ktoré predstavujú intervaly hodnôt (neurčitosti),
- vizualizácia symbolmi rôznej veľkosti.



Obr. 3. Vizualizácia neurčitosti priestorových dát (podľa (Ďuračiová, 2013))

### **Vplyv kvality vstupných priestorových dát na výsledok rozhodovacieho procesu v prostredí GIS – prípadové štúdie a príklady**

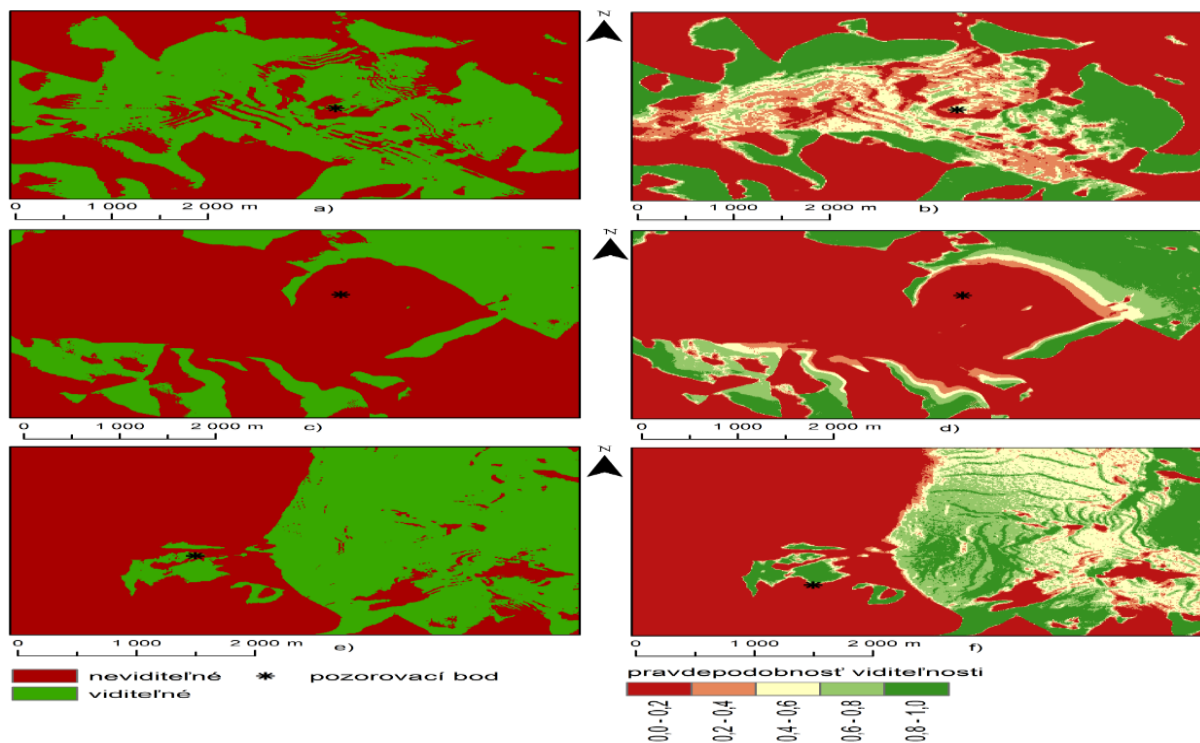
Na nasledujúcich konkrétnych príkladoch priestorových analýz v GIS ukážeme niektoré princípy uváženia informácií o kvalite alebo neistote dát a ich vplyv na výsledok rozhodovania. V prvom prípade je ukázaný vplyv kvality digitálneho modelu reliéfu (DMR) na analýzu viditeľnosti (kapitola 5.1), v druhom sú opísané zdroje neistoty dát v archeologickom predikčnom modelovaní (kapitola 5.2) a v treťom je naznačený spôsob integrácie informácií o neistote priestorových dát do procesu ochrany pred povodňami (kapitola 5.3).

#### **Vplyv neistoty digitálneho modelu reliéfu na analýzy viditeľnosti v prostredí GIS**

DMR vstupuje do množstva analýz vykonávaných v prostredí GIS, pričom najčastejším kritériom výberu DMR je jeho dostupnosť, prípadne rozlíšenie, ktoré definuje modelovateľný detail. Na dosiahnuté výsledky má však vplyv aj jeho neistota vo vertikálnom smere, ktorá predstavuje (neznámu) odchýlku DMR od skutočného terénu. Túto neistotu je možné modelovať Monte Carlo simuláciou (postup je opísaný v (Fisher, 1998)): na základe znalosti alebo odhadu vertikálnej zložky priestorovej chyby DMR je generovaný zvolený počet náhodných rastrov, ktoré majú charakter šumu. Tieto chybové rastre sú následne pripočítané k pôvodnému DMR, čím dostávame náhodnú realizáciu DMR. Vytvorený povrch je vhodné následne vyhladiť, aby zohľadňoval priestorovú autokoreláciu stredných chýb a viac odpovedal skutočnému charakteru reliéfu.



Odhad vplyvu vertikálnej neistoty DMR na dosiahnutý výsledok je možné ukázať na názornom príklade výpočtu viditeľnosti. Tzv. „pravdepodobná viditeľnosť“ je získaná ako aritmetický priemer z jednoduchých viditeľností vypočítaných na jednotlivých náhodných realizáciách DMR. Viditeľnosť môže nadobúdať hodnoty „1“ (viditeľný) alebo „0“ (neviditeľný); tieto hodnoty sú bunkám priradované na základe porovnania tzv. línie pohľadu (priamej spojnice medzi pozorovacím bodom a cieľovým bodom – bunkou) s priebehom reliéfu. Ak reliéf v niektorom bode pretne líniu pohľadu, sú bunky vyhodnotené ako vzájomne neviditeľné. Z tohto dôvodu je možné raster pravdepodobnej viditeľnosti jednoducho interpretovať: jeho bunky nadobúdajú hodnotu z intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$ , pričom platí, že ak má bunka hodnotu napr. 0,8, bola viditeľná v 80% náhodných realizácií.



Obr. 4. Porovnanie jednoduchej viditeľnosti (a, c, e) a pravdepodobnej viditeľnosti (b, d, f) vypočítanej pre pozorovací bod umiestnený v údolí (a, b), na vrchole (c, d) a na svahu (e, f)

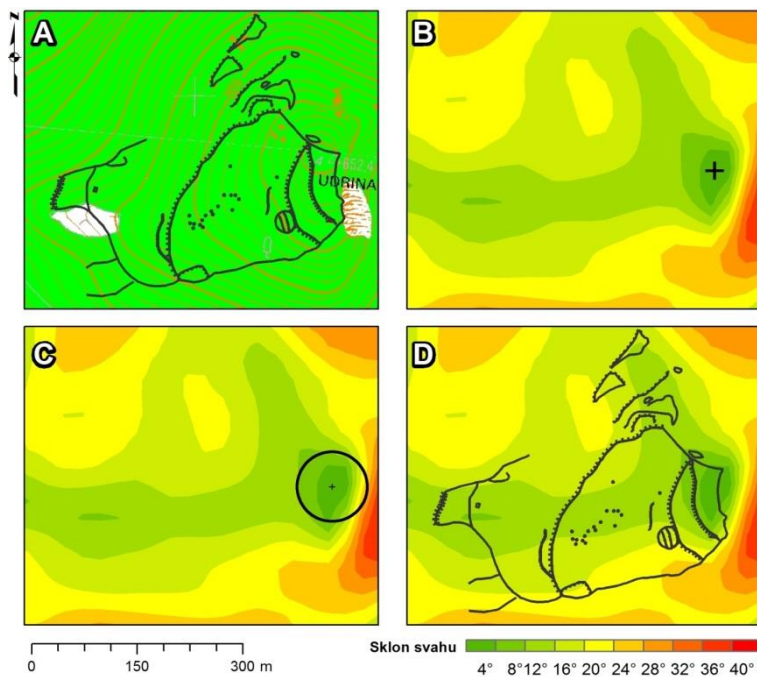
Na obr. 4 je znázornené porovnanie jednoduchej viditeľnosti a pravdepodobnej viditeľnosti počítaných na bode nachádzajúcom sa v údolí (4a, 4b)), na vrchole ((4c), 4d)) a na svahu (4e), 4f)) zo 100 náhodných realizácií. Vstupným DMR bol DMR-3, u ktorého bolo uvažované rovnomerné rozdelenie stredných chýb  $U(-1,96 \text{ m}; +3,64 \text{ m})$ ; parametre vychádzajú z hodnotenia kvality DMR-3 (Mičietová a Iring, 2011). Pri analýze viditeľnosti je obvykle nadhodnotený počet viditeľných buniek v porovnaní s pravdepodobnou viditeľnosťou. Bunky, ktorých hodnota sa blíži k 1, sú tie, u ktorých malá zmena výšky neovplyvní viditeľnosť (tie,

u ktorých línia pohľadu ide dostatočne vysoko nad reliéfom). V prípade bodu umiestneného v údolí tak vidno, že okolité vrcholy ostávajú viditeľné, kým pravdepodobnosť viditeľnosti buniek v údolí je výrazne nižšia. U bodu nachádzajúceho sa na vrchole sa prejavuje riziko, že samotný vrch zakryje časť výhľadu, preto s narastajúcou vzdialenosťou rastie aj pravdepodobnosť viditeľnosti niektorých oblastí. Z bodu na svahu zas s vysokou pravdepodobnosťou vidieť časti náprotivného svahu, ktoré ale v niektorých prípadoch zakrývajú bunky, ktoré sa pri jednoduchom výpočte javili ako viditeľné. Postup výpočtu spolu s aplikáciou sú podrobnejšie popísané v (Rášová, 2013).

### **Polohová neistota, atribútová neurčitosť a neúplnosť archeologických dát (priestorových)**

Základným informačným zdrojom pre databázu archeologických lokalít je Centrálny celoslovenský archív nálezových správ archeologických výskumov a prieskumov – CEANS (aktuálne CEVNAD), ktorý sa buduje v Archeologickom ústave Slovenskej akadémie vied od jeho vzniku v roku 1993. Databáza CEANS vychádza z mapových podkladov TM 25 a čiastočne aj ZM SR 10. Výsledná presnosť bodového záznamu tak zodpovedá kritériám stanoveným pre základnú evidenčnú jednotku systému v budovanej databáze CEANS, ktorý predstavoval bod s priemerom 4 mm na mape s mierkou 1 : 25 000, t.j. 100 m v teréne (Bujna a kol., 1993) (parameter kvality DQ\_PolohovaPresnost, kapitola 1, obr. 1). Tento bodový prístup s uvedenou mierou polohovej neistoty (presnosti lokalizácie) môže mať zásadný vplyv na výsledky analýz, a to najmä v členitom teréne (obr. 5). Z hľadiska priestorových analýz, predovšetkým na úrovni veľkých a stredných mierok (mikroregióny a regióny), daná miera polohovej neistoty sťažuje interpretáciu výsledkov priestorových analýz a prináša veľkú mieru neistoty (šumu) aj do ich výsledkov (napríklad v prípade rozhodovania o určitej lokalite ako potenciálnom archeologickom nálezisku) (Lieskovský a kol., 2011).

Jednoznačne určená hodnota sklonu svahu pre bodový záznam (obr. 5b)) môže byť v rozpore s reálnymi svahovými pomermi (obr. 5d). Ak pripustíme polohovú neistotu lokalizácie 100 m (obr. 5c)), analyzované hodnoty zohľadnia širšie rozpätie možných hodnôt sklonu svahu, ktoré však stále nemusia vyjadrovať skutočný stav (obr. 5d).

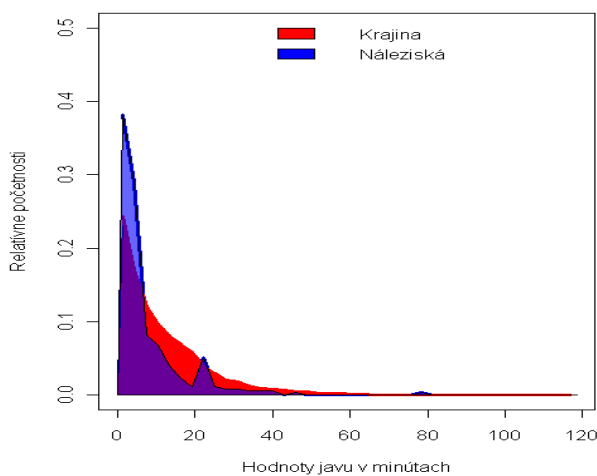


Obr. 5. a) Skutočný tvar a rozmer hradiska na ZM 10 (určené metódou GNSS); b) hodnoty sklonu svahu pre hradisko zaznamenané ako bodový prvok; c) sklon svahu podľa databázy CEANS; d) hodnoty sklonu svahu pre reálny tvar a rozmery hradiska (určené metódou GNSS)

Celkovo možno považovať systém zhromažďovania a dostupnosti archeologických dát v Slovenskej republike (SR) za nedostačujúci a v porovnaní napríklad s Českou republikou, resp. inými európskymi krajinami, aj za veľmi zastaraný (Tencer, 2008). Problémom súčasnej databázy CEANS je najmä neúplnosť a nepresnosť mnohých, hlavne atribútových, informácií. Napríklad pri stanovení úrovne datovania niektorí autori rozoznávajú konkrétny časový úsek (Stredovek, 13. storočie), ale iní len širšie časové obdobie (napr. Pravek alebo Stredovek) (parameter kvality DQ\_AtributovaPresnost). Obdobným problémom sú aj údaje o funkčnom zaradení lokality, ktoré takmer v 65 % prípadov nie sú prístupné (parameter kvality DQ\_Uplnost). Tieto skutočnosti znemožňujú vykonávať relevantné analýzy zamerané na určité časové úseky, resp. určité typy lokalít.

Príkladom nesprávneho úsudku (rozhodnutia) na základe nekvalitných vstupných dát môže byť porovnanie nákladovej vzdialenosti od veľkých a stredných potenciálnych vodných tokov. Ak porovnáme distribúciu nákladovej vzdialenosti pre známe archeologické lokality (obr. 6 – modrá farba), môžeme sledovať, ako sa náleziská kumulujú v okolí vodných tokov do vzdialenosti dostupnej za približne 10 minút chôdze. Táto hodnota je štatisticky významnejšia ako distribúcia daného javu v celej krajine (obr. 6 – červená farba). Nastáva aj nárast zastúpenia

lokalít (peak) približne na hodnote vzdialenosti dostupnej za 25 minút chôdze, čím by mohlo dôjsť k nesprávnemu úsudku, že aj táto vzdialenosť je v rámci analýzy osídľovania významná. Tento jav je ale pre distribúciu sídelných lokalít z archeologického hľadiska netypický a práve naopak, môžeme ho pozorovať len vo výšinných lokalitách, akými sú hradiská, alebo refúgiá (Lieskovský, 2006), (Danielisová, 2008), keďže tieto lokality sa zo strategického dôvodu nachádzajú v ťažšie dostupných miestach. Ak v databáze absentuje atribút o funkčnom zaradení lokality (napr. sídlisko, hradisko alebo pohrebisko), môže sa takýto jav javiť ako šum, ktorý sťažuje aplikáciu výsledkov priestorovej analýzy a tvorbu zmysluplných archeologických predikčných modelov (APM) (Lieskovský a kol., 2011).

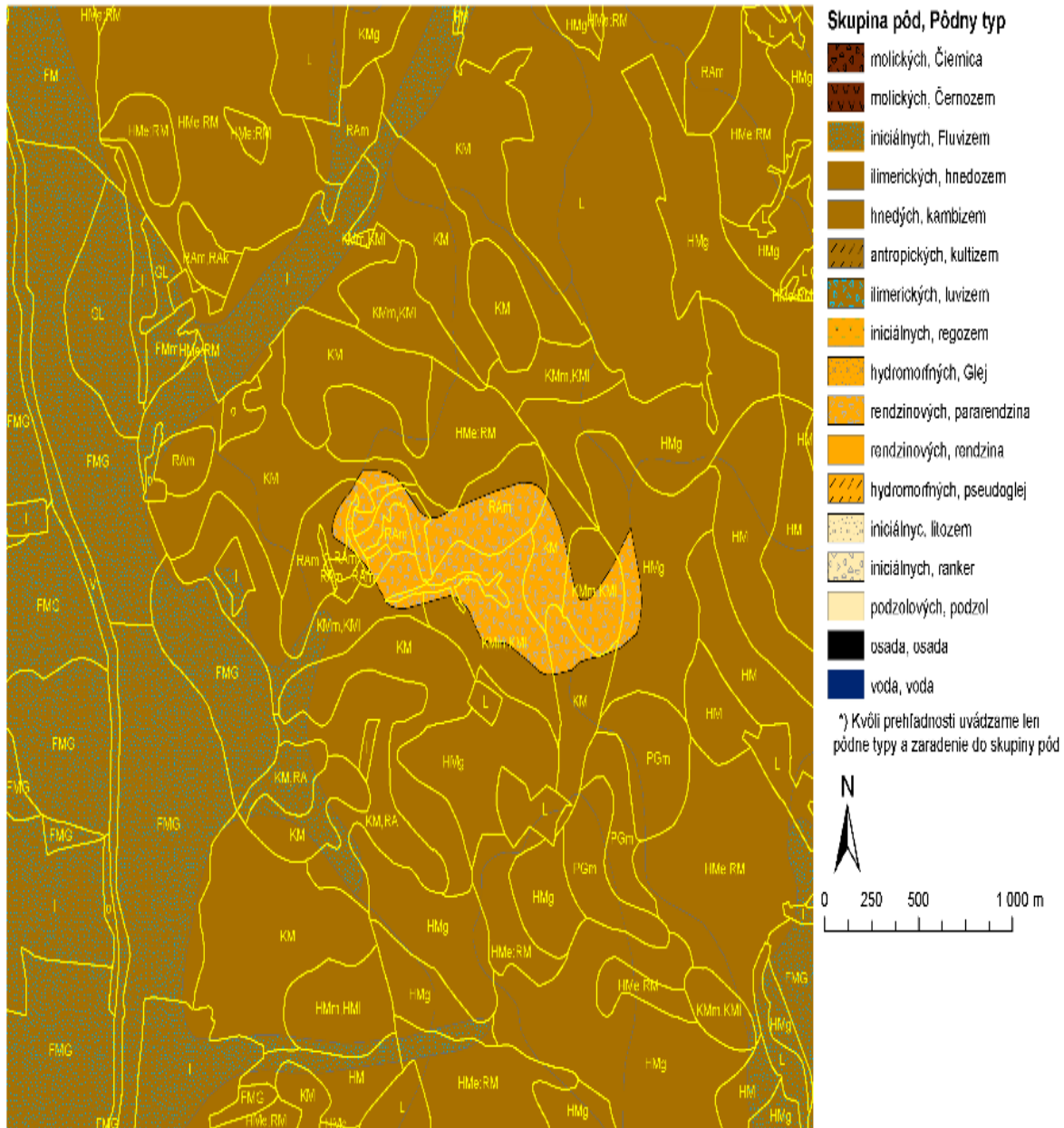


Obr. 6. Relatívna početnosť javu „nákladová vzdialenosť od veľkých a stredných potenciálnych tokov“

Nosnú časť subsystému Environmentálne dáta pri tvorbe APM predstavuje aj vrstva pôdnych typov. Problematika pôd je v predikčnom modelovaní oblasťou, ktorá si vyžaduje mimoriadnu pozornosť, pretože pôdy a ich blízkosť majú významný vplyv na voľbu lokality. V práci (Lieskovský a kol., 2011) bola použitá mapa pôdnych typov v mierke 1 : 50 000 poskytnutá Geologickým ústavom Dionýza Štúra. Zásadný rozdiel v rozlišovacej schopnosti (polohovej aj atribútovej) medzi touto mapou a Prehľadnou mapou bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) v mierke 1 : 5 000 je zrejмый z obr.7 (Prehľadná mapa BPEJ žltou farbou).

Pôdne mapy a polygóny sú výsledkom interpolácie bodových meraní a pôdnych sond, ktoré boli súčasťou komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd Slovenska (prebehol v krátkom časovom období v šesťdesiatych rokoch minulého storočia). Problematický môže byť aj prístup k spracovaniu týchto dát (napríklad riešenie podmienky „na vhodných pôdach a v ich blízkosti“). V prípade detailnejších analýz mikroregionálneho rozsahu by preto bolo

vhodnejšie pracovať s dátami o pôde v spolupráci s pedológmi a expertmi na historické poľnohospodárstvo. Priame použitie dostupných dát bez odborných konzultácií (alebo bez znalosti o ich pôvode a kvalite) by mohlo viesť k nesprávnym a neopodstatneným rozhodnutiam o potenciálnych archeologických náleziskách.



Obr. 7. Porovnanie vrstvy pôdnych typov v dvoch rozličných mierkach, mapa pôdnych typov 1 : 50 000, Prehľadná mapa BPEJ 1 : 5 000 (žltou farbou)

## **Neistota dát v krízovom riadení v rámci ochrany pred povodňami**

V krízovom manažmente resp. krízovom riadení, ide hlavne o komplexné zhodnotenie pravdepodobnosti výskytu krízovej situácie a prijatie nevyhnutných opatrení na zníženie jej negatívnych dopadov. Základom efektívneho krízového riadenia je schopnosť rozhodovať na základe relevantných a dostatočne kvalitných informácií. V rámci implementácie zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami do národných podmienok bolo potrebné vyhotoviť mapy povodňového ohrozenia a rizika pre geografické oblasti, v ktorých bola na základe výsledkov predbežného hodnotenia identifikovaná existencia významných povodňových rizík resp. oblasti, v ktorých ich možno predpokladať. Mapy povodňového ohrozenia by mali byť vyhotovené v najvhodnejšej mierke a pre všetky scenáre pravdepodobnosti výskytu povodne. Vypracovanie a aktualizáciu uvedených máp zabezpečuje Ministerstvo životného prostredia SR (MŽP SR) prostredníctvom SVP, š.p. (ako správcu vodohospodársky významných vodných tokov). Mapy sú v súčasnosti publikované prostredníctvom portálu SVP, š.p. (<http://mpomprsr.svp.sk/Default.aspx>) na internetových stránkach MŽP SR ([www.minzp.sk](http://www.minzp.sk)). Zatiaľ však ide len o mapy nízkej kvality v mierke 1 : 50 000, na tvorbe presných máp povodňového ohrozenia a rizika sa v súčasnosti pracuje (Gálová, 2014).

V súvislosti s kvalitou poskytovaných máp je analýza ich neistôt veľmi užitočnou súčasťou štúdií zaoberajúcich sa povodňovým mapovaním a modelovaním, pretože každé riziko spojené s prírodným fenoménom obsahuje istý stupeň neistoty. Neistota môže vyplývať aj z nedostatku potrebných poznatkov, neschopnosti merať určitý fenomén, ale najmä z prirodzenej variability daného fenoménu. Pri povodňovom mapovaní v zásade rozlišujeme dva typy neistoty, a to neistotu spojenú s prírodným fenoménom (napr. hydrológia alebo klíma) a neurčitosť spojenú s dátami, modelovaním a meraniami (Lukáč, 2011). Neistoty v procese tvorby máp povodňového ohrozenia a rizika možno rozdeliť do troch kategórií: neistoty vstupných dát, modelové neistoty a neistoty parametrov. Možné zdroje neistôt v jednotlivých krokoch povodňového mapovania sú podľa FLOODsite (2008) spolu s ich klasifikáciou uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1. Zdroje a typy neistôt v rámci ochrany pred povodňami

premenná	zdroj neistoty	typ neistoty
prietok	zrážkovo-odtokové modelovanie	modelová neistota
	modelovanie vln	modelová neistota
	výber distribučnej funkcie	modelová neistota
	štatistické parametre	neistota parametrov
	nedostatočné alebo chýbajúce dáta	neistota dát
	chyby meraní	neistota dát
vodný stav, hladina vody	výber modelu (1D, 2D)	modelová neistota
	režim prúdenia - ustálené alebo neustálené	modelová neistota
	rovnica zohľadňujúca odporové charakteristiky	modelová neistota
	drsnosť koryta	neistota parametrov
	geometria koryta	neistota parametrov
	transport sedimentov a dnové útvary	neistota dát
	ľadové javy	neistota dát
povodňové škody	závislosť na vodnom stave (hladine)	neistota parametrov, modelová neistota
	využitie územia, jeho hodnota a lokalizácia	neistota dát
	hodnota obsahu	neistota dát
	výška prvého podlažia stavby	neistota dát
	čas povodňového varovania	neistota dát
	odozva verejnosti na povodeň (efektívnosť evakuácie)	neistota dát
	fungovanie opatrení povodňovej ochrany	neistota dát

Povodňové mapovanie je nástrojom na poskytovanie informácií potrebných pri rozhodovacom procese. Aby bolo prijaté najvhodnejšie rozhodnutie, ktoré môže mať často ďalekosiahle následky, je veľmi dôležité vedieť nakoľko sú informácie spoľahlivé. Podľa návrhu metodiky (Lukáč, 2011) je preto užitočné definovať úroveň významnosti (spoľahlivosti) alebo stupeň neistoty informácií prezentovaných na povodňových mapách (rozsah záplavy, hĺbka vody, prietok). Použité metódy interpretácie by mali byť čo najmodernejšie, avšak s optimálne vynaloženými nákladmi. Napríklad mierka použitých podkladových topografických máp by mala zodpovedať detailnosti ich prezentácie. Čím je mierka mapy menšia, tým viac by mala byť podkladová mapa generalizovaná. Tejto zásade treba prispôbiť aj prezentáciu máp prostredníctvom internetu. Podľa výsledkov projektu FLOODsite (2008), v rámci ktorého bola uvedená problematika detailne študovaná, je vhodným nástrojom na vyjadrenie a vizualizáciu neistôt informácií na povodňových mapách napríklad použitie metódy fuzzy množín a intervalov (FLOODsite, 2008). Na určovanie a hodnotenie neistôt povodňového mapovania projekt odporúča prednostne využívať metódu Monte Carlo a zákon o šírení chýb.

V mapových produktoch určených pre širokú verejnosť je vhodné uviesť aspoň sprievodný text, ktorý obsahuje informácie o neistotách v procese tvorby a prezentácie povodňových máp. Podľa (EXCIMAP, 2007) je zároveň jednou zo zásad neposkytovať na verejné použitie viac informácií ako je nevyhnutne nutné. Pri produktoch určených pre profesionálnych používateľov môžu byť neistoty zobrazené priamo na mapách alebo formou vysvetľujúcich textov, ktoré indikujú neurčitosti metodiky a mapovania. V rámci budovania IPI sú vhodným nástrojom na publikovanie informácií o kvalite uvedených dát najmä metadáta v štandardizovanom tvare.

Pre potreby identifikácie ohrozených prvkov a objektov a tiež na zabezpečenie potrebnej presnosti modelovania záplav sú potrebné detailné a čo najpresnejšie digitálne mapy, ale aj DMR. DMR použitý na účely povodňového mapovania by mal mať podľa odporúčaní projektu FLOODsite (2008) polohovú presnosť do  $\pm 50$  cm a výškovú presnosť do  $\pm 25$  cm. Výšková presnosť pozemných geodetických meraní by podľa tohto zdroja nemala presiahnuť hodnotu  $\pm 5$  cm.

Častým problémom pri riešení úloh výpočtu prietokovej kapacity a priebehu hladiny veľkých vôd v korytách a inundačných územiach býva aj nedostatočnosť podkladov o topografii a súčiniteľoch drsnosti inundačných území, prípadne nespoľahlivosť týchto zdrojov dát. Na správne zváženie potrebných nárokov na presnosť vstupných dát je potrebné vedieť, ako nepresnosť vstupných dát ovplyvní presnosť výsledkov. Topografia inundačných území a ich drsnosť sa ale časom môžu meniť, či už v dôsledku ľudskej činnosti alebo prirodzenou cestou.



Vplyv zmien topografie (zmeny vo výške terénu) a súčiniteľov drsnosti inundačných území na presnosť a spoľahlivosť výpočtov priebehu hladiny veľkých vôd je analyzovaný napríklad v práci (Mišík, 2001).

Problematika analýzy kvality vstupných dát využívaných v rámci krízového riadenia je mimoriadne dôležitá a zároveň veľmi náročná, pretože do jej rozhodovacích procesov vstupuje veľké množstvo heterogénnych dátových zdrojov (Gálová, 2014). Obzvlášť vysoký význam správneho rozhodnutia v krízovom riadení spočíva v tom, že sa v ňom často jedná aj o rozhodnutia týkajúce sa záchrany ľudských životov.

## **Záver**

Narastajúca dostupnosť priestorových dát v kombinácii s relatívnou jednoduchosťou práce s GIS poskytujú silný nástroj na podporu rozhodovacieho procesu. Neistota, resp. kvalita dát však v tomto procese často nie je uvažovaná – napriek tomu, že sa prvkom kvality a jej hodnoteniu venujú viaceré normy, ale aj napríklad predpisy súvisiace so smernicou INSPIRE. Na odhad neistôt existuje celý rad vedeckých metód, problematickým je však voľba prístupu, ako tieto neistoty vhodne vyjadriť a vizualizovať tak, aby boli pre používateľa (ktorý nemusí byť GIS expertom) zrozumiteľné a informačne prínosné.

Uvedené príklady (vplyv neistoty DMR na výsledky analýz viditeľností; rola polohovej neistoty, atribútovej neurčitosti a neúplnosti v archeologickom predikčnom modelovaní; neistota dát v krízovom manažmente) demonštrujú význam zahrnutia aj kvalitatívnej zložky dát do rozhodovania – výsledky analýz a následná interpretácia výsledkov sú nutne ovplyvnené neistotou vstupných dát. GIS nie je nástroj na rozhodovanie, ale nástroj na jeho podporu. Uváženie neistôt priestorových dát, ako ich nevyhnutnej súčasť, umožňuje vyvodzovať korektnejšie závery a robiť spoľahlivejšie rozhodnutia. Aj tu platí okrídlené GIGO („garbage in, garbage out“): ak pracujeme s nesprávnymi, nepresnými alebo nekompletnými dátami, nemôžeme očakávať správny a presný výsledok, hoci k tomu jednoznačne prezentované produkty nabádajú.

## Literatúra:

BUJNA, J. - KUZMA, I. - JENIS, J. (1993): CEANS – Centrálna evidencia archeologických nálezísk na Slovensku – Projekt systému. In: Slovenská archeológia XLI 2. AÚ SAV, Nitra, 1993. s. 367-386. ISSN 1335 – 0102.

BINGHAM, L. - KARSSSENBERG, D. (2014): Error propagation in a fuzzy logic spatial multi-criteria evaluation In: Huerta, Schade, Granell (Eds): Connecting a Digital Europe through Location and Place. Proceedings of the AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science, Castellón, June, 3-6, 2014. ISBN: 978-90-816960-4-3.

DANIELISOVÁ, A. (2008): Oppidum České Lhotice v konxtetu svého sídelního zázemí. (The oppidum of České Lhotice and its hinterland). (nepubl. disertační práce, Ústav pro pravěk a ranou dobu dějinnou, FF UK), Praha, 2008. 298 s.

ĎURAČIOVÁ, R. (2013): Querying Uncertain Data in Geospatial Object-Relational Databases Using SQL and Fuzzy Sets. Slovak Journal of Civil Engineering. Vol. 21, No. 4 (2013), s. 1-12. ISSN 1210-3896.

ĎURAČIOVÁ, R. - LIESKOVSKÝ, T. - KROČKOVÁ, K. - SABO, M. (2010): Multikriteriálne rozhodovanie pomocou fuzzy množín v prostredí GIS a jeho využitie v archeologickej predikcii. Geodetický a kartografický obzor, roč. 57, č. 8/11, Český úrad zeměměřický a katastrální a UGKK SR v nakladatelství Vesmír s.r.o., Praha 2010, s. 205 -215. ISSN 0016 7096.

EXCIMAP (2007): Handbook on Good Practices for Flood Mapping in Europe, European exchange circle on flood mapping, Emmeloord : Netherlands, 2007.

FISHER. P. (1998): Improved Modeling of Elevation Error with Geostatistics. In: GeoInformatica, 2(3): 215-233, 1998.

FLOODsite (2008): Review of Flood Hazard Mapping. Report Number T03-07-01. FLOODsite Task 3. April 2008.

GÁLOVÁ, L. (2014): Geoinformačná podpora manažmentu protipovodňovej ochrany: Dizertačná práca, KGZA Stavebná fakulta STU v Bratislave, 2014.

GRABISCH, M. - MARICHAL, J. L. - MESIAR, R. - PAP, E. (2009): Aggregation Functions. Encyclopedia of Mathematics and its Applications, No. 127. Cambridge: Cambridge University Press, 460 pp. ISBN:978-0-521-51926-7.

- IVÁNOVÁ, I. (2007): Data Quality in Spatial Datasets, STU v Bratislave, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2007. ISBN 978-80-227-2621-4.
- KOSKO, B (1990): Fuzziness vs. probability. International Journal of General Systems. Vol. 17. s. 211-240.
- KUBÍČEK, P. (2011): Možnosti testování kartografické vizualizace polohové nejistoty. Kartografické listy / Cartographic letters, 2011, 19, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, Bratislava 2011, s. 88-96. ISSN 1336-5274.
- KUBÍČEK, P. (2012): Srovnání vybraných aspektů vizualizace nejistoty. In: Aktivity v kartografii venované pamiatke Ing. Jána Pravdu, DrSc. Bratislava, 2012. s. 34-41. ISBN 978-80-89060-21-4.
- LIESKOVSKÝ, T. (2006): Priestorové analýzy prehistorických objektov. In: Kartografické listy, 14, 2006, p. 116-120, ISBN 80-89060-08-0.
- LIESKOVSKÝ, T. - FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J. - ĎURAČIOVÁ, R. -BLAŽOVÁ, E. (2011): Archeologické predikčné modelovanie z podľađu geoinformatiky. REMPrint, s.r.o., Bratislava, 2011. 187 s. ISBN 978-80-970741-0-4.
- LUKÁČ, M. (2011): Mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika – metodika (pracovný návrh), Bratislava : Výskumný ústav vodného hospodárstva, 2011, 48 s.
- MACEACHREN, A. M. (1992): Visualizing uncertain information. Cartographic Perspectives, 13, s. 10-19.
- MIČIETOVÁ, E. - IRING, M. (2011): Hodnotenie kvality digitálnych výškových modelov. In: Geodetický a kartografický obzor, 57(99):45-60, 2011.
- MIŠÍK, M. (2001): Riešenie vybraných problémov prúdenia v zložených prierezoch prirodzených tokov: Dizertačná práca, Katedra hydrotechniky SvF STU v Bratislave, 2001.
- PYYSALO, U. - OKSANEN, J. (2014): Visualization of uncertain catchment boundaries and its influence on decision making. In: Huerta, Schade, Granell (Eds): Connecting a Digital Europe through Location and Place. Proceedings of the AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science, Castellón, June, 3-6, 2014. ISBN 978-90-816960-4-3.
- RÁŠOVÁ, A. (2013): Pravdepodobná viditeľnosť a fuzzy viditeľnosť: modelovanie neistoty a neurčitosti analýz viditeľnosti. In: GISáček 2013. [elektronický zdroj] : 16. ročník studentské

konference. Ostrava, ČR, 9.-10.5.2013. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2013, s. 10. ISBN 978-80-248-3009-4.

TENCER, T. (2008): Geografické a archeologické priestorové dáta z územia Slovenska. In: J. Macháček (ed.): Počítačová podpora v archeológii 2. Ústav archeologie a muzeologie, Masarykova univerzita, Brno, 2008. s. 181-196. ISBN 978-80-254-1781-2.

TOTH, K. - TOMAS, R. - NUNES DE LIMA, V. - CETL, V. (2013): Data Quality in INSPIRE: Balancing Legal Obligations with Technical Aspects. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. ISBN 978-92-79-32532-8.

ZADEH, L. (1965): Fuzzy Sets. Information and Control, No. 8, pp. 338-353.

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

Ing., PhD., Ďuračiová, Renata, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: [renata.duraciova@stuba.sk](mailto:renata.duraciova@stuba.sk),

Ing. Linda Gálová, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: [linda.galova@stuba.sk](mailto:linda.galova@stuba.sk),

Ing. PhD., Tibor Lieskovský, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: [tibor.lieskovsky@stuba.sk](mailto:tibor.lieskovsky@stuba.sk),

Ing. Alexandra Rášová, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: [alexandra.rasova@stuba.sk](mailto:alexandra.rasova@stuba.sk),

# Morfometrická analýza georeliéfu račianskych vinogradov

*Juraj Furdík*

**Abstrakt:** Rozvoj sídelnej štruktúry prináša do prírodnej štruktúry silné zásahy, ktoré sú o to citlivejšie – výraznejšie v území pôvodných vinogradov, ktoré tvorili stáročia krajinný obraz prímestskej krajiny v Bratislave. Dôsledná analýza fyzickogeografických zložiek využívajúca DTM (digitálny terénny model) s pomocou GIS vytvára základný podklad pre následné tvorčie procesy v území. Na jednej strane je to ochrana s vytypovaním najvhodnejších území z hľadiska niektorých prirodzených daností terroir a na druhej strane je to trvalo udržateľný rozvoj sídelnej štruktúry v bezprostrednom kontakte na súčasnú štruktúru Bratislavy bez rozptýlenia v širokom regióne. Dôsledná morfometrická analýza georeliéfu tak vytvára objektívny podklad pre návrh krajinej štruktúry s cieľom harmonizácie protipólov vinogradov a sídelnej štruktúry.

