

FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED  
UNIVERZITA MATEJA BELA

KATEDRA GEOGRAFIE A GEOLÓGIE

GE  GRAFICKÁ  
REVUE

Ročník 16, č.2

Banská Bystrica, 2020  
ISSN 2585-8955(print), ISSN 2585-8947(online)

# GEOGRAFICKÁ REVUE

RECENZOVANÝ VEDECKÝ ČASOPIS KATEDRY GEOGRAFIE A GEOLÓGIE  
FAKULTY PRÍRODNÝCH VIED UNIVERZITY MATEJA BELA V BANSKEJ BYSTRICI

Hlavný redaktor:

**Alfonz Gajdoš**

Redaktorka:

**Michaela Žoncová**

Redakčná rada:

**Eduard Hofmann**, Pedagogická fakulta Masarykovy Univerzity, Brno

**Štefan Karolčík**, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Bratislava

**René Matlovič**, Fakulta humanitných a prírodných vied Prešovskej univerzity v Prešove, Prešov

**Ján Ořahel**, Geografický ústav SAV, Bratislava

**Ladislav Tolmáči**, Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Banská Bystrica

**Ana Korže Vovk**, Filozofska fakulteta Univerza v Mariboru, Maribor

Sadzba:

Michaela Žoncová

Vydáva:

© BELIANUM, vydavateľstvo UMB v Banskej Bystrici

Fakulta prírodných vied UMB, Katedra geografie a geológie

Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

e-mail: michaela.zoncova@umb.sk

Tlač časopisu Geografická Revue 2/2020 bola realizovaná s finančnou podporou Slovenskej geografickej spoločnosti pri Geografickom ústave SAV v Bratislave.

Vychádza:

dvakrát do roka

Stránka časopisu: <http://www.fpv.umb.sk/geo-revue/>



# GEOGRAPHIC REVUE

REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL OF THE DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND GEOLOGY  
FACULTY OF NATURAL SCIENCES, MATEJ BEL UNIVERSITY IN BANSKÁ BYSTRICA

Editor-in-Chief:

**Alfonz Gajdoš**

Editor:

**Michaela Žoncová**

Editorial Board:

**Eduard Hofmann**, Masaryk University, Brno, Czech republic

**Štefan Karolčík**, Comenius University, Bratislava, Slovakia

**René Matlovič**, The University of Prešov, Slovakia

**Ján Ořahel**, Institute of Geography, Bratislava, Slovakia

**Ladislav Tolmáči**, Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia

**Ana Korže Vovk**, University of Maribor, Slovenia

Typesetting:

Michaela Žoncová

Publisher:

© BELIANUM, publisher of MBU in Banská Bystrica

Faculty of Natural Sciences, Department of Geography and Geology

Tajovského 40, 974 01, Banská Bystrica, Slovakia

e-mail: michaela.zoncova@umb.sk

The printing of Geographic Revue 2/2020 was realized with the financial support of the Slovak Geographical Society at the Institute of Geography of Slovak Academy of Sciences in Bratislava.

Periodicity:

Two Numbers per Volume

Web: <http://www.fpv.umb.sk/geo-revue/>



## OBSAH

Boris Pálka, Jarmila Makovníková, Miloš Širáň PRIESTOROVÁ VIZUALIZÁCIA POTENCIÁLU AGROEKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB NA SLOVENSKU SPATIAL VISUALIZATION OF THE AGROECOSYSTEM SERVICES POTENTIAL IN SLOVAKIA	4
Vladimír Hutár, Ján Halas, Boris Pálka, Michal Sviček, Rastislav Dodok PRESNOSŤ, LIMITY A DOSTUPNOSŤ POZOROVANIA KRAJINNEJ POKRÝVKY/VYUŽITIA KRAJINY NA SLOVENSKU V RÁMCI CELO-EURÓPSKEHO PRIESKUMU LUCAS ACCURACY, LIMITS AND AVAILABILITY OF OBSERVATION OF LAND COVER/LAND USE IN SLOVAKIA WITHIN THE PAN-EUROPEAN LUCAS SURVEY	15
Dagmar Popjaková, Tatiana Mintálová TEORETICKO-METODOLOGICKÉ KAPITOLY Z GEOGRAFIE PRIEMYSLU: VÝVOJ OBJEKTU VÝSKUMU GEOGRAFIE PRIEMYSLU THEORETICAL AND METHODOLOGICAL CHAPTERS OF INDUSTRIAL GEOGRAPHY: DEVELOP- MENT OF THE RESEARCH OBJECTIVES OF INDUSTRIAL GEOGRAPHY	26
Tomáš Hrdý, Karol Weis 3D REKONŠTRUKCIA ZANIKNUTÉHO TAJCHU 3D RECONSTRUCTION OF THE EXTINCT WATER RESERVOIR	51
Lenka Balážovičová, Ľuboš Balážovič PRÁCA SO SATELITNÝMI SNÍMKAMI MISÍ LANDSAT POMOCOU ROZHRAŇIA USGS EARTH EXPLORER WORKING WITH SATELLITE IMAGES FROM LANDSAT MISSIONS USING USGS EARTH EXPLORER INTERFACE	67

PRIESTOROVÁ VIZUALIZÁCIA POTENCIÁLU  
AGROEKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB NA SLOVENSKU  
SPATIAL VISUALIZATION OF THE AGROECOSYSTEM  
SERVICES POTENTIAL IN SLOVAKIA

*Boris Pálka<sup>1</sup>, Jarmila Makovníková<sup>1</sup>, Miloš Širáň<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 01 Banská Bystrica, SR, e-mail: boris.palka@nppc.sk, jarmila.makovnikova@nppc.sk, milos.siran@nppc.sk*

DOI: <https://doi.org/10.24040/GR.2020.16.2.4-14>

**Abstract:** For the purpose of analysis and evaluation of agroecosystem services potential (AESS), we have created spatial units based on biophysical data in combination with land use data. The selection of biophysical data was based on the intersection of indicators that repeatedly enter into the evaluation of individual agroecosystem services. The basic spatial unit for the representation of combination geographic data is a raster grid with a resolution of 100 x 100 m. The functional unit is a specific category of combination of land cover and land use. We generated a layer for mapping and subsequent quantification of agroecosystem services potential by a combination of four input layers - relief slope, climatic units, soil texture and land type. The resulting layer of aggregated units is processed at the national level for the entire territory of the Slovak Republic using methods and tools offered by geographic information systems (GIS). In terms of content, it is possible to connect the created mapping units to the internationally used land cover database - Corine Land Cover. Within each created spatial unit, we calculated the weighted average of the values of the total potential of the agroecosystem service. Modeling of agroecosystem services combined with spatial visualization allows to optimize the management of agroecosystems and thus support the synergy between the functioning of ecosystems and the social dynamics of the area.

**Keywords:** *agroecosystem services, spatial units, GIS, modelling, agricultural land potential*

## Úvod

Ekosystémové služby sú zo svojej podstaty určené vzájomnou interakciou medzi ekologickými a sociálnymi systémami, pretože len tie ekosystémové procesy, ktoré prispievajú k naplneniu ľudských potrieb sú definované ako ekosystémové služby (Birghofer et al., 2015). Pochopenie interakcií medzi vlastnosťami a procesmi má preto zásadný význam pre hodnotenie a mapovanie ekosystémových služieb.