**Kľúčové slová:** vinograd, vinogradnícky hon, urbánna štruktúra, terroir, fyzickogeografické podmienky, GIS, morfometrická analýza georeliéfu, digitálny terénny model

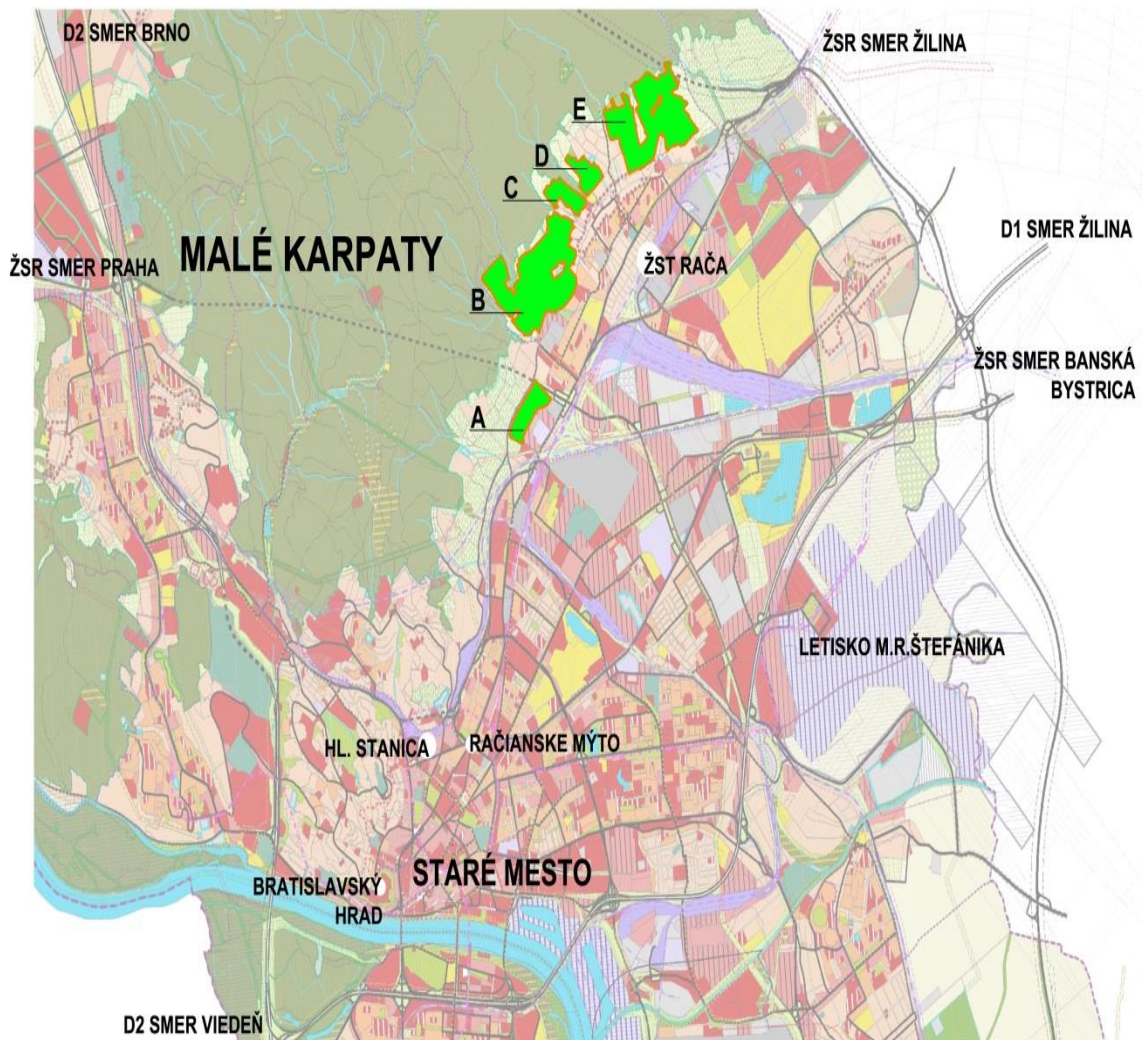
## Úvod

Analýza prírodných podmienok tvorí základnú časť Urbanisticko-krajinárskej štúdie "Vinice - MČ Bratislava - Rača", ktorú na základe objednávky Miestneho úradu MČ Bratislava - Rača spracoval kolektív autorov pod vedením prof. Ing.arch. P.Gála, PhD. a Ing.arch. J.Furdíka, PhD. Analýzu prírodných podmienok gestorovala Fakulta architektúry STU Bratislava. Spoločenská objednávka úlohy vznikla na základe vzájomne protikladných tlakov na územie račianskych vinogradov, kde na jednej strane stoja záujmy ochrancov vinogradov a na strane druhej záujmy väčšiny vlastníkov a developerov.

## Širšie vzťahy a vstup do problematiky

### Širšie vzťahy

Vymedzenie riešeného územia bolo zadané mestskou časťou a bolo určené súčasnými hranicami viníc v Územnom pláne hl. m. SR Bratislavy napriek tomu, že ešte v súčasnosti sú funkčne a perspektívne územia viníc mimo týchto hraníc, to znamená, že nebol záujem riešiť tento problém s komplexným prehodnotením všetkých disponibilných plôch v katastrálnom území MČ Bratislava - Rača.



Obr. 1. Širšie vzťahy na územnom pláne Bratislavy z r. 2007

Tab. 1. Členenie riešeného územia na sektory, rozloha, počet parciel, počet vlastníkov

	Sektor A	Sektor B	Sektor C	Sektor D	Sektor E	Celé riešené územie
<b>Rozloha v m<sup>2</sup></b>	191 454	1 095 524	146 724	136 018	947 802	2 517 522
<b>Počet parciel</b>	96	715	112	134	812	1 869
<b>Počet vlastníkov</b>	47	699	115	121	1101	2 083

Tab. 2. Bilancie riešeného územia – druh pozemku podľa katastra nehnuteľností SR

Bilancie riešeného územia - druh pozemku podľa katastra nehnuteľností SR:

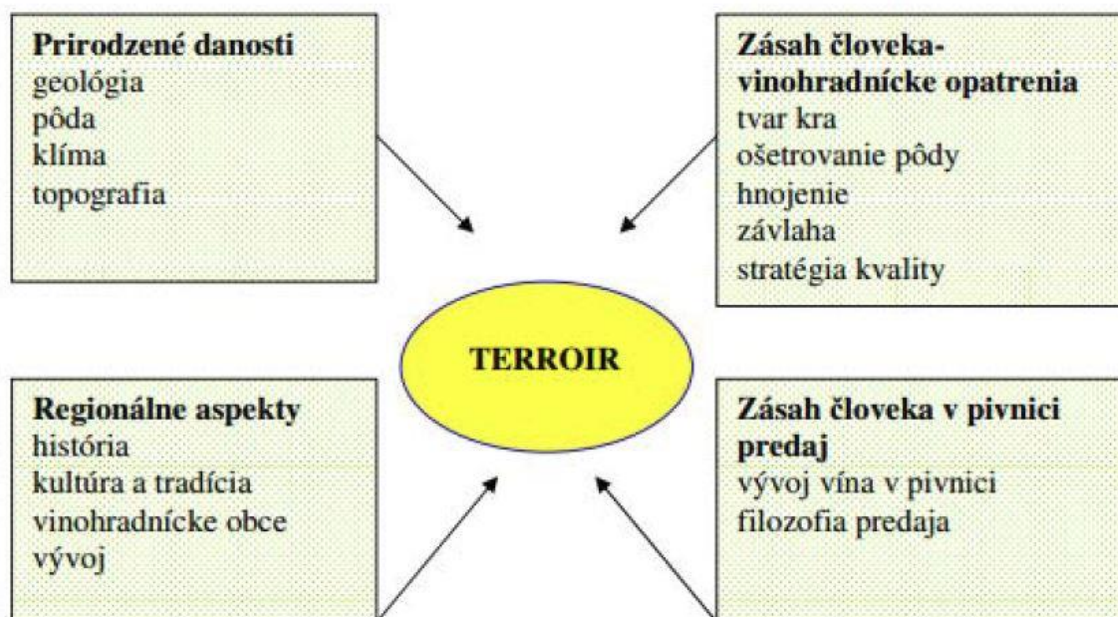
Druh pozemku	Sektor A		Sektor B		Sektor C		Sektor D		Sektor E		Celkovo	
	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>	Počet	Rozloha v m <sup>2</sup>
vinice	13	43 088	363	674 205	61	105 859	55	111 760	449	755 503	941	1 690 415
záhrada	0	0	12	14 183	3	2 394	1	951	29	17 583	45	35 110
ovocný sad	0	0	4	2 188	1	6 412	0	0	3	5 698	8	14 299
trvalý trávnatý porast	11	118 411	209	265 467	26	20 268	11	6 220	149	83 063	406	493 430
lesná pôda	0	0	0	0	1	230	0	0	2	452	3	682
vodné plochy	4	1 886	12	14 158	4	2 447	0	0	17	8 813	37	27 304
zastavané plocha a nádvorcia	51	22 886	11	3 474	1	235	6	1 649	20	2 685	89	30 928
ostatné plochy	17	5 184	104	121 849	15	8 879	61	15 438	143	74 007	340	225 357

Riešené územie sa skladá z piatich kompaktných sektorov s celkovou plochou 251,7 ha. Sektory B, C, D, E na jednej strane hraničia s kompaktnou a rozvojovou štruktúrou mesta a na druhej strane s lesným masívom Chránenej krajinej oblasti Malé Karpaty, ktorej časť v intraviláne Bratislavy tvorí Bratislavský lesopark. Sektor A je v tomto zmysle špecifický vzhľadom na to, že je v dotyku s katastrom Mestskej časti Bratislava – Nové Mesto, ktorú tvoria vinohrady a na druhej strane je v dotyku s kompaktnou a rozvojovou štruktúrou MČ Bratislava - Rača.

## Terrior

Analýza fyzickogeografických podmienok (v svojej sumarizácii prirodzené danosti terrior, Pospíšilová, 2005) by mala poskytnúť objektívny podklad, ktorý by určil najvhodnejšie lokality pre zachovanie vinohradov v riešenom území. Samozrejme samotná analýza vinohradníckeho územia v Rači nie je postačujúca. Ďalšími krokmi musí byť dopracovanie urbanistickej štúdie a územného plánu zóny a hlavne systém zákonných a podporných mechanizmov, ktoré zrealnia špecifickú existenciu vinohradníctva v bezprostrednom kontakte na urbánnu štruktúru hlavného mesta SR Bratislavy.

Analýza fyzickogeografických podmienok s dôrazom na morfometrickú analýzu georeliéfu predmetného územia a s využitím digitálneho terénneho modelu (Eurosense s.r.o.) sa stáva vzorovým úvodným projektom analýzy vinohradov na Slovensku, ktorá vyjadruje kľúčové vlastnosti prirodzených daností terrior vplyvujúcich na kvalitu vinohradníckej produkcie.



Zdroj: Pospíšilova (2005)

Obr. 2. Štyri faktory terroir (Pospíšilová, 2005)

### Bonitné pôdnoekologické jednotky

Spracované bonitné pôdnoekologické jednotky BPEJ vytvárajú základný rámec na určenie kvality terroir z hľadiska fyzickogeografických podmienok. Kód BPEJ je zobrazený sedem miestnym číslom, ktorý v svojej štruktúre vyjadruje: prvé dvojčíslenie kód klimatického regiónu, druhé dvojčíslenie kód hlavnej pôdnej jednotky, piate číslo kód svahovitosti a expozície, šieste číslo kód skeletovitosti a hĺbky pôdy, pričom prvé štyri čísla vyjadrujú kód hlavnej pôdno-klimatickej jednotky. V podstate BPEJ dôsledne a komplexne vyjadruje prírodné danosti terroir avšak vzhľadom na mierku spracovania pre využitie charakteristiky fyzicko-geografických daností jednotlivých honov v Rači môže slúžiť iba orientačne a pre ich skutočné poznanie je potrebný prieskum a analýza na úrovni mierky M 1 : 1000, lepšie M 1 : 500.

GIS morfometrická analýza základných fyzickogeografických povrchových podmienok je tak len samozrejým vyústením snáh objektivizovať znalosti o vlastnostiach územia račianskych vinogradov.



## **Morfometrická analýza georeliéfu**

Základným podkladom morfometrickej analýzy je digitálny terénny model a digitálny model budov spracovaný fotogrametrickými metódami interaktívnym mapovaním vektorových prvkov na pracovných staniciach Socet Set a následnou finalizáciou plôch a objektov v prostredí ArcGIS v spoločnosti EUROSENSE S.R.O.Bratislava z uvedeného snímkovania, ktoré bolo na chýbajúcej časti územia 6,2 km<sup>2</sup> doplnené a aktualizované z bezvegetačného snímkovania lietadlom EUROSENSE leteckou digitálnou kamerou Vexcel UCXP dňa 28.marca 2012 v rozlíšení 9-10 cm/pixel (EUROSENSE , 2012).

Digitálny terénny model a digitálny model budov sú vhodné na použitie pre analógové výstupy alebo digitálne výstupy v mierkach ekvivalentných od 1:500.

GIS morfometrické analýzy poskytujú exaktné výstupy v závislosti od zadaných údajov, ktorých optimalizácia má zásadný vplyv na čitateľnosť a zrozumiteľnosť výstupov, optimalizácia údajov a jednotlivých parametrov sa tak stáva základným problémom výsledku GIS morfometrických analýz.

Naproti tomu pri CAD, GIS vizualizáciách sa častokrát snažíme minimalizovať rozsah zmien v existujúcom obraze krajiny, vznikne tak snaha o potlačenie rozsahu návrhu a potlačenie jeho výrazu zvýšenou mierou použitia okolitej zelene a znížením farebného kontrastu voči už existujúcej krajine voľbou účelových pohľadov. Tieto zobrazujú návrh v skreslenom vzťahu k okolitému prostrediu. Tento problém je možné riešiť prezentáciou návrhu pomocou interaktívnych modelov, kde môže posudzovateľ nahliadnuť na problém z akéhokoľvek uhla pohľadu. (Mečiar, 2009)

Z celej škály možností GIS analýz nad DTM sa v procese spracovania vybrali tie, ktoré z hľadiska formovania terroir sa javia ako najdôležitejšie a treba povedať, že v tejto etape spracovania ako jasne čitateľné a zrozumiteľné. Pre spracovanie GIS analýz boli použité voľne prístupné GIS technológie – Quantum GIS a Grass.

## **Výškové stupne**

Výškové stupne patria medzi najjednoduchšie morfometrické analýzy georeliéfu, ktoré však z hľadiska vplyvu na prirodzené danosti terroir sú veľmi dôležité. Výškové stupne čitateľne vyjadrujú nadmorskú výšku, ktorá v základe ovplyvňuje klímu jednotlivých vinogradov a vinohradníckych honov, v údoliach je to dlhšie obdobie hmlí s možnosťou prízemných mrazov, vo vyšších polohách je to rozdiel cca - 1°C na 100 metrov výšky v celoročnom

priemere, čo má nezanedbateľný vplyv na celoročný priemer teplôt, ktorý ovplyvňuje kvalitu vinohradníckej produkcie.

### **Obr. 3.** Výškové stupne

Orientácia reliéfu k svetovým stranám

Orientácia reliéfu k svetovým stranám patrí tiež k jednoduchším morfometrickým analýzám georeliéfu, ktorá určuje vhodnosť výberu vinohradníckej plochy. Najvhodnejšia orientácia je v poradí 1. juh, juhozápad, 2. juhovýchod, západ. V riešenom území výrazne pristupuje ešte vzhľadom na blízkosť lesa a masívu Malých Karpát aj zatienenie horizontom, ktoré znehodnocuje západnú a juhozápadnú orientáciu.

### **Obr. 4.** Orientácia reliéfu k svetovým stranám

Sklonitosť reliéfu v smere spádovej krivky

Sklonitosť reliéfu v smere spádovej krivky vo vzťahu k orientácii k svetovým stranám má základný vplyv na množstvo slnečnej energie dopadajúcej na jednotlivé vinohrady a ekonomiku obrábania vinohradu. Vhodnosť sklonitosti vinohradov je od 5° do 25°, optimálnejšie od 5° do 15°.

Priemet sklonitosti do jednotlivých vinohradov, ktoré sa vyformovali historicky, určuje ich vhodnosť a orientáciu na výber druhu viniča. Na druhej strane priemet sklonitosti do vinohradníckych honov už jasne poukazuje na veľkú rôznorodosť prirodzených daností terroir v území račianskych vinohradov, čo už bolo čitateľné aj v predchádzajúcich morfometrických analýzach.

### **Obr. 5.** Sklonitosť reliéfu v smere spádovej krivky

### **Obr. 6.** Sklonitosť reliéfu s priemetom do jednotlivých vinohradov

Uhol dopadu slnečných lúčov a zatienenie reliéfu

Komplexnejší pohľad na vhodné vinohradnícke plochy poskytuje analýza uhlu dopadu slnečných lúčov a zatienenie reliéfu. Vzhľadom na vegetačné obdobie viniča sa v analýze určili tri kľúčové dni (20.3., 21.6, 23.9.) a tri prelomové časy - hodiny dňa (2 h po východe, poludnie, 2 h pred západom), ktorých priemer z hľadiska dopadu slnečných lúčov a súčet z hľadiska zatienenia vytvoril čitateľný výstup určujúci najvhodnejšie lokality pre pestovanie viniča.

Morfometrická analýza uhlu dopadu slnečných lúčov a zatienenia reliéfu 20. marca a 23.septembra (jarná a jesenná rovnodennosť) 2 hodiny po východe slnka pôsobí homogénne, čo je však zapríčinené východnou orientáciou svahu račianskych vinohradov.

Pravdivejší obraz o rôznorodosti prirodzených daností terroir račianskych vinohradov už prezentuje priemer uhlov dopadu slnečných lúčov a súčet tieňov z dní 20.marca a 23.septembra (jarná a jesenná rovnodennosť) a 21.júna (letný slnovrat), 2 hodiny po východe slnka, napoludnie, 2 hodiny pred západom slnka čo optimalizuje minimálny počet vybraných časov sledovaného uhlu a zatienenia vzhľadom na rozsah morfometrickej analýzy.

**Obr. 7.** Uhol dopadu slnečných lúčov a zatienenie reliéfu 20. 03., 23. 09. , 2 hod. po východe slnka

**Obr. 8.** Uhol dopadu slnečných lúčov a zatienenie reliéfu, priemer uhlov dopadu sln. lúčov a súčet tieňov z dní 20.03., 21.06., 23.09., 2 hodiny po východe slnka, napoludnie, 2 hod. pred západom slnka

### **Analýza priameho slnečného žiarenia**

Priame slnečné žiarenie v svojom súčte vyjadruje sumár vhodných vlastností z predchádzajúcich orografických faktorov analyzovaného územia račianskych vinohradov. Priame slnečné žiarenie (abstrahované - bez zohľadnenia vplyvu oblačnosti a iných dynamických zložiek klímy) je vyjadrené v hodinách oslnenia a priemerným denným úhrnom slnečného žiarenia Wh/m<sup>2</sup>/deň.

Vzhľadom na reprezentatívnosť tohto faktoru bola analýza priameho slnečného žiarenia realizovaná v piatich kľúčových dňoch (20.3., 5.5., 21.6., 7.8., 23.9.) 2 x rovnodennosť a letný slnovrat, doplnených o hodnoty dní v strede medzi jarnou a jesennou rovnodennosťou a letným slnovratom, aby sa dosiahla vyššia optimalizácia výsledku analýzy pri minimálnom počte skúmaných dní. Priemer súčtov priameho slnečného žiarenia len zdôrazňuje vyššie spomínanú rôznorodosť prirodzených daností terroir račianskych vinohradov s náznakom predpokladu, že vinohrady sa postupne so zvýšenou urbanizáciou posúvali do nevýhodnejších vyšších a štruktúrovanejších polôh.

Priemet priemeru súčtov priameho slnečného žiarenia do vinohradov jednotlivých vinohradníckych honov, ktoré sa vyformovali historicky, určuje ich vhodnosť a orientáciu na výber druhu viniča. Na druhej strane priemet priemeru súčtov priameho slnečného žiarenia do vinohradov už jasne poukazuje na veľkú rôznorodosť prirodzených daností terroir v území

račianskych vinohradov, čo už bolo spomenuté aj v predchádzajúcich morfometrických analýzach a podobne aj pri morfometrickej analýze sklonitosti.

**Obr. 9.** Analýza priameho slnečného žiarenia. Priemer súčtov v hodinách z dní 21.03., 05.05., 21.06., 07.08., 23.09.

**Obr. 10.** Analýza priameho slnečného žiarenia. Priemer súčtov v hodinách z dní 21.03., 05.05., 21.06., 07.08., 23.09. s priemetom do jednotlivých vinohradov

Formy georeliéfu v smere spádovej krivky

Samostatnou časťou analýz bola analýza foriem georeliéfu v smere spádovej krivky, ktorý je výrazným orografickým faktorom, avšak jeho vyjadrenie v našich GIS analýzach bolo veľmi štruktúrované, bez možnosti posúdenia vplyvu formy georeliéfu na kvalitu vinohradu, napriek snahám o optimalizáciu morfometrickej analýzy foriem georeliéfu v smere spádovej krivky nebol vzhľadom na časové a technické možnosti dosiahnutý zrozumiteľný výsledok.

**Obr. 11.** Forma georeliéfu v smere spádnice

## **Záver**

Vzorová úvodná analýza priestorových fyzickogeografických podmienok račianskych vinohradov bola limitovaná finančnými a časovými možnosťami riešenia projektu, ale aj napriek tomu sa stáva užitočným nástrojom na ochranu vinohradov a pre trvalo udržateľný rozvoj urbánnej štruktúry v kontakte s existujúcou zástavbou mesta. Využitie analýz v prospech harmónizácie dvoch protichodných funkcií vytvára perspektívu optimalizácie sídelnej štruktúry s poľnohospodárskou krajinou vinohradov. Samozrejmom podmienkou pre vinohradnícku činnosť sa stáva integrovaná produkcia s minimalizáciou znečistenia prírodného prostredia vinohradníckou produkciou.

Využitie GIS technológií v slovenských vinohradníckych územiach tak otvára nové možnosti hodnotenia kvality vinohradníckych plôch a vytvára predpoklad presnejšieho definovania podmienok bonitných kategórií vinohradov a ich objektívnejšieho a presnejšieho priestorového určenia. S adekvátnou technológiou, metódami a nástrojmi sa vytvára interaktívne digitálne prostredie, ktoré poskytuje veľmi presné a aktuálne podklady, je dobre čitateľné pre odborníkov i laikov a sprostredkúva štvor-dimenzionálnu informáciu o existujúcich, resp. navrhovaných priestorových štruktúrach. Štvrtá dimenzia – čas – je tu vnímaná prostredníctvom neustálej aktualizácie digitálnych podkladov, ako aj automatickou tvorbou databáz

priestorových štruktúr k určitému obdobiu (Barca, Joklová, 2011). Dopracovanie GIS morfolometrickej analýzy georeliéfu a naznačenej metodiky čaká na spoločenskú objednávku alebo dopracovanie v rámci vedeckovýskumného grantu.

### **Použité zdroje:**

FURDÍK, J., GÁL, P. a kol. UKŠ Vinice – MČ Rača. MČ Bratislava – Rača, Bratislava, 12/2012

POSPÍŠILOVÁ, D. a kol. Ampelografia Slovenska., VŠSVV Modra, n.o., 2005, ISBN 80-969350-9-7

BARCA, R. – JOKLOVÁ, V. Digitálny model mesta. Zborník: Nové inšpirácie pre riešenie priestorov pravej strany Dunaja v Bratislave, Bratislava, 2011. ISBN 978-80-227-3554-4

MEČIAR, I. Multimediálny dizajn urbánnych štruktúr v krajine. Dizertačná práca FA STU v Bratislave, Bratislava, 2009

BURIAN, J. Geoinformatika v prostorovém plánování. Olomouc, 2014. ISBN 978-80-244-4104-7.

HOFIERKA, J. Geografické informačné systémy a diaľkový prieskum Zeme. Vysokoškolské učebné texty. Prešov, 2003.

HOFIERKA, J. – CEBECAUER, T. Priestorová a časová distribúcia slnečného žiarenia na georeliéfe Slovenska. In: Bioclimatology and Natural Hazards. Poľana nad Detvou, 2007. ISBN 978-80-228-17-60-8.

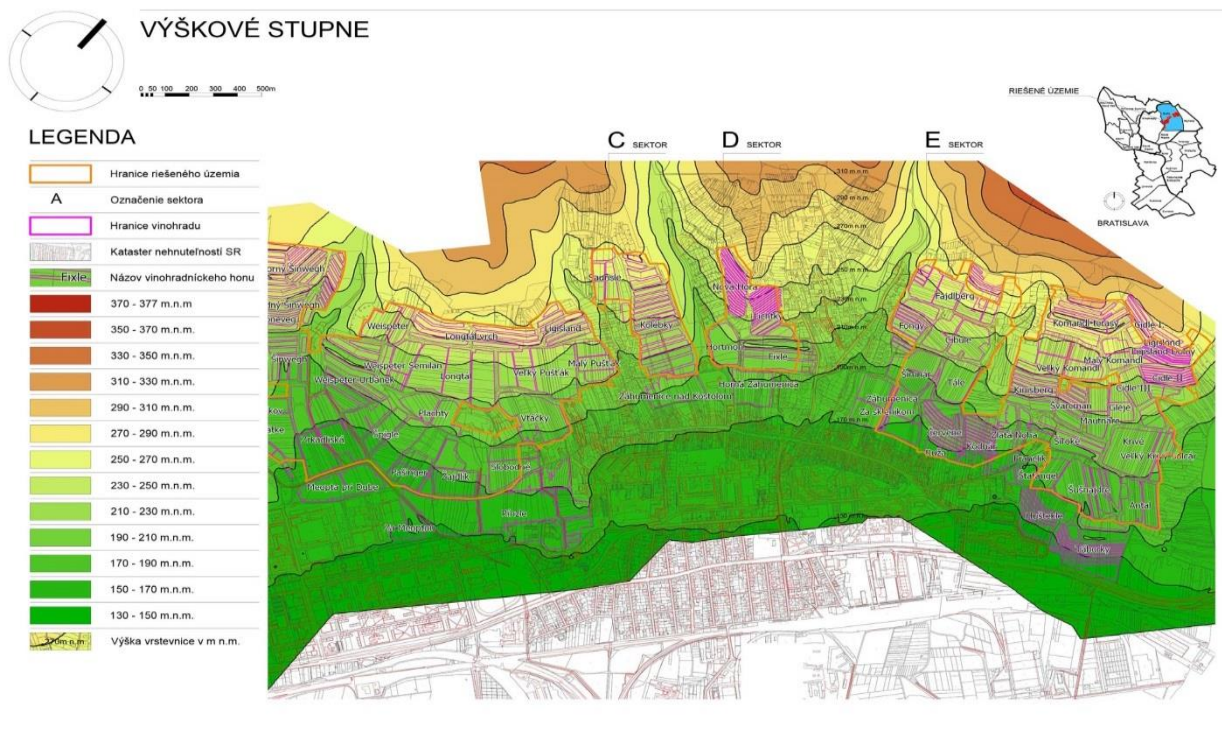
KRNÁČ, J. Modelovanie morfolometrických ukazovateľov reliéfu za pomoci metodiky LANDEP. 2010.

KOUTNÝ, J. Moderní urbanistické koncepce: (vývoj urbanistických koncepcí). Ústav územního rozvoje. 2004.

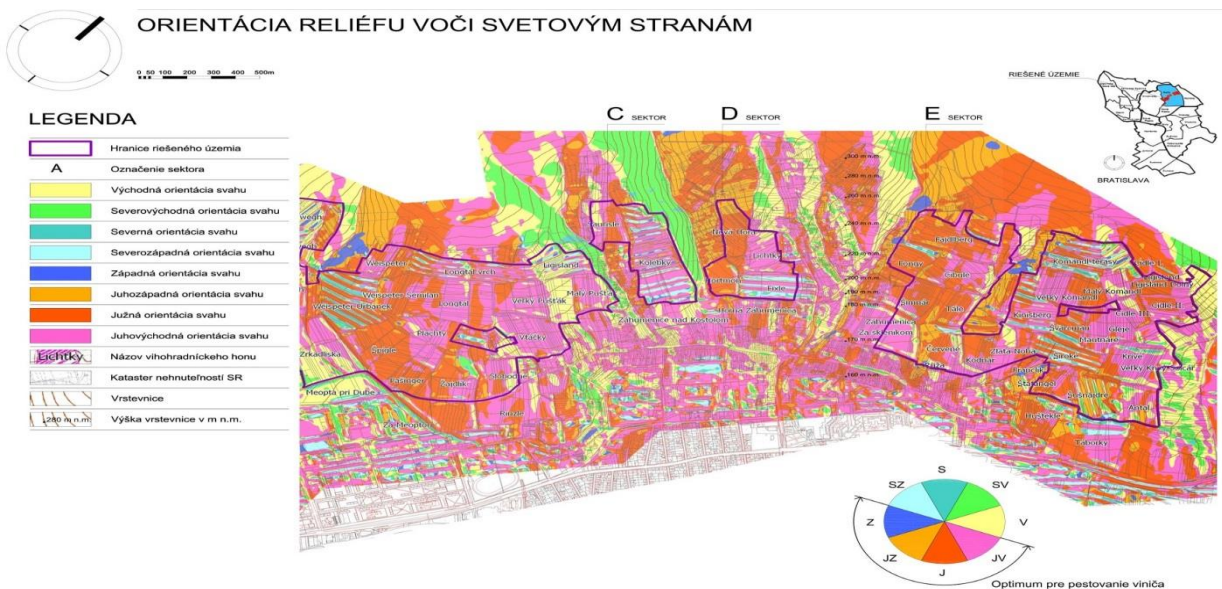
A Science of Cities – <http://www.complexcity.info>

## Obrazová časť:

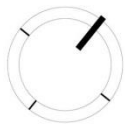
(Furdík, Gál, 2012)



Obr. 3. Výškové stupne



Obr. 4. Orientácia reliéfu k svetovým stranám

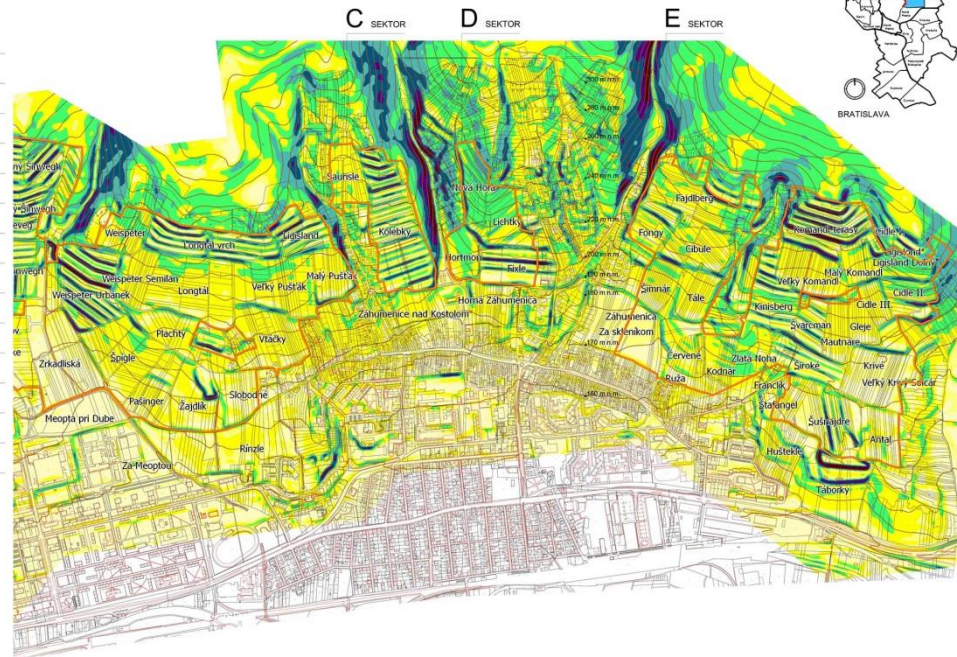


## ANALÝZA SKLONITOSTI RELIÉFU V SMERE SPÁDovej KRIVKY

0 50 100 200 300 400 500m

### LEGENDA

	Hranice riešeného územia
<b>A</b>	Označenie sektora
Sklon georeliéfu v smere spádovej krivky:	
	0°-3°
	3°-5°
	5°-10°
	10°-15°
	15°-20°
	20°-25°
	25°-30°
	30° +
	Názov vinohradníckeho honu
	Kataster nehnuteľnosti SR
	Vrstevnice
	Výška vrstevnice v m n.m.



Obr. 5. Sklonosť reliéfu v smere spádovej krivky

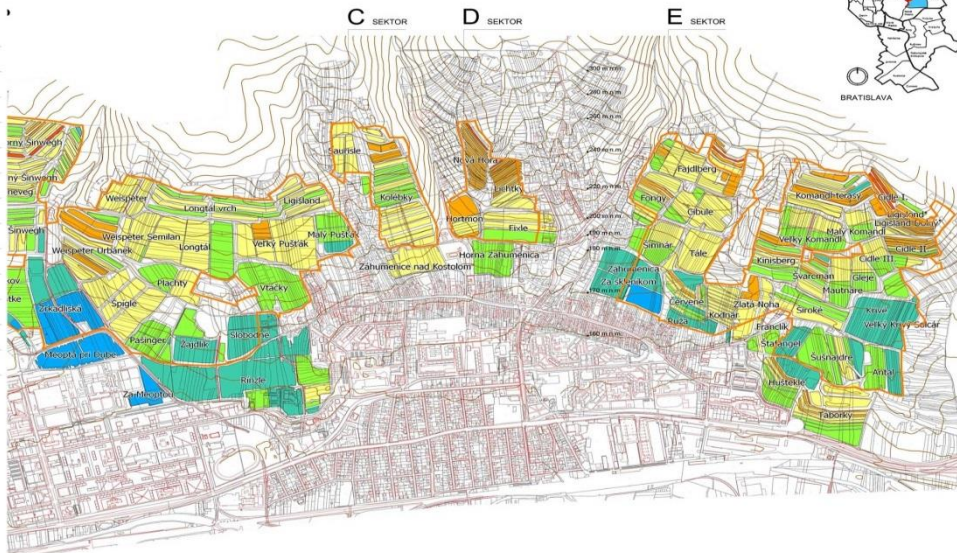


## ANALÝZA PRIEMERNEJ SKLONITOSTI RELIÉFU S PRIEMETOM DO JEDNOTLIVÝCH VINOHRADOV

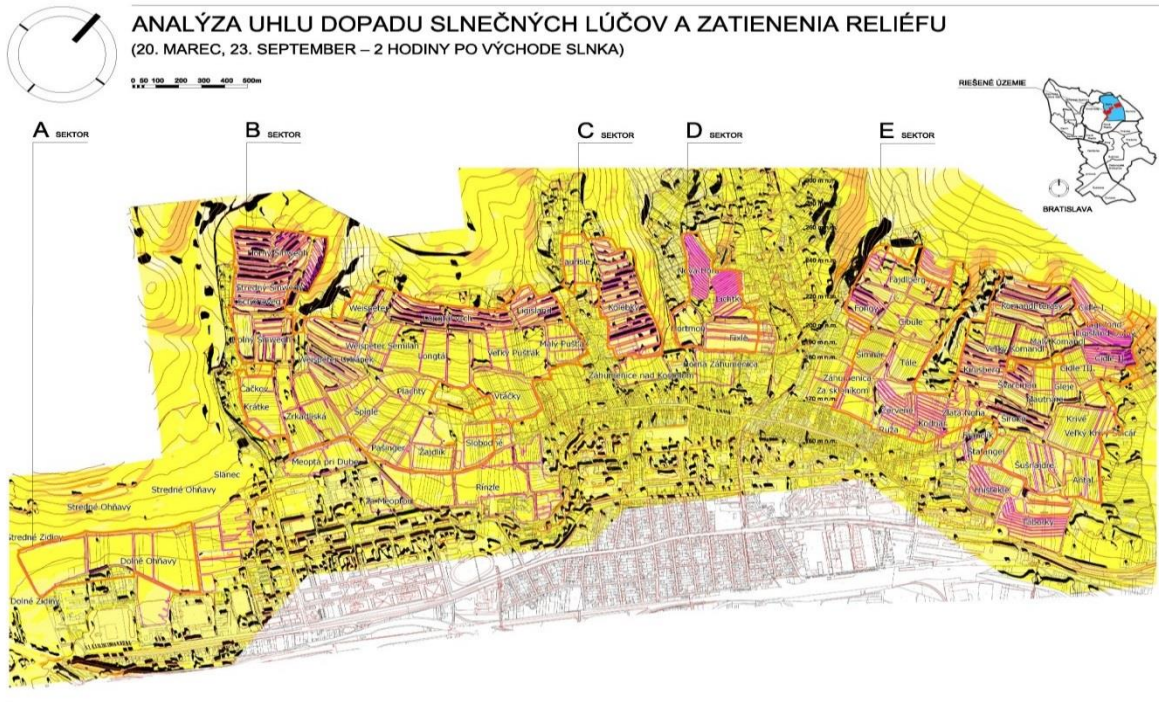
0 50 100 200 300 400 500m

### LEGENDA

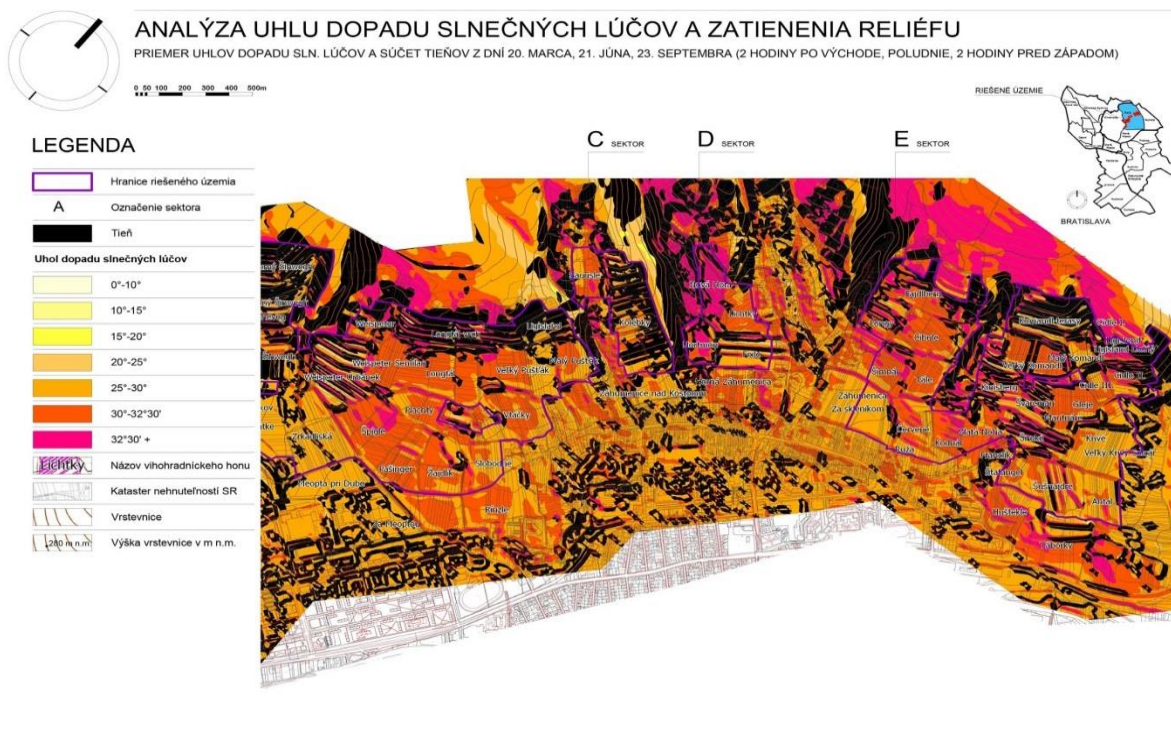
	Hranice riešeného územia
<b>A</b>	Označenie sektora
Priemerná sklonosť vinohradov:	
	0°-3°
	3°-5°
	5°-7°
	7°-10°
	10°-15°
	15°-21°-30°
	Názov vinohradníckeho honu
	Kataster nehnuteľnosti SR
	Vrstevnice
	Výška vrstevnice v m n.m.



Obr. 6. Sklonosť reliéfu s priemernou sklonosťou do jednotlivých vinohradov

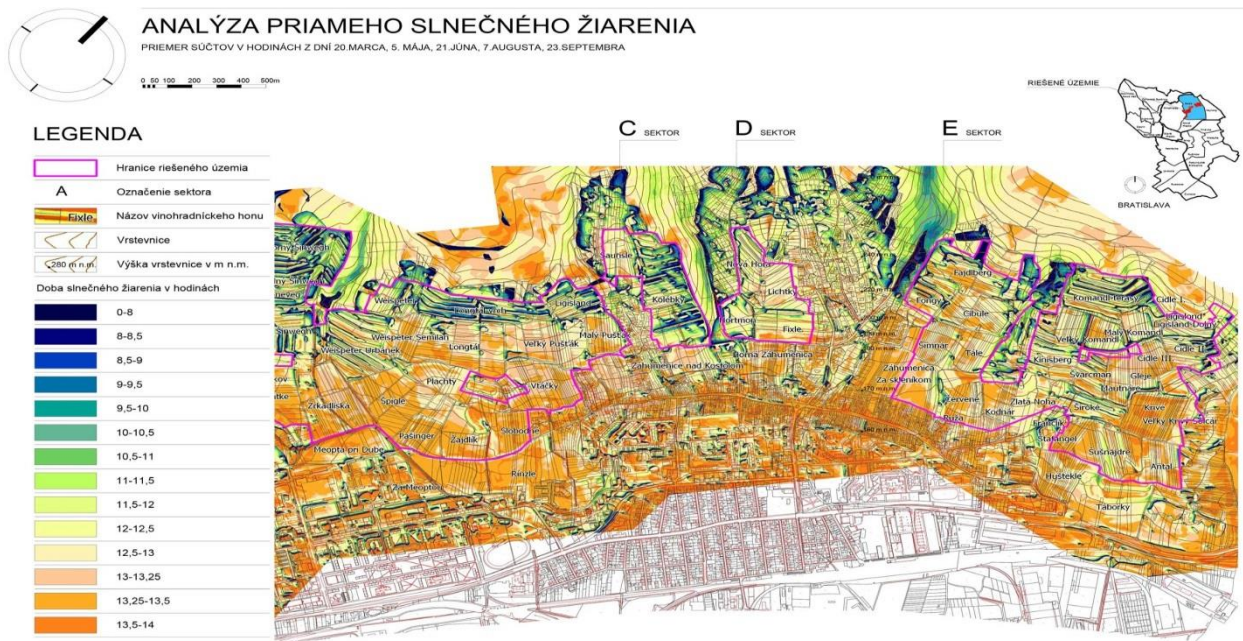


Obr. 7. Uhol dopadu slnečných lúčov a zatienie reliéfu, 20. 03., 23. 09. - 2 hodiny po východe slnka

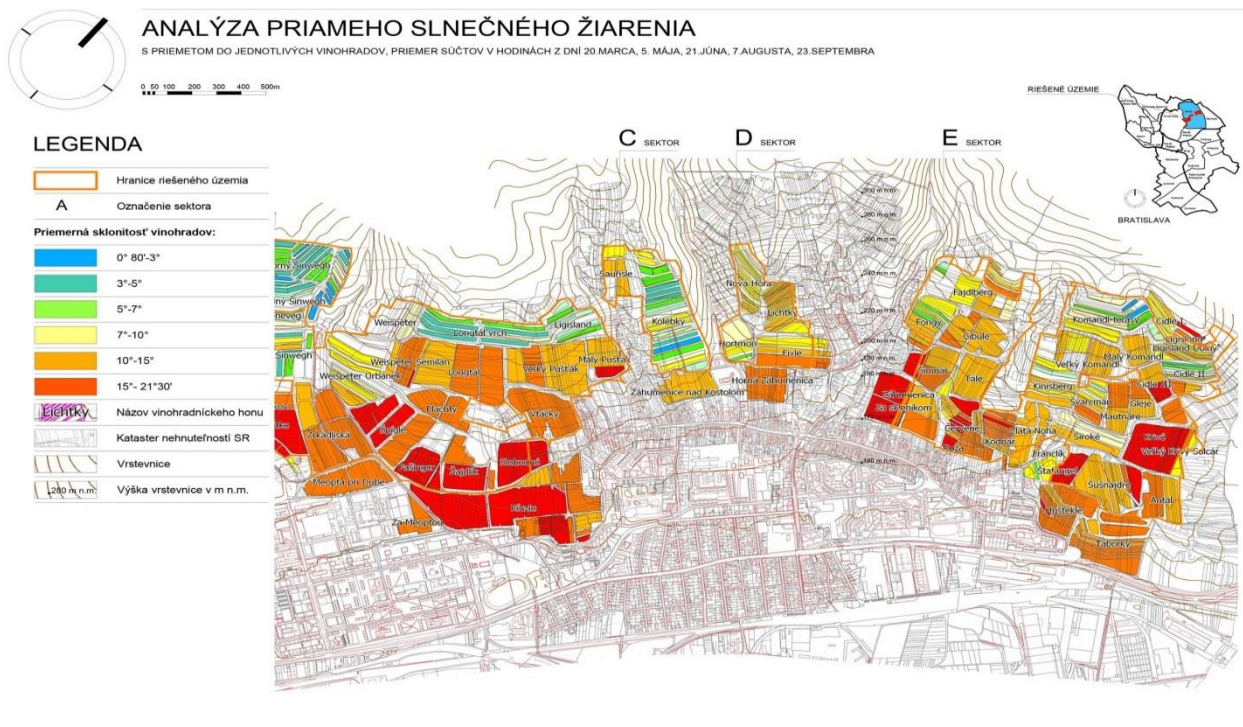


Obr. 8. Uhol dopadu slnečných lúčov a zatienie reliéfu, priemeruhlov dopadu sln. lúčov a súčet tieňov z dní 20.03., 21.06., 23.09., 2 hodiny po východe slnka, napoludnie, 2 hodiny pred západom slnka





Obr. 9. Analýza priameho slnečného žiarenia. Priemer súčtov v hodinách z dní 21.03., 05.05., 21.06., 07.08., 23.09



Obr. 10. Analýza priameho slnečného žiarenia. Priemer súčtov v hodinách z dní 21.03., 05.05., 21.06., 07.08., 23.09. s priemetom do jednotlivých vinohradov



## FORMA GEORELIÉFU V SMERE SPÁDNICE

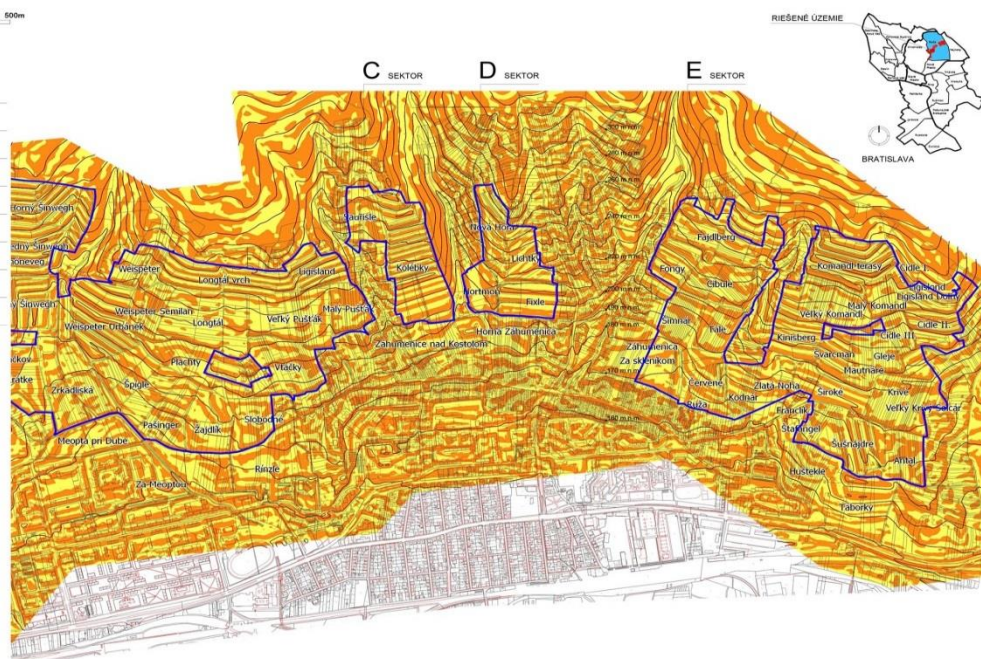
### LEGENDA

-  Hranice riešeného územia
- A** Označenie sektora
-  Konkávne formy
-  Konvexné formy
-  Liehtky
-  Kataster nehnuteľností SR
-  Vrstevnice
-  Výška vrstevnice v m n.m.

#### KONKÁVNA FORMA GEORELIÉFU V SMERE SPÁDNICE



#### KONVEXNÁ FORMA GEORELIÉFU V SMERE SPÁDNICE



Obr. 11. Forma georeliéfu v smere spádnice

# Posúdenie konektivity zelenej infraštruktúry na území Slovenska

*Igor Gallay*

## **Abstract**

Green infrastructure (GI) is described as a tool for providing ecological, economic and social benefits through natural solutions, helping us to understand the advantages nature offers human society and to mobilise investments that sustain and enhance these benefits. In this paper we used new methodology proposed by European Environment Agency for identification GI network in Slovakia.

**Keywords:** green infrastructure, core habitat services, connectivity modeling, Linkage Mapper

## **Úvod**

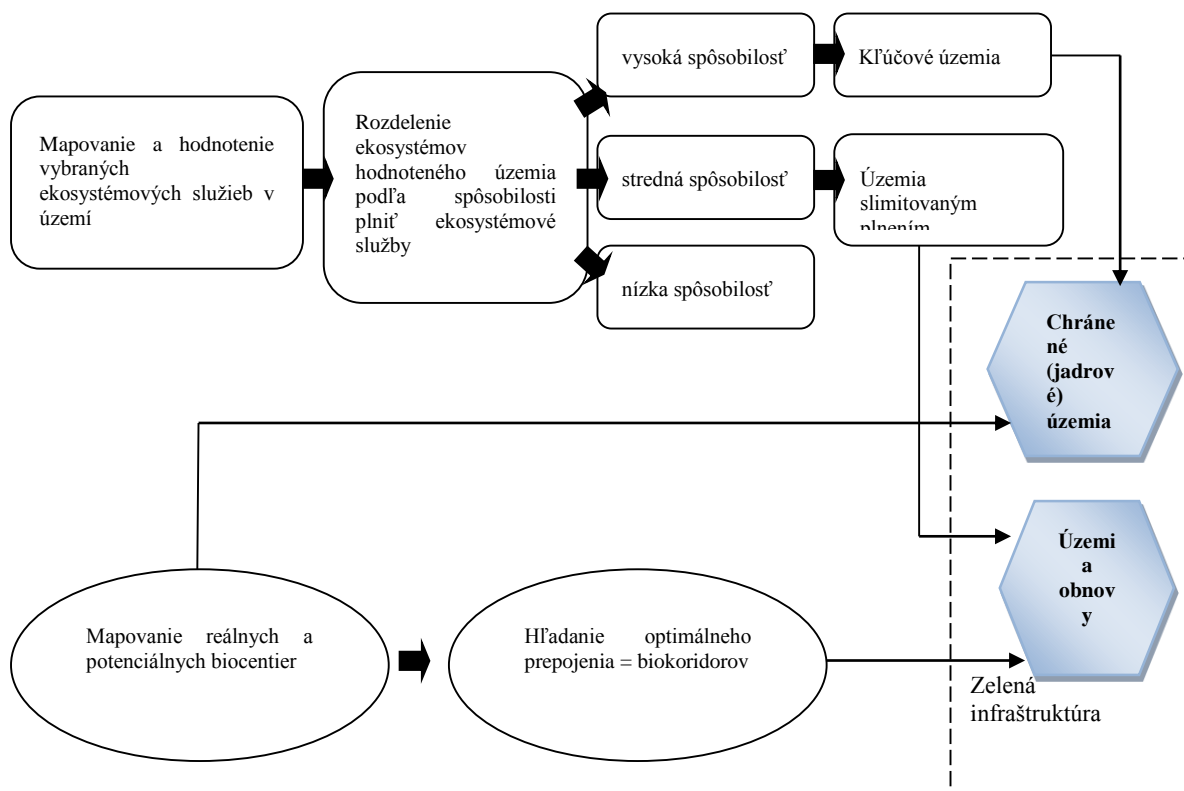
Ekosystémy poskytujú služby dôležité až nevyhnutné pre spoločnosť, ako je: produkcia potravín, surovín, čistenie vody či ovzdušia, znižovanie povodňového rizika, prostredie pre rekreáciu a regeneráciu, klimatickú reguláciu, sú zdrojom pre výrobu liečiv, atď. (Boyd, Wainger 2003). Keď je ekosystém zmenený alebo zničený zmenia sa i poskytované služby, (ponuka typov služieb či veľkosť). Európska komisia (2010a) vo svojom materiály uvádza, že ľudstvo potrebuje „ekosystémové tovary a služby“, ktoré sú nevyhnutné na zachovanie prosperity, ako aj z hľadiska budúceho hospodárskeho a sociálneho rozvoja. Existuje silný pozitívny vzťah medzi biodiverzitou a množstvom a kvalitou ekosystémových služieb. Stratou biodiverzity dochádza k strate mnohých služieb. Územie Európy čelí väčšej strate biotopov a fragmentácii než ktorákoľvek iná krajina. Pre biodiverzitu to predstavuje zásadný problém. Aj keď kľúčové prírodné oblasti sú teraz z veľkej časti chránené v rámci sústavy Natura 2000, ešte je potrebné umožniť, aby sa druhy mohli pohybovať medzi týmito oblasťami, ak sa má zabezpečiť ich prežitie z dlhodobého hľadiska (Európska komisia, 2010a). Na tieto problémy reaguje koncepcia zelenej infraštruktúry (Európska komisia, 2010b), ktorej cieľom nie je len prepojenie biocentier biokoridormi, ale dôraz sa kladie aj na plnenie ekosystémových služieb (protieróznej, protipovodňovej, rekreačnej, opeľovacej a pod.).

V roku 2014 bol publikovaný nový metodický postup návrhu prvkov zelenej infraštruktúry (Európska environmentálna agentúra, 2014), ktorého zjednodušenú schému uvádzame na obr. 1. Stanovenie prvkov zelenej infraštruktúry prebieha v dvoch "krokoch":

prvkami zelenej infraštruktúry sa stávajú ekosystémy s vysokou, resp. strednou schopnosťou poskytovať ekosystémové služby a úžitky

prvkami zelenej infraštruktúry sa stávajú ekosystémy schopné plniť úlohu biocentier a biokoridorov

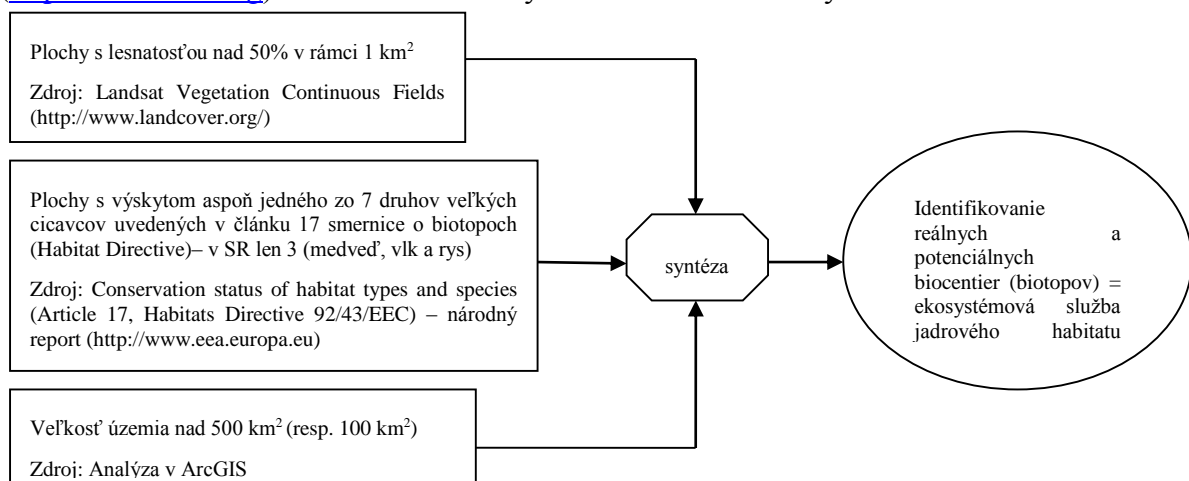
V príspevku sa zameriavame na krok 2., v ktorom sa v hodnotenom území identifikujú reálne i potenciálne biocentrá a následne sa modeluje ich prepojenie biokoridormi. Pri tomto hodnotení sme vychádzali z prác McRae et al. (2008, 2012), Andělet et al. (2010), Beier et al. (2011), McRae and Kavanagh (2014), Európska environmentálna agentúra (2014).



Obr. 1. Schéma postupu identifikácie prvkov zelenej infraštruktúry podľa metodiky Európskej environmentálnej agentúry (2014)

## Metodika

Keďže je Slovensko zaviazané dohovormi uskutočniť mapovanie ekosystémových služieb a navrhnuť sieť zelenej infraštruktúry, ktoré by malo byť realizované v rámci celej Európy rovnakou metodikou, postupovali sme najmä podľa metodiky Európskej environmentálnej agentúry (2014) a metodík, z ktorých vychádza, ako: McRae and Kavanagh (2014), McRae (2012). Zjednodušená schéma metodického postu je na obr. 2. Za biocentrá boli podľa metodiky považované plochy s lesnatosťou vyššou ako 50% v rámci štvorca s plochou 1 km<sup>2</sup>, s výskytom aspoň jedného zo 7 druhov veľkých cicavcov uvedených v prílohe 2 Smernice o biotopoch (Annex II, Habitats Directive, 92/43/EHS) a s rozlohou plochy nad 500 km<sup>2</sup>, resp. 100 km<sup>2</sup>. Územia s lesnatosťou nad 50% sme stanovili, rovnako ako uvádza metodika (Európska environmentálna agentúra, 2014), reklasifikáciou rastrovej vrstvy „The Landsat Vegetation Continuous Fields“ (Sexton al., 2013) poskytnutou Global Land Cover Facility (<http://landcover.org>). Rozšírenie veľkých cicavcov uvedených v Prílohe 2 Smernice

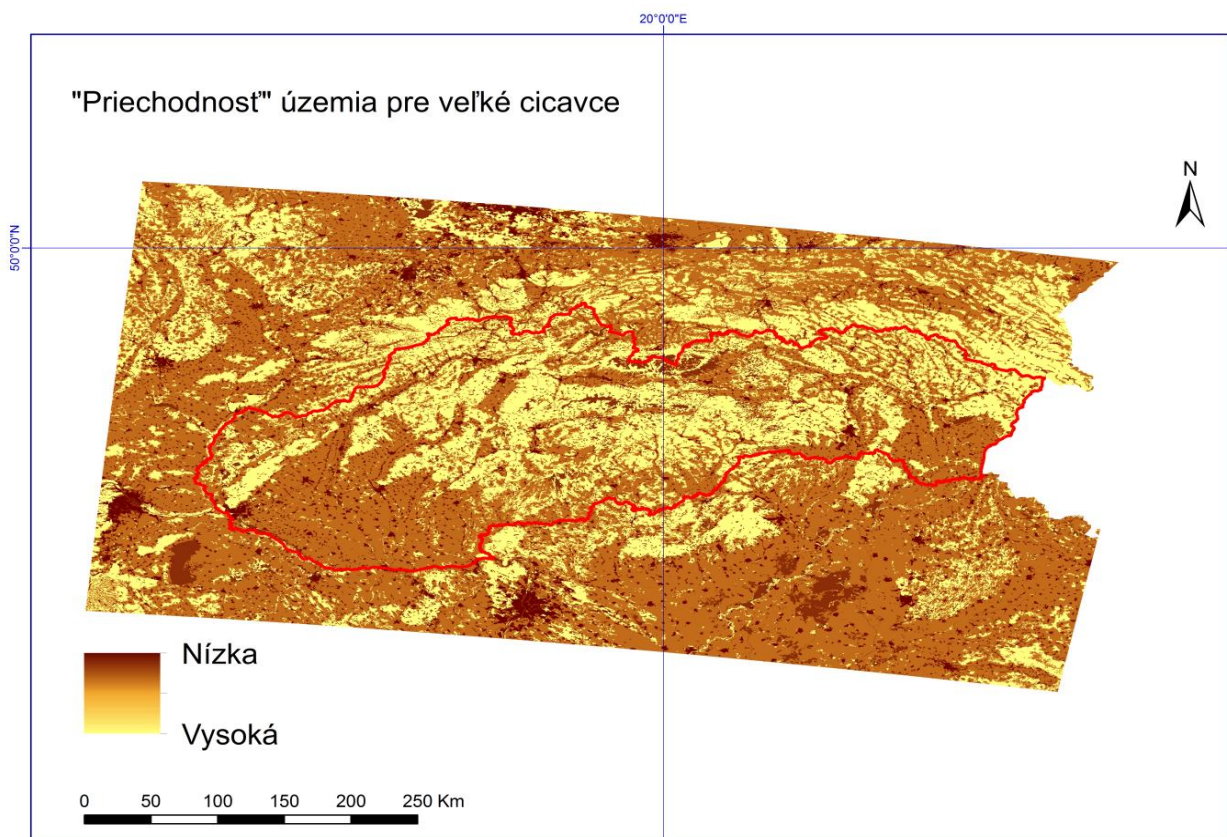


Obr. 2. Schéma postupu identifikácie jadrových území (biocentier) v metodike Európska environmentálna agentúra (2014)

o biotopoch, z ktorých na Slovensku prichádzajú do úvahy len 3 (medveď, vlk a rys), sme prevzali z databázy Európskej environmentálnej agentúry (<http://www.eea.europa.eu/>). Preložením vrstiev v prostredí ArcGIS sme získali plochy spĺňajúce obe podmienky. Z nich sme vybrali len tie, ktorých rozloha presahovala 500 km<sup>2</sup>, resp. 100 km<sup>2</sup>.

Následne sme modelovali prepojenie takto vybraných „biocentier“, teda optimálnu trasu pre biokoridory. Pre tento účel sme využili softvér Linkage Mapper 1.0.8 (McRae and Kavanagh, 2014). Program modeluje optimálnu trasu pohybu voľne žijúcich živočíchov v krajine na základe najmenej kumulatívnej vzdialenosti medzi biocentrami cez „ocenený“ povrch („nákladová vzdialenosť“ v Tuček, 1998, „Cost Distance“, <http://help.arcgis.com>), ktorým je

vrstva „priechodnosti“ pre hodnotené druhy. Vrstva „priechodnosti“ vyjadruje do akej miery jednotlivé typy krajinej pokrývky „znemožňujú/umožňujú“ pohyb (prechod) jednotlivým živočíšnym druhom (energetická náročnosť, riziko usmrtenia, atď.), v tomto prípade veľkým cicavcom (McRae et al., 2008, Beier et al., 2011). Raster priechodnosti (obr. 3) sme vytvorili interpretáciou krajinej pokrývky na základe interpretačnej tabuľky v práci Európska environmentálna agentúra (2014). Hodnoty v rastro sa pohybujú od 1 do 100, pričom hodnotu 1 majú lesy a hodnotu 100 zastavané územia, letiská, rýchlostné cesty a pod. Vrstva krajinej pokrývky bola vytvorená spojením rastra Corine Land Cover 2006 (<http://www.eea.europa.eu/>) a rastra cestnej siete, ako jednej z hlavných bariér pohybu živočíchov v krajine, ktorý sme vytvorili z podkladov Open street map (<http://www.openstreetmap.org>).



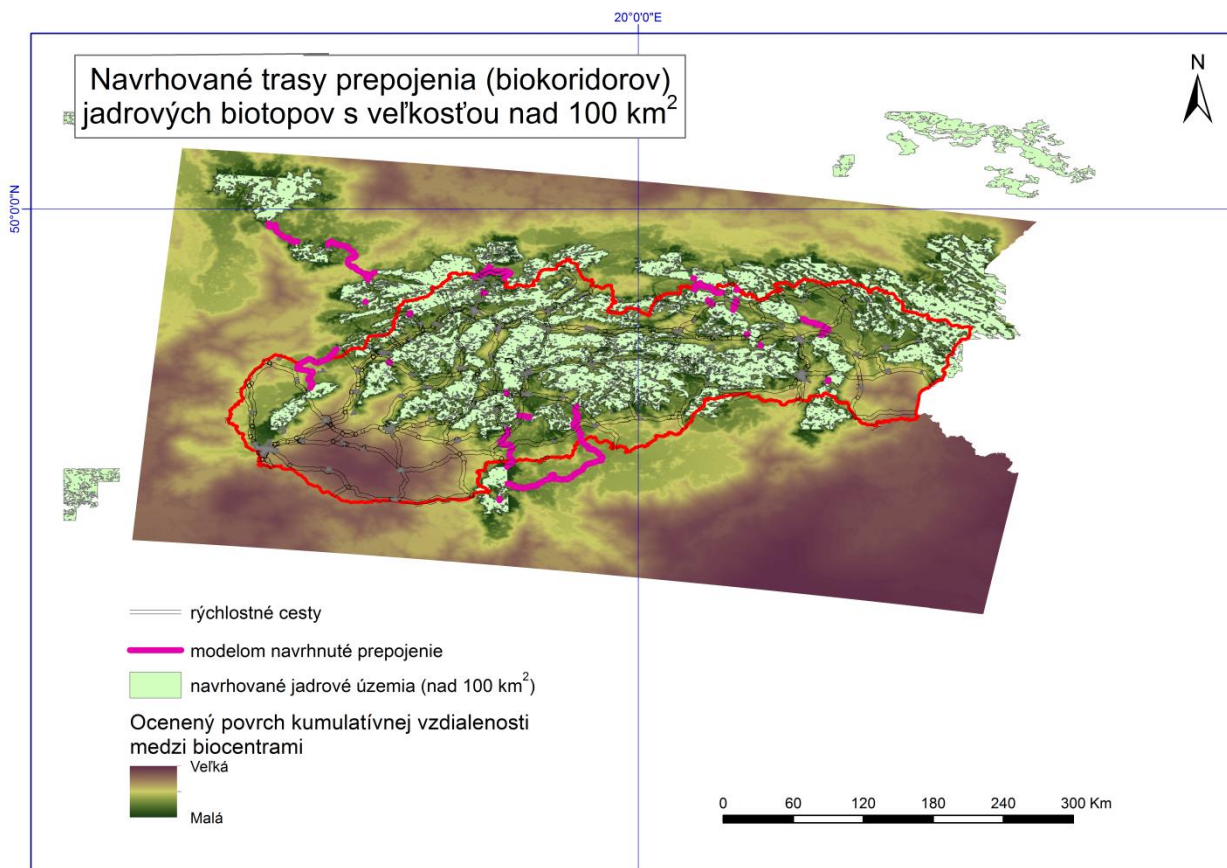
Obr. 3. Mapa „priechodnosti“ územia pre veľké cicavce pre územie Slovenska a jeho bezprostredného okolia spracovaná podľa metodiky Európska environmentálna agentúra (2014)

Na záver sme posúdili „bariérovosť“ okolia modelovaných koridorov pomocou nástroja Barrier Mapper (McRae, 2012), ktorý je súčasťou softvéru Linkage Mapper 1.0.8. Táto analýza identifikuje bariéry v pohybe živočíchov, ktoré ovplyvňujú kvalitu či trasu koridoru. Možno

tak identifikovať úseky, kde odstránením bariéry (napr. premostenie ekoduktom, výsadba a pod.) možno výrazne zvýšiť konektivitu medzi jadrovými územiaми.

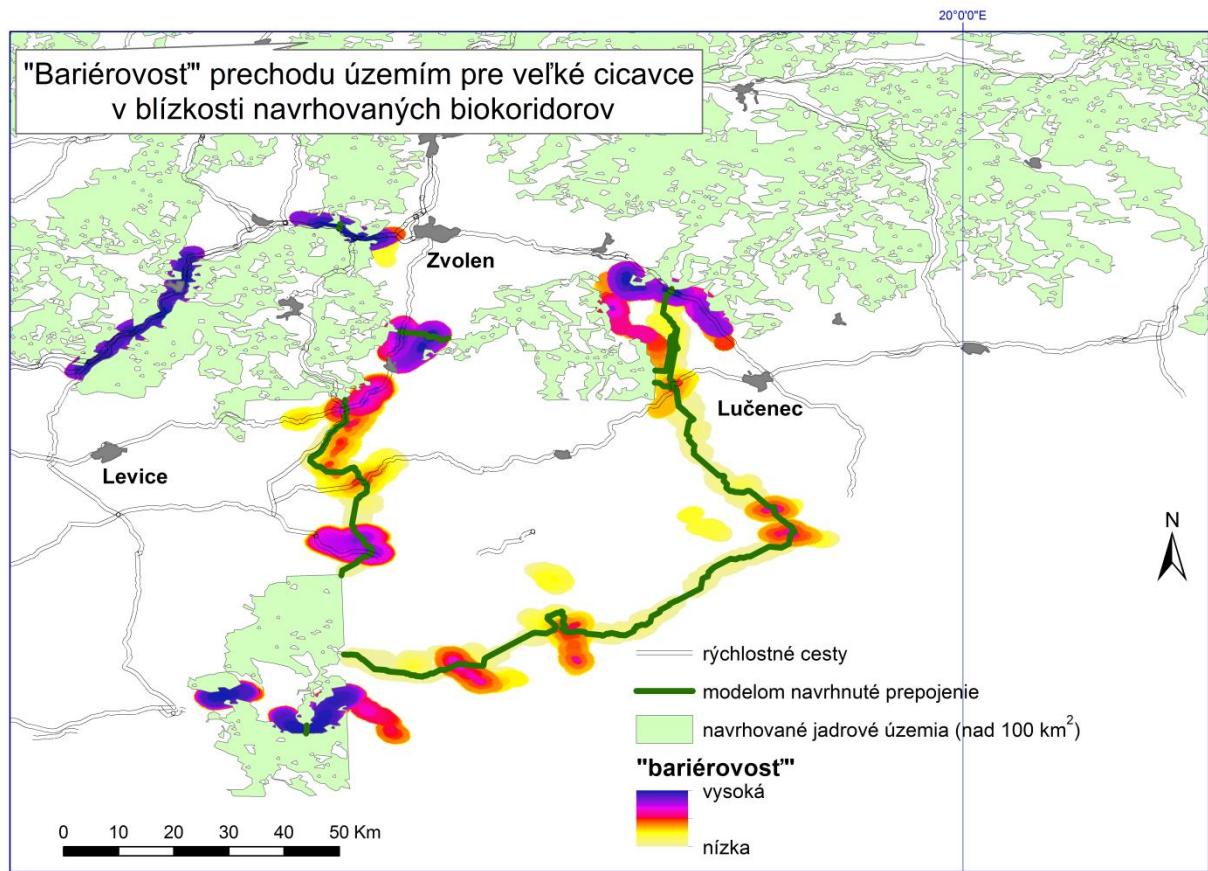
## Výsledky a diskusia

Výsledkom modelovania bola vrstva jadrových území a ich prepojenie navrhovanými biokoridormi. Podľa Birngruber et al. (2012) typická veľkosť biotopu veľkých cicavcov (jedného jedinca alebo malej skupiny) je od 100 do 500 km<sup>2</sup>, preto sa v metodike (Európska environmentálna agentúra, 2014) použil stred tohto intervalu 500 km<sup>2</sup> ako hraničná veľkosť jadrového biotopu (biocentra). Takto definované hodnoty jadrových území sme použili najmä pre porovnanie výstupov z nášho modelovania s výstupmi v metodike (Európska environmentálna agentúra, 2014), keďže zvolená veľkosť územia je skôr vhodná pre identifikáciu biocentier v „nadmárodnom“ (európskom) kontexte. Pre modelovanie koridorov v kontexte územia Slovenska sme za hraničnú veľkosť jadrových území zvolili 100 km<sup>2</sup>. Výsledok modelovania optimálneho prepojenia takto definovaných jadrových území je na obr. 4. Malý výsek z územia Slovenska s výsledkom modelovania „bariérovosti“ v okolí navrhovaných trás



Obr. 4. Modelom (McRae and Kavanagh, 2014) navrhnuté optimálne trasy prepojenia definovaných jadrových území Slovenska a jeho bezprostredného okolia

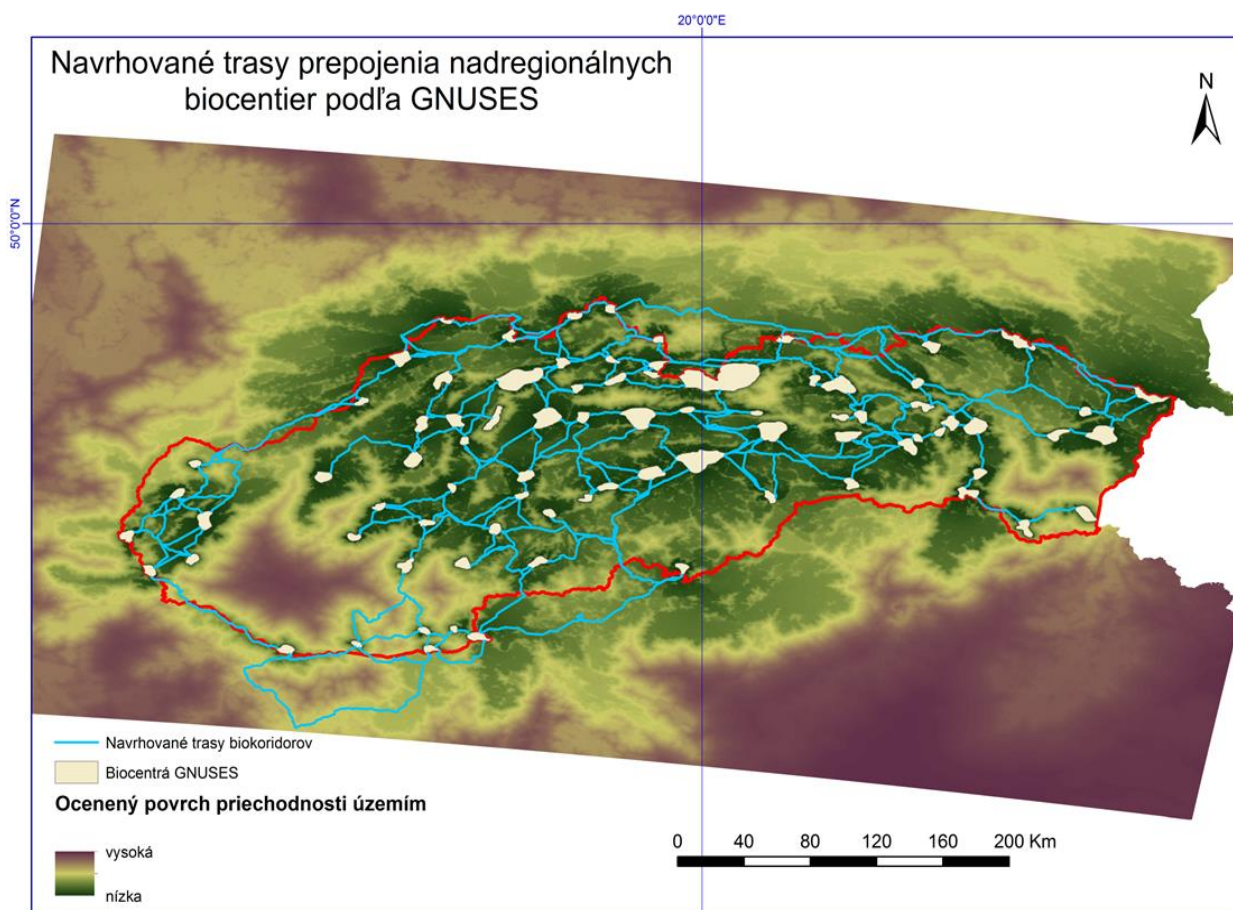
biokoridorov je na obr. 5. Čím vyšší stupeň šede, tým väčšia prekážka v pohybe živočíchov, resp. čím vyšší odtieň šedej tým vyššia konektivita sa dosiahne odstránením bariéry. Pre lepšiu názornosť bola do mapy pridaná aj vrstva rýchlostných ciest.