Tok ekosystémových služieb vychádza zo zásob prírodného kapitálu, ktorý tak predstavuje potenciál ekosystémových služieb (Dominati et al., 2010). Podľa Burkhard et al. (2013) je potenciál ekosystémových služieb definovaný ako hypoteticky maximálne možné plnenie ekosystémových služieb. Potenciál ekosystémových služieb je porovnateľný so zásobami prírodného kapitálu a zabezpečuje aktuálny aj budúci tok ekosystémových služieb (Costanca, 2008). V agroekosystémoch môžu byť aktuálne toky aj vyššie ako je potenciál (napríklad v prípade zásobovacích služieb) z dôvodu antropogénneho dotovania agroekosystému v podobe živín a závlah.

Explicitné kvantifikovanie a mapovanie ekosystémových služieb je považované za jednu z hlavných požiadaviek pre implementáciu konceptu

ekosystémových služieb do inštitucionálneho rozhodovania. Modely a ich mapové zobrazenia by mali reflektovať na jednej strane biofyzikálne faktory na druhej strane by však mali byť aplikovateľné aj v rámci administratívnych jednotiek pre lepšie uplatnenie modelov v rozhodovaní (Burkhard et al. 2013). Biofyzikálne priestorovo kvantifikované údaje využívajú pri hodnotení ekosystémových služieb vo svojej práci viacerí autori (Nieto-Romero et al. 2013, Alam et al. 2013, Seják et al., 2003). Medzi najčastejšie indikátory pre mapovanie služieb agroekosystémov patria využitie pôdneho krytu, pôda a vegetácia (Dominated et al., 2010). Verbürg a Overmars (2009) uvádzajú štatisticky významné vzťahy aj medzi biofyzikálnymi parametrami a ekosystémovými službami, socioekonomickými parametrami a využívaním krajiny.

## Metodika

Pre potreby analýz, hodnotenia a vizualizácie potenciálu agroekosystémových služieb (AESS) sme vytvorili mapovacie jednotky na základe biofyzikálnych údajov v kombinácii s údajmi o využívaní krajiny. Výber biofyzikálnych údajov vychádzal z prieniku indikátorov, ktoré opakovane vstupujú do hodnotenia jednotlivých agroekosystémových služieb.

Našou základnou priestorovou jednotkou pre reprezentáciu geografických údajov je pravidelná sieť (raster) o veľkosti 100 x 100 m. Funkčnou jednotkou je špecifická kategória krajinného pokryvu a využitia územia, ktorá je vymedzená na základe kombinácie štyroch základných vstupných vrstiev:

- obhospodarovania poľnohospodárskej krajiny (druh pozemku)
- morfologickej charakteristiky územia (sklon reliéfu)
- charakteristiky klímy (agroklimatická oblasť)
- základnej charakteristiky pôdy (textúra)

Priestorové hodnotenie AESS prebiehalo len na plochách poľnohospodárskej pôdy, preto sme za kartografický podklad zvolili vrstvu LPIS (Land Parcel Identification System). LPIS predstavuje identifikačnú sústavu poľnohospodárskych plôch pre potrebu integrovaného administratívneho a kontrolného systému a okrem iného nesie tiež informáciu o obhospodarovaní poľnohospodárskej pôdy (Fecková, Ondačková, 2018).

Sklon územia je druhou základnou vstupnou vrstvou ako morfometrický ukazovateľ reliéfu a vychádza z digitálneho terénneho modelu územia SR. Ďalšou vstupnou vrstvou pre modelovanie AESS boli agroklimatické regióny, ktoré vychádzajú z hodnôt klimatických ukazovateľov obsiahnutých

v kóde bonitovaných pôdnoekologických jednotiek (BPEJ) (Džatko, Sobocká, 2009). Použili sme klimatické jednotky, ktoré boli v danom období k dipozícii, ktoré už nemusia zodpovedať súčasnosti ale zatiaľ iné nie sú dostupné. Pri hodnotení potenciálu AESS je dôležité brať do úvahy aj základnú charakteristiku pôdy na základe jej textúry, ktorú sme získali z BPEJ systému.

Okrem hlavných vstupných vrstiev sme pri modelovaní a kvantifikácii potenciálu jednotlivých agroekosystémových služieb používali aj doplnkové vrstvy. V prípade regulačnej služby, konkrétne filtračnej agroekosystémovej služby sme na jej modelovanie využili vrstvu potenciálu poľnohospodárskych pôd pre imobilizáciu rizikových prvkov (Makovníková, et. al., 2007). Potenciál regulácie odnosu pôdy sme hodnotili pomocou určenia stupňa erózneho ohrozenia pôdy (Alena, 1986, Pálka et al., 2015). Vrstva zásob pôdnej organickej hmoty na základe údajov monitorovania pôdnej organickej hmoty v rámci Čiastkového monitorovacieho systému- pôda a vrstva zásob pôdneho organického uhlíka vytvorená podľa modelu RothC 26.3 (Barančíková et. al., 2011, Širáň et. al., 2013) boli využité pri modelovaní potenciálu regulácie klímy. Pri modelovaní potenciálu poľnohospodárskej krajiny poskytovať kultúrne agroekosystémové služby sme využili viacero doplnkových vrstiev, ktoré sú bližšie opísané v ďalšej kapitole.

Z vektorovej vrstvy LPISu sme na základe atribútu (druh pozemku) vyseletovali plochy ornej pôdy, trvalých trávnych porastov a trvalých kultúr a vytvorili reklasifikovanú rastrovú vrstvu s 3 kategóriami (Tab. 1.) s rozlíšením 100 x 100 m. Pre účel morfolologickej charakteristiky územia sme pomocou extenzie 3D Analyst, ktorá je súčasťou softvérového balíka ArcGIS, vychádzajúc z digitálneho modelu reliéfu SR namodelovali sklony reliéfu v stupňoch. Výsledná vrstva sklonov bola reklasifikovaná do 4 kategórií (Tab. 1.) a orezaná na hranice LPIS.

Údaje o agroklimatických regiónoch sme čerpali zo sedemmiestneho kódu BPEJ, kde sa pôvodná vrstva s 10 kategóriami zlúčila do 4 kategórií (Tab.1) a previedla do rastrovej podoby s rozlíšením 100 x 100 m. Keďže bonitačný informačný systém so svojou vrstvou BPEJ nepokrýva celé kultúrne diely LPISu, bolo potrebné doplniť chýbajúce areály. Na to sme využili interpolačnú metódu Ordinary Kriging a dopočítali nepokryté areály LPISu. Vrstva zrnitosti pôdy vychádzala z jednotiek BPEJ, z ktorých boli vytvorené 3 kategórie textúry pôdy (Tab.1) na základe Novákovej klasifikačnej stupnice zrnitosti podľa % obsahu frakcie jemnozeme. Podobne ako pri klimatickej vrstve aj tu sme doplnili chýbajúce areály LPISu cez interpoláciu. Následne všetky

štyri vrstvy boli skombinované do jednej výslednej agregovanej vrstvy jednotiek - FASU (Functional Aggregate Spatial Units) (Makovníková, et. al., 2017), ktorá obsahuje 100 rôznych kombinácií biofyzikálnych údajov (Mapa 1, 2). Vygenerovaná vrstva FASU je podkladovou vrstvou pre modelovanie potenciálu agroekosystémových služieb. Na hodnotenie a kvantifikáciu jednotlivých agroekosystémových služieb bolo potrebné spracovať aj vybrané doplnkové vrstvy, ktoré sa skombinovali s vytvorenou vrstvou FASU. V rámci každej jednotky FASU sme následne vypočítali vážený priemer hodnôt potenciálu zvolených služieb agroekosystémov. Pre modelovanie filtračnej regulačnej služby sa využila rastrová vrstva imobilizácie rizikových prvkov v pôde. Akumulačná agroekosystémová služba bola modelovaná cez hodnoty potenciálu schopnosti poľnohospodárskych pôd akumulovať vodu (Bujnovský et al., 2009). Tento potenciál je vyčíslený len nad vrstvou BPEJ, preto bola znovu potrebná interpolácia na celú vrstvu LPISu. Modelovanie regulačnej agroekosystémovej služby, regulácia odnosu pôdy, prebiehalo prostredníctvom modelu USLE cez univerzálnu rovnicu straty pôdy (Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978), ktorá udáva potenciálnu stratu pôdy vodnou eróziou z hektára za rok. S použitím hodnôt prípustnej straty pôdy (Vyhláška č. 59/2013 MPRV



SR) sme stanovili stupeň erózneho ohrozenia poľnohospodárskej pôdy (SEOP) a následne potenciál pre reguláciu odnosu pôdy. Pre potrebu hodnotenia potenciálu poľnohospodárskej krajiny poskytovať kultúrne agroekosystémové služby sme vytvorili nárazníkové zóny (buffer) pozdĺž diaľnic vo vzdialenosti 250 m a ciest 1. triedy vo vzdialenosti 100 m, ktoré z hľadiska rekreácie vykazujú nulový potenciál. Do modelu pre pešiu turistiku sme pridali kategorizovanú vrstvu nadmorskej výšky a prírodné chránené územia (NATURA 2000, národné parky, chránené krajinné oblasti, prírodné rezervácie, chránené areály, prírodné pamiatky). Prírodné chránené územia sú súčasťou aj modelu pre cykloturistiku, kde vstupuje ešte vrstva hustoty poľných spevnených ciest.

## Výsledky

Výsledná vrstva určená pre modelovanie a vizualizáciu agroekosystémových služieb je výsledkom kombinácie všetkých štyroch základných vstupných vrstiev, čím nám vzniklo 100 funkčných agregovaných jednotiek - FASU. Táto výsledná vrstva je spracovaná na národnej úrovni pre celé územie Slovenskej republiky na orných pôdach ako aj na trvalých trávnych porastoch (Mapa 1, Mapa 2) s využitím metód a nástrojov, ktoré ponúkajú geografické informačné systémy.

Spracovanie vstupných vrstiev, ich kombinácia, modelovanie a štatistické vyhodnotenie potenciálu AESS ako aj mapové výstupy prebehli v komerčnom geografickom informačnom systéme ArcGIS for Desktop Advanced verzia 10.3 od firmy ESRI.

Pri využití vytvorenej vrstvy pre hodnotenie potenciálu agroekosystémových služieb, sme v rámci každej vytvorenej priestorovej jednotky vypočítali vážený priemer hodnôt potenciálu agroekosystémovej služby pre územie SR, ktorý je charakteristický pre danú priestorovú funkčnú agregovanú jednotku.

Pri využití vytvorenej vrstvy pre hodnotenie potenciálu agroekosystémových služieb, sme v rámci každej vytvorenej priestorovej jednotky vypočítali vážený priemer hodnôt potenciálu agroekosystémovej služby pre územie SR, ktorý je charakteristický pre danú priestorovú funkčnú agregovanú jednotku.

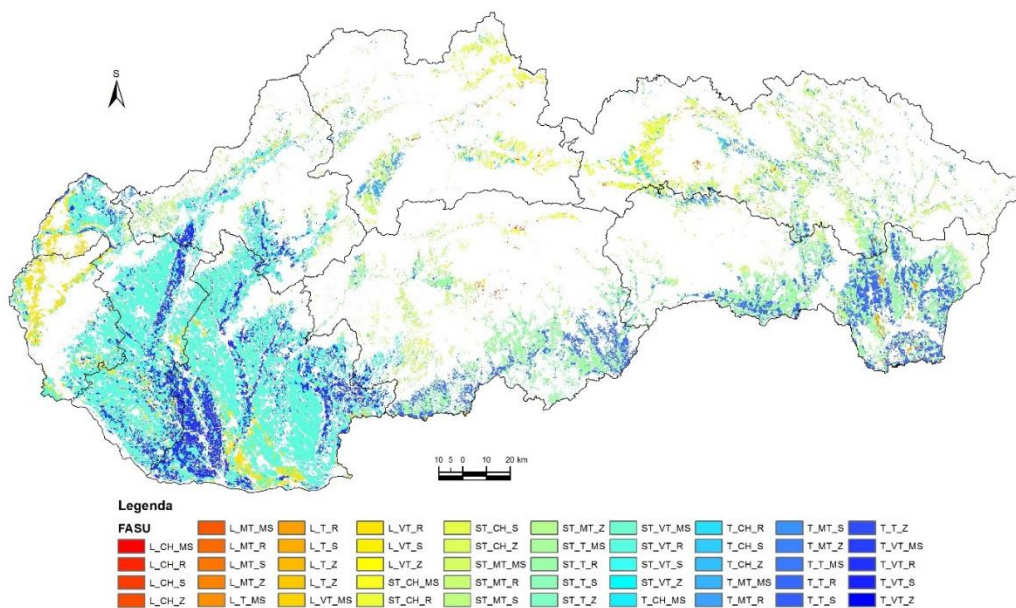
Tab. 1: Kategórie pre definovanie agregovaných jednotiek - FASU

Vrstva	Vymedzenie kategórií			
	1	2	3	4
LPIS	Orná pôda	Trvalý trávny porast	Ostatné (sady, vinice, chmeľnice)	-
Sklon (v stupňoch)	0 – 2	2 – 5	5 - 12	> 12
Klimatický región (podľa kódu BPEJ)	00, 01, 02	03, 04, 05	06,07,08	09,10
Textúra pôdy (podľa kódu BPEJ)	1, 5	2	3, 4	-

Vrstva funkčných agregovaných jednotiek je zároveň kompatibilná s priestorovými jednotkami v databáze Corine Land Cover, keďže nesie informácie o využívaní pozemku. Výsledný potenciál pre každú AESS bol kategorizovaný do 5 kategórií od veľmi nízkeho (kategória 1) až po