Obr. 5. Výrez z mapy „báriérovosti“ územia pre pohyb veľkých cicavcov v okolí modelom navrhnutých biokoridorov

Výsledok modelovania siete biokoridorov samozrejme závisí od vstupných premenných, ako je spôsob definovania jadrových území, podrobnosť a mierka použitej krajinej pokrývky, od typu hodnotených živočíchov - pre inú skupinu živočíchov, iné hodnoty priechodnosti (napr. <http://wacconnected.org/>), a pod. V metodike (Európska environmentálna agentúra, 2014) uvádzaný postup vyčlenenia jadrových území je len rámcový. Sú omnoho sofistikovanejšie postupy ich stanovenia, ako napríklad na základe modelovania vhodnosti stanovišťa (Koreň et al., 2011). Taktiež veľkosť biotopu môže byť definovaná rôzne, v závislosti od druhov, pre ktoré je určený, či priestorovej významnosti biotopu (miestna, regionálna a atď.). Napr. Míchal et al. (1991) uvádza veľkosť minimálneho areálu životaschopnej populácie od 5 ha pre makrofaunu bezstavovcov až po 100 – 10 000 ha pre vtáky a veľké cicavce. Na obr. 6 uvádzame výsledky modelovania trás biokoridorov, ak boli jadrové územia definované ako nadregionálne biocentrá





Obr. 6. Modelom (McRae and Kavanagh, 2014) navrhnuté optimálne trasy prepojenia jadrových území definovaných ako nadregionálne biocentrá podľa G-NUSES pre územie Slovenska

G-NUSES. Vrstvu nadregionálnych biocentier sme prevzali z Alasu krajiny SR (Hrnčiarová et al., 2002).

## Záver

Slovenská republika je viazaná na základe európskej legislatívy spracovať hodnotenie veľkosti ekosystémových služieb a ich ocenenie na území Slovenska, na ktoré nadväzuje aj návrh zelenej infraštruktúry. Preto hlavným cieľom našej práce bolo vyskúšať novú metodiku z dielne Európskej environmentálnej agentúry na území Slovenska, zistiť jej možnosti, prípadné úskalia a pod. Prvé výsledky sme priniesli v tejto práci.

## PodĎakovanie

Autor ďakuje agentúre VEGA za finančnú podporu pri riešení projektov č. 1/0186/14 a č. 1/1190/12, v rámci ktorých vznikol prezentovaný príspevok.

## Literatúra:

Anděl, P., Mináriková, T. & Andreas, M. (eds.), 2010: Protection of Landscape Connectivity for Large Mammals. Evernia, Liberec, 134 p.

Beier, P., Spencer, W., Baldwin, R., McRae, B., 2011: Toward Best Practices for Developing Regional Connectivity Maps. *Conservation Biology*, 25(5), p.879–892.

Birngruber, H., Böck, C., Matzinger, A., Pöstinger, M., Söllradl, A., Wöss, M., 2012, Wildtierkorridore in Oberösterreich. Oö Umweltanwaltschaft, Linz.

Boyd, J., Wainger, L., 2003: Measuring Ecosystem Service Benefits: The Use of Landscape Analysis to Evaluate Environmental Trades and Compensation. Discussion Paper. Resources for the Future, <http://rff.org/documents/RFF-DP-02-63.pdf>, 156 p.

Európska environmentálna agentúra, 2014: Spatial analysis of green infrastructure in Europe. EEA Technical Report / No. 2/2014, 56 p., <http://www.eea.europa.eu/publications/spatial-analysis-of-green-infrastructure>

Európska komisia, 2010a: Ekosystémové tovary a služby. Úrad pre publikácie EU, 4 p., <http://ec.europa.eu/environment/pubs/factsheets.htm>

Európska komisia, 2010b: Zelená infraštruktúra. Úrad pre publikácie EU, 4 p., <http://ec.europa.eu/environment/pubs/factsheets.htm>

Hrnčiarová, T. et al., 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, ESPRIT spol. s r. o., Banská Štiavnica. ISBN 80-88833-27-2,

McRae, B.H. 2012. Barrier Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA. Available at: <http://www.circuitscape.org/linkagemapper>.

McRae BH, Dickson BG, Keitt TH, Shah VB, 2008: Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology* 89: 2712–2724. doi: 10.1890/07-1861.1

McRae BH, Hall SA, Beier P, Theobald DM, 2012: Where to Restore Ecological connectivity? Detecting Barriers and Quantifying Restoration Benefits. PLoS ONE 7(12): e52604. doi:10.1371/journal.pone.0052604

McRae, B.H., Kavanagh, D.M., 2014: Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Seattle WA, <http://www.circuitscape.org/linkagemapper>

Míchal, I. et al., 1991: Územní zabezpečování ekologické stability: Teorie a praxe. MŽP ČR, Praha, 150 p.

Koreň, M., Find'ó, S., Skuban, M., Kajba, M., 2011: Habitat suitability modelling from non-point data. The case study of brown bear habitat in Slovakia. Ecological Informatics (6), p. 296 - 302

Sexton, J. O., Song, X.-P., Feng, M., Noojipady, P., Anand, A., Huang, C., Kim, D.-H., Collins, K.M., Channan, S., DiMiceli, C., Townshend, J.R.G. (2013). Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS Vegetation Continuous Fields with lidar-based estimates of error. International Journal of Digital Earth, 130321031236007. doi:10.1080/17538947.2013.786146.

Tuček, J., 1998: Geografické informační systémy. Principy a praxe. Computer Press, 424 p.

# Špecifické vlastnosti historických krajinných štruktúr v kultúrnej krajine, spôsoby mapovania a vyhodnotenia

*Peter Jančura*

**Abstrakt:** príspevok sa zaoberá výskytom špecifického geometrického usporiadania historických zložiek krajinej štruktúry. Ich špecifické tvaroslovie vyžaduje špeciálne mapovanie, identifikáciu v teréne a vyhodnotenie a interpretáciu s využitím technológie GIS. Z hľadiska mapového spracovania informácií je dôležitým aspektom použiteľnosť metód evidencie a interpretácie. Ich čo najväčšia vypovedacia schopnosť. Historické krajinné štruktúry vyžadujú väčšiu škálu spracovania ako sú virtuálne počítačové simulácie máp v GIS. Je im bližšia empiria, tak ako v dôvode ich vzniku, ich súčasného poznania a ich aktuálneho využitia.

Kľúčové slová : Historické krajinné štruktúry, usporiadanosť, informácia, empiria

## **Historické krajinné štruktúry ako špecifický súbor znakov krajine**

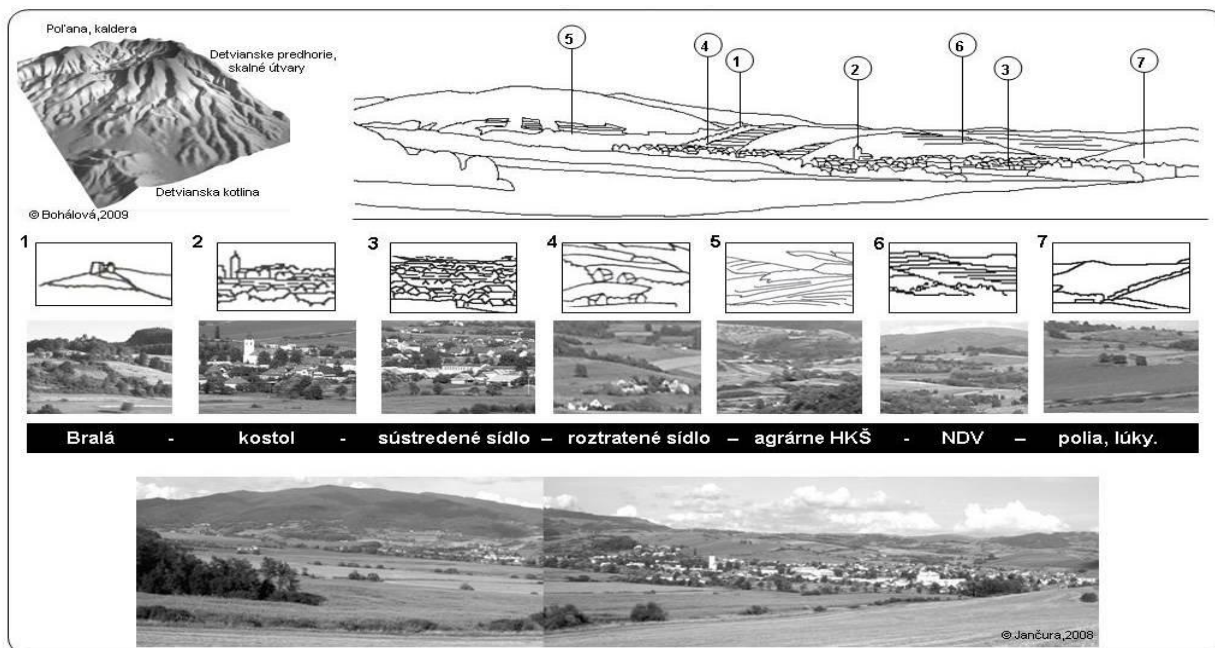
Historické krajinné štruktúry (HKŠ) sú súčasťou súčasnej, aktuálne viditeľnej štruktúry krajinej pokrývky. HKŠ sú „pamäťou“ krajiny, tvoria jej „staršie“ zložky a tak pomáhajú identifikovať nielen priestorovú, ale aj časovú štruktúru krajiny. Môžeme ich chápať aj ako pamiatky v krajine, i keď z hľadiska pamiatkového zákona nie sú chránené. Obvykle ich nachádzame ako fragmenty, pretože postupne zanikajú, alebo sú často prekryté mladšími objektmi, či súčasným využitím zeme. HKŠ vytvárajú špecifické geometrické usporiadanie a kompozíciu zložiek štruktúry krajinej pokrývky označované ako "vzorce" (landscape patterns), respektíve „vzory“ usporiadania. Krajinný vzorec predstavuje typické, alebo unikátne usporiadanie jednotlivých zložiek krajinej štruktúry. Vnímame ich aj ako obrazce s čitateľným usporiadaním bodov, línií a plôch. Môžu mať pravidelný, alebo nepravidelný tvar s prevládajúcim geometrickými líniami a tvarmi (priamky, kolmice, kosé uhly), alebo organickým tvaroslovím (krivky, vlnovky, meandre).

Historické krajinné štruktúry predstavujú historicky podmienené súčasti - subštruktúry usporiadania zložiek súčasnej krajinej štruktúry. Sú axiologicky významnou časťou prírodno-kultúrneho dedičstva a tým spoluvytvárajú charakter krajiny, jej krajinný ráz.

## Súbor znakov v krajine ako špecifický spôsob komunikácie

Krajina, zložky krajinnej štruktúry, sa javia ako súbor charakteristických znakov. Videný znak môžeme interpretovať ako grafickú ikonu, piktogram, alebo ako ich pomenovanie slovom. Znaky, ich semiotické vyjadrenie umožňujú charakterizovať vlastnosti krajiny. Znak je nositeľom informácií o krajine. Je univerzálnym pojmom pre vyjadrenie základných diferenčných jednotiek (zložiek, prvkov), ktoré v krajine tvarovo rozlíšime. Za znak môžeme považovať fyzické, hmotné jednotky (prvky) tak reliéfu, ako aj štruktúry krajinnej pokrývky (land cover) lesy, lúky, polia, sídla, cesty, prípadne objekty v krajine, stavby, dominanty a podobne. Znak môže reprezentovať aj významové vlastnosti, vzťahy a súvislosti. Existuje (konečný) počet znakov ktorý presne charakterizuje krajinu, nezameniteľných s inými krajinami.

V tejto súvislosti skúmania vizuálno-informačných vlastností krajiny je inšpiratívna teória jazyka a vizuálna semiotika. (Sonesson, 2000). Môžeme hovoriť o ikonografických metódach výskumu a poznávania krajiny. Na vyjadrovanie poznatkov potrebujeme slová, termíny, pojmy.



Obr. 1. Charakteristický vzhľad krajiny Podpoľania a ikonografia charakteristických znakov (Slámová 2010)

Možnosť vyjadriť sa a pomenovať, napríklad vlastnosti krajiny, vyplýva z našej slovnej zásoby a vyjadrovacích schopností nášho jazyka. Inak povedané z využiteľnej znakovkej sústavy. Krajine rozumieme vtedy keď rozumieme jej jazyku (Spirn, 1998). Preto je vizuálno-fotografická a vizuálno-ikonická interpretácia krajiny dôležitá. Krajinu môžeme „prepísať“ sústavou obrazov, ikon, či piktogramov, z ktorých „sa skladá“.

Krajina sa „vyjadruje“ obrazmi, ľudia slovami. Krajina je krajinou hlavne videnou. Vizuálne informácie tvoria podstatnú časť toho, čo vytvára naše poznanie krajiny. Text má lineárny priebeh, vyplýva z pravidiel syntaxe. Analýza krajiny má do istej miery podobný charakter ako textová analýza. Krajina, krajinný priestor má „priestorové“ vlastnosti hypertextu, hypertextového prostredia. Môžeme sa v ňom pohybovať (relatívne) ľubovoľne, nie len v lineárnych dráhach. Jednotlivé významné (reprezentatívne, určujúce) znaky tvoria „komunikačné uzly“ a z nich vyplývajú ďalšie informačné a komunikačné dráhy.

Mapa je redukovaná informácia o vlastnostiach krajiny. Je najčastejšie využívaným informačným zdrojom. Z hľadiska pochopenia krajiny je však iba redukovanou informáciou a súborom účelovo vybraných znakov. .

Historické krajinné štruktúry predstavujú čitateľný spôsob pamäte krajiny. Svojim geometrickým usporiadaním, spravidla mikroštruktúr spoluvytvárajú usporiadanie zložiek súčasnej krajinnnej štruktúry. Tým sú vynikajúcim nástrojom komunikácie a informačných väzieb medzi pozorovateľom krajiny a pozorovanou krajinou. Predstavujú samostatný problém identifikácie a interpretácie krajiny. Preto z nich vyplývajú špecifické otázky, ktoré naše krajinnno-ekologické chápanie krajiny posúvajú do nových poznávacích rovín.

### **Riziká prenosu informácií ako spôsobu komunikácie**

Krajinu musíme vidieť a interpretovať tak v horizontálnom ako aj vertikálnom priemete a 3D pomocou šikmých (napr. leteckých) pohľadov. Nášmu pohľadu do krajiny zodpovedá najviac foto-panoráma, v prirodzenom v optickom výreze 3:1 (šírka ku výške obrazu), čo zodpovedá vizuálnej elipse optiky ľudského oka (Smardon, Palmer, Felleman, 1986).

Diferenciácia prístupu medzi mapou a fotografiou vyplýva z rozdielu zobrazovacích metód. Spôsobu premietania lúčov a možnosti priamych porovnaní, mierok a meraní vzdialeností na reprodukovanych „obrazoch“ krajiny.

Mapy predstavujú zobrazenie terénu na základe rovnobežného premietania a rozmery z nich sa dajú aplikovať pomocou mierky aj v reálnej krajine. Priestorové zobrazenie krajiny je

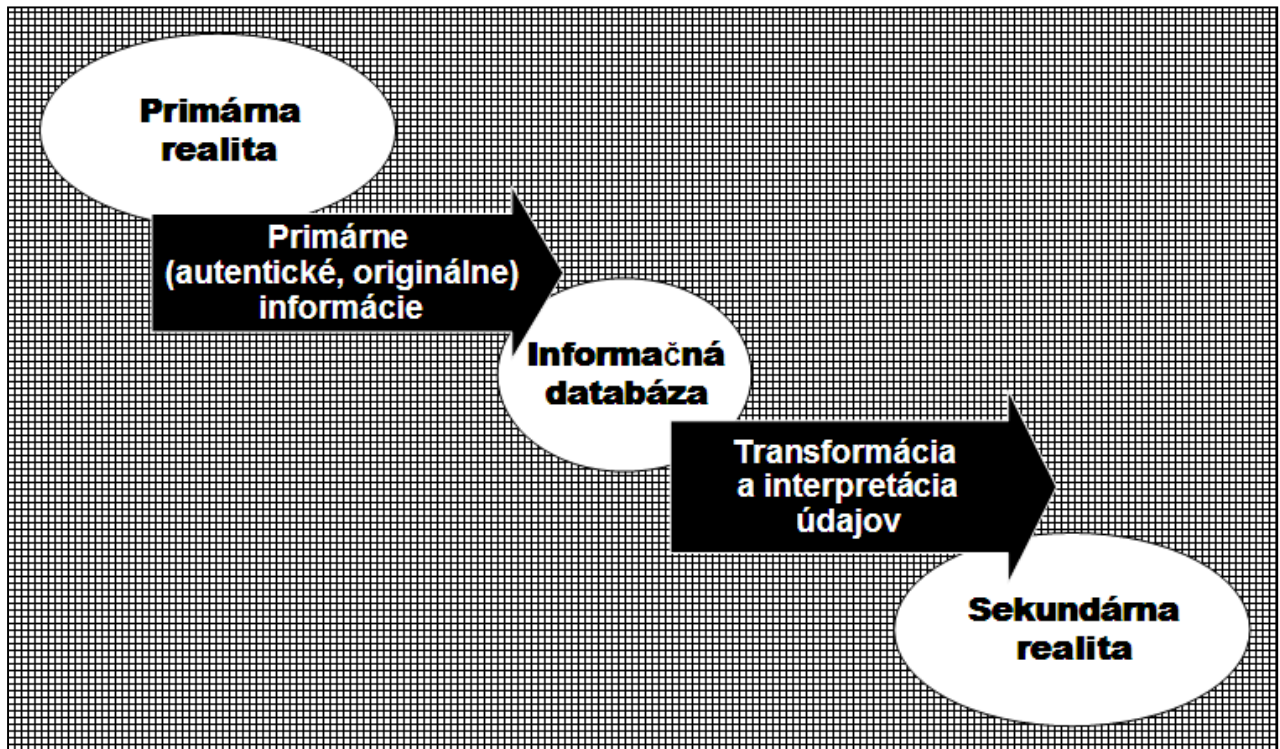
na horizontálnu 2D priemetňu. Mapy majú svoj špecifický jazyk. Porozumieť mape znamená poznať jej legendu a vedieť čítať sústavu jej znakov. Súčasne je potrebné vedieť použiť interpretáciu výškových údajov, ktoré nahrádzajú 3D efekt krajiny v plošnom priemete. .

Fotografie krajiny – panoramatické a sektorálne snímky ((Jančura a kol. 2001) predstavujú centrálnu premietanie, kde sa priebeh premietaných lúčov kuželovite zbieha do jedného bodu (pozorovaného miesta). Tým v nich dochádza k redukcii (skoseniu) priestoru. Priestorové zobrazenie krajiny je prevažne na vertikálnu priemetňu. Z fotografie ťažšie ako z mapy určujeme priestorové vzťahy (vzdialenosti) objektov. Základnou vlastnosťou priemetu snímaných lúčov je perspektíva. Zobrazovaný priestor sa do vzdialenosti od pozorovateľa mení, znižuje. Krajina vo fotografii sa javí ako za sebou zoradený sled „kulís“, jednotlivých horizontov, plánov priestoru. „Čítame“ ich na základe poradia popredia, pozadia, obzoru a krajinných plánov, zákonite radených za sebou. Táto vlastnosť fotografie, akoby odrádzala výskumníkov od ich objektivity. Pokiaľ o týchto vlastnostiach vieme, môže ich použiť pri skúmaní vlastností krajiny ako výskumné metódy. Šikmý fotografický priemet má blízko ku 3D zobrazovaniu, ktoré poznáme ako blokdiagramy krajiny. Špecifickou fotografiou je aj ortofotomapa.

Fotodokumentáciu často chápeme iba ako ilustráciu, či dekoráciu našich štúdií. Napríklad na konferenciách sa často stáva, že fotografie sú uvádzané iba ako ilustrácia témy. Pritom, napríklad vo forenznom kriminalistickom výskume sú rešpektovaným dôkazom skúmanej situácie. V skutočnosti je fotografia významným informačným a dokumentačným zdrojom. Je priamou reprodukciou reálneho videnia (vizuálneho vnemu) v krajine. Je vizuálno-informačným prenosom znakovkej sústavy krajiny. Krajina je plná asociácií a odkazov, na ďalšie znakové sústavy a ďalšie krajiny. Vďaka rozvoju opto-metrických metód (Jančura a kol. 2010) je aj v panoráme možné určiť rozľahlosť (šírku, výšku, hĺbku, vzdialenosti) krajiny, jej rozmery a vizuálno-optické danosti v 3D prostredí. Tie súvisia s možnosťou určenia vizuálnych polí, zložených z vizuálnych sektorov a pásiem, cez ktoré 3D krajiny vnímame. Tiež identifikáciu stanovíšť, odkiaľ vidno primeraný počet reprezentatívnych znakov krajiny. Tým získame informácie o nezameniteľných kombináciách znakov a originalite krajín. O odlišnosti krajinných typov, ale aj „neopakovateľnosti“ krajín, hodnotu a význam krajinného rázu (Jančura a kol. 2010).

## Riziká interpretácie informácií pri spôsobe „komunikácie“ s krajinou

Riziká použitia počítačových technológií a GIS sú všeobecne známe. Určujú ich rizikové faktory (a) transformácie údajov a tým aj redukcie informácií a riziko (b) „nezaručenej“ presnosti, pravdepodobnosti podkladov z ktorých sa vytvárajú mapové kompozície.



Obr. 2. Riziká skreslenia informácií pri ich prenose a spracovaní

Môžeme hovoriť o spätnej väzbe, kontrole, „pomôcke“ alebo „RS“ faktore. „RS“ faktor znamená, že do mapových produktov sa dostávajú (R) redukované informácie, čiže dochádza ku skresleniu atribútov krajinných zložiek. Ďalším rizikom je (S) syntéza informácií, vytváranie fiktívnych modelov krajiny zo série nerovnako presných máp. Tu je riziko, že jednotlivé mapy použité ako podklad v superpozícii majú rozličnú podrobnosť a spoľahlivosť informácií. Preto sú zložené syntetické mapy niekedy málo akceptovateľné. Závisia to aj od toho akú kombináciu kritérií pri „prekladaní“ analytických máp v procese výslednej syntézy používame. Mapový podklad má svoju relatívne obmedzenia. Mierku, presnosť, výber faktov o krajine, zmenu zaznamenaných stavov, výber znakov a pod.

Eliminácia týchto rizík nie je zložitá. Pokiaľ si priznáme predpoklad a riziko „RS“ faktora. Najjednoduchšia je konfrontácia vytvorených máp z reálnym terénom a skúsenosťami s krajinou. Vhodná je aj kombinácia metód mapovania s pasportizáciou údajov



a fotodokumentáciou. Zaujímavé je, že počítačovú interpretáciu považujeme za exaktnejšiu ako empiria, skúsenosti s krajinou. Nie je to tým, že dnes väčšia časť populácie sedí za obrazovkami počítačov, kým donedávna väčšina ľudí trávil svoj čas vo voľnej krajine ?

Tak mapy ako aj fotografie „trpia“ značným skreslením reality.



Obr. 3. Zjednodušený príklad skreslenia informácií reprodukčnou nepresnosťou

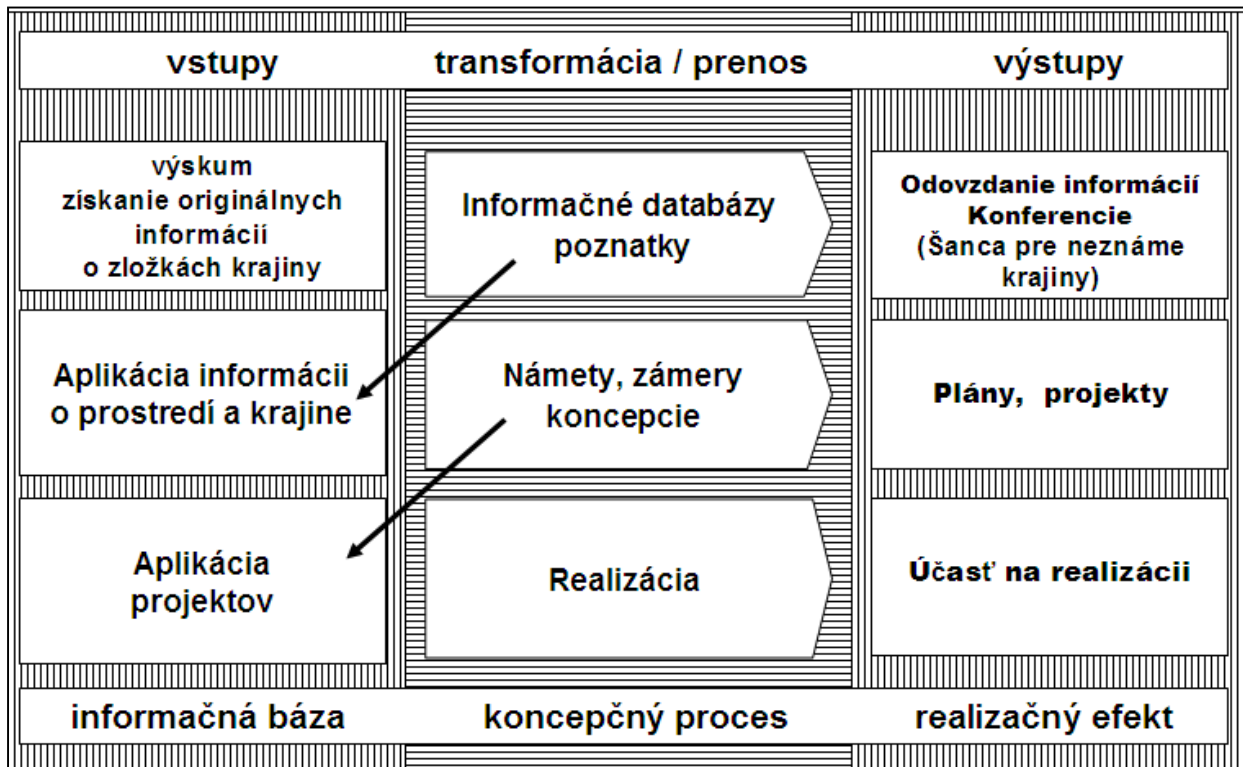
### **Ako vlastnosti pozorovateľa ovplyvňujú vlastnosti pozorovaného objektu**

Vo využití GIS produktov má významnú rolu motivácia ich spracovateľov. Iné je spracovávať súbory údajov a mapové podklady do „skladu“, čiže pre rôzne účelovo orientované informačné systavy. Konfrontácia s realitou má „iba“ informatívnu, často proklamatívnu úroveň. Iné je spracovať informácie pre ich priame praktické využitie. Napríklad pre proces rozhodovania, územné plány, havarijné plány a pod. Konfrontácia s realitou tu môže mať priame následky. Buď je to efektívne predvídanie, presná informovanosť, alebo skreslenie situácie a podcenenie alebo nevhodná interpretácia rizík.

V súčasnosti prebiehajú dva zásadné informačno-rozhodovacie procesy, ktoré vyžadujú exaktné informácie : územný rozvoj (územné plánovania a výstavba) a eliminácia prírodných hrozieb (povodne, zosuvy, erózia). Obidva majú zásadnú „koncovku“ v reálnych následkoch. Mapové podklady majú spravidla koncepčný, plánovací význam. Realizácii zámerov, realizačný význam majú projekty, podrobné situácie a odborné výkresy.

Ak by sme rešpektovali potrebu identifikácie rizík „RS“ faktora v našej práci, určite by to znamenalo prehodnotiť dôvody na čo sa informácie spracovávajú a na aký účel slúžia. To je aj dosť významná otázka do akej miery vieme reagovať na praktické problémy ekologických rizík.

Možno to signalizuje aj súčasný neurčitý stav toho, kto má pravdu a ktorým smerom sa vydať pri plánovaní a realizácii eko-stabilizačných úprav v krajine.



Obr. 4. Význam spracovania informácií v krajinárstve (krajinné inžinierstvo, krajinná architektúra, územné plánovania stavebný poriadok)

Momentálne môžeme, v tomto zmysle, hovoriť o stave informačnej neurčitosti a rozhodovacej nejasnosti. Naši predkovia aj bez počítačov našli metódy eliminácie prírodných rizík. Nie je virtuálno-počítačová dominancia spracovania informácií „blokom“ ku uchopeniu premenlivej reality? Samozrejme tým nepodceňujeme význam počítačového spracovania problematiky, bez ktorého sa aj tak nezaobídeme.

Na konferencii sme prezentovali ukážku mapovania tzv. odrážok v Podpoľaní v Hriňovej. Slúžili na odvádzanie vody z potôčikov cez svahové rigoly. Zásobovali aj miestne studne. Podmáčaním trávnych plôch zvyšovali produkciu biomasy. Ich zánik znamenal nedostatok vody pre usadlosti, čo bolo aj predmetom rokovania miestneho zastupiteľstva. Slúžili tak v období sucha ale aj v období intenzívnych zrážok. Rovnomerne rozvádzali vodu po úbočiach povodia. Ich identifikácia bola možná iba leteckým fotografickým snímkaním pri špecifickom naklonení slnečných lúčov, ktoré tieňovaním prezradili ich polohu. Terénnym prieskumom sa miestami určovali obtiažne. Počítačový model z doteraz známych údajov nebolo možné zostaviť. Zaujímavé, že neboli čitateľné, alebo len čiastočne čitateľné

z historických ortofotomáp. Kombináciou metód krajinárskej fotografie, ikonografie krajiny, GPS a GIS sme dostali adekvátne a primerané poznanie krajiny. Tak sme sa vrátili ku téme historických krajinných štruktúr. Do obdobia, keď skúsenosť, empiria a reálne „kontaktné“ poznanie reality, znamenali viac ako ich virtuálna simulácia.

Historické krajinné štruktúry môže chápať aj ako prínos skúseností, empirie našich predkov ku riešeniu súčasných problémov. Denno-denný kontakt s krajinou. Pokusy a omyly, empirické overenie riešení. To všetko máme zaznamenané v laboratóriu zvaného krajina.

Počítače nám na jednej strane pomáhajú evidovať, spracovať a interpretovať potrebné informácie. Často však vytvárajú akúsi virtuálnu, „salónnu“ odbornosť. Naše presvedčivé mapy z obrazovky môžu byť niekedy fiktívnymi krajinami v nie celkom reálnom teréne. Jeden nepresne zvolený faktor, alebo jeho vynechanie, môže ovplyvniť celý výsledok.

### **Záver. Funkčná rovnováha krajiny**

Jedným z príkladov praktického prístupu ku problémom krajiny je snaha o prepojenie všetkých dostupných metód skúmania a interpretácie s realitou krajiny. Potrebujeme nami používané informačno-komunikačné médiá preniesť a konfrontovať so skúsenosťou s optimálnym fungovaním krajiny. Nielen z máp, nielen z fotografií, ale aj prepojením s reálnou skúsenosťou. Ako podklad pre možné rozhodnutia v krajine. Modelovanie fungovania krajiny v počítačovom prostredí je zaiste potrebná a záslužná činnosť. Ale až ich konfrontácia s praxou ukáže ich účinnosť. Môžeme očakávať že zefektívnieme význam našej práce pri riešení konkrétnych problémov v krajine. Jej hospodársko-úžitkový a eko-stabilizačný účinok. Lepšie pochopíme a zvládneme distribúciu vody v krajine, jej hydro-klimatický efekt. A možno sa vysporiadame aj so súčasným zvláštnym ignorovaním hodnôt krajiny.

To všetko sú aktuálne výzvy. Odpoveď je v spolupráci. Funkčná rovnováha krajiny je naliehavou potrebou dneška. Spojením teórie a empirie, poznatkov zo súčasného výskumu a skúseností z minulosti môžeme napomôcť ku jej riešeniu. Niekedy je dobre pohliadnuť sa, na ceste dopredu. Prípadne sa aj vráťť na miesta ktoré už spoľahlivo poznáme. A potom odznova hľadať nové cesty.

## **Literatúra:**

Jančura P. a kol., : Slámová M., Trizuliaková, K., 2001 : Panorámy. Enviromagazín, 6/2001, mimoriadne číslo, s. 18-19.

Jančura, P., a kol., : Bohálová, I., Slámová, 2010 : Metodika identifikácie a hodnotenia charakteristického vzhľadu krajiny. Vestník Ministerstva životného prostredia, ročník, XVIII, čísla 1b, ISSN 135-1567, s. 2-51)

Sonesson, G., 2000 : Visual signs in the age of digital reproduction. In Gimete Welsh, Adrián, (ed.), Ensayos Semióticos, Dominios, modelos y miradas desde el cruce de la naturaleza y la cultura. Proceedings of the 6th International Congress of the IASS, Guadalajara, Mexico, Pourrua, p. 1073-1084.

Smardon, J.F., Palmer, J.P., Felleman, 1986 : Foundations for Visual Project Analysis. John Wiley a Sons, New York, 359 s.

Spirn, W., A., 1998: The Language of Landscape. Yale University Press, New Haven and London, 326 pp.,

## **Kontakt**

Doc. Ing. Peter Jančura, PhD.

Katedra plánovania a tvorby krajiny, Fakulta ekológie a environmentalistiky

Technickej univerzity vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen1

e-mail: jancura@tuzvo.sk tel. 045/5206 335

Spolupráca

Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica

Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica

e-mail: peter.jancura@sazp.sk tel. 048/437417

# Modelovanie faktorov šírenia kontaminácie v baníckej lokalite Ľubietová nástrojmi GIS

*Jozef Krnáč*

## **Abstrakt**

Predkladaná práca sa zaoberá monitorovaním a vizualizáciou priestorovej distribúcie kontaminantov (ťažkých kovov) v lokalitách poznačených baníckou činnosťou v okolí Banskej Bystrice. Spracovaním problematiky sme chceli poukázať na riziká, ktoré priamo vyplývajú z jednotlivých skládok banských odpadov vo vybraných lokalitách „Ľubietová“ a „Špania Dolina“ na zdroje a intenzitu kontaminácie ťažkými kovmi s predpokladaným modelom šírenia a následným dosahom na životné prostredie.

## **Abstract**

The work is dealing with the monitoring and visualisation of spatial distribution of contaminants (heavy metals) in localities influenced by mining activity in Banská Bystrica surroundings. Our aim was to point out the risks resulting from mining waste dumps in selected localities „Ľubietová“ and „Špania Dolina“, the heavy metals contamination sources and intensity with expected model of spreading and consequent impact on environment.

**Kľúčové slová:** kontaminácia, prvky, ťažké kovy, modelovanie, GIS, šírenie

**Keywords:** contamination elements, heavy metals, modeling, GIS, spread

Medzi závažnú degradáciu pôdy patrí kontaminácia pôd ťažkými kovmi a organickými polutantami, acidifikácia, ale aj alkalizácia a salinizácia pôdy. Medzi dôležité vlastnosti pôdy patrí pôdna reakcia (hodnota pH), ktorá sa používa na indikáciu acidobázických reakcií v pôdach. Početné chemické a biochemické reakcie prebiehajú výlučne pri istých špecifických podmienkach pôdnej reakcie. Tieto chemické a biochemické reakcie vplyvajú na rozklad minerálnych a organických látok, tvorbu ílových minerálov, ovplyvňujú rozpustnosť (mobilitu) látok a tým aj ich biodostupnosť pre živé organizmy, prístupnosť živín, adsorpciu a desorpciu kationov, biochemické reakcie, štruktúru pôdy ako aj fyzikálne vlastnosti. (Jambor a Blowes, 1994; Younger et al., 2002).

Riziko acidifikácie je vodítkom pre stanovenie stupňa rizika environmentálnej kontaminácie krajiny ťažkými kovmi (Domergue a Vedy, 1992). Nand a Verloo (1985) charakterizovali mobilnú frakciu kovov ako sumu rozpusteného podielu kovov v kvapalnej fáze a podielu, ktorý síce ostáva v pevnej fáze, avšak môže postupne prejsť do pôdneho roztoku. Rieuwert et al. (1998) zdôrazňuje dôležitosť mobility kovov, aby bolo možné odhadnúť ich koncentrácie v pôdnom roztoku, v povrchových, drenážnych a podzemných vodách. Celková koncentrácia kovu závisí od obsahu kovu v roztoku, ktorý zase závisí od sorpcie na prírodné sorbenty (napr. ílové minerály, hydrogoethit, zeolity) a uvoľňovania tohto kovu do pôdnom roztoku (Sterckeman et al., 2000). Niektoré koloidné zložky v pôdnom roztoku môžu mať v závislosti od pH kladné alebo záporné náboje, čo významným spôsobom ovplyvňuje kinetiku sorpčných procesov v pôdach a ióno-výmenné reakcie (Čurlík et al., 2003).

Následné šírenie je spôsobené vylúhovaním do spodnej a povrchovej vody, prenosom pôdných častíc pomocou vodnej a veternej erózie.

## **Cieľ**

Cieľom práce bolo analyzovať a vizualizovať prvky ťažkých kovov a ďalšie faktory, ovplyvňujúce kontamináciu životného prostredia študovaných regiónov, resp. modelovanie vývoja v budúcnosti. Na vizualizáciu a modelovanie boli použité nástroje GIS, pomocou ktorých bol spracovaný model odtokových pomerov, hydrický model územia, model potenciálnej a reálnej vodnej erózie, ktoré vstupujú spolu s morfometrickými ukazovateľmi reliéfu do výsledného modelu šírenia kontaminantov v priestore.

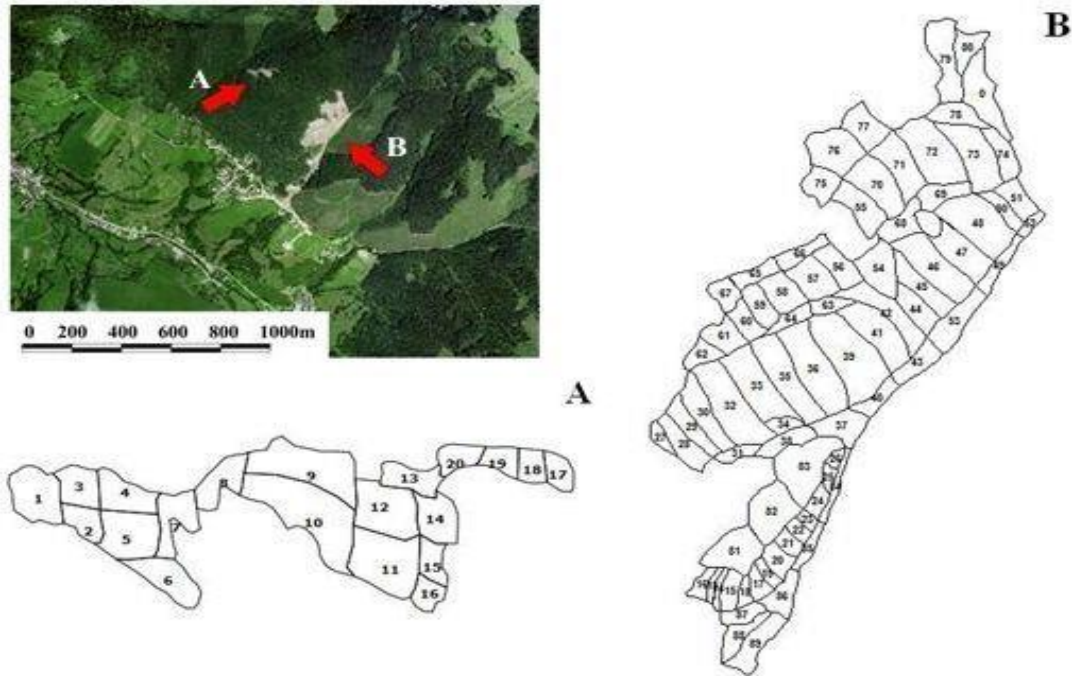
## **Metodika**

Z haldového poľa „Podlipa“ sa v pravidelnej sieti odobralo 89 vzoriek a „Reiner“ 20 vzoriek pôdných sedimentov. Každá vzorka vznikla homogenizáciou 8 – 12 vzoriek, spomedzi ktorých každá mala hmotnosť približne 2 kg následným rozkvartovaním takto získaného materiálu Obr.1.

Aktívne a vymeniteľné pH sedimentov sa stanovilo vo vodnom a 1M KCl výluhu (Sobek et al., 1978). Do navážky 10 g vzorky sa pridalo 25 ml destilovanej vody alebo 1M KCl a po hodinovom miešaní vzorky v elektromagnetickej miešačke sa stanovila acidita pH-metrom.

Možnosťou riešenia kontaminácie z hľadiska použitia nekomerčného nástroja na modelovanie, GIS GRASS je využitie poznatkov morfometrických ukazovateľov reliéfu a časom

zaužívaných metodík vstupujúcich do modelov riešenia odtokových a erózných procesov. Na základe metodík ako boli vyčlenené jednotlivé faktory ktoré majú vplyv na distribúciu kontaminantov v priestore.



Obr. 1. Segmenty odberov lokality a, Reiner, b, Podlipa [Zdroj: Krnáč]

Použité a modifikované metodiky:

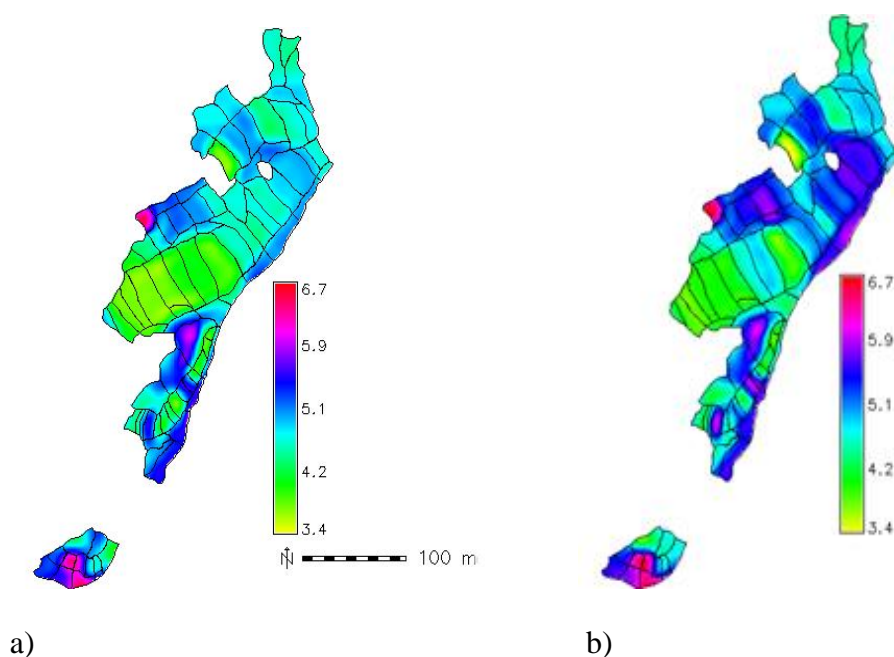
- Transmisivita horninového prostredia: modifikované podľa Beara 1988.
- Delenie a využitie pôdných vlastností: Zachar 1970; Brown 2003.
- Schopnosť pôdy zadržiavať vodu: Bedrna 2002.
- Klimatické pomery: Fojt a Krečmer 1975, Malíšek 1990.
- Morfometrické pomery: Zachar 1970; Miklósa 1993, Moore a Foster, 1990; Mitášová a Mitáš, 2000.
- Charakteristika lesných ekosystémov: Kullu et al. 2006.
- Charakteristika nelesnej krajiny: Heymann et al. 1994, Feranec a Ořahel 2001, 2008.
- Erodivateľnosť: Wischmeier, Smith, 1978, Van Oost, et al., 2000; Van Rompaey, et al., 2001.

Vzájomná syntéza faktorov vybraných z uvedených metódik vstupujúcich do modelu generovaného za pomoci nástrojov GIS nám umožní načrtnúť potenciálne územie, ktoré by mohlo mať predpoklad niesť známky kontaminácie vybranými prvkami ťažkých kovov vylúhovanými alebo šírenými povrchovým odtokom a eróziou v priestore skládok banských odpadov a ich bezprostredného okolia.

## Výsledky

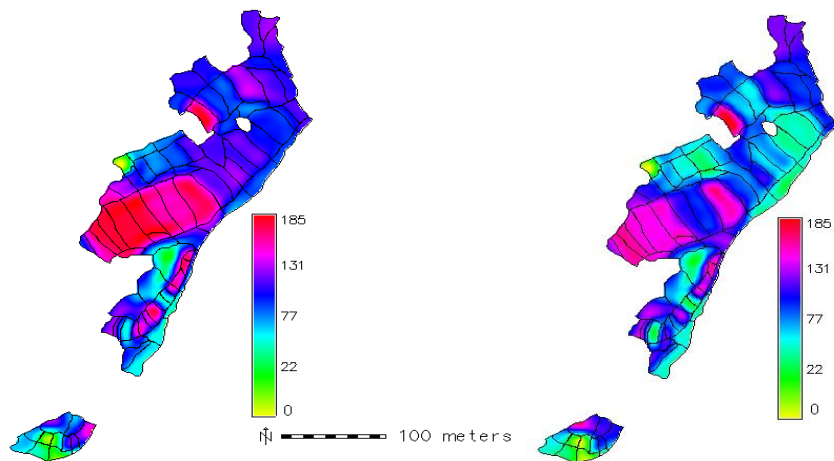
Acidita haldového poľa na základe údajov z výluhov v destilovanej vode a v roztoku 1M KCl je na základe meraní, zobrazená na Obr. 2, a Obr. 4.

Chemickú reakciu pôdy rozlišujeme: a) kyslú (acidnú) - pH 4 a menej, b) neutrálnu - pH 6,5 – 7,4 a c) alkalickú – pH 7,5 a viac (Čurlík et al., 2003). V zmysle tejto klasifikácie bola (až na nepatrné výnimky) v celej študovanej oblasti, hlavne na plošinách haldových terás, nižšia acidita svahov je zrejme dôsledkom intenzívnejšieho vyplavovania materiálu zrážkovou vodou) potvrdená kyslá pôdna reakcia.



Obr. 2. Acidita technogénnych sedimentov na haldovom poli Podlipa; číselné hodnoty udávajú pH a) vo vodnom výluhu, b) vo výluhu 1M KCl

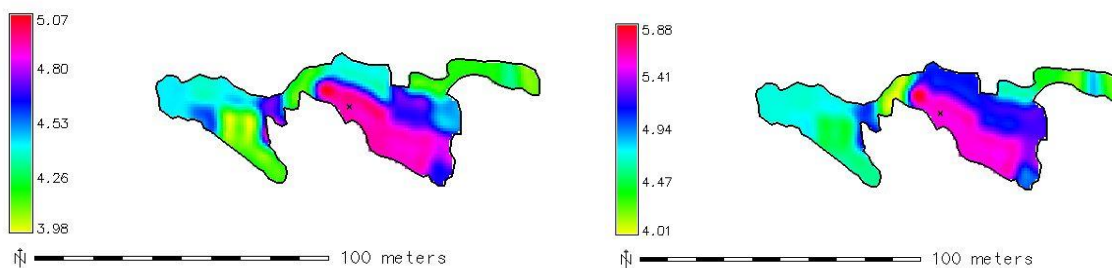




a)

b)

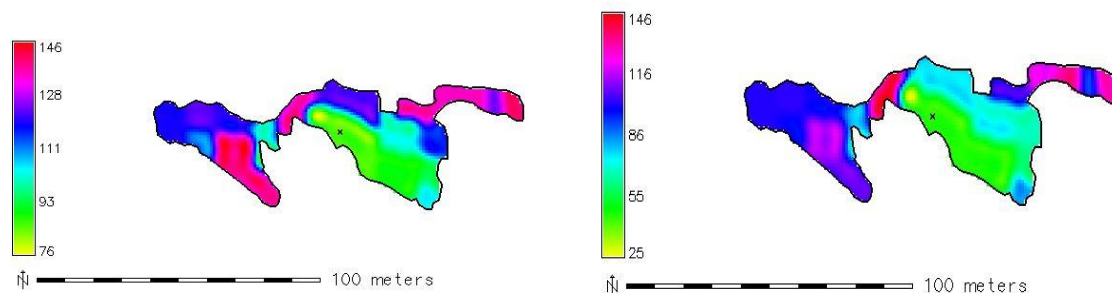
Obr. 3. Hodnoty  $E_h$  technogénnych sedimentov a pôdy na haldovom poli Podlipa; číselné hodnoty udávajú hodnoty  $E_h$  a) vo vodnom výluhu, b) vo výluhu 1M KCl



a)

b)

Obr. 4. Acidita technogénnych sedimentov na haldovom poli Reiner; číselné hodnoty udávajú pH a) vo vodnom výluhu, b) vo výluhu 1M KCl



a)

b)

Obr. 5. Hodnoty  $E_h$  technogénnych sedimentov a pôdy na haldovom poli Reiner; číselné hodnoty udávajú hodnoty  $E_h$  a) vo vodnom výluhu, b) vo výluhu 1M KCl

Najoxidickejšie podmienky indikujú namerané hodnoty Eh (až 156 mV vo vodnom výluhu a 174 mV vo výluhu 1M KCl) na plošinách a vo vrcholových partiách haldového poľa (Obr. 3 a Obr. 5).

### **Šírenie kontaminantov**

V spojitosti so šírením kontaminantov je úzko spojená erózia pôd obr. 6, rozlišujeme erodovanosť, ako dokonanú eróziu a erodovateľnosť, ako potenciálnu eróziu obr. 6. Erodibilita (erodovateľnosť) je náchylnosť, resp. odolnosť pôdy voči erózii - vodnej, veternej a inej. Táto vlastnosť pôdy veľmi úzko súvisí s niektorými jej vlastnosťami a v skutočnosti znamená eróznou hrozbu, ohrozenie pôdy eróziou, alebo jej potenciálnu (možnú) eróziu, vyjadrenú obyčajne v možných stratách pôdy z plošnej jednotky za určitý čas (čo je súčasne intenzita potenciálnej erózie pôdy).

Všeobecný vzorec na výpočet vodnej erózie je:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Kde:

A - stredný odnos pôdy [ $t * ha^{-1} * rok^{-1}$ ]

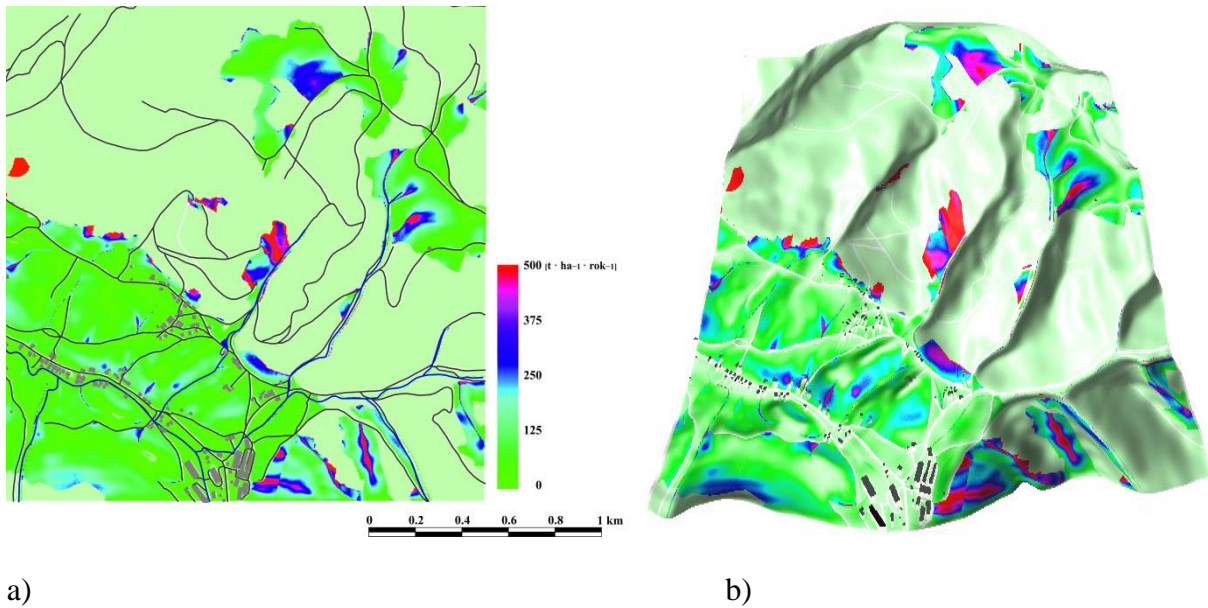
R - faktor dažďa [ $MJ * ha^{-1} * cm * h^{-1}$ ]

K - pôdny faktor

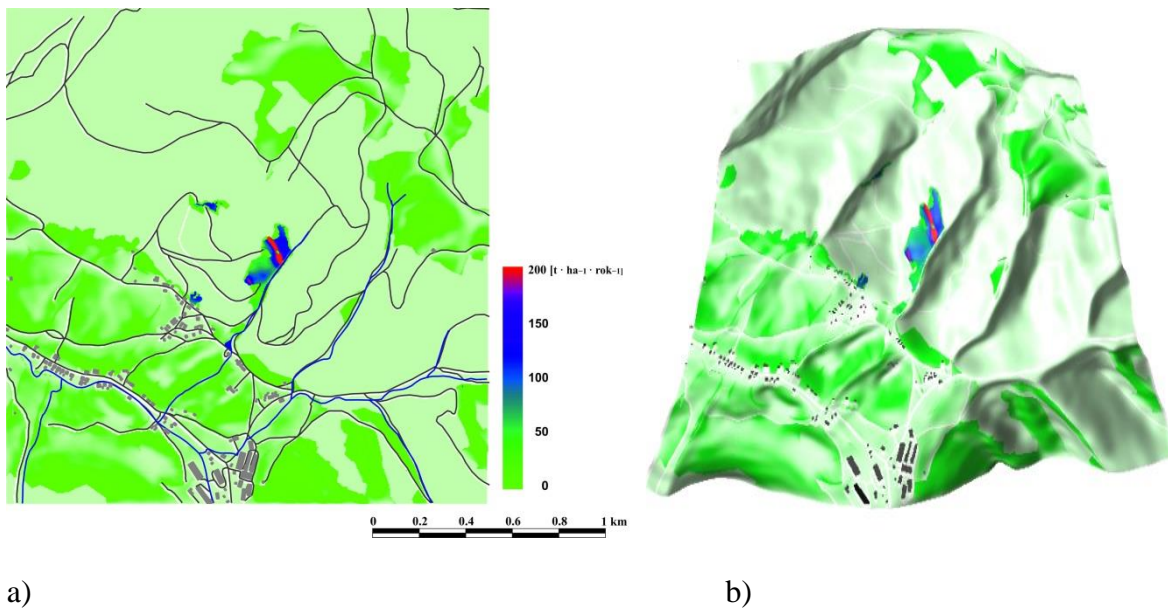
LS - kde L je faktor dĺžky svahu a S faktor sklonu svahu

C - faktor vegetácie

P - faktor protieróznych opatrení

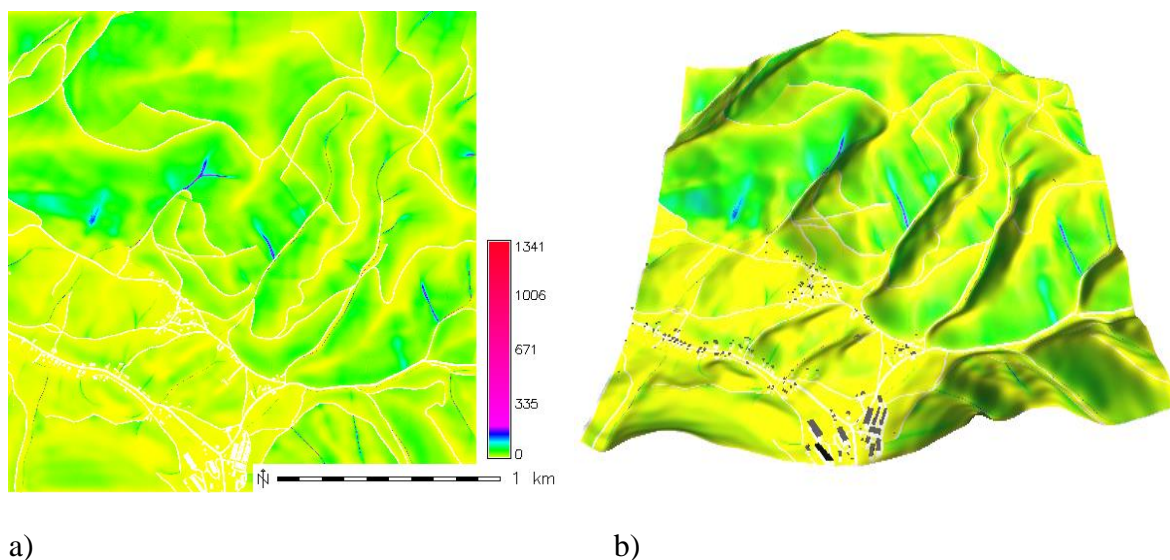


Obr. 6. Potenciálna erózia (model); a) priestorový model, b) vizualizácia na 3D



Obr. 7. Reálna erózia (model); a) priestorový model, b) vizualizácia na 3D

Faktor R bol pridelený na základe porovnania a prekryvu údajov Malíšek a regresie počítanej zo 120 zrážkomerných staníc (zdroj: SHMÚ) na hodnotu 22.5. Faktor K bol vytvorený na základe pôdných máp, konkrétne HPJ (zdroj: VUPUP) kde hodnota faktoru bola stanovená na základe zrnitosti pôdných častíc.



Obr. 8. LS Faktor – model dĺžky svahov; a) priestorový model, b) vizualizácia na 3D

Faktor LS bol vypočítaný podľa Mitáš, Mitášová (1993) vzorcom (obr. 8):

$$\text{Faktor LS} = 1.6 * \exp(\text{ hustota odtoku} * (\text{ewres}/22.1, 0.6)) * \exp(\sin(\text{slope.dem})/0.09, 1.3)$$

Faktor C bol vytvorený podľa metodiky Mitášová Mitáš (2002) v kategóriách:

0.001 – Lesy

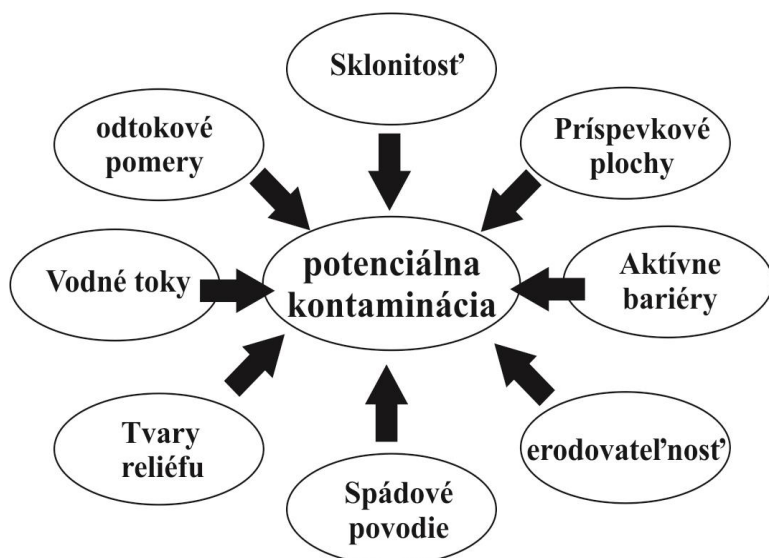
0.005 – Lúky a pasienky

0.235 – Orná pôda a haldy

0 – Intravilán, vodné toky, vodné plochy, cesty, zastavané plochy

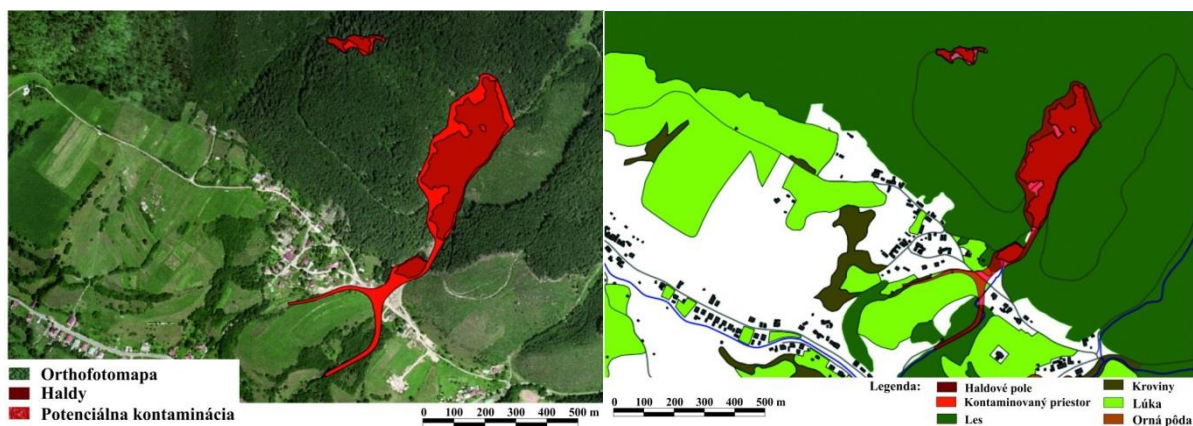
Keďže v území neboli realizované žiadne protierózne opatrenia, daný faktor nebol pri výpočte erózie uplatňovaný.

Na základe zistených skutočností bolo vytvorené schematické riešenie modelu potenciálneho šírenia kontaminantov v priestore lokality Ľubietová (obr. 9).



Obr. 9. Vrstvy vstupujúce do potenciálneho modelu šírenia

Do výpočtu vrstvy vstupovali údaje o sklonitosti územia, príspevkových plôch odtoku vody, reálnej erózie, konkávných tvarov horizontálnej krivosti a v neposlednom rade mikropovaodia do ktorého skúmaná oblasť patrí. Výpočet ovplyvnili priestorové bariéry, ktoré ovplyvňujú šírenie kontaminantov - cesty, vodné toky, vodné plochy, intravilán a zastavaná plocha obrázok 10.



a)

b)

Obr. 10. Vizualizácia kontaminácie nad podkladovou vrstvou

a) orthofotomapy (zdroj: googlemaps);

b) súčasťou krajinou prikrívkou (SKŠ).

## Diskusia

V práci sme riešili modelovanie povrchového odtoku a erózie vplývajúcej na transport kontaminantov v priestore. Pojem modelovanie povrchového odtoku je možné chápať dvoma spôsobmi. Ako prvá možnosť sa nám ponúka je modelovanie priebehu povrchového odtoku v zmysle hľadania trás akumulácie stekajúcej vody, pričom presnosť takéhoto modelu závisí vždy na presnosti vstupných údajov, ktoré tvoria základ takéhoto modelovania. Asi najpresnejšie výsledky by prinieslo nájdenie a zameranie vypočítaných stružiek v teréne čo z hľadiska a množstva vyskytujúceho sa v modelových oblastiach je nereálne. Výborné výsledky však dávajú aj modely vytvorené v GIS. Vychádzajú z teórie, „voda steká v smere najväčšieho spádu“. Základom pritom pre ich tvorbu je analýza reliéfu, na ktorú ponúka dostatočné nástroje aj použitý open software GRASS. S morfolometrickým rozborom reliéfu súvisí najdôležitejší faktor, ktorý vstupuje do nepresností modelu priebehu odtoku, a to je kvalita DMR.

Druhým spôsobom bolo upravenie výsledných akumulčných línií odtoku tak, aby nepriepustné bariéry obtekali, čím sme však stratili čiastočne výpovednú hodnotu výsledného modelu.

Poznanie zákonitostí tvorby odtoku a analýza odtoku v povodiach s rôznymi prírodnými pomermi ukazujú, že pokiaľ ide o vlastnosti povodia, najväčší vplyv na odtok má geologická stavba územia, pôda, zrážková činnosť, morfolometrické ukazovatele a krajinná pokrývka.

Retenčné možnosti úprav v krajine a technických opatrení treba porovnávať s údajmi o pravdepodobných úhrnoch zrážok a ich intenzite na danom území. V podmienkach menej priepustných území, kde je hlavným mechanizmom tvorby odtoku povrchový odtok spôsobený prekročením infiltračnej kapacity pôdy, treba dbať na to, aby opatrenia vykonané na zvýšenie infiltračnej kapacity (určité sanačné opatrenie) nespôsobili narušenie povrchu pôdy. Môže to spôsobiť zvýšenú eróziu a vytváranie hustejšej siete malých tokov, ktoré spôsobia zrýchlený odtok. Opatrenia v oblastiach, ktoré sú blízke stavu nasýtenia (napríklad v blízkosti tokov), sa musia realizovať tak, aby nepodporovali ich rýchlejšie nasýtenie a vytváranie povrchového odtoku.

Na rozdiel od technických opatrení, ktorých účinok vieme s určitou presnosťou vypočítať, účinok netechnických opatrení môže byť v rôznych podmienkach rôzny, dokonca aj negatívny (napr. zvýšené nebezpečenstvo výskytu zosunov pri zamokrení svahov). Opatrenia v malých povodiach preto vyžadujú individuálny prístup prehodnotený odborníkom v danej oblasti.

Na základe záverov z modelovania povrchového odtoku a modelov erózie v záujmovom území môžeme zjednodušene konštatovať, že pre modelovanie je možné plne využiť nástroje GIS GRASS. Presnosť výsledkov však silne závisí na presnosti vstupných údajov.

## **Záver**

V katastrálnom území Ľubietová v banskej lokalite Podlipa sme za pomoci nástrojov GIS vymodelovali potenciálne rozšírenie kontaminácie prvkov ťažkých kovov (Andráš, 2013). Na základe vytvorenej vrstvy a nameraných hodnôt acidity a pôdnej vodivosti predpokladáme možné riziko znečistenia zobrazovanej oblasti ťažkými kovmi vyskytujúcimi sa v skúmanej oblasti. Hodnoty a skupiny ťažkých prvkov, ktorými je skúmané územie kontaminované sú vo fáze rozboru. Na základe výstupov z chemických rozborov sa následne určí typ a riziko pre ľudské zdravie v oblasti ktorú kontaminácia zasahuje. Z vykonaných rozborov vzoriek z vodného toku ktorý preteká katastrálny územím sme zistili že kontaminácia nedosahuje centrum obce ale predpokladáme že najsilnejšia je v haldovej oblasti skúmaného územia.

## **Literatúra:**

ANDRÁŠ, P., ... [ET AL.], 2013: Characteristics of heavy metal distribution at spoil dump-fields of Cu-deposit Ľubietová (Slovakia). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. Vol. 8, no. 3 (August 2013), pp. 87-96. - Baia Mare : North University Baia Mare, 2013

ear, J., Veruijt, A., 1987: Modeling Groundwater Flow and Pollution, D. Reidel Publishing Company, New York, 1987.

BEDRNA, Z. 2002: Environmentálne pôdoznanectvo. VEDA, SAV. Bratislava, 2002, 352 s.

BROWN, B. 2003. Mint soil fertility research in the PNW. Western Nutrient Management Conf. 5:54-60.

ČURLÍK, J., BEDRNA, Z., HANES, J., HOLOBRADÝ, K., HRTÁNEK, B., KOTVAS, F., MASARYK, Š., PAULEN, J. (2003): Pôdna reakcia a jej úprava, Bratislava, ISBN 80-967696-1-8, 249 s.

DOMERGUE, F. L., VEDY, J. C. (1992): Mobility of heavy metals in soil profiles. Intern. J. Environ. Anal. Chem. 46(1-3): 13-23.

FERANEC, J., OŤAHEL, J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska. Bratislava (VEDA).

FERANEC, J., OŤAHEL, J. (2008). Land cover changes in Slovakia in the period 1970-2000. Geografický časopis, 60, 113-125.

FOJT, V., KREČMER, V., 1975: Tvorba horizontálních srážek z mlhy a jejich množství ve smrkových porostech středohorské oblasti, Vodohospodářský časopis, roč. 23, 1975, č. 6, str 581 –606

Heymann JAW, Sarker R, Hirai T, Shi D, Milne JLS, Maloney PC and Subramaniam S (2001) Projection structure and molecular architecture of OxIT, a bacterial membrane transporter. EMBO J, 20, 4408–4413.

JAMBOR, J. L., BLOWES, D. W. (1994): Mineralogy of sulfide-rich tailings and their oxidation products. In: Jambor J. L., Blowes, D. W. (eds.): Short course handbook on environmental geochemistry of sulfide mine-waters. Miner. Assoc. Canada, 22, 1-438

KULLA, L., 2006: Vzťah aktuálneho odumierania smreka na severozápadnom Slovensku k vybraným ekologickým faktorom. In: Kodrík, M., Hlaváč, P., (eds.): Uplatňovanie nových metód v ochrane lesa a ochrane krajiny. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, Zvolen, 8. - 9. 9. 2005, 19 - 24.

MALÍŠEK, A. 1990, Zhodnotenie faktora eróznej účinnosti prívalovej zrážky. Geografický časopis, 42, 410 - 422.

MIKLÓS, L., 1993: Integrated Information System of Environment and GIS, 6: pp. 62-73.

MITASOVA, H., MITAS, L., (2000): Modeling spatial processes in multiscale framework: exploring duality between particles and fields. Presentation at GIScience 2000 conference, Savannah, GA. Available at <http://www2.gis.uiuc.edu:2280/modviz/gisc00/duality.html> (Verified Sept. 2001.)

MOORE, I., D. - FOSTER, G., R. 1990: Hydraulics and Overland Flow. In: Anderson, M.,G., Burt, T., P. (eds.) Process Studies in Hillslope Hydrology, John Wiley & Sons., s. 215

NAND R., VERLOO, M. (1985): Effect of various organic materials on the mobility of heavy metals in soil. Environ. Pollution (B) 10: 241–248.

NETELER, M., (2000): GRASS-Handbuch. Der praktische Leitfaden zum Geographischen Informationssystem GRASS. Geosyntethys 11, Geographisches Institut der Universität Hannover, 2000

RIEUWERTS, J. S., THORNTON, I. FARAGO, M. E., ASHMORE, M. R. (1998): Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. Chem. Spec. Bioavail. 10(2): 61–75.



SOBEK, A. A. ET AL. 1978. Field and laboratory methods applicable to overburden and minesoils. U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Technology, EPA 600/2-78-054, Cincinnati, OH, 203. p

STERCKEMAN, T., DOUAY, F., PROIX, N., FOURRIER, H. (2000): Vertical distribution of Cd, Pb and Zn in soils near smelters in North of France. Environ. Pollution 107: 377–389.