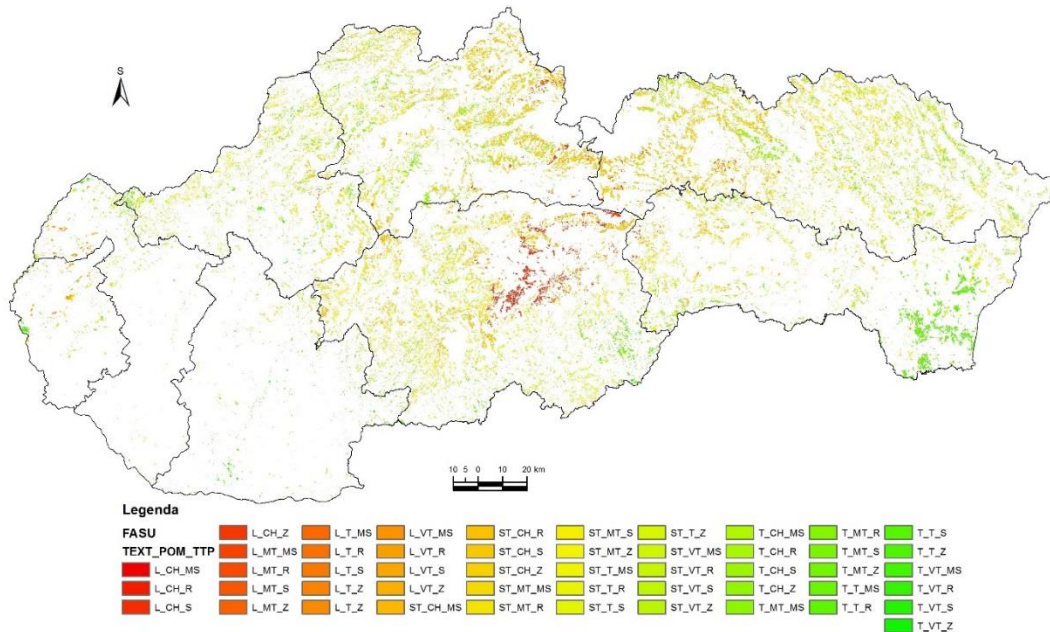
veľmi vysoký potenciál (kategória 5). Aplikácia vytvorenej vrstvy pri hodnotení vybraných regulačných služieb je na Mapách 3, 4, 5, potenciál regulácie odnosu pôdy (Mapa 3), potenciál filtračnej služby (imobilizácia rizikových prvkov v pôde) (Mapa 4) a potenciál regulácie klímy (Mapa 5).

Mapa 1: Funkčné agregované jednotky (FASU) na orných pôdach



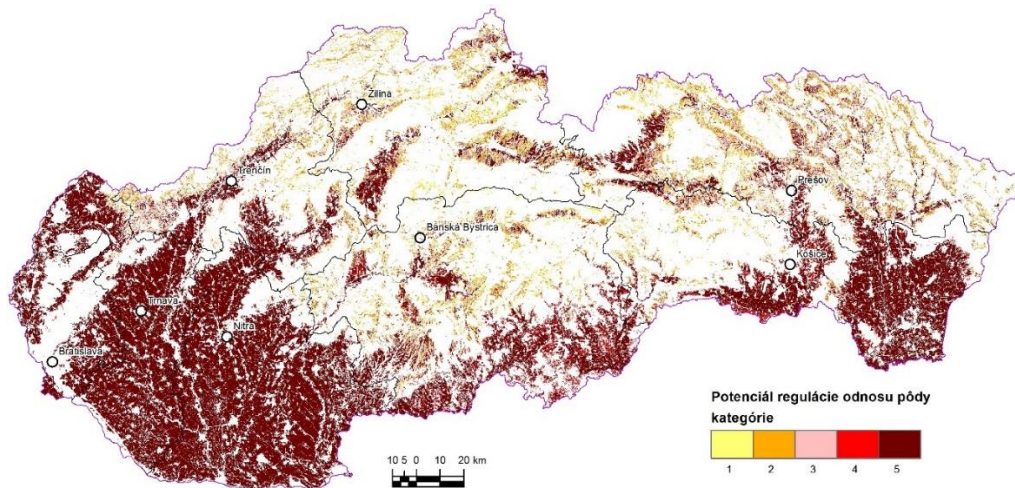
Vysvetlivky: VT- veľmi teplá klíma, T- teplá klíma, MT- mierne teplá klíma, CH- chladná klíma, MS-mierny svah, S-svah, Z-zráz, L - < 30%, ST – 30-45 %, T - > 45% (textúra pôdy - % obsah frakcie jemnozeme, pôdne častice <0,01 mm)

Mapa 2: Funkčné agregované jednotky (FASU) na trvalých trávnych porastoch

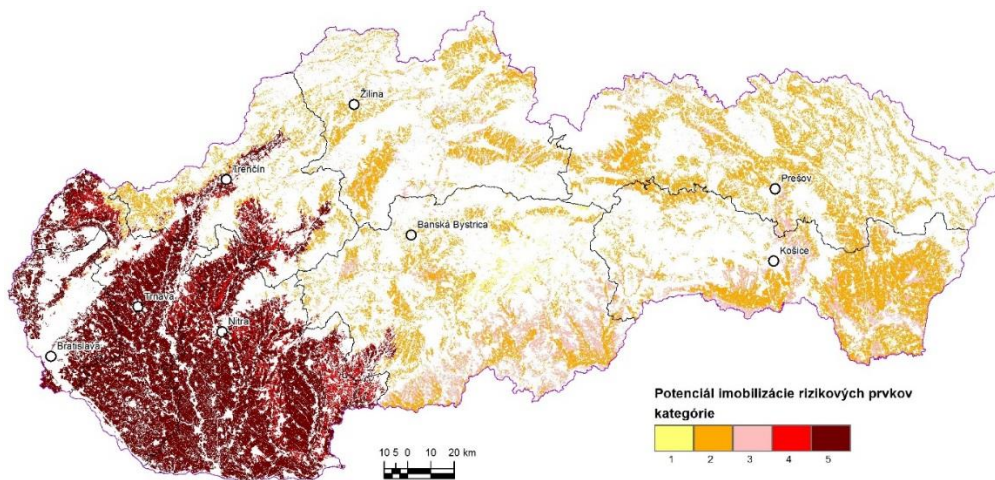


Vysvetlivky: VT- veľmi teplá klíma, T- teplá klíma, MT- mierne teplá klíma, CH- chladná klíma, MS-mierny svah, S-svah, Z-zráz, L - < 30%, ST – 30-45 %, T - > 45% (textúra pôdy - % obsah frakcie jemnozeme, pôdne častice <0,01 mm)