VAN OOST, K. - GOVHRS, G. - DESMET, P. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. - Landscape Ecology 75. pp. S77-S89.

VAN ROMPAEY, A.J. J. - GOVERS, G. - PUTTEMANS, C. 2002. Modelling land use changes and their impact on soil erosion and sediment supply to rivers. — Earth Surface Processes and Landforms 27. pp. 481-494J

WISCHMEIER, W. H. - SMITH, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses - a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537, Washington (USDA).

ZACHAR, D. 1970. Erózia pôdy. Bratislava, Vydavateľstvo SAV.

Young, P. A., Mamajek, E. E., Arnett, D., & Liebert, J. 2001, ApJ, 556, 230

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

RNDr. Jozef Krnáč, Križovatka 913/10, 969 01 Banská Štiavnica;

# **Zavádzanie geoinformačných systémov v samospráve miest – realita alebo vízia?**

*Dagmar Kusendová*

## **Úvod**

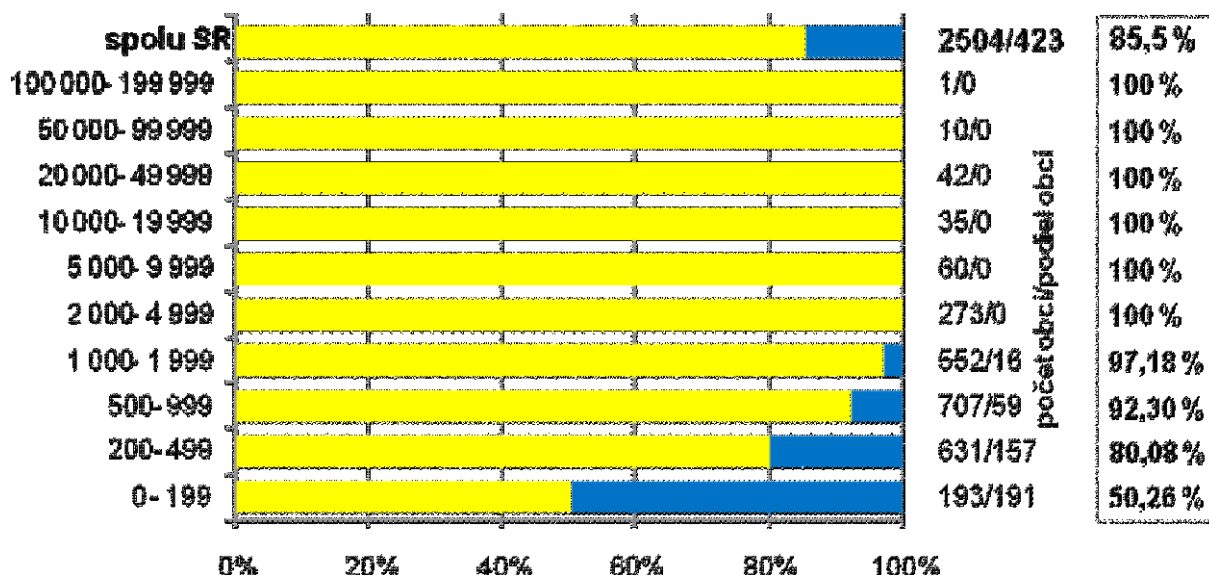
Zavádzanie geografických informačných systémov (GIS) v samospráve sa uskutočňuje na Slovensku už dávnejšie s väčším alebo menším úspechom. Aktuálne realizovaný Operačný plán informatizácie spoločnosti (OPIS) sa venuje v jednej z pilotných osí aj informatizácii samospráv, v ktorej sa rieši čiastočne aj zavádzanie GIS a ich služieb najmä na úrovni samosprávnych krajov. Štúdia realizovateľnosti bola spracovaná už v roku 2009 (ELEKTRONIZÁCIA SLUŽIEB VÚC, 2009), ako sa však realizuje v praxi je aktuálnou témou nielen pre geoinformatikov. Menšiu pozornosť štát venuje zavádzaniu GIS na nižšej úrovni miest a obcí, kde je výkon verejnej správy najväčší. Ide o zložitý proces, ktorý ovplyvňuje množstvo vnútorných a vonkajších faktorov vrátane transpozície a implementácia národných a európskych informačných smerníc a predpisov. Ich identifikácia a analýza z hľadiska postupov implementácie do výkonu mestských samospráv, spolu s hodnotením „prínosov“ a „strát“, by mohli byť užitočné pre ďalších budúcich realizátorov a používateľov mestských GIS. Osobitne cenné sú najmä praktické skúsenosti a poznatky s využitím GIS vo verejnej správe na úrovni miest. V príspevku približujeme najmä túto oblasť na príklade zavádzania GIS na mestskej časti Bratislava Staré Mesto. Využili sme informácie a skúsenosti ľudí – zamestnancov samosprávy, ktorí sa podieľajú na tvorbe prezentovaného GIS.

## **Informatizácia a geoinformatizácia samosprávy Slovenska**

Téme geoinformatizácie samosprávy v podmienkach Slovenska sa venuje nedostatočná pozornosť. Komplexnejšie sme sa jej preto venovali v článku (KUSENDOVÁ, 2014) s dôrazom na procesy zavádzania GIS do výkonu mestských samospráv (mesto Skalica), v ktorých sú vhodné podmienky pre zavádzanie GIS s využitím informácií a skúsenosti zamestnancov samosprávy, ktorí sa priamo podieľajú na tomto procese. Geoinformatizácia samospráv sa u nás, podobne ako v iných štátoch, stáva nedeliteľnou súčasťou informatizácie verejnej správy s dôrazom na rast podielu elektronických služieb (Zákon Národnej rady SR č. 305/2013 Z. z. o eGovernmente), zavádzania informačných systémov a elektronického výkonu verejnej moci už aj na základe legislatívy. Zákon NR SR č. 275/2006 Z. z. o informačných systémoch verejnej správy ukladá každej obci povinnosť vypracovať Koncepciu rozvoja informačných systémov.

Ide o strategický dokument povinnej osoby v oblasti rozvoja informačných systémov verejnej správy a je podmienkou žiadosti o eurofondy, ktoré dnes tvoria ťažisko financovania informatizácie najmä veľkých miest. Túto povinnosť majú aj obce s viac ako 1000 obyvateľmi, resp. každá obec, ktorá žiada finančné prostriedky z verejných zdrojov ako je napr. OPIS. Napr. výzva eMESTÁ (2014) sa obmedzuje žiadosti o nenávratný finančný príspevok len na obce s počtom obyvateľov nad 20 tisíc v pomere 85% z fondov Európskej únie, 10% zo štátneho rozpočtu a len 5% ide z rozpočtu obce.

Silný podnet k informatizácii výkonu verejnej správy dal najmä Zákon NR SR č. 211/2000 Zb. o slobodnom prístupe k informáciám, ktorý stanovil vybraným obciam/mestám povinnosť zverejňovať prostredníctvom oficiálnej webovej stránky presne vymedzené informácie. Internetové stránky miest a obcí sa stávajú základným komunikačným nástrojom, či už medzi so štátnou správou, ostatnou samosprávou, občanom, resp. verejnosťou. Využívajú sa ako prístupové miesta pre tvorcov aj používateľov účelových geoinformačných systémov, či už vo časti back- alebo front-office. Od úrovne informačných služieb samosprávy sa odvíja aj ich geoinformačná úroveň a stratégia. V. Bačík na svojej stránke [www.sodbtn.sk/obce](http://www.sodbtn.sk/obce) sleduje už niekoľko rokov túto oblasť prostredníctvom rôznych štatistík (BAČÍK, 2014; BAČÍK, 2010). Na základe nich sa dá konštatovať, že v tejto oblasti pokročili najmä mestá a obce s viac než 2 tisíc obyvateľmi. Všetky už majú oficiálnu stránku (obr. 1). Podrobnú analýzu internetových stránok našich miest spolu s internou anketou poskytuje HIRTLOVÁ (2010).



Obr. 1. Štatistika obcí s oficiálnou internetovou stránkou (podľa BAČÍK, 2014, [www.sodbtn.sk/obce](http://www.sodbtn.sk/obce))

Proces geoinformatizácie verejnej správy Slovenska, podobne ako v iných postkomunistických štátoch, výrazne ovplyvňuje reforma verejnej správy, ktorá špecifikuje oblasti pôsobenia štátnej správy a samosprávy po roku 1989 a ich hierarchizáciu od lokálnej po štátnu úroveň. Len postupne sa vytvára systém samosprávnych jednotiek (municipalít) a optimalizuje sa územná organizácie samosprávy, či už z hora vymedzením samosprávnych krajov alebo zdola formou vytvárania spoločných obecných úradov (GRÁC, 2011).

Samosprávne subjekty, v rámci prenosu značnej časti správnych výkonov od štátu, zreálňujú svoj správny a územný systém, hoci prenos kompetencií sa realizuje legislatívne už od roku 1990 na miestnej (obce) a od roku 2001 na regionálnej úrovni (samosprávne kraje), ale stále bez dostatočných finančných, personálnych a ďalších podmienok. Tomu odpovedá aj pomalé zavádzanie aplikácií GIS do výkonu samospráv, aj keď štát sa snaží podporiť tieto procesy rôznymi výzvami a projektmi najmä z Programu informatizácie verejnej správy na lokálnej (DÁTOVÉ CENTRUM OBCÍ A MIEST, 2011) a regionálnej úrovni (MAKARA, 2009, ELEKTRONIZÁCIA SLUŽIEB VÚC, 2009).

### **Geografický informačný systém mestskej časti Bratislava Staré Mesto**

Zavádzanie informačných systémov je doménou miest a mestských častí s dostatočným počtom obyvateľov a ďalších koncentračných, funkčných a inštitucionálnych dimenzií (GRÁC, 2011). Obvykle vytvárajú vlastné GIS s vyústením do aplikácií typu WEBGIS, resp. InternetGIS (KUSEDOVÁ, 2014). Nasledujúca časť sa venuje procesu zavádzania takéhoto GIS do reálnej prevádzky na mestskej časti Bratislava Staré Mesto a skúsenostiam jej pracovníkov (TREUER, 2013).

Miestny úrad (MsÚ) mestskej časti (m. č.) Bratislava Staré Mesto nemal po roku 1989 žiadny ucelený geografický informačný systém. Boli určité pokusy o tento typ aplikácií, od aplikácie Kokeš (koncom 90.tych rokov minulého storočia), ktorá slúžila len ako informačná báza pre vtedajšie oddelenie hlavného architekta, až po nadstavbu Informačného systému (IS) od firmy CORA GEO, ktorej grafický portál bol na úrade v testovacej verzii. Bola v ňom zobrazená len vektorová katastrálna mapa včítane popisu. Mapa mala okrem základného prepojenia na modul Kataster nehnuteľností v IS aj prepojenie na miestne dane, čo uľahčovalo pracovníckam priame vyhľadávanie informácií. Z dôvodov zmeny IS a vízie tvorby nového komplexného IS na úrade sa tento grafický portál nedostal do ostrej prevádzky a jeho činnosť bola ukončená.

Od začiatku roku 2011 sa na úrade buduje nový komplexný IS, zaviedli sa nové elektronické služby a prišla potreba riešiť aj GIS. V prvom kole malo ísť o podporu pre zamestnancov úradu, aby získali nástroj na zlepšenie ich práce a v druhom kole o aplikáciu pre širokú verejnosť. V súčasnosti sa úrad nachádza na rozhraní týchto dvoch fáz. Aplikácia pre zamestnancov je už nasadená a používa sa v ostrej prevádzke a momentálne sa riešia legislatívne, technické a finančné podmienky pre prístup širokej verejnosti. Treba pripomenúť aj skutočnosť, že na tvorbe GIS sa podieľali informatici úradu a posilnila sa aj ich pozícia. Po dlhých rokoch, kedy bola informatika na úrade len na úrovni referátu, sa v roku 2011 po zmene organizačnej štruktúry dostala na úroveň oddelenia (Oddelenie informatiky, verejného obstarávania a vnútornej kontroly).

Zmluva o poskytovaní služieb medzi mestskou časťou a dodávateľskou firmou (GISTA s.r.o.) bola podpísaná v lete roku 2012. Nasledovalo stretnutie zamerané na prezentovanie funkcií externej aplikácie GIS, boli špecifikované jej požadované funkcie, dohodnutá forma a spôsob dodávky dát. Za základné dátové geobjekty/vrstvy, na ktoré sa pripájajú dáta úradu, boli vybrané: parcely, adresné body, budovy, ulice, špeciálne objekty (reklamné billboardy, stromy a pod.). Parcely sú napĺňané z údajov poskytovaných z katastra nehnuteľností (KN), uličný systém dodala firma (samostatne spracovaný na mieru). Bolo rozhodnuté, že ako adresné body budú použité orientačné čísla budov a pre budovy sa použili súpisné čísla (údaje z KN). Špeciálne body budú napĺňané dodatočne podľa požiadaviek úradu. Vhodný adresný systém pre potreby úradu má napríklad aj Bratislavský samosprávny kraj, na jeho použitie má však len licenciu, nie je vlastníkom dát, vlastní ich dodávateľská firma. Problém s dostupnosťou adresných bodov bol vyriešeným objednaním spracovania adresného systému od dodávateľskej firmy. Finančné náklady pre úrad predstavujú 195 Eur vrátane DPH mesačne. Ďalšie financie budú potrebné pri pridávaní nových vrstiev, funkcií a prepojení (sumy rádovo v stovkách Eur). Celý systém je verejne dostupný na <http://mapa-ba-stare-mesto.gisplan.sk/mapa/>.

V roku 2013 boli nasadené do reálnej prevádzky nasledujúce vrstvy: Podkladová mapa (tvorená: hypsometrickou mapou a ortofotomapami z rokov 2007, 2010, 2011); Katastrálne údaje: parcely registra C a E, druhy pozemkov, parcely C so stavbou, intravilán; Majetok mestskej časti: vlastné parcely C a E, spravované parcely C a E; Adresy a orientácie: ulice a cestné komunikácie, miestopis, budovy, adresy; Územné členenia: katastrálne územia; Stavebný úrad: budovy z roku 2011.

Ortofotomapy dodávajú a ponúkajú pre riešenia GIS u nás viaceré súkromné firmy, obvykle v periodicite raz za rok, staršie snímky (pred rokom 2000) vo väčších intervaloch. Najstaršie

čiernobiele snímky s malým rozlíšením sa dali získať z územia mestskej časti z roku 1948. Vrstva Katastrálne dáta ponúka všetky možnosti, ktoré sú dostupné z KN. Vo vrstve Majetok sa dajú filtrovať parcely patriace mestskej časti a aj spravované miestnym úradom. Vrstva Územné členenie slúži na filtrovanie jednotlivých katastrálnych území, keďže je však mestská časť Bratislava Staré Mesto tvorená len jedným katastrálnym územím, nemá táto vrstva reálne využitie. Na pracovnej vrstve budovy je porovnanie stavu budov medzi rokmi 2008 a 2011 podľa dát KN. Katastrálne dáta (grafické aj popisné) boli poskytované a aktualizované na základe zmluvy medzi mestskou časťou a Katastrálnym úradom v Bratislave bezplatne v periodicite 6-krát ročne (hodnota spracovania dát dodávateľom systému GIS je však rádovo v stovkách eur). Kvôli možnosti prístupu občanov k dátam (nielen zamestnancov úradu), bolo treba zmluvu upraviť.

V súčasnosti zamestnanci úradu využívajú najčastejšie funkciu vyhľadávania parciel a informácií o nich (vrátane celých listov vlastníctva). Význam tejto služby vzrástol najmä po tom, čo približne v polovici októbra 2012 bola z [www.katasterportal.sk](http://www.katasterportal.sk) neočakávane odstránená vektorová mapa katastrálneho územia m. č. Bratislava Staré Mesto z dôvodu nedostatočnej kvality dát. Druhé v poradí je využitie vrstvy Majetok, kde môžu kontrolovať majetok vo vlastníctve a v správe mestskej časti. Pracovníci Stavebného úradu využívajú možnosť porovnania starého a nového stavu zastavanosti územia. Systém GIS a jeho on-line mobilná aplikácia poskytuje nástroje na reálnu kontrolu majiteľov domov, bazénov a iných (čiernych) stavieb a znižuje výjazdy pracovníkov do terénu (STARÉ MESTO SI POSVIETI NA MAJITEĽOV STAVIEB, 2012). Pracovníci si môžu na základe súradníc GPS a prepojenia na server GIS okamžite v teréne zistiť dáta o parcele, vlastníkoch a v budúcnosti aj o prebiehajúcich stavebných konaniach.

K plánovaným funkciám systému GIS patria:

1. Územný plán – problémom sú podklady (formát PDF, chýba kompatibilný mapový podklad). Prebiehajú rokovania so spracovateľmi územných plánov o poskytnutie vhodných podkladov, alternatíva ručného, resp. poloautomatické prekreslenie do vhodného formátu neprichádza z finančných dôvodov do úvahy. Získaním vrstvy s územným plánom by úrad získal ďalšiu možnosť porovnania medzi schváleným územným plánom a reálne zastavanou plochou.

2. Stavebný úrad – zavádza nový informačný systém (VITA software Stavebný úrad), ktorý má pomôcť vykonávať a automatizovať prácu a viesť celý proces stavebného konania. Výstupom z tohto softvéru bude nová vrstva v GIS, v ktorej budú zobrazené aktuálne územné a stavebné

konania a kolaudácie. Prepojenie bude realizované cez webové služby s pravidelnou automatickou aktualizáciou z informačných systémov samosprávy.

3. Psy – vrstva zaevidovaných psov podľa agendy Miestne dane. Riešenie premietne údaje priamo do mapy. Získané výstupy môžu pri plánovaní vytvárania výbehov a pri umiestňovaní košov na psie exkrementy.

4. Inšpektori verejného poriadku – pohyb inšpektorov verejného poriadku po území mestskej časti je sledovaný pomocou mobilov s GPS, riešenie realizuje ďalšia externá firma.

5. Aplikácia pre iPhony – existujúca iPhone aplikácia „Bratislava Staré Mesto“ umožňuje obyvateľom a návštevníkom Starého Mesta zobrazit' si na mape rôzne kultúrne a verejné inštitúcie a pamiatky, dáta z aplikácie sa použije aj v GIS s prístupom pre verejnosť.

6. 3D model budov – výhodné pre možnosť zisťovania výšky budov a ich porovnaní s územným plánom pri výstavbe.

## **Záver**

Ak by sme mali zhrnúť základné výhody systému GIS sledovaného samosprávneho miestneho úradu, tak prezentovaný GIS „šitý na mieru“ racionalizuje prácu pracovníkom a uľahčuje prístup k priestorovým informáciám. Ide o otvorený systém, kde však každá nová vrstva a jej pripojenie a zdieľanie z iného informačného systému stojí rádovo 1-1500 Eur. Prínosom je editačný modul (Manager) GIS pomocou ktorého si môže zamestnanec priamo upravovať/aktualizovať svoje údaje v jednotlivých vrstvách.

Významným problémom je podľa pracovníkov úradu výmena externe získaných dát (či už grafických alebo textových). Skutočná výmena dát medzi organizáciami verejnej správy, až na malé výnimky, neexistuje. Aj keď už existujú právne normy na zdieľanie priestorových dát v rámci smernice INSPIRE (NARIADENIE KOMISIE EÚ č. 1089/2010 z 23. novembra 2010) a pribúda k nej u nás aj povinných osôb, ktoré sa „hlásia“ k ich tvorbe, požiadavkou dňa je pomôcť usmerniť týchto tvorcov v oblasti sprístupňovania, zdieľania a využívania služieb priestorových dát.

V prípade sledovania, napr. environmetálneho zdravia, zdravotníckych služieb a zariadení alebo zdravotného stavu obyvateľstva v mestskej časti, resp. v iných mestách Slovenska, je dôležitou podmienkou uskutočniteľnosti funkčnosť a interoperabilita základných registrov verejnej správy (najmä register obyvateľstva), interných geodatabáz samospráv, štátnej správy

a povinných osôb v zmysle INSPIRE. Aj podľa pracovníkov úradu by splnenie týchto požiadaviek uľahčilo ich prácu a znížilo náklady na duplicitný zber dát, ktorými už iná inštitúcia verejnej správy disponuje. Otázka bezplatného zdieľania dát základných registrov dát, napr. Základnej bázy GIS, alebo z KN, ktoré sú už použiteľné pre každodennú prácu samospráv, je kľúčová.

Ak by sme mali odpovedať na otázku z titulu článku, tak zavádzanie geoinformačných systémov do samosprávy miestnej časti Staré mesto v Bratislave sa stáva pomaličky realitou. Či je tomu tak aj v ďalších 139 štatutárnych mestách Slovenska, sa nedá jednoznačne odpovedať. Dá sa však predpokladať, že najmä v menej ľudnatých a chudobnejších mestách, či už z hľadiska finančných a ľudských zdrojov, ide skôr o vízie. Predpoklad je založený najmä na týchto skutočnostiach:

- relatívne vysoké ceny komerčných produktov a služieb GIS,
- nízka počítačová (GIS) gramotnosť obyvateľstva a pravdepodobne aj zamestnancov samosprávy v malých mestách,
- nedostatočná dostupnosť a kvalita potrebných dát pre výkon správy spojená s nedostatočnou metadátovou politikou a podcenením štandardizačných iniciatív typu INSPIRE,
- chýbajúce, resp. nefunkčné integračné nástroje štátnej správy ako je napr. ústredný portál základné registre verejnej správy,
- slabá osвета a informovanosť o službách GIS.

#### **Literatúra:**

BAČÍK, V. (2010). Internetové stránky samospráv v SR. *Geographia Cassoviensis*, roč. 1, Košice, Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, 2010 S. 169-174.

BAČÍK, V. (2014). Základná charakteristika stavu internetových stránok v obciach SR. [cit. 2014-06-22]. Dostupné na: <http://www.sodbtn.sk/obce>

DÁTOVÉ CENTRUM OBCÍ A MIEST (2011). kód: OPIS-2011/1.2/03-NP. [cit. 2014-06-22]. Dostupné na: [http://www.informatizacia.sk/vdok\\_simple-narodny-projekt--datove-centrum-obci-a-miest/609s13327c](http://www.informatizacia.sk/vdok_simple-narodny-projekt--datove-centrum-obci-a-miest/609s13327c).

ELEKTRONIZÁCIA SLUŽIEB VÚC (2009) kód: OPIS-2009/1.2/01. [cit. 2014-06-22]. Dostupné na: [http://www.informatizacia.sk/vdok\\_simple-elektronizacia-sluzieb-vuc/609s6179c](http://www.informatizacia.sk/vdok_simple-elektronizacia-sluzieb-vuc/609s6179c).



eMESTÁ (2014). Správa o vyhodnotení výzvy - Elektronizácia služieb miest - "eMestá", kód OPIS-2013/1.2/05. [cit. 2014-06-22]. Dostupné na: [http://www.informatizacia.sk/vdok\\_simple-elektronizacia-sluzieb-miest---/609s15603c](http://www.informatizacia.sk/vdok_simple-elektronizacia-sluzieb-miest---/609s15603c).

GRÁC, R. (2011). Geografické aspekty komunálnej reformy: návrh optimalizácie priestorovej organizácie verejnej správy v Slovenskej republike. Bratislava, Univerzita Komenského v Bratislave Prírodovedecká fakulta [dizertačná práca].

HIRTLOVÁ, D. (2010). Analýza vybraných nástrojov internetových stránok mestských samospráv Slovenska. Bratislava, Univerzita Komenského v Bratislave Prírodovedecká fakulta [diplomová práca].

KUSENDOVÁ D. (2014). Aplikácia geografických informačných systémov v samospráve Slovenska – vybrané príklady. In GIS Ostrava 2014 - Ostrava: VŠB - Technická univerzita. Ostrava [cit. 2014-06-22]. Dostupné na: [http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2014/sbornik/author.html](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2014/sbornik/author.html).

MAKARA, Š. (2009). Konceptia informatizácie územnej samosprávy. Nepublikovaný materiál z rokovania Úradu vlády SR zo dňa 17.9.2009.

NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1089/2010 z 23. novembra 2010, ktorým sa vykonáva smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/2/ES. o interoperabilite súborov a služieb priestorových údajov.

STARÉ MESTO SI POSVIETI NA MAJITEĽOV STAVIEB (2012). [cit. 2012-10-26]. Dostupné na: <http://www.staremesto.sk/index.php?rain=en/news/view/stare-mesto-si-posvieti-na-majitelov-stavieb/section:visitor>.

TRAUER, A. (2013). GISPLAN GIS pre samosprávy od firmy GISTA s.r.o. a jeho nasadzovanie na príklade mestskej časti Bratislava-Staré Mesto. Bratislava, Univerzita Komenského v Bratislave Prírodovedecká fakulta [nepublikovaná seminárna práca].

Zákon Národnej rady (NR) SR č. 305/2013 Z. z. o eGovernmente

Zákon NR SR č. 275/2006 Z. z. o informačných systémoch verejnej správy

Zákon NR SR č. 211/2000 Zb. o slobodnom prístupe k informáciám

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre dopytovo orientovaný projekt: Univerzitný vedecký park Univerzity Komenského v Bratislave, ITMS 26240220086 spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

doc. RNDr. Dagmar Kusendová, CSc., Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, kusendova@fns.uniba.sk,

# Získavanie údajov o lese prostriedkami pozemného laserového skenovania

*Martin Mokroš, Milan Koreň*

## **Abstrakt**

Pozemné laserové skenovanie predstavuje modernú metódu pre získavanie údajov o lese. Umožňuje zaznamenať presný trojrozmerný obraz lesného porastu pomocou mračien bodov. Zabudovaný interný digitálny fotoaparát dovoľuje bodom priradiť farbu a tak vytvoriť ešte realistickejšie trojrozmerné modely lesných porastov. V podmienkach lesa hrá veľkú úlohu umiestnenie skenera pričom sa používajú jednoskenové a viacskenové metódy. Z viacerých štúdií zo sveta je vidieť, že pozemné laserové skenovanie má potenciál byť účinným nástrojom na zisťovanie základných dendrometrických charakteristík pre účely inventarizácie lesa (hrúbka, výška, kruhová základňa, zásoba), zisťovanie korunových charakteristík (rozmery, tvar, výška nasadenia, index listovej plochy), modelovanie tvaru kmeňov stromov a trojrozmernej štruktúry celých stromov. Ďalej je možné spracovaním a analýzou bodového mračna vytvoriť podrobný digitálny model reliéfu s rozlíšením až 1cm a následne odvodiť parametre jednotlivých stromov a lesného porastu.

Na Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie rozpracovávame postupy pozemného laserového skenovania v podmienkach lesného porastu, odvodzovania hrúbok a výšok jednotlivých stromov, odvodzovania feonologickej krivky a vytvárania mikroreliéfu. Ukážky vybraných projektov je možné vidieť aj na stránke [tls.tuzvo.sk](http://tls.tuzvo.sk).

**Kľúčové slová:** pozemné laserové skenovanie, FARO 3D 120, GIS3DT TLS

## **Pozemné laserové skenovanie v lesníctve**

Náhľad na možnosti použitia pozemného laserového skenovania nám najlepšie poslúžia štúdie od autorov Leeuwena a Nieuwenhuisa (2010) a Dassota a kol. (2011). V prvej zmieňovanej sa okrem iného rozoberá aj potenciál použitia TLS v lesníctve s jeho kladmi a zápormi. Podľa autorov je oblasť využitia TLS v lesníctve hlavne pri zisťovaní hrúbky jednotlivých stromov, polohy stromov, výšky stromov a listovej plochy. Za negatívum tejto technológie považujú najmä jej malý priestorový rozsah. Aj napriek tomu, že niektoré TLS zariadenia majú dosah 100m a v niektorých prípadoch až niekoľko kilometrov, táto vzdialenosť je v podmienkach lesa nedosiahnuteľná. Za ďalšie negatívum považujú vysokú finančnú náročnosť hardvérového

vybavenia. Na druhej strane, ako pozitívum tejto technológie, autori uvádzajú jej vysoký stupeň detailu oproti napríklad leteckému laserovému skenovaniu.

V práci Dassota a kol. (2011) autori veľmi podrobne popisujú oblasti, kde sú možnosti využitia PLS v lesníctve. Využitie PLS rozdeľujú do štyroch skupín.

- Využitie PLS pre lesnú inventarizáciu na úrovni porastu.
- Využitie PLS pre zisťovanie korunových charakteristík.
- Využitie PLS pre modelovanie štruktúry stromov.
- Využitie PLS pre ekologické účely zamerané na les.

### Hardvér a softvér

Na katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie disponujeme pozemným laserovým skenerom FARO Focus3D 120. Tento skener je phase-shift skener (skener fázového posunu). Je schopný zachytiť objekty v rozsahu od 0,6m až do 120m vzdialenosti a v rozsahu 360° horizontálne a 320° vertikálne. Pri najvyššej rýchlosti je schopný zaznamenať až 976 tisíc bodov za sekundu, čo sa dá dosiahnuť pri najnižšej kvalite a rozlíšení. Najvyššie možné rozlíšenie je rozstup bodov na 1,5mm vo vzdialenosti 10m od skenera.

Skener poskytuje viacero variantov rozlíšenia a kvality. Čím sa nastaví nižšie rozlíšenie tým je väčší rozstup medzi bodmi v 10m vzdialenosti od vyslania lúča. V Tab. 1 sa nachádzajú možnosti nastavenia rozlíšenia, ktoré poskytuje FARO Foceu3D 120.

Tab. 1. Možnosti rozlíšenia Faro FOCUS3D 120

Rozlíšenie	Vzdialenosť bodov (mm/10m)	Počet bodov (v mil.)	Rozlíšenie	Vzdialenosť bodov (mm/10m)	Počet bodov (v mil.)
1/1	1,534	699,1	1/10	15,34	7
1/2	3,068	174,5	1/16	24,544	2,7
1/4	6,136	43,7	1/20	30,68	1,7
1/5	7,67	28,0	1/32	49,087	0,7

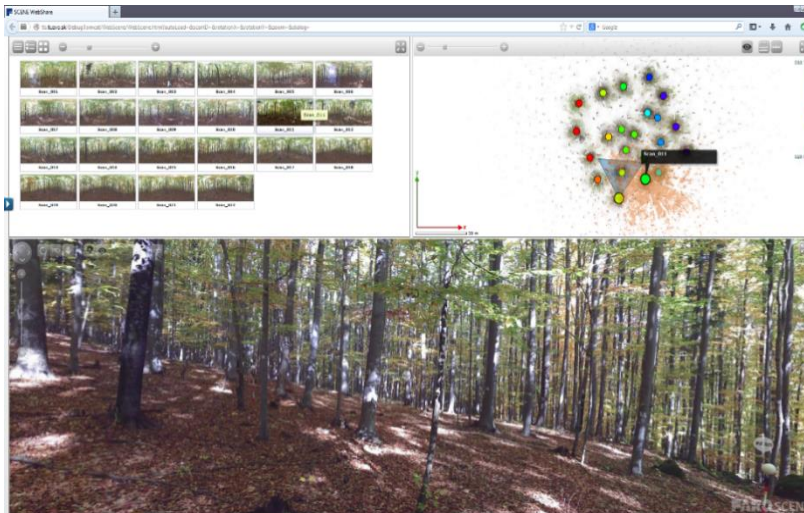
Na druhej strane kvalita hovorí o tom koľkokrát skener premeria jednotlivé body. Tým sa znižuje výskyt takzvaného šumu. Avšak s vyššou kvalitou sa čas skenovania značne zvýši. Tab. 2 ukazuje čas trvania jedného skenovania v rôznych kombináciách nastavení rozlíšenia a kvality.

Tab. 2. Čas trvania skenovania pri kombinácii rozlíšenia a kvality

Rozlíšenie \ Kvalita	1/1	1/2	1/4	1/5	1/8	1/10	1/16	1/20	1/32
	Čas (min.)								
1	14:48	4:04	1:23	-	-	-	-	-	-
2	29:07	7:39	2:17	1:38	0:56	-	-	-	-
3	57:45	14:48	4:04	2:47	1:23	1:04	0:43	-	-
4	115	29:07	7:39	5:04	2:17	1:38	0:56	0:47	0:36
6	-	115	29:07	18:49	7:39	5:04	2:17	1:38	0:56
8	-	-	115	-	29:07	18:49	7:39	5:04	2:17

## FARO SCENE

FARO SCENE je softvér spoločnosti FARO, ktorý bol zadovážený spoločne so skenerom FARO Focus3D 120. Softvér je všeobecne zameraný na prácu s mračnami bodov vo formáte .FLS, čo je formát spoločnosti FARO. Softvér využívame hlavne na kontrolu jednotlivých skenov, vytváranie projektov, spájanie skenov v rámci projektov pomocou referenčných gúľ, ktoré je softvér schopný vyhľadať automaticky, ďalej na ofarbovanie skenov a na export do formátu .XYZ. Softvér ponúka aj možnosť publikovania projektov na internete, pomocou nástroja SCENE Webshare, čo už využívame na adrese [tls.tuzvo.sk](https://tls.tuzvo.sk). Na tejto adrese uverejňujeme projekty, v ktorých využívame PLS. Na Obr. 2 sa nachádza náhľad na jeden z projektov na stránke [tls.tuzvo.sk](https://tls.tuzvo.sk).



Obr. 2. FARO Webshare na portáli tls.tuzvo.sk

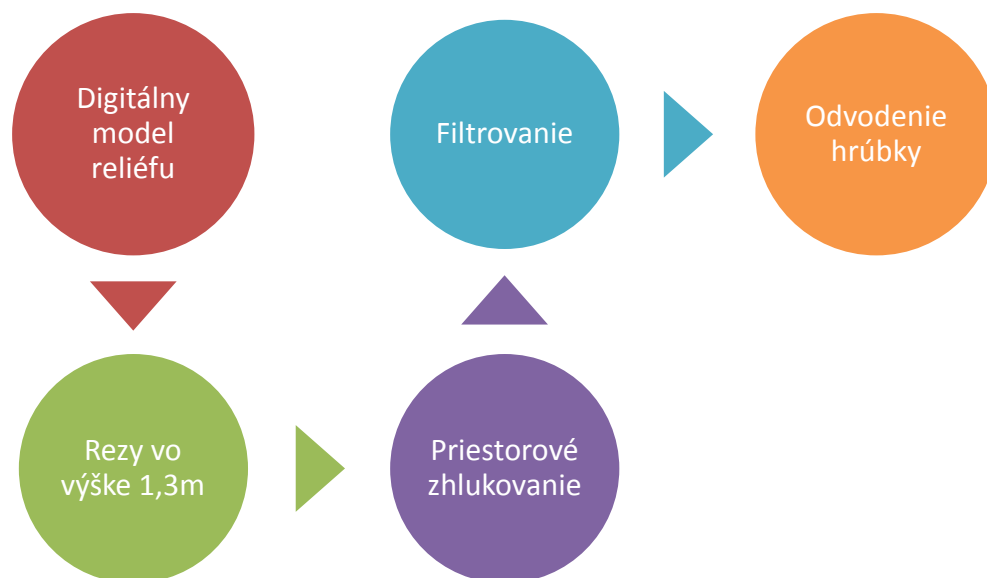
## GIS3DT TLS

Softvér GIS3DT TLS je softvér zameraný na spracovanie mračien bodov, na ktorých sa nachádzajú objekty s lesníckou tematikou a je vyvíjaný Mgr. Milanom Koreňom, PhD. Pracuje na platforme Microsoft NET Framework 4.0. Obsahuje tri základné funkcie. Prvou je spracovanie údajov z pozemného laserového skenovania (import mračna bodov, filtrovanie, konverzia do vrstvy, vytváranie skupín podľa vzdialenosti, výpočet štatistických parametrov a rozloženie hustoty bodov, extrakcia dvojrozmerných kružníc, priradenie hodnôt). Druhou funkciou je tvorba digitálneho reliéfu a treťou trojrozmerné zobrazovanie (Koreň, 2009).

Hrúbky drevín je možné vyhodnocovať štyrmi rôznymi metódami: Metódou optimálnej kružnice, Metódou Monte Carlo, Metódou maximálnej vzdialenosti, Metódou ťažiska. (Koreň, 2009).

## Výskumné zámery

V súčasnej dobe sa na katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie uskutočňuje viacero výskumov zameraných na zisťovanie využiteľnosti pozemného laserového skenovania pre lesnícke účely. Za najvýznamnejší, z pohľadu lesníckej praxe, môžeme pokladať výskum zameraný na zisťovanie presnosti odvodenia hrúbok a výšok stromov z mračna bodov. Na Obr. 3 sa nachádza diagram hlavných bodov postupu, ktorý je potrebné vykonať pri spracovaní mračna bodov za účelom odvodenia hrúbky stromov. Všetky tieto kroky sme schopní vykonať pomocou už spomenutého softvéru GIS3DT TLS.