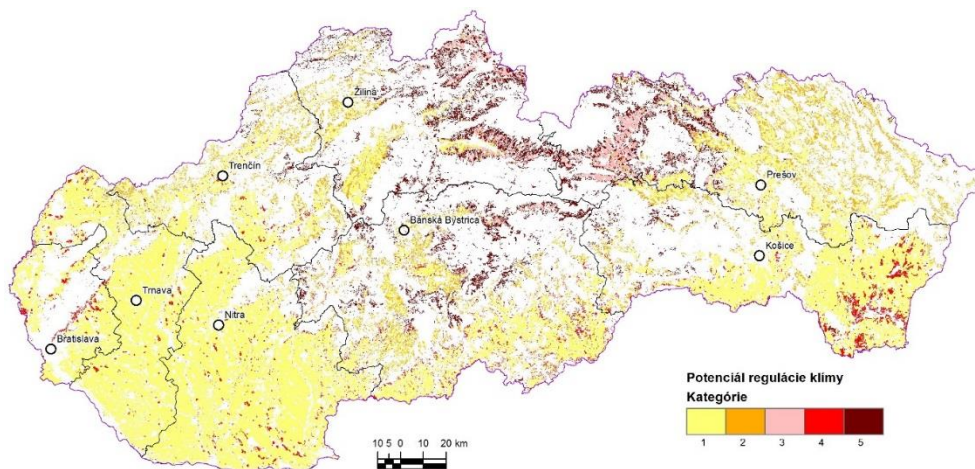
Mapa 3: Potenciál agroekosystémových služieb regulácie odnosu pôdy



Mapa 4: Potenciál agroekosystémových služieb imobilizácie rizikových prvkov



Mapa 5: Potenciál agroekosystémových služieb regulovať klímu



## Záver

Potenciál ekosystémových služieb predstavuje zásoby prírodného kapitálu a zabezpečuje aktuálny aj bu-

dúci tok ekosystémových služieb. Hodnotenie tohto potenciálu prináša nové poznatky, účelové informácie ako aj priestorovú kvantifikáciu služieb agroekosystémov. Pre praktické ako aj

legislatívne využitie konceptu agroekosystémových služieb pri plánovaní, výhľadových štúdiách, sú nevyhnutné kvalitatívne a kvantitatívne analýzy a hodnotenia agroekosystémových služieb prepojené s priestorovou vizualizáciou na požadovanej úrovni. Pri priestorovej kvantifikácii AESS pre poľnohospodársky využívané pôdy Slovenska sme prepojili poznatky vedy s manažmentom využívania prírodných zdrojov. Agroekosystémové služby priestorovo hodnotíme v rámci vytvorených agregovaných jednotiek (FASU), ktoré vznikli na základe zadaného spojenia plôch s podobnými biofyzikálnymi charakteristikami. Vytvorená vrstva agregovaných priestorových jednotiek tak v sebe už nesie informáciu o charakteristikách prírodného kapitálu ako aj o manažmente krajiny.

## Literatúra

- Alam, M., Dupra J. & Messier, CH. (2016). A framework towards a composite indicator for urban ecosystem services. *Ecological indicators*, 60, 2016, 38 – 44.
- Alena, F. (1986). Stanovenie straty pôdy erozívnym splachom pre navrhovanie protierózných opatrení: Metodická pomôcka. Bratislava: ŠMS, 1986. 58 s.
- Barančíková G., Gutteková, M., Halas, J., Koco, Š., Makovníková, J., Nováková, M., Skalský, R., Tarasovičová, Z. a Vilček, J. (2011): Pôdny organický uhlík v poľnohospodárskej krajine – modelovanie zmien v priestore a čase. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 85 str., ISBN 978-80-89128-86-0
- Birghofer, K., Diehl, E., Andersson, J., Ekroos, J., Früh-Müller, A., Machnikowski, F., Mader, V. L., Nilsson, L., Sasaki, K., Rundlöf, M., Wolters, V. & Smith, H. G. (2015). Ecosystem services—current challenges and opportunities for ecological research. *Front. Ecol. Evol.*, 12, [cit: 2020-09-20] dostupné na: <http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2014.00087>.
- Bujnovský, R., Balkovič, J., Barančíková, G., Makovníková, J., a Vilček, J. (2009). Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 72 s. ISBN 978-80-89128-56-3.
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69, pp.1858-1868.
- Burkhard, B.; Crossman, N.; Nedkov, S.; Petz, K. & R. Alkemade (2013). *Mapping and Modelling Ecosystem Services for Science, Policy and*

- Practice. *Ecosystem Services* 4: 1-3.
- Costanza, R. (2008). Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141: 350-352.
- Džatko, M., Sobocká, J., et al. (2009). Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek, inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 102 s. ISBN 978-80-89128-55-6
- Fecková, B. a Ondačková, J. (2018). Aktualizácia a údržba LPIS. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 33 s. (dostupné na: [https://www.vupop.sk/data/metodika\\_LPIS\\_2018.pdf](https://www.vupop.sk/data/metodika_LPIS_2018.pdf) )
- Makovníková, J., Barančíková, G. a Pálka, B. (2007). Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil. *Plant, Soil and Environment*, 53, pp. 365 – 373.
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., Kanianska, R., Kizeková, M. & Jád'ud'ová, J. (2017). Modeling and evaluation agroecosystem services. *Banská Bystrica, Belianum*, 2017, 150 p. Nieto-Romero et al. 2013
- Pálka, B., Makovníková, J., Mališ, J. a Širáň, M. (2015). Protierózne opatrenia ako jeden zo spôsobov zvýšenia potenciálu regulačnej agroekosystémovej služby. In Klišovská, Z., Sviček, M. (eds), 2015. *Environmentálne indexy, oblasti ekologického záujmu a ekosystémové služby v krajine*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, s. 25-32.
- Seják, J., Dejmal, I., Petříček, V., Cudlín, P., Míchal, I., Černý, K., a Kučera, T. 2003). *Hodnocení a oceňování biotopů České republiky*. Praha, 428 pp.
- Širáň, M., Makovníková, J. a Barančíková, G. (2013). Monitorovanie objemovej hmotnosti pôdy - podklad pre stanovenie zásob organickej hmoty v pôde. *Vedecké práce VUPOP*, 2013, str. 166 – 173, ISBN 978-80-8163-003-3.
- Verburg, P.H. & Overmars, K.P. (2009). Combining top-down and bottom-up Dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology* 24, 1167–1181.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: Guide to conservation planning. *Agricultural Handbook No 537*, USDA, 1978, 58 s.

Vyhláška č. 59/2013 MPRV SR – Prí-  
pustná strata pôdy vodnou eróziou

### **Pod'akovanie**

Táto práca bola podporená Agentú-  
rou na podporu výskumu a vývoja na  
základe zmluvy č. APVV-18-0035  
Oceňovanie ekosystémových služieb  
prírodného kapitálu ako nástroja  
hodnotenia sociálno-ekonomického  
potenciálu území.