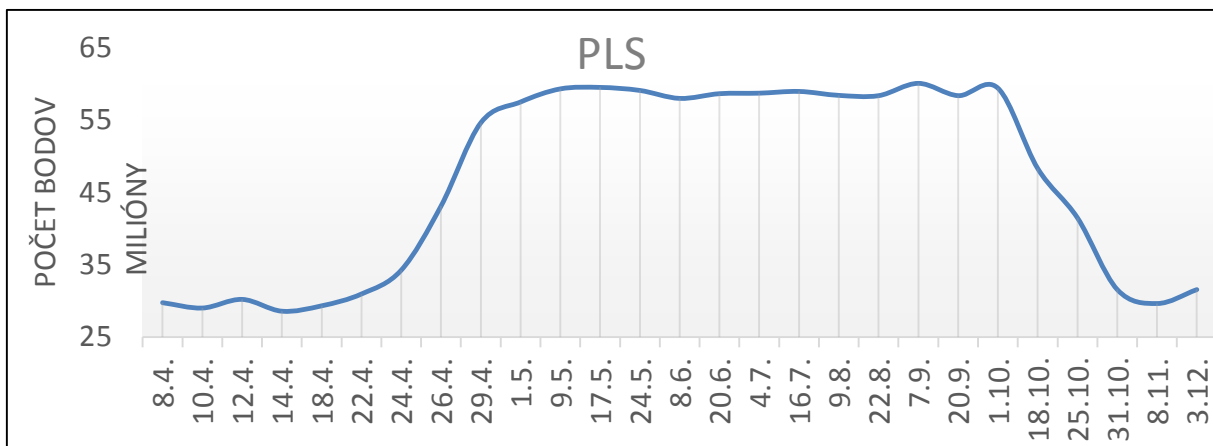
Obr. 3. Diagram postupu spracovania mračna bodov

V Tab. 3 sa nachádza ukážka jedného z našich doterajších výsledkov. Ide o porovnanie algoritmov na odvodenie hrúbky stromov z mračna bodov v porovnaní voči priemerkou nameraným hodnotám hrúbky stromov. Uvedené hodnoty sú uvádzané v milimetroch. Porovnávané hrúbky stromov sú na úrovni jednotlivých stromov. V Tab. 3 je vidieť najväčšie podhodnotenie a nadhodnotenie odvodených hrúbok. Taktiež aj priemernú a smerodajnú odchýlku, ktorá variuje od 0.84mm pre metóde Monte Carlo do 2.60mm pri metóde Ťažisko. Na porovnanie výsledkov odvodenia hrúbky stromov pomocou pozemného laserového skenovania môžu slúžiť nasledovné štúdie Bienert a kol. (2006), Maas a kol. (2008), Brolly a Király (2009).

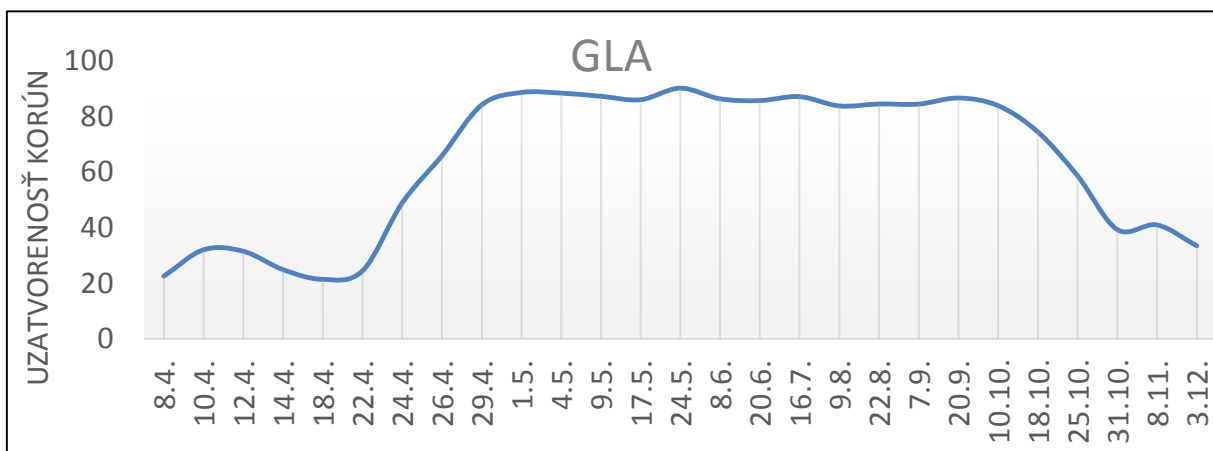
Tab. 3. Porovnanie výsledkov algoritmov na odvodenie hrúbky stromov

	Min (mm)	Max (mm)	Priemer (mm)	Std (mm)
Maximálna vzdialenosť	-6,76	4,48	-0,32	1,30
Ťažisko	-12,05	0,89	-3,01	2,60
Optimálna kružnica	-3,79	4,88	-0,41	0,85
Monte Carlo	-3,70	4,24	-0,29	0,84

Ďalším výskumným zámerom je odvodenie fenologickej krivky pomocou pozemného laserového skenera. Pre začiatím výskumu sme si stanovili hypotézu, že z rastom listov sa zväčšuje aj plocha odrazu pre pozemný laserový skener a tým pádom sa postupne bude zvyšovať aj počet bodov. Predpokladali sme, že pri pokračujúcom meraní s rovnakej pozície v priebehu celého roka sa bude počet bodov zvyšovať tak, že bude kopírovať fenologickú krivku stromov v bezprostrednej blízkosti pozície skenera. Založili sme 5 plôch na ktorých sme vykonali 27 meraní počas obdobia od 08.04.2013 do 03.12.2013. Pre každú plochu sme vytvorili graf fenologickej krivky a to sme potom porovnávali s fenologickými krivkami získanými zo sférických fotografií a vyhodnotenými v softvéri Gap Light Analyzer (GLA). Príklad fenologickej krivky z laserového skenovanie sa nachádza na Obr. 4 a krivka fenologickej krivky zo sférických fotografií sa nachádza na Obr. 5. Krivky sú z tej istej plochy. Na porovnanie môžu slúžiť nasledovné štúdie Danson a kol. (2008), Strahler a kol. (2008), Jupp a kol. (2009)



Obr. 4. Fenologická krivka z pozemného laserového skenovania



Obr. 5. Fenologická krivka zo sférických fotografií



V ďalšom výskume sa zameriame na určenie čo najvhodnejšieho rozmiestnenia skenera pre účely získavania dendrometrických údajov v rámci kruhových skusných plôch vo vzťahu k rôznemu veku porastu a rôznemu nastaveniu rozlíšenia a kvality skenera. Ďalej to bude porovnanie časovej a finančnej náročnosti v porovnaní s klasickými metódami používanými v lesníckej praxi.

### **PodĎakovanie**

Práca vznikla v rámci riešenia projektu VEGA 1/0953/13 s názvom „Geografická informácia o lese a lesnej krajine – špecifiká tvorby a využitia“.

### **Literatúra:**

BIENERT, A., SCHELLER, S., KEANE, E., MULLOOLY, G., MOHAN, F., 2006. Application of terrestrial laser scanners for the determination of forest inventory parameters. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Dresden, Germany, 25-27 September, [Cit. 2013-12-01]. Dostupné na:

[http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/paper/1270\\_Dresden06.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/paper/1270_Dresden06.pdf).

BROLLY, G., KIRÁLY, G., 2009. Algorithms for stem mapping by means of terrestrial laser scanning. In: Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, Vol.5, 119–130.

DANSON, F., ARMITEGA, R., BANDUGULA, V., RAMIREZ, F., TATE, N., TANSEY, K., TEGZES, T., 2008. Terrestrial laser scanners to measure forest canopy gap fraction. In: SilviLaser 2008: 8th international conference on LiDAR applications in forest assessment and inventory. Edinburgh, United Kingdom, 17-19 September, 335-341. ISBN 978-0-85538-774-7.

DASSOT, M., CONSTANT, T., FOURNIER, M., 2011. The use of terrestrial LiDAR technology in forest science. Application fields, benefits and challenges. In: Annals of Forest Science. Vol. 68 (5), 959–974. ISSN 1297-966X.

JUPP, D.L.B., CULVENOR, D.S., LOVELL, J.L., NEWNHAM, G.J., STRAHLER, A.H., WOODCOCK, C.E., 2009. Estimating forest LAI profiles and structural parameters using a ground-based laser called Echidna. In: Tree Physiology. Vol. 29 (2), 171–181. ISSN 1758-4469.

MAAS, H.G., BIENERT, A., SCHELLER, S., KEANE, E., 2008. Automatic forest inventory parameter determination from terrestrial laser scanner data. In: International Journal of Remote Sensing. Vol.29 (5), 1579–1593. ISSN 1366-5901.

STRAHLER, A.H., JUPP, D.L.B., WOODCOCK, C.E., SCHAAF, C.B., YAO, T., ZHAO, F., YANG, X., LOVELL, J., CULVENOR, D., NEWNHAM, G., NI-MIESTER, W., BOYKIN-MORRIS, W., 2008. Retrieval of forest structural parameters using a ground-based lidar instrument (Echidna). In: Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 34 (S2), 426–S440. ISSN 1712-7971.

VAN LEEUWEN, M., NIEUWENHUIS, M., 2010. Retrieval of forest structural parameters using lidar remote sensing. In: European Journal of Forest Research. Vol. 129, 749-770. ISSN 1612-4677.

KOREŇ, M., 2009. Príručka užívateľa k programu TLS verzia 1.2 2009

Internetové zdroje: [www.faro.com](http://www.faro.com), [tls.tuzvo.sk](http://tls.tuzvo.sk)

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

Mgr. Milan Koreň, PhD., Ing. Martin Mokroš, Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: [milan.koren@tuzvo.sk](mailto:milan.koren@tuzvo.sk), e-mail: [martin.mokros@tuzvo.sk](mailto:martin.mokros@tuzvo.sk),

# Nástroj Parmenides EIDOS TM pomáha vidieť do budúcnosti

*Rudolf Navrátil, Róbert Sedmák, Yvonne Brodrechtová,*

*Róbert Smreček, Ján Tuček*

## Abstrakt

K jedným zo základných konceptov strategického plánovania a na budúcnosť orientovaného výskumu patria scenáre. Scenáre opisujú možný vývoj, alternatívne budúce situácie a predstavujú cestu, ktorá k týmto situáciám vedie od súčasnosti do budúcnosti. Rôzne investičné spoločnosti používajú najprepracovanejšie sofistikované scenáre, ktoré im pomáhajú predvídať budúcnosť tým, že rozoberajú fiktívnu otázku „čo ak?“ Existujú viaceré softvérové riešenia, ktoré podporujú proces tvorby scenárov. Väčšina týchto softvérov pracuje s faktormi ovplyvňujúcimi budúci vývoj ako s premennými, ktoré sú vyhodnocované špecifickými analytickými metódami a umožňujú vizualizovať vzájomnú konzistenciu hodnotených faktorov. Jedným z takýchto softvérových riešení je Parmenides EIDOS TM, ktorý ponúka kombináciu viacerých techník na analýzu scenárov. Jeho programové moduly pomáhajú pri realizácii jednotlivých krokov procesu vývoja scenárov, od tých jednoduchých až po scenáre veľkého rozsahu. Používa sa v rozhodovacích procesoch a strategických rozhodnutiach a pomáha expertom identifikovať kľúčové prvky najmä pri komplikovaných a zložitých procesoch, ktoré si vyžadujú multidisciplinárny prístup.

Príspevok predstavuje niektoré analytické techniky nástroja Parmenides EIDOS TM a možnosti jeho využitia pri tvorbe scenárov na príkladoch aplikovaných na Technickej univerzite vo Zvolene.

## Úvod

Aj keď pojem „scenár“ pochádza z oblasti dramatického umenia, z pohľadu prognostiky je to metóda prognostickej analýzy slúžiaca na prognózovanie budúcnosti. Za zakladateľa metodológie tvorby scenárov sa považuje americký futuroológ Herman Kahn (Glenn a Gordon, 2009). Už začiatkom šesťdesiatych rokov, počas svojho pôsobenia v RAND Corporation, sa podieľal na tvorbe prognóz a dlhodobých scenárov hlavne pre potreby armády USA.

Scenáre sú príbehy, s hodnoverne prepojenými možnými príčinami a ich následkami, ktoré spájajú budúci stav so súčasnosťou a zároveň kľúčové udalosti, rozhodnutia a dôsledky ilustrujú

v podobe rozprávania. Metóda scenárov má najväčší prínos v prípadoch, ak je skúmaný jav veľmi komplexný a je potrebné pracovať súčasne s veľkým množstvom faktorov, ktorých budúci vývoj je neistý (Potůček, 2006). Herman Kahn napríklad už v roku 1967 v diele *Toward The Year 2000*, pomocou scenárov skúmal budúce možnosti usporiadania sveta a ich dopady na americkú bezpečnosť, pričom v jednom zo scenárov predpokladal stratu kontroly Sovietskeho zväzu nad komunistickými krajinami vo svete (Kahn a Weiner, 1967). Ropnej spoločnosti Royal Dutch Shell scenáre umožnili predvídať vzostup a následný pokles cien ropy a pomohli úspešne prekonať ropnú krízu v roku 1973 (Wack, 1985). Metóda scenárov, pôvodne vyvinutá pre vojenské plánovanie, sa postupne rozšírila cez komerčnú sféru do mnohých oblastí, pričom veľký rozmach nastal najmä v deväťdesiatych rokoch. Spoločnosti využívajú scenáre ako nástroj pre strategické rozhodovanie (Van der Heijden 1996) a pomáhajú aj pri plánovacích aktivitách štátnej a verejnej správy. Často slúžia ako komunikačný prostriedok napr. pri podnecovaní diskusie s verejnosťou alebo zamestnancami o citlivých otázkach budúceho vývoja spoločnosti resp. podniku (Gaßner a Steinmüller, 2004).

V súčasnosti v oblasti prognostiky existujú mnohé počítačové aplikácie a softvérové prostredia, ktoré dokážu pracovať s obrovskými množstvami údajov, na základe ktorých vytvárajú prognózy. Tieto programy umožňujú meniť vstupné dáta a niektoré vyššie systémy ich dokonca aktualizujú sami. K najznámejším softvérovým riešeniam používaným na vývoj budúcich scenárov patria *The Scenario Analysis Tool Suite* (Dilek, 2009), *CASPER* (Eriksson a Ritchey, 2002) a *Parmenides EIDOS TM* (Glenn a Gordon, 2009). Nástroje *CASPER* a *Parmenides EIDOS TM* boli využité napríklad pri posudzovaní kvalitatívnych sociálno-technických kritérií pre návrh aplikácie informačno-komunikačných technológií pre rozvoj telefónnej siete v Južnej Afrike (Plauché et al., 2010). Keďže programy *The Scenario Analysis Tool Suite* a *CASPER* sú produkty armádnych inštitúcií (*DSTO - Defence Science and Technology Organisation* v Austrálii a *Swedish Defence Research Agency* vo Švédsku), ich dostupnosť je otázna. Nástroj *Parmenides EIDOS TM* je vyvíjaný nadáciou *Parmenides Foundation* v Nemecku a informácie o licenčných podmienkach na jeho využívanie je možné vyhľadať na internetovej stránke nadácie: <https://www.parmenides-foundation.org>.

*Parmenides EIDOS TM*, ako nástroj pre podporu strategického rozhodovania, má najväčší prínos pre pracovníkov, ktorých úlohou je analyzovať problémy, vyvíjať stratégie a prijímať rozhodnutia. Preto je často využívaný aj pri príprave scenárov. Na to, aby scenáre boli inšpirujúce a dokázali ovplyvniť rozhodovanie, musia byť dostatočne hodnoverné a vnútorne konzistentné (Potůček, 2006). *Parmenides EIDOS TM* ponúka viaceré analytické techniky ako

konzistentnosť a hodnovernosť scenárov zabezpečiť. Príspevok popisuje tri z týchto techník, ktoré sme aplikovali pri vývoji scenárov na TU vo Zvolene: štruktúrnu analýzu, morfológickú analýzu a klastrovú mapu. Softvér bol aplikovaný v niekoľkých výskumných projektoch, pričom sa vždy pracovalo s určitou množinou prevažne kvalitatívnych faktorov, ktoré boli identifikované expertným tímom použitím metódy štruktúrovaných rozhovorov a dotazníkov. Faktory, rozdelené na sociálne, technologické, ekonomické, ekologické a politické, boli následne analyzované v prostredí Parmenides EIDOS TM a použité na vývoj scenárov zameraných na obhospodarovanie lesov a manažment lesných podnikov.

### **Štruktúrna analýza**

V prvom kroku vývoja scenárov je potrebné nájsť dôležité faktory -bariéry a hnacie sily, ktoré ovplyvňujú ďalší vývoj skúmaného javu. Realizuje sa to rôznymi postupmi ako napr. dotazníkmi, štruktúrovanými rozhovormi, Delfskou metódou a pod. Výsledkom často býva veľké množstvo rozličných faktorov z oblasti ekonomiky, politiky, ekológie, technológií a inovácií, spoločenského vývoja atď. Hlavným cieľom štruktúrnej analýzy je z týchto faktorov identifikovať a vybrať kľúčové faktory, ktoré sú rozhodujúce pre ďalší vývoj skúmaného javu. Tento výber sa vykonáva na základe posúdenia ich relatívneho vzájomného vplyvu a sily, akou sa vzájomne ovplyvňujú a sú ovplyvňované. Každý faktor sa individuálne posudzuje podľa toho akou silou ovplyvňuje ostatné posudzované faktory a zároveň akou silou je ovplyvňovaný ostatnými posudzovanými faktormi. Základnou myšlienkou je zamerať sa na tie faktory, ktoré aktívne pôsobia na ďalšie dôležité faktory a súčasne je možné ich vývoj kontrolovať, napríklad celkovým zameraním scenára. Ústrednou otázkou tejto analytickej techniky je: „Ako rozličné faktory na seba pôsobia?“

Štruktúrna analýza sa v prostredí Parmenides EIDOS TM vykonáva vyplnením matice štruktúrnej analýzy (Obr. 1), v ktorej sú posudzované faktory vypísané v riadkoch aj v stĺpcoch v rovnakom poradí postupnosti. Pre každý pár faktorov sa kladú otázky: „Ako silno prvý faktor ovplyvňuje druhý faktor?“ a naopak: „Do akej miery je možné vývoj jedného faktora vysvetliť vývojom druhého faktora?“ (Glenn a Gordon, 2009). Na posúdenie vzájomného vplyvu sa využívajú rôzne stupnice. Často sa používa nasledovná stupnica: 0 = žiadny vplyv, 1 = slabý vzťah, 2 = stredný vzťah, 3 = silný vzťah. Po vyplnení všetkých buniek, diagonála matice ostáva prázdna. Následne je možné vypočítať tzv. aktívnu a pasívnu sumu pre každý faktor. Súčet hodnôt v riadku vytvára tzv. aktívnu sumu faktora (AS), ktorá vypovedá o tom, akou silou daný faktor ovplyvňuje všetky ostatné posudzované faktory. Čím je AS

väčšia, tým je faktor vplyvnejší. Súčet hodnôt v stĺpci je pasívna suma faktora (PS), ktorá vypovedá o tom, ako silno je faktor ovplyvňovaný ostatnými faktormi.

Aký silný vplyv má faktor <b>A</b> na faktor <b>B</b> ? (postupujte po riadkoch)		<b>B</b>																				
		Demografický vývoj																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Demografický vývoj	1																					
Kvalifikovaná pracovná sila	2																					
Verejná mienka a diskusia	3																					
Inovácie a technológie	4																					
Drevospracujúci priemysel	5																					
Ekonomická situácia vlastníkov lesa	6																					
Obchod s drevom	7																					
Obchod s biomasou	8																					
Turizmus	9																					
Dotácie a kompenzácie	10																					
Náklady na obhospodarovanie lesa	11																					
Stav a štruktúra lesných porastov	12																					
Biotické a abiotické škodlivé činitele	13																					
Klimatická zmena	14																					
Mimoprodukčné funkcie lesa	15																					
Environmentálna politika a legislatíva	16																					
Lesnícka politika a legislatíva	17																					
Politika rozvoja vidieka	18																					
Vlastnícka štruktúra lesov	19																					
Kódexy správanía	20																					

**AS** (červená šípka smerom doprava)  
**PS** (červená šípka smerom dole)

Obr. 1. Matica vzájomných vplyvov faktorov

V matici na Obr. 1, súčet hodnôt v prvom riadku (AS) odpovedá na otázku „Ako silno Demografický vývoj ovplyvňuje ostatné faktory?“. Súčet hodnôt v prvom stĺpci hovorí o tom „Ako silno je Demografický vývoj ovplyvňovaný ostatnými faktormi?“. Takýmto spôsobom je každý faktor posudzovaný podľa vzťahu jeho aktívnej a pasívnej sumy. Je možné rozlíšiť štyri skupiny faktorov (Schüll a Schröter, 2013):

**Aktívne/Ovplyvňujúce** (majú vysokú AS a nízku PS). Tieto faktory ovplyvňujú ostatné faktory oveľa silnejšie než sú ovplyvňované. Na jednej strane majú silný vplyv, no je ťažké ich ovplyvniť. Často sú dôsledkom zotrvačnosti. Typickými príkladmi takýchto faktorov môžu byť klimatická zmena, demografický vývoj alebo vlastnícka štruktúra.

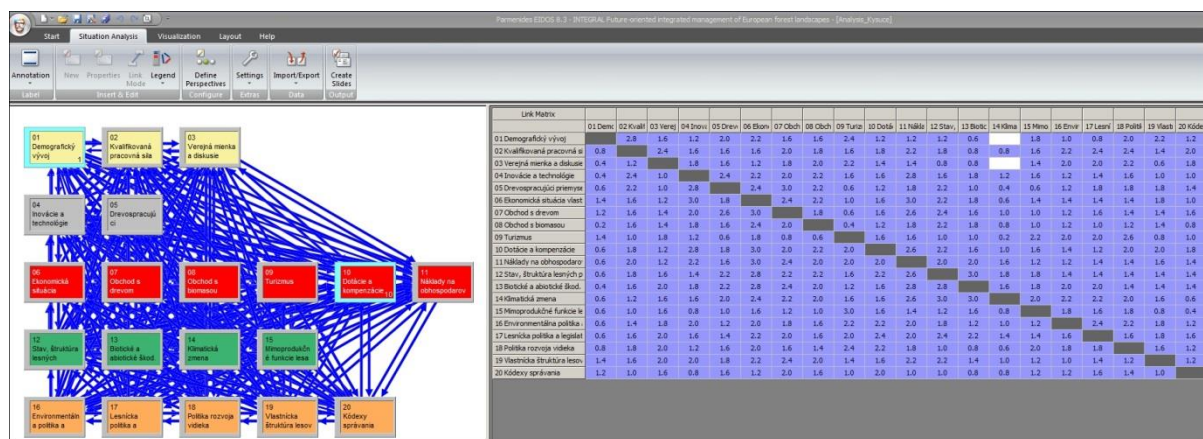
**Dynamické/Kritické** (majú vysokú AS aj PS). Tieto faktory sú veľmi ovplyvňujúce a ovplyvňované zároveň. Sú dôležité pre zmeny v posudzovanom systéme alebo jave, pretože akákoľvek zmena takéhoto faktora má dopad na iné faktory a naopak. Príkladom pre skupinu týchto faktorov môže byť cena dreva, ktorá závisí na mnohých premenných a súčasne má dopad na mnohé ďalšie faktory.

Pasívne/Závislé (majú nízku AS a vysokú PS). Ich dopad na ostatné faktory je nízky, ale sú často odkázané na vývoj ostatných najmä dynamických faktorov.

Lenivé/Vylúčené (majú nízku AS aj PS). Túto skupinu tvoria faktory s malým vplyvom a zároveň sú tieto faktory izolované od ostatných faktorov.

Tento postup posúdenia relatívneho vplyvu faktorov pomáha pri rozhodovaní, na ktoré z posudzovaných faktorov je potrebné sa zamerať pri tvorbe scenárov možného budúceho vývoja skúmaného javu. Sú to najmä faktory s vysokou aktívnou sumou. Zatiaľ čo aktívne faktory sú samotnou hybnou silou skúmaného javu, náležitá pozornosť by mala byť venovaná hlavne dynamickým faktorom, pretože je viac ako pravdepodobné, že pri budúcom vývoji dôjde k ich zmenám. Je predpoklad, že budúci vývoj práve týchto faktorov bude predstavovať rozdiel medzi vytváranými scenármi (Schüll a Schröter, 2013).

Celý proces štrukturálnej analýzy je možné realizovať priamo v prostredí Parmenides EIDOS TM. Na Obr. 2 je ukážka programového modulu ‘Situation Analysis’, s dvadsiatimi posudzovanými faktormi. Faktory sú farebne rozlíšené podľa kategórií (žlté – sociálne, šedé – technologické, červené – ekonomické, zelené – ekologické a oranžové - politické). Na základe vyplnenej matice sú modrými čiarami znázornené vzájomné vzťahy faktorov a ich sila.



Obr. 2. Matica vzájomných vplyvov faktorov v prostredí Parmenides EIDOS TM

Užívateľsky prehľadné a intuitívne rozhranie Parmenides EIDOS TM obsahuje aj vynikajúce funkcie vizualizácie a interpretácie výsledkov. Jednou z nich je ‘Mapa Aktivity/Pasivity’, ktorá slúži na vizualizáciu výsledkov štrukturálnej analýzy. Distribúcia faktorov v mape je výsledkom posúdenia sily ich vzájomných vzťahov. Čím vyššie v mape sa faktor nachádza, tým silnejšie ovplyvňuje ostatné a čím je faktor v mape viac napravo, tým viac je ovplyvňovaný

ostatnými faktormi. Mapa je rozdelená na štyri kvadranty, pričom každý kvadrant reprezentuje plochu s určitou skupinou faktorov:

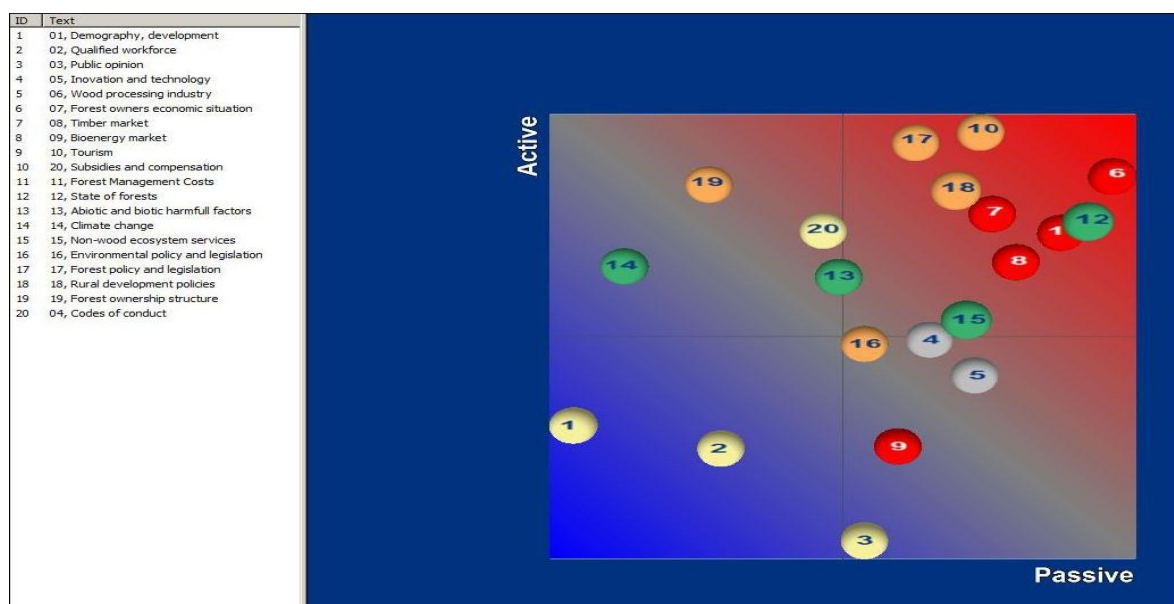
Ľavý horný kvadrant = Aktívne/Ovplyvňujúce faktory

Pravý horný kvadrant = Dynamické/Kritické faktory

Pravý dolný kvadrant = Pasívne/Závislé faktory

Ľavý dolný kvadrant = Lenivé/Vylúčené faktory

Mapa Aktivity/Pasivity na Obr. 3 obsahuje faktory, ktoré boli metódou štrukturovaných rozhovorov, identifikované ako faktory s veľkým dopadom na lesné hospodárstvo. Z rozloženia týchto faktorov v mape je zrejmé, že faktor s najmenším vplyvom na ostatné faktory je ‘verejná mienka’ (faktor č.3), naopak najviac ovplyvňovaný faktor je ‘ekonomická situácia vlastníkov lesa’ (faktor č.6). V ďalšej fáze vytvárania scenárov budúceho vývoja je potrebné sa zamerať najmä na dynamické faktory v pravej hornej časti mapy, ktoré sa stávajú kľúčovými faktormi pre ďalší vývoj skúmaného javu.



Obr. 3. Mapa Aktivity/Pasivity faktorov

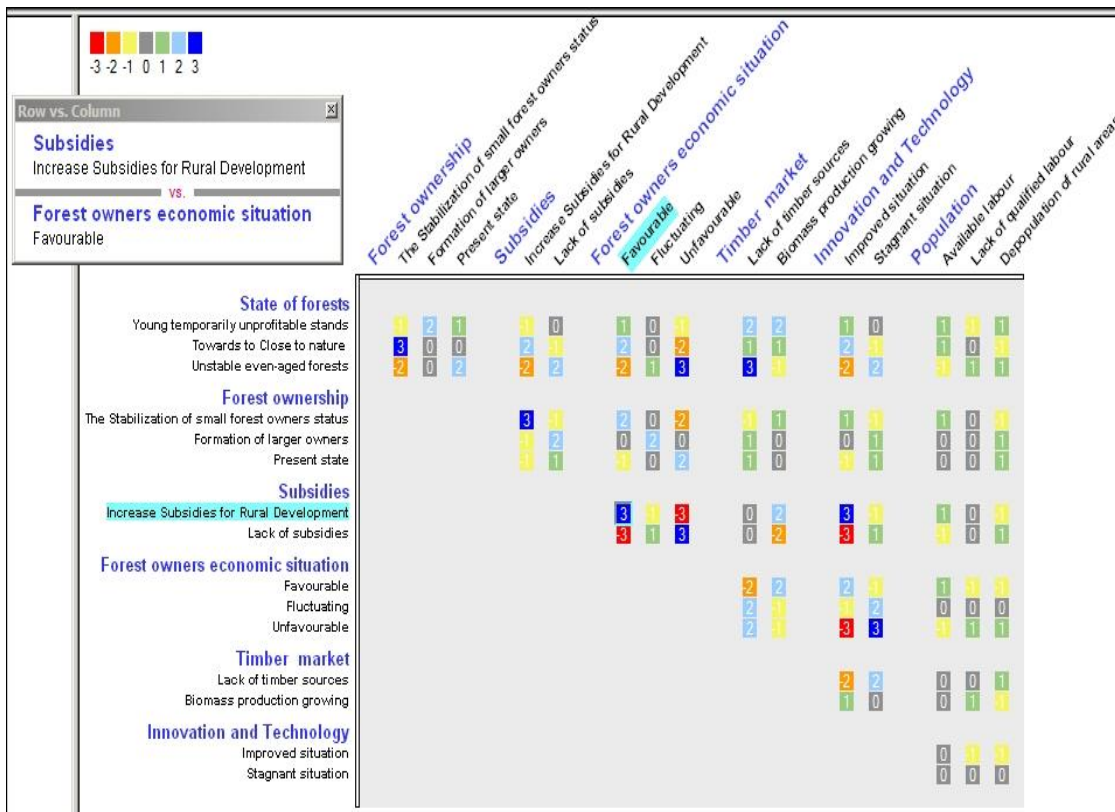
### Morfologická analýza

Po identifikovaní kľúčových faktorov, je ďalším krokom v procese vývoja scenárov vytvorenie, popisovanie a posúdenie možných, vierohodných a alternatívnych budúcich prejavov vybraných kľúčových faktorov. Príbuzné faktory je možné zlučovať a znížiť tak celkový počet faktorov pre potrebu ďalších krokov tvorby scenárov. V prostredí Parmenides EIDOS TM sa zlučené



faktory nazývajú elementy. Každý element je potrebné presne definovať a popísať. Keďže elementy sa vyvíjajú v čase a ich stav nie je konštantný, pre každý takýto kľúčový faktor sa vytvárajú ich možné prejavy budúceho vývoja, ktoré nástroj Parmenides EIDOS TM nazýva - možné manifestácie budúceho vývoja. Tvorbu možných budúcich prejavov kľúčových faktorov je možné pokladať za najdôležitejšiu časť procesu tvorby scenárov. Vytvorením budúcich hodnôt určujúcich faktorov sa otvára celé spektrum možností, ktoré môžu scenáre zobrazovať. Je to proces ako kreatívny, tak aj vedecký. Na jednej strane budúce prejavy by mali odrážať súčasné znalosti a stav v skúmanej oblasti. Na druhej strane budúci vývoj nie je niečo, čo je možné bezpečne a neomylné vydedukovať len na základe súčasných poznatkov (Schüll a Schröter, 2013). Teoreticky je možné odvodiť neobmedzený počet možných budúcich prejavov určujúcich faktorov, ale nie všetky sú zmysluplné a vedecky podložené. Počet budúcich manifestácií sa zvyčajne pohybuje v rozsahu 3 až 5, závisí to aj od rozsahu, ktorý faktor pokrýva.

Je dôležité, aby sa manifestácie navzájom od seba zmysluplne odlišovali a aby boli vzájomne konzistentné, t.j. aby každá manifestácia jedného faktora bola v súlade s manifestáciami všetkých ostatných faktorov scenára. Celý tento proces je možné veľmi efektívne realizovať v prostredí Parmenides EIDOS TM pomocou morfolologickej analýzy. Morfologická analýza (Heinecke, 2006) je technika používaná na zúženie počtu všetkých možných kombinácií a rozhodovanie o tom, ktoré kombinácie prejavov sú vierohodné, a preto zohráva dôležitú úlohu v konštrukcii konzistentných scenárov. To je rozhodujúce pre dôveryhodnosť akéhokoľvek scenára. V prostredí Parmenides EIDOS TM sa tento krok vykonáva v programovom module 'Option Development', v ktorom sa vytvorí tzv. morfologické pole, obsahujúce v riadku faktory (elementy) a pod každým faktorom sú v stĺpcoch spísané príslušné manifestácie. Ak sú v morfologickom poli niektoré faktory významnejšie, je možné im priradiť príslušnú váhu (od 0 do 100). Každé manifestácii je možné priradiť pravdepodobnosť výskytu, teda aká je pravdepodobnosť že v budúcnosti nastane práve táto manifestácia. Pre každú kombináciu manifestácií sa následne posudzuje ich konzistencia, t. j. ako manifestácia jedného faktora zodpovedá príslušnej manifestácii iného faktora. Parmenides EIDOS TM ponúka stupnicu konzistencie od -3 (absolútne nekonzistentné) do +3 (úplne konzistentné). Výsledná matica konzistencie (Obr. 4) vyjadruje stupeň konzistencie medzi kľúčovými faktormi a ich budúcimi manifestáciami. Čím vyššia konzistencia, tým lepšie do seba dve manifestácie zapadajú. Nízka konzistencia znamená, že dve manifestácie sa v budúcnosti ťažko môžu vyskytnúť súčasne.

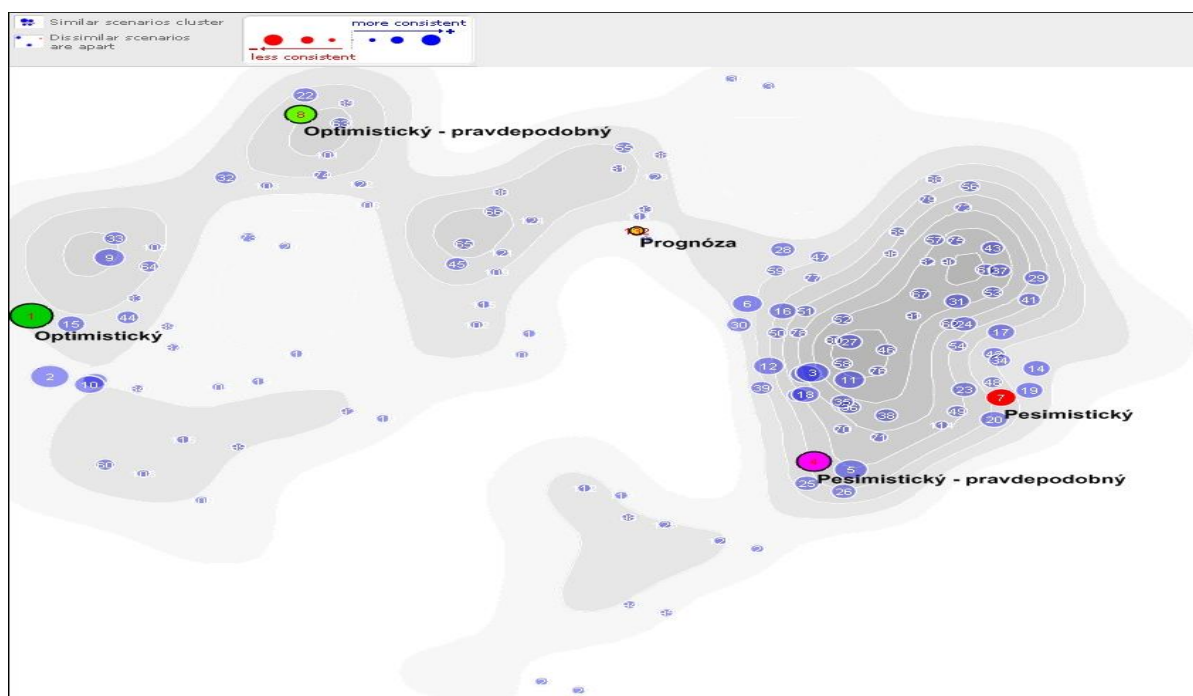


Obr. 4. Matica konzistencie faktorov a ich manifestácií v Parmenides EIDOS TM

Hlavný prínos tejto metódy je v zjednodušení celého zložitého procesu posudzovania konzistencie scenárov. V jednom momente sa neposudzuje konzistencia celého vytváraného scenára, ale len vzájomný súlad medzi dvoma individuálnymi komponentmi. Tvorcom scenárov to uľahčuje a sprehľadňuje celý proces, ktorý by sa inak za istých okolností mohol stať nerealizovateľný.

### Výber možných scenárov

Keďže sa pri posudzovaní konzistencie a teda aj vierohodnosti scenárov zvažujú všetky možné kombinácie budúcich manifestácií, pomerne často je výsledkom veľký počet možných kombinácií. Každá kombinácia manifestácií predstavuje jeden možný scenár budúceho vývoja skúmaného javu. Na sprehľadnenie procesu výberu vierohodných scenárov ponúka Parmenides EIDOS TM v module ‘Scenario Analysis‘ klastrovú mapu (Obr. 5), ktorá je spolu s morfológickým poľom a maticou konzistencie veľmi užitočnou funkciou pre tvorcov scenárov.



Obr. 5. Klastrová mapa možných budúcich scenárov

Klastrová mapa zobrazuje výsledok celého procesu tvorby scenárov. Na základe vybraných kľúčových faktorov, im priradených váh, pravdepodobnosti výskytu jednotlivých manifestácií a ich vzájomnej konzistencie, Parmenides EIDOS TM vykalkuluje a vytvorí zhluky koherentných kombinácií budúcich manifestácií – scenárov. Scenáre sú zobrazené v dvojdimenzionálnom priestore, v ktorom pozícia scenára závisí od jeho podobnosti s inými scenármi. Navzájom podobné scenáre sú v mape bližšie pri sebe a naopak. Klastrová mapa tak pozostáva zo zhlukov vzájomne podobných scenárov, ktoré sú v mape zobrazené ako krúžky. Veľkosť krúžku vyjadruje stupeň konzistencie scenára, ktorá je prvým, ale nie jediným kritériom pre výber scenára. Vybrané scenáre sa môžu líšiť aj svojím významom a celkovým zameraním, alebo pravdepodobnosťou, že môžu nastať. Priamo v mape je možné vhodné scenáre vybrať, označiť, pomenovať a uložiť spolu s ich parametrami. Obrázok 5 znázorňuje klastrovú mapu s vybranými piatimi predbežnými (driver) scenármi. Na jednej strane mapy sa nachádzajú pesimistické a oproti nim optimistické scenáre. Najvyšší stupeň konzistencie má scenár s názvom „Optimistický“, naopak relatívne najmenej konzistentný scenár (stále však s vysokou úrovňou konzistencie) je „Prognóza“, ktorý je ale zároveň najpravdepodobnejší. Samotný výber predbežných scenárov závisí na tvorcach scenárov, Parmenides EIDOS TM však celý proces vývoja scenárov významne uľahčuje a sprehl'adňuje. Vybrané predbežné scenáre sa následne stávajú podkladom pre vytvorenie finálnych scenárov vo forme príbehov.

## **Závery**

Softvér Parmenides EIDOS TM je inovatívny nástroj používaný v rozhodovacích procesoch a strategických rozhodnutiach. Je možné ho využiť v oblasti vnútropodnikového riadenia pri budovaní stratégie rozvoja podnikov, ako aj v oblasti ochrany a tvorby krajiny, rozvoja lesného hospodárstva alebo regionálneho rozvoja. Na Technickej univerzite vo Zvolene sme ho úspešne aplikovali pri vývoji scenárov budúceho vývoja obhospodarovania lesnej krajiny v dvoch prípadových štúdiách pre oblasť Kysúc a Podpoľania. Nástroj má užívateľsky prehľadné a intuitívne rozhranie. Využíva výkonné možnosti paralelného spracovania vizuálnych vnemov na podporu rozhodovania a pomáha expertom identifikovať kľúčové prvky, najmä pri komplikovaných a zložitých procesoch, ktoré si vyžadujú multidisciplinárny prístup. Kombináciou analytických techník ako sú štruktúrna analýza, morfológická analýza a klastrovú mapu priamo v programe Parmenides EIDOS TM je možné identifikovať kľúčové faktory pre vývoj skúmaného javu, popísať ich budúce možné prejavy, posúdiť ich vzájomnú konzistenciu a z množstva kombinácií možného vývoja skúmaného javu vybrať tzv. predbežné (driver) scenáre, ktoré sa stanú východiskom pre vytváranie finálnych scenárov vo forme príbehov.

## **PodĎakovanie**

Táto práca bola realizovaná v rámci projektu INTEGRAL, ktorý je financovaný zo 7. Rámcového programu Európskej únie pre výskum, technologický rozvoj a demonštrácie na základe grantu č. 282887.

## **Literatúra:**

DILEK, C. 2009. The Scenario Analysis Tool Suite: A User's Guide. Joint Operations Division Defence Science and Technology Organisation Canberra, 24 p.

ERIKSSON, T., RITCHEY, T. 2002. Scenario Development using Computerised Morphological Analysis. Swedish Defence Research Agency Stockholm, 8 p.

FINK, A., OWEN, M. 2004. Scenarios for the Future of Europe's Regions. In: Futures Research Quarterly, Vol. 20, No. 1(4), pp. 5-27.

GABNER, R., STEINMÜLLER, K. 2004. Scenarios that tell a story; Normative Narrative Scenarios – An efficient tool for participatory innovation-oriented foresight. In: Proceedings of the EU-

US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods in Seville, Spain, p. 31-37.

GLENN, J. C., GORDON T. J. (EDS.) 2009. The Millennium Project: Futures Research Methodology, Version 3.0.

HEINEICKE, A. 2006. Die Anwendung induktiver Verfahren in der Szenario-Technik. In: Falko E. P. Wilms (ed.), Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft, Bern: Haupt Verlag, pp. 183–213.

KAHN, H., WIENER, A. 1967. Toward the Year 2000: A Framework for Speculation. New York.

PLAUCHÉ, M., DE WAAL, A., GROVER, A. S., GUMEDE T. 2010. Morphological Analysis: A Method for Selecting ICT Applications in South African Government Service Delivery. In: Information Technologies & International Development, Vol 6. No. 1(5): 1-20.

POTŮČEK, M. 2006. Manuál prognostických metod. Sociologické nakladatelství. Praha. ISBN 80-86429-55-5.

SCHÜLL, E., SCHRÖTER, W. 2013. Guideline for the conduction of participatory scenario processes in INTEGRAL, University of Applied Sciences Salzburg, 42 p.

VAN DER HEIJDEN, K. 1996. Scenarios: The Art of Strategic Conversation. Chichester, England, John Wiley & Sons.

WACK, P. 1985. Scenarios: Uncharted waters ahead, Harvard Business Review, 63(5).

Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

Ing. Rudolf Navrátil, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen and Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, Česká republika, [rudolf.navratil@tuzvo.sk](mailto:rudolf.navratil@tuzvo.sk)

Ing. Róbert Sedmák, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [robert.sedmak@tuzvo.sk](mailto:robert.sedmak@tuzvo.sk)

Dr. Ing. Yvonne Brodrechtová, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [brodrechtova@tuzvo.sk](mailto:brodrechtova@tuzvo.sk)

prof. Ing. Ján Tuček, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [jan.tucek@tuzvo.sk](mailto:jan.tucek@tuzvo.sk)

Ing. Róbert Smreček, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [robert.smrecek@tuzvo.sk](mailto:robert.smrecek@tuzvo.sk)

# Technológia FieldMap ako nástroj podrobného zberu údajov o lesnom prostredí

*Julián Tomašík*

## Úvod

Vznik potreby mapovania lesov na Slovensku sa vzťahuje k prvopočiatkom cieľavedomej starostlivosti o lesy. Lesnícke mapy slúžili a slúžia ako podklad pre evidenciu, plánovanie, orientáciu v lese a iné činnosti spojené s obhospodarovaním lesov (Szarka, Bavlšík, 2011). Predstavujú spojenie priestorových a popisných, atribútových údajov o lesnom prostredí. S ohľadom na vysokú lesnatosť Slovenska je náročné udržať lesnícke mapové dielo v aktuálnom stave. Súčasná legislatíva stanovuje 10-ročný cyklus obnovy plánov starostlivosti o les (PSoL). To znamená, že ročne je potrebné aktualizovať lesnícke mapy pre cca 10% výmery lesov, čo je približne 200 tisíc hektárov. Túto činnosť koordinuje a realizuje Národné lesnícke centrum vo Zvolene, Ústav lesných zdrojov a informácií, v súčinnosti so subjektmi zabezpečujúcimi obnovu plánov starostlivosti o les. Dominantnými meračskými metódami pre lesnícke mapovanie sú súčasnosti digitálna fotogrametria a meranie pomocou globálnych navigačných satelitných systémov. Digitálna fotogrametria pomocou výpočtovej techniky spracúva letecké meračské snímky v digitálnej podobe. Najvýraznejšími výhodami digitálnej fotogrametrie sú bezkontaktný zber údajov a vysoký stupeň automatizácie od zakladania fotogrametrického projektu až po tvorbu výstupov. Meranie pomocou globálnych navigačných satelitných systémov sa používa najmä pri zhusťovaní bodového poľa, či už pre účely použitia pri fotogrametrickom vyhodnotení alebo iných meračských metódach. Výhodou merania pomocou GNSS je nezávislosť na existujúcom bodovom poli. Tieto metódy sú v súčasnosti preferované v geodetickej praxi s ohľadom na ich vysokú efektívnosť, ale aj dostačujúcu presnosť získaných priestorových údajov. Pri meraní v lesnom prostredí, pod clonou lesného porastu, sa ale výhody týchto metód strácajú, často až do tej miery, že sú úplne nepoužiteľné. Nie je možné fotogrametricky vyhodnotiť detail, ktorý je na leteckej snímke zakrytý a podobne je veľmi problematické použitie GNSS v miestach, kde je signál výrazne ovplyvňovaný biomasou porastov, ale často aj výrazne členitým reliéfom. V súčasnosti sa stále častejšie používa laserové skenovanie (letecké alebo pozemné), avšak ani pri ňom nie je možné niektoré prvky identifikovať. V takýchto prípadoch je spoľahlivejšie použiť klasické geodetické metódy, napríklad polygonizáciu, tachymetrické meranie alebo buzólové meranie. Tieto metódy sú prácnejšie, ale poskytujú stabilnú presnosť bez ohľadu na prítomnosť *cloniacej* vegetácie.

Predkladaný príspevok sa zaoberá práve buzolovým meraním pomocou dvoch variant zostavy FieldMap, ktorá integruje hardvérové a softvérové prostriedky pre zber údajov v lesnom prostredí.

## **Posúdenie presnosti použitých pomôcok pre buzolové meranie**

### **Experimentálny materiál**

Pre splnenie vytýčeného cieľa experimentu bolo použité experimentálne bodové pole, ktoré bolo založené v roku 2005 pracovníkmi Katedry hospodárskej úpravy lesov a geodézie pre účely overovania presnosti rôznych geodetických meračských metód v lesnom prostredí. Pozostáva zo 73 bodov, pričom je tvorené štyrmi buzolovými ťahmi o dĺžke 999,97; 587,73; 426,46 a 197,33m, počet vrcholov je 30, 17, 20 a 10. Podrobné body boli zakladané najmä na hraniciach dielcov na lesnom celku Školský lesnícky podnik TU ZVOLEN, ktorých užívateľom je urbár Sliach-Hájniky. Porasty majú rôznu štruktúru, rastovú fázu a aj rôzny terénny reliéf. Zastúpená je hranica medzi lesným pôdnym fondom a bezlesím, hranice medzi jednotlivými rastovými fázami lesa (mladina - holina, dospelý porast - mladina atď.) a hranica vedená lesnou odvoznou cestou. Jednotlivé body boli stabilizované drevenými alebo železnými kolíkmi, prípadne na ceste farebným krížikom a meračským klincom. Zároveň bolo toto bodové pole zamerané kombináciou viacerých metód (polyg. ťah, rajón, metóda polárnych súradníc) pomocou univerzálnej meračskej stanice TOPCON GPT 3002. Získané údaje sú použité ako porovnávací etalón pre buzolové meranie, nakoľko podľa udávaných stredných chýb merania je použitý elektronický tachymeter rádovo presnejší ako pomôcky pre buzolové meranie (stredná chyba meraných vzdialeností +3mm oproti 3cm, pri uhloch +2“ oproti 20“). Taktiež experimentálne merania uvedenou univerzálnou meračskou stanicou potvrdili možnosť dosiahnutia centimetrovej presnosti (napr. Žíhľavník, 2012; Žíhľavník, Tunák, 2010). Bodové pole bolo navrhnuté tak aby čo najviac vyhovovalo buzolovému meraniu, nakoľko pri buzolovom meraní je napríklad na rozdiel od GNSS nutná vzájomná viditeľnosť medzi susednými meranými bodmi. Z toho vyplýva jedna zo základných nevýhod metód, pri ktorých je potrebná viditeľnosť medzi susednými bodmi, a to veľké množstvo „nadbytočných“ bodov, potrebných pre zameranie priamej línie v lesnom prostredí. Vzdialenosti medzi susednými bodmi sa pohybujú v rozmedzí 12,01 m až 84,79 m. Spodná hranica korešponduje s hodnotami udávanými v literatúre (10 m (Sokol et al., 1986)). Horná hranica prevyšuje udávané maximum 70 m (NLC, 1984), ktoré ale bolo navrhnuté pre použitie teodolitov s nitkovými diaľkometermi,

nie pre elektronické diaľkomery. Celkovo je v bodovom poli dĺžka strany nad 60 m prekročená len štyri krát.

## Použité pomôcky

Zostava 1: Laserový diaľkometer Impulse LR200 a elektronický kompas Mapstar Compass Module



Obr. 1. Zostava Impulse LR200+  
MapStar Compass Module II

Impulse LR200 je ľahký, nízkonákladový laserový diaľkometer, určený pre veľkú škálu meraní. Ako laserový diaľkometer je ľahko a rýchlo nastaviteľný mechanicky rukou. Po jednoduchom zamierení ďalekohľadom vybaveným nitkovým krížom, sa stlačí spínač, informácie o vzdialenostiach alebo výškach získa za menej ako sekundu. Má pevný, vode odolný, kompaktný hliníkový plášť. Vykonáva meranie dĺžok, výšok, horizontálnych uhlov, vertikálnych uhlov, v stupňoch alebo grádoch. Výrobca udáva presnosť 3cm na 50m, resp. 5cm na 150m.

MapStar Compass Module je pevný, vode odolný, kompaktný elektronický kompas. Jednoduchá manipulácia umožňuje kalibráciu na mieste a efektívne sa prispôsobuje zmenám magnetizmu prostredia. Poskytuje možnosť merania so základným nastavením alebo urobiť kalibráciu na mieste, ktorá minimalizuje lokálne

špecifiká. Kalibrácia na meranie v oblasti merania trvá nemej ako jednu minútu. Zdrojom napätia sú dve batérie AA, ktoré vydržia 8 hodín. Audiovizuálne indikátory zabezpečujú správne meranie. Vstup dát je umožnený automaticky alebo ručne pomocou klávesy. Výrobca udáva presnosť merania azimutov + 0,3 stupňa. Zostava bola použitá s použitím jednoduchej podpery – monopodu, s použitím a bez použitia akustickej signalizácie horizontácie prístroja. Zostava uvedených prístrojov je zobrazená na obr. 1.



## Zostava 2: Laserový diaľkomer TruPulse 360

Laserový diaľkomer radu TruPulse je technológia výrobcu laserových meracích prístrojov americkej firmy LaserTechnology Inc. Optika so 7-násobným zväčšením a údajmi zobrazovanými na LCD displeji priamo v zornom poli umožňuje priame cielenie cez objektív. Prístroj TruPulse 360B (obr. 2) má zabudovaný náklonový senzor, ktorý meria zvislé uhly. Tie prístroj používa na prepočet výšky a prevýšenia a na určenie vodorovnej dĺžky. Všetky merania sa vykonávajú len



Obr. 2. Prístroj TruPulse 360 B

jedným stlačením tlačidla. Prístroj má integrovanú technológiu Bluetooth pre bezdrôtové prepojenie. Prístroj TruPulse ponúka módy merania pre meranie horizontálnej, vertikálnej a tiež šikmej vzdialenosti. Výrobca udáva pomerne veľké rozpätie hodnôt dosiahnuteľnej presnosti, od + 0,3m (kratšie vzdialenosti, kvalitný cieľ) do + 1m (väčšie vzdialenosti, cieľ nižšej kvality). Pri azimutoch je udávaná presnosť + 1 stupeň. Pri meraní bol použitý monopod, ale bolo vykonané aj meranie bez podpery.

### **Meranie a spracovanie**

Zameranie buzolových ťahov bolo vykonané spôsobom merania na každom druhom vrchole buzolového ťahu, tzv. „s preskáčkou“. Pri tomto spôsobe sú dĺžky strán a ich azimuty merané iba raz, na rozdiel od merania na každom vrchole. Nakoľko je meranie „s preskáčkou“ menej práčne, je praxi používané častejšie. Pri samotnom meraní bolo použitých niekoľko variant s ohľadom na centráciu a horizontáciu prístroja. Pri zostave Impulse + MapStar bol použitý monopod a meranie bolo vykonané so zapnutou aj vypnutou funkciou LevelAid, ktorá má zabezpečiť správnu horizontáciu prístroja. Pri použití prístroja TruPulse bolo meranie vykonané s použitím monopodu a následne voľne z ruky. Pri všetkých meraniach boli namerané hodnoty (azimuty a vodorovné dĺžky) zaznamenávané ručne do zápisníkov pre buzolové meranie, nakoľko softvér Field-Map, ktorý je dodávaný so zostavou na buzolové meranie, v súčasnosti nedisponuje záznamom pre účely geodetických meraní. Pre transformáciu do systému S-JTSK bola určená orientačná odchýlka o ktorú boli upravené všetky azimuty pred výpočtom pravouhlých súradníc bodov.

Na určenie pravouhlých súradníc lomových bodov buzolových ťahov boli použité tri metódy výpočtu:

- vynesenie bodov zaradom bez vyrovnania,
- dĺžkové vyrovanie buzolového ťahu,
- výpočet súradníc bodov polárnou metódou s použitím správnych súradníc stanovísk.

Vyhodnotenie bolo spracované pre každý buzolový ťah osobitne a následne boli vypočítané sumárne výsledky pre celú množinu skúmaných bodov. Ako základná porovnávacía hodnota bola pre jednotlivé buzolové ťahy, ako aj metódy merania a vyhodnotenia vypočítaná stredná súradnicová chyba  $m_{xy}$  a stredné chyby meraných dĺžok a azimutov, vypočítané ako diferencía medzi hodnotami určenými univerzálnou meračskou stanicou a zostavou FieldMap.

## Vyhodnotenie

Pri zisťovaní presnosti meračských pomôcok je potrebné najskôr určiť skúmať presnosť primárne získavaných veličín, čo boli v tomto prípade dĺžky a uhly. Pre každú stranu buzolových ťahov boli vypočítané chyby dĺžok a azimutov, z ktorých boli pre každý variant merania vypočítané stredné kvadratické chyby. Ak okolo náhodne vybraného merania opíšeme interval, ktorý má šírku strednej kvadratickej chyby, bude skutočná hodnota ležať v tomto intervale s pravdepodobnosťou 68%. Výsledné hodnoty sú v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 1. Hodnoty stredných kvadratických chýb azimutov a dĺžok podľa variant merania a použitých meračských pomôcok (n = 73)

	Impulse LR200 + MapStar Compass Module II		TruPulse 360B	
	bez horizontácie	s horizontáciou	s použitím monopodu	voľne z ruky
azimut (o)	0,58	0,55	3,25	3,24
vzdialenosť (m)	0,09	0,08	0,25	0,25

Uvedené hodnoty pre zostavu Impulse + Mapstar sú približne dvojnásobne vyššie ako hodnoty uvádzané výrobcom. Je ale potrebné brať do úvahy, že hodnota výslednej chyby merania v sebe zahŕňa nie len chybu samotného prístroja, ale aj rôzne iné chyby, napr. chybu z nedokonalkej horizontácie, nepresného zacielenia, necentrického postavenia cieľa a pod. Podobne ani hodnoty porovnávacieho etalónu nemožno považovať za absolútne presné, napriek tomu, že boli získané pomocami s rádovo vyššou presnosťou. Pri porovnaní s klasickými prístrojmi pre buzolové meranie, kde chyba pri určení dĺžok bola +25cm na 100m a chyby určenia azimutu +10“ (Višňovský, Čihal, 1985) možno konštatovať, že uvedená zostava dosahuje lepšie výsledky pri meraní dĺžok, avšak až cca 3-násobne horšie výsledky pri určovaní azimutov. Pri použití prístroja Trupulse 360B sa chyba určenia dĺžok zhoduje s hodnotou udávanou výrobcom a zároveň je porovnateľná s hodnotami dosiahnutelnými pri použití optického nitkového diaľkometra. Naproti tomu je chyba určených azimutov veľmi vysoká. Hodnota cez 3 stupne by prakticky vylučovala možnosť použiť prístroj pre geodetické úkony a aj využitie pre iné účely by bolo veľmi otáznе. Nakoľko je ale tento prístroj na katedre HÚL a geodézie dostupný prvý rok a jednalo sa o prvé takéto meranie s ním, nie je možné tieto výsledky zovšeobecniť a je potrebné ich overiť niekoľkonásobným ďalším meraním.

Následne boli namerané dĺžky a azimuty použité pri výpočte pravouhlých súradníc lomových bodov buzolových ťahov v systéme S-JTSK. Boli použité 3 metódy výpočtu – výpočet pravouhlých súradníc z polárnych s použitím súradníc stanovísk z porovnávacieho etalónu a 2 metódy ťahového vyhodnotenia – bez vyrovnania a s dĺžkovým vyrovnaním. Po výpočte súradníc boli tieto porovnané so súradnicami porovnávacieho etalónu, boli vypočítané súradnicové chyby pre jednotlivé body a následne stredné súradnicové chyby podľa jednotlivých metód merania a výpočtu. Tieto hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 2 Hodnoty stredných súradnicových chýb  $m_{xy}$  (v metroch) podľa variant merania a výpočtu

metóda merania	metóda vyhodnotenia		
	metóda výpočtu pravouhlých súradníc z polárnych	vyhodnotenie buzolového ťahu bez vyrovnania	vyhodnotenie buzolového ťahu s dĺžkovým vyrovnaním
IMPULSE bez horizontácie	0,24	0,57	0,61
IMPULSE s horizontáciou	0,23	0,6	0,43
TRUPULSE s monopodom	1,32	2,73	2,28
TRUPULSE voľne z ruky	1,33	2,95	2,49

Uvedené hodnoty potvrdzujú výrazný rozdiel presnosti medzi použitými pomôckami. Rozdiely pre jednotlivé pomôcky s horizontáciou a bez horizontácie (resp. s použitím a bez použitia monopodu) sú minimálne. Je ale potrebné podotknúť, že bodové pole sa nachádzalo v mierne členitom teréne. Dá sa predpokladať, že pri meraní v členitejšom teréne by bol vplyv správnej horizontácie výraznejší. Z metód vyhodnotenia sa ako najpresnejšia potvrdila polárna metóda s použitím súradníc stanovísk z porovnávacieho etalónu. V praxi by táto metóda mohla predstavovať kombináciu uvedených prístrojov s inými meračskými metódami, kde poloha stanoviska by bola určená presnejšou metódou (napr. GNSS) a okolitý polohopis by bol zameraný skúmanými pomôckami. Dôležité je, že pri tejto metóde sa merané body (resp. azimuty a dĺžky) navzájom neovplyvňujú. Pri ďalších dvoch metódach už ide o ťahové riešenie, teda súradnice bodov sa počítajú postupne a navzájom nadväzujú. To spôsobuje výrazný nárast hodnôt strednej súradnicovej chyby. Pri výpočte bez vyrovnania ide o štandardný postup

použitia technológie FieldMap, kde pri meraní skusnej plochy je prvým stanoviskom pevne daný bod, ale ťah nie je ukončený v pevnom bode. Vyrovnanie teda nie je možné. Pri výpočte s vyrovnaním musí byť buzolový ťah vložený medzi 2 pevné body, čím je umožnené ťah vyrovnat' dĺžkovo. Pre prax je dôležitý poznatok, že pri použití zostavy Impluse+MapStar je možné dosiahnuť výslednú presnosť do 1 metra, čomu zodpovedá súčet výpočtu ťahu bez vyrovnania (tvorba stanovísk prístroja) a polárnej metódy (meranie okolitého polohopisu). Hodnoty dosiahnuté prístrojom TruPulse sú výrazne vyššie, ale ako bolo spomenuté pri analýze azimutov a dĺžok, je potrebné ich ešte overiť viacnásobným meraním.

## **Využitie technológie FieldMap na príklade podrobného merania v NPR Bujanovská dubina**

### **Charakteristika územia**

Národná prírodná rezervácia Bujanovská dubina sa nachádza v katastrálnom území pôvodnej obce Ružín v okrese Košice-okolie na výmere 88,17 ha v Slovenskom Rudohorí – Čiernej hore. NPR predstavuje bukovo-dubové a dubovo-bukové lesné spoločenstvá na rule a sprašových príkrovoch juhozápadných svahov údolia Hornádu v Slovenskom Rudohorí. Objekt je určený na využitie pre lesnícky vedecký výskum. Prevalu majú JZ a SZ expozície so sklonom 15-25° v nadmorskej výške 575 – 765 m.n.m., v bukovo-dubovom a dubovo-bukovom lesnom vegetačnom stupni. Stredná výška buka je 31 m, duba 36 m.

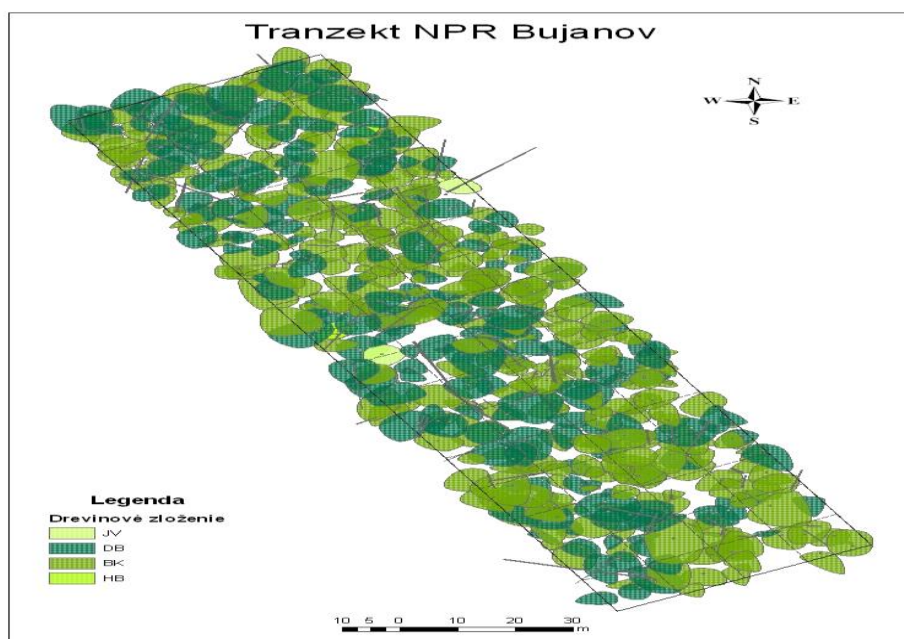
### **Metodika**

Trvalá výskumná plocha (TVP) bola založená postupne v priebehu rokov 2007 a 2008 na výmere 8 ha s rozmermi 400x200 m v lesných dielcoch 228 a 229 na Lesnom celku Malá Lodina, v NPR Bujanovská dubina. Hranice TVP sú trvalo stabilizované drevenými kolíkmi s farebnou hlavičkou. Na výskumnej ploche je založený tranzekt o výmere 1 ha s rozmermi 50x200 m situovaný po spádnici. Tranzekt vystihuje typické znaky celej TVP. Meranie na tranzekte zahŕňalo hrúbku stromov  $d_{13}$  väčšou ako 2 cm s presnosťou na 1 mm; výšku stromov s presnosťou na 0,5 m; výšku nasadenia korún s presnosťou na 0,5 m; zaradenie stromov do vrstiev; situáciu stojacich stromov ( $d_{13} \geq 2,0$  cm); projekcie korún živých stromov; situáciu padnutých stromov a ich objem; situáciu otvorených a rozšírených medzier, ich výmeru a počet vypadnutých stromov; situáciu prirodzenej obnovy v plošnej forme podľa prevládajúcej vývojovej kategórie; určenie vývojových štádií a evidenciu jedincov prirodzenej obnovy. Na okolitej ploche boli realizované podobné zisťovania, okrem mapovania pozícií stromov

a korunových projekcií. Pri meraní bola použitá zostava dĺžkomera Impulse LR200 a kompasu MapStar Compass Module II na monopode. Bol použitý aj terénny počítač Hammerhead s nainštalovaným softvérom Field-Map, ktorý zjednodušuje a čiastočne automatizuje meranie a vyhodnotenie uvedených charakteristík. Z metód vyhodnotenia, uvedených v predchádzajúcich častiach, softvér Field-Map využíva vyhodnotenie buzolového ťahu bez vyrovnania pri tvorbe stanovísk prístroja a následne polárnu metódu pre meranie okolitého polohopisu.

### **Vyhodnotenie**

Drevinové zloženie na TVP je dominantne tvorené dvomi hlavnými drevinami a to dub zimný (*Quercus petrea*) a buk lesný (*Fagus sylvatica*). Ojedinele sa vyskytuje na skúmanej ploche hrab obyčajný (*Carpinus betulus*), javor horský (*Acer pseudoplatanus*) a jedľa biela (*Abies alba*). Na tranzekte bolo zameraných 587 živých stojacich stromov, čo spolu s bodmi korunových projekcií (4 body na jednu korunovú projekciu) predstavuje 2935 zameraných bodov. K tomuto číslu je potrebné pripočítať ďalšie desiatky bodov, potrebné na zameranie mŕtvych stromov (stojacich aj spadnutých), porastových medzier a pod. Znázornenie tranzektu, pozícií jednotlivých stromov a ich korunových projekcií je na obr. 3. Z nameraných údajov bolo možné odvodiť mnohé charakteristiky, ktoré sú dôležité pre poznanie procesov prebiehajúcich v prírodnom lese. Po vyhodnotení celej TVP bolo zistené, že priemerná početnosť oboch hlavných drevín na celej TVP je 471 ks.ha<sup>-1</sup>, priemerná zásoba hrubiny 650,01 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Hrubková štruktúra poukazuje a potvrdzuje konštatovanie bimodálneho rozdelenia drevín v pralese. Najvyššia nameraná výška duba je 40,5 m, buka 35,5 m. Rovnako aj výšková štruktúra stromov skúmanej plochy je charakteristická existenciou dvoch odlišných vrstiev s rozdielnym druhom drevín. Hornú vrstvu s viac ako 98,4 % tvorí dub, pričom len necelé 2% duba zostupuje do strednej vrstvy. Stredná vrstva je dominantne tvorená bukom so zastúpením 41,5% z celkovej početnosti buka. Produkčné využitie disponibilného priestoru tranzektu korunami stromov je stanovené z meraných hodnôt dĺžok korún, korunových projekcií a z nich vypočítaných objemov korún. Produkčné využitie disponibilného priestoru (v %) bolo vypočítané ako podiel objemu všetkých korún tranzektu a produkčného priestoru tranzektu. Obe dreviny vyplňajú disponibilný produkčný priestor na 29,48%. Na celkovom plošnom zápoji 162,78% sa buk podieľa 99,12% a dub 63,65%. (Tomašík, 2011). Ďalšie charakteristiky lesa na TVP boli odvodené zo sledovaných údajov o množstve mŕtveho dreva, disturbančných a regeneračných procesoch na ploche atď. Potvrdili a rozšírili sa poznatky o genéze Bujanovskej dubiny ako sekundárneho pralesa, ktorý sa postupne vyvíja v bezzásahovom režime.



Obr. 3. Znáznornenie polohy stromov, korunových projekcií a mŕtveho dreva na tranzekte TVP Bujanovská dubina

## Záver

Používanie buzolového merania, ako jednej z klasických geodetických metód, s nástupom nových meračských metód postupne upadalo. Vznik technológie Field-Map zapríčinil určitú renesanciu tejto metódy, takže je opäť potrebné sa zaoberať jej presnosťou, najmä s ohľadom na konkrétne meračské pomôcky. Na základe uvedených výsledkov je možné vyvodit' nasledovné závery:

- pri použití zostavy Impulse+MapStar je možné pri vhodnej voľbe dĺžok strán a celkovej dĺžky buzolového ťahu uvažovať o strednej súradnicovej chybe pod 0,5 m; pri použití prístroja Trupulse sú výsledky niekoľkonásobne horšie
- hlavným zdrojom chýb pri použitých pomôckach je meranie azimutov
- s ohľadom na efektivitu práce a relatívne malý vplyv horizontácie voliť čo najjednoduchšiu zostavu
- pri pripojenom meraní zohľadňovať hodnotu orientačnej odchýlky

Na uvedenom príklade meranie v NPR Bujanovská dubina je ale zrejmé, že v kombinácii s vhodným softvérovým riešením sa stále jedná o vhodnú metódu zberu údajov. Ide najmä o podrobné merania pod clonou lesného porastu, kde sú metódy GNSS a fotogrametrie veľmi obtiažne použiteľné. Použiteľné by mohlo byť napr. aj pozemné laserové skenovanie, avšak

skenovanie, spracovanie a interpretovanie potrebných charakteristík hustých viacetážových porastov je veľmi zložitá. Z hľadiska presnosti pomôcky nie sú rovnocenné, preto je na užívateľovi, aby sa o reálnu presnosť zaujímal a na základe svojich požiadaviek zvolil príslušnú prístrojovú techniku.

### **Pod'akovanie**

Práca vznikla v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA MŠ SR a SAV č. 1/0804/14 s názvom „Aktualizácia mapovania, usporiadania vlastníctva k lesným pozemkom a určenie stavu krajiny modernými prostriedkami družicovej geodézie a leteckého prieskumu“.

### **Použitá literatúra:**

SOKOL, Š. - MAGULA, V. - FABIAN, M., 1986: Meranie v geodézii I., Slovenská vysoká škola technická v Bratislave, 107 s.

SZARKA, P., BAVLŠÍK, J., 2011: 250-ročná tradícia vypracovania lesných hospodárskych plánov na Slovensku. Lesnícke listy pre prax 3/2011 - Príloha časopisu Les & Letokruhy 5 – 6/2011. Zvolen: Národné lesnícke centrum. 8 s.

TOMAŠTÍK, J., 2011: Štruktúra, textúra, produkcia a regeneračné procesy NPR Bujanovská dubina. Dizertačná práca. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene. 86 s.

Technická príručka hospodárskej úpravy lesov, Lesoprojekt Zvolen, 1984, 594 s.

VIŠŇOVSKÝ, P., ČIHAL, A., 1985: Geodézia a fotogrametria. Vysokoškolská učebnica. Bratislava: vydavateľstvo Príroda. 546 s.

ŽÍHLAVNÍK, Š., 2012: Problematika katastrálneho mapovania v lesných porastoch. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene. 80 s. ISBN 978-80-228-2367-8

ŽÍHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D., 2010. Racionalizácia mapovacích prác využitím metódy polygonových ťahov ; Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 83 s. ISBN 978-80-228-2133-9

### Kontaktné údaje o autoroch pre potreby zborníka:

Ing. Julián Tomašík, PhD., Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, Katedra HÚLaG, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, [tomastik@tuzvo.sk](mailto:tomastik@tuzvo.sk),