PRESNOSŤ, LIMITY A DOSTUPNOSŤ POZOROVANIA KRAJINNEJ  
POKRÝVKY/VYUŽITIA KRAJINY NA SLOVENSKU  
V RÁMCI CELOEURÓPSKEHO PRIESKUMU LUCAS  
ACCURACY, LIMITS AND AVAILABILITY OF OBSERVATION OF LAND  
COVER/LAND USE IN SLOVAKIA  
WITHIN THE PAN-EUROPEAN LUCAS SURVEY

Vladimír Hutár<sup>1</sup>, Ján Halas<sup>2</sup>, Boris Pálka<sup>3</sup>, Michal Sviček<sup>1</sup>, Rastislav Dodok<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy NPPC, Trenčianska 55, 824 80 Bratislava, Slovensko, e-mail: [vladimir.hutar@nppc.sk](mailto:vladimir.hutar@nppc.sk), [michal.svicek@nppc.sk](mailto:michal.svicek@nppc.sk), [rastislav.dodok@nppc.sk](mailto:rastislav.dodok@nppc.sk)

<sup>2</sup> Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy NPPC, Raymanova 1, 080 01 Prešov, Slovensko, e-mail: [jan.halas@nppc.sk](mailto:jan.halas@nppc.sk)

<sup>3</sup> Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy NPPC, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, Slovensko, e-mail: [boris.palka@nppc.sk](mailto:boris.palka@nppc.sk)

DOI: <https://doi.org/10.24040/GR.2020.16.2.15-25>

**Abstract:** *The paper analyses point, spatially georeferenced data from the pan-European project Lucas (Land Use/Cover Area frame Statistical survey) in Slovakia in order to determine their availability and accuracy in the observation of land cover. It analyses the spatial parameters of input and output data of field observation in the context of recording the relevant class of land cover. The main approach of the Lucas project is the collection of spatial data on land cover/land use "in situ", so from a technical point of view, the paper analyses the main criteria for collecting of such data. These include a standardized procedure for defining and observing a reference point/site on a designated observation network. The creation of a network of observations, which is necessary in terms of representativeness of the data set and validation of field observations, is briefly characterized. Based on the analysis of deviations from the reference value (theoretical point Lucas), the positional accuracy was evaluated for a) transformation of point coordinates in the creation of national ground documents b) availability of points for explorers. The analysed results of availability were summarized based on the surveyors' comments on the observed obstacles.*

**Key words:** *land cover/land use, Lucas, accuracy, survey*



## Úvod

Projekt prieskumu krajínnej pokrývky a využitia krajiny (Lucas) bol schválený v máji roku 2000 na základe rozhodnutia Európskeho parlamentu a Rady Európskej únie. Eurostat s úzkou spoluprácou Generálneho riaditeľstva pre poľnohospodárstvo (DG Agri) a technickou podporou Spoločného výskumného strediska v Ispre (JRC Ispra) spustili v roku 2001 pilotný projekt Lucas za účelom testovania prieskumu krajínnej pokrývky a využitia krajiny Európy s cieľom harmonizovať nomenklatúru a metódy zberu údajov. Slovensko sa zapojilo do etapy prieskumu v roku 2006, s následným opakovaním v roku 2009, 2012, 2015 a 2018. Prioritou v prvých etapách bolo budovanie a osvojenie si harmonizovaných postupov pre prieskum, klasifikáciu, transfer a kontrolu kvality zberaných údajov v celoeurópskom kontexte. V ďalších etapách sa zefektívňovali procesy zberu a transferu priestorových údajov (in situ fotodokumentácia, číselníky atď.) s využitím informačných technológií s cieľom centralizovať digitálne údaje za účelom tvorby spoločného úložiska pre spracovanie a priebežnú kontrolu. Jadro prieskumu tvorí vždy prieskum krajínnej pokrývky/využitia krajiny podľa spoločnej harmonizovanej metodiky, individuálnou súčasťou sú prídavné moduly, ktoré môžu byť pre jednotlivé etapy rôzne (Hutár, Koleda, Sviček et al., 2016). Ako

hlavný prídavný modul bol v rokoch 2009, 2015 a 2018 zavedený modul odberu pôdnej vzorky pre analýzu vlastností pôdy z povrchového pôdneho horizontu. Ďalší príklad modulu predstavoval prieskum zmeny krajínnej pokrývky na transekte dlhom 250 m v smere na východ (rok 2009, 2012, 2015) alebo aj pilotný prieskum trávnych porastov na vybraných bodoch (2018). Výsledkom projektu sú potom tri typy údajov: i) mikroúdaje obsahujúce štatistické informácie zhromaždené pre každý bod prieskumu, ii) fotografie bodu a príslušnej krajiny, iii) štatistické tabuľky so súhrnnými výsledkami podľa krajínnej pokrývky a využívania pôdy na geografickej úrovni. Cieľom projektu je tak monitoring sociálneho a ekonomického využívania krajiny ako aj monitoring ekosystémov a biodiverzity.

## Metodika

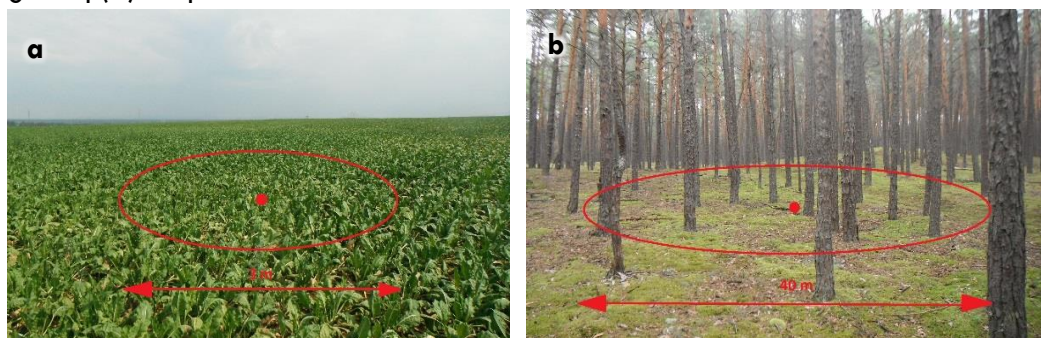
Teoreticky bod nemá šírku ani dĺžku. Vzhľadom na predmet zisťovania – krajinná pokrývka a využívanie krajiny - existuje štandardná definícia, ktorá sa používa pre veľkosť bodu: v prieskume Lucas bod zodpovedá kružnici s polomerom 1,5 m (alebo priemerom 3 m) čo predstavuje plochu približne 7 m<sup>2</sup> (Obr. 1a). Táto základná definícia bodu (polomer pozorovania 1,5 m) sa aplikuje pri prieskume najčastejšie, a to v prípadoch keď bod spadá do homogénnej oblasti (napr. orná pôdy, vodná plocha

a pod.). V takomto prípade je takisto ľahko možné identifikovať polohu bodu. Môžu sa však vyskytnúť niektoré prípady, kde je umiestnenie bodu a pozorovanie krajiny/využitia krajiny nejednoznačné. Táto skutočnosť nastáva, keď bod pozorovania spadá na hranicu dvoch rozdielnych typov krajinej pokrývky (prípadne na lineárny prvok) alebo existuje rozmanitosť pokrytia pôdy (Eurostat, 2018).

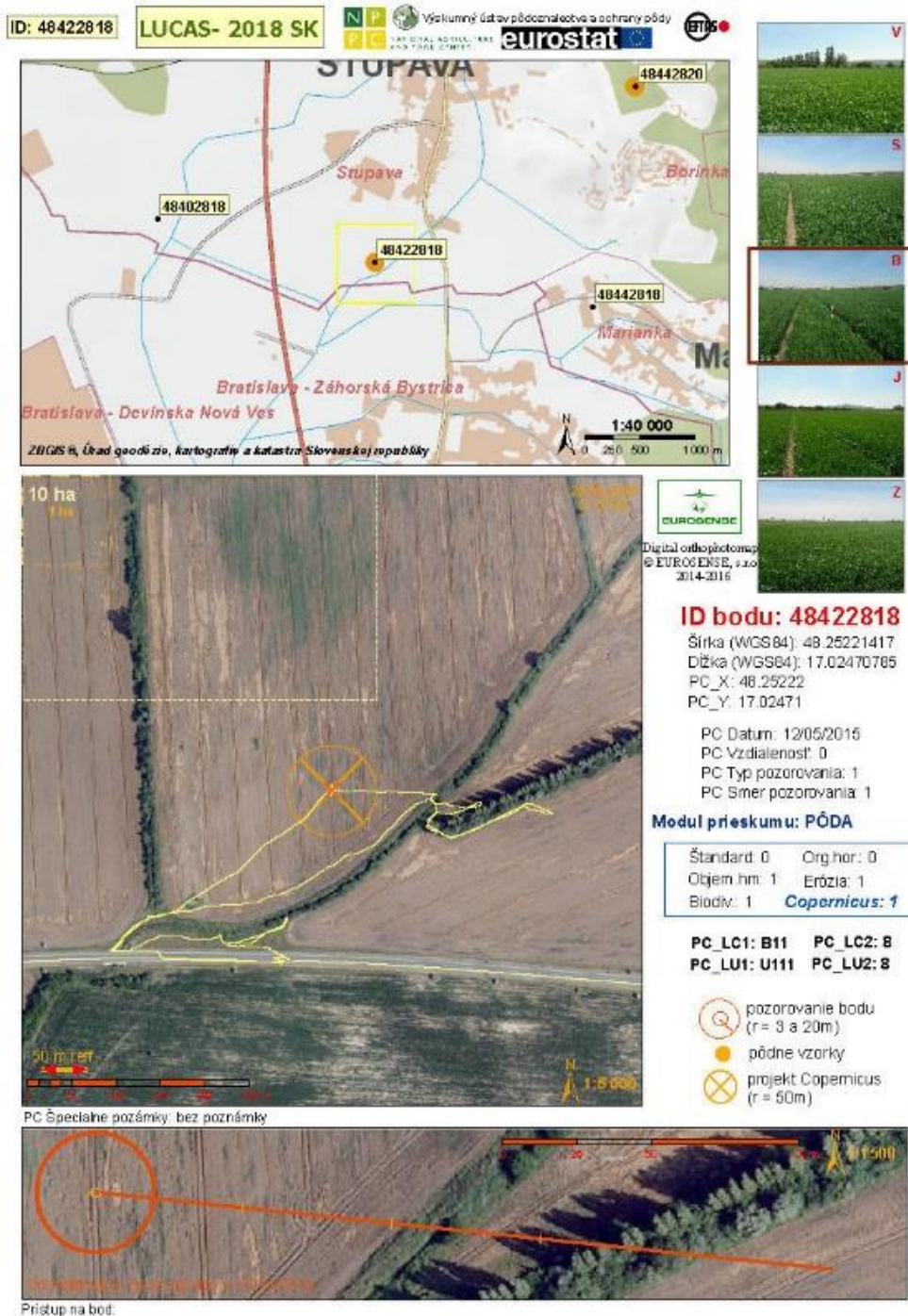
Ak nie je krajinná pokrývka homogénna, napríklad keď je zložená zo stromov alebo kríkov rozptýlených v

tráve, musí sa zmeniť rozsah pozorovania, aby sa mohla klasifikovať. V týchto prípadoch je potrebné prijať systematické pozorovanie "prostredia" v blízkosti bodu, ktoré sa v programe Lucas nazýva rozšírené okno pozorovania. Rozšírené okno pozorovania sa rozširuje o polomer vzdialenosti 20 metrov (alebo priemer 40 metrov) od bodu a predstavuje plochu 0,13 ha (Obr. 1b). Ukážku základového dokumentu pre orientáciu v teréne použitého v prieskume Lucas 2018 prináša Obr. 2.

Obr. 1: Schematické znázornenie pozorovaného bodu v homogénnej (a) a heterogénnej (b) krajine



Obr. 2: Základný dokument prieskumu použitý pre etapu Lucas 2018 na Slovensku

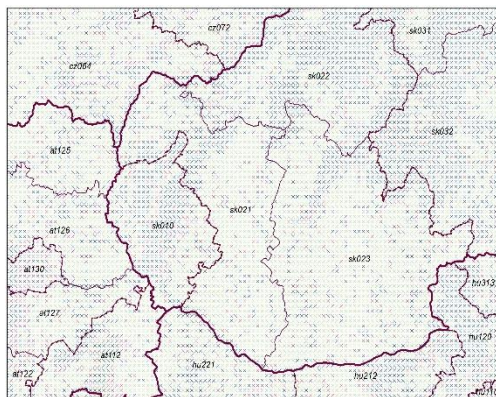


Z hľadiska spracovania údajov prieskumu vykonávaného na mieste (in situ) je veľmi dôležitá tvorba siete pozorovaní pre následnú tvorbu údajov. Pre štatistické spracovanie údajov je nevyhnutné, aby údajová sada bola reprezentatívna a výsledky spracovania neboli sprevádzané systematickou chybou. Toto je zaručené náhodným výberom, ktoré v prieskume Lucas zabezpečuje, že bod prieskumu môže spadať do akejkoľvek generovanej pozície. V zásade prebieha tvorba siete pozorovaní v dvoch fázach. Prvá fáza (tvorba hlavnej mriežky/MasterGrid): hlavná mriežka Lucasu je generovaná z pravidelnej siete 2 x 2 km (4 km<sup>2</sup>), ktorá obsahuje približne 1 100 000 bodov pokrývajúcich územie EÚ-28. Každý z týchto bodov (Obr. 3a) je na základe fotointerpretácie leteckých alebo satelitných snímok klasifikovaný/stratifikovaný do k-kategórií krajinej pokrývky (v roku 2005 boli tieto body stratifikované do 7 tried krajinej pokrývky, v roku 2017 do 9 tried krajinej pokrývky). Druhá fáza (tvorba siete pozorovaní/Sampling), predstavuje sieť, kde výsledná vzorka reprezentuje výber z hlavnej mriežky (Obr. 3b). Vzorky n bodov z celkového

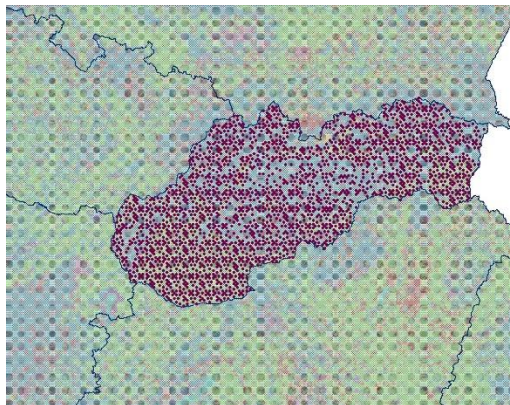
počtu N sú vybrané na základe príslušnosti k stratifikovanej vrstve a príslušnosti k administratívnej jednotke NUTS2 (regionálna štatistická územná jednotka druhého rádu). Ide o sofistikovaný proces, ktorého jadro tvorí iteračný algoritmus optimalizujúci koeficient variácie (CV) cieľových premenných na úrovni NUTS 2, pričom sa zohľadňuje požadovaná chybovosť (Scarno, Ballin, Barcaroli et al., 2018).

Vzhľadom na skutočnosť, že bod má byť fyzicky preskúmaný, je jeho prístupnosť jedným z hlavných kritérií pri tvorbe výslednej vzorkovacej siete. Takýmto kritériom pre prieskum je napríklad nadmorská výška, kde je limit ohraničený na 1500 m.n.m, ako aj ostatné limity prieskumu, napr. bod nachádzajúci sa vo vojenskej oblasti, veľká vzdialenosť od prístupovej cesty a pod. Tieto body sa pri tvorbe siete v predchádzajúcom modeli (do roku 2015) vylúčili z prieskumu, pričom boli hodnotené na základe fotointerpretácie leteckých snímok. Dizajn siete pozorovaní po roku 2015 priniesol už sofistikovanejšie kritéria na hodnotenie vhodnosti pre prieskum, kde sa kombinovala informácia z vrstvy Corine land cover vzhľadom na vzdialenosť k prístupovej ceste a nadmorská výška.

Obr. 3: Hlavná mriežka 2x2 km a jej klasifikácia do tried krajiny pokrývky fotointerpretáciou (a), výsledná sieť pozorovaní pre etapu 2018 na Slovensku (b)



a)



b)

Hlavný limit pozorovania krajiny v rámci projektu Lucas je stanovený v rámci technických referenčných dokumentov časť inštrukcie pre prieskumníkov (Eurostat, 2018). Ten definuje dosiahnuteľnosť bodu nasledovne. Ak sa na bod dá dostať len pešo a čas chôdze na dosiahnutie bodu a návrat do auta sa odhaduje na viac ako 1h (s výnimkou času prieskumu), bod sa považuje za neprístupný a neviditeľný. Dosiahnutý bod je v rámci pozorovania na mieste ešte ďalej členený na pozorovanie do a nad 100 m. V prípade neprístupnosti bodu je ako alternatíva volená fotointerpretácia na mieste.

Vzhľadom na skutočnosť, že príprava bodov (tlač referenčných dokumentov – ground document) pre terénny prieskum na Slovensku prebiehala od roku 2006 v komerčnom GIS prostredí (ArcGIS), nebolo možné kontrolovať

presnosť transformácií súradníc. Až s využitím rezortnej transformačnej služby (RTS, Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Geodetický a kartografický ústav Bratislava) bolo možné stanoviť presnosť takto transformovaných bodov a odstrániť do budúcnosti túto nepresnosť. Výpočet presnosti transformácie bola uskutočnená prostredníctvom vzťahu:

$$dXY = \sqrt{(X_{REF} - X_{mer})^2 + (Y_{REF} - Y_{mer})^2} \quad (1)$$

kde  $dXY$  predstavuje rozdiel medzi referenčnou hodnotou súradnice Lucas bodu transformovanou prostredníctvom služby RTS ( $X_{REF}$ ,  $Y_{REF}$ ) a hodnotou súradnice Lucas bodu transformovanou v komerčnom prostredí ArcGIS

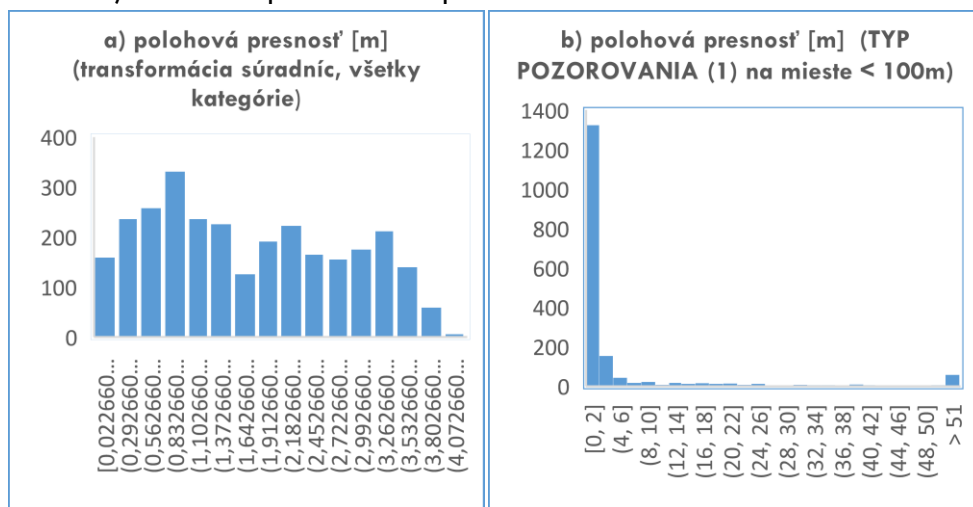
( $X_{mer}, Y_{mer}$ ). A keďže navigácia a prieskum bodov v teréne prebieha predovšetkým pomocou príslušenstva GPS/GNSS ktoré sa na cieľovom dosiahnutom bode ukladajú do prístroja, je takisto možné určiť polohovú presnosť dostupnosti bodov pre prieskumníkov. Podobne pre polohovú presnosť dostupnosti predstavuje dXY rozdiel medzi referenčnou hodnotou (teoretický bod) súradnice Lucas bodu ( $X_{REF}, Y_{REF}$ ) a dosiahnutého bodu Lucas ( $X_{mer}, Y_{mer}$ ) zaznamenaného prostredníctvom GPS/GNSS technológie.

## Výsledky

Výsledné rozdelenie početností (histogram) odchýlok v prípade stanovenia presnosti transformácie súradníc možno považovať za blízke normálnemu rozdeleniu (Graf 1a), a

preto sú hodnoty odhadov strednej hodnoty presnosti (aritmetický priemer, medián) podobné. V tomto prípade je takisto možné stanoviť aj smerodajnú odchýlku, ktorá spolu s hodnotou priemeru popisuje polohovú presnosť transformácie  $1,83 \pm 1,09$  m pre 68% údajovej sady (1970 bodov). Naproti tomu rozdelenie početností (histogram) odchýlok v prípade stanovenia dostupnosti pozorovania na mieste je výrazne excentrický (Graf 1b) a preto charakteristika polohovej presnosti najlepšie vyjadruje hodnota mediánu, kde 50% pozorovaných bodov (891 bodov) v danej kategórii bola vo vzdialenosti 1m (a teda priamo na bode). Výsledky v grafickej podobe prináša Graf 1, numerické výsledky sú zhrnuté v Tabuľke 1.

Graf 1: Rozdelenie početností (histogram) rozdielov (rezíduí) a) transformácie súradníc b) dosiahnutej vzdialenosti pozorovania



Tab. 1: Počet bodov a ich percentuálne zastúpenie vo vybraných kategóriách pozorovania, polohová presnosť transformácie a dostupnosti bodov v teréne

kategória pozorovania bodu	počet bodov a % podiel z celkového počtu	polohová presnosť [m] transformácie v danej kategórii (a. priemer/medián)	polohová presnosť [m] (dostupnosť) bodov v teréne (a. priemer/medián)
na mieste < 100m	1782 / 62 %	1,90 / 1,76	6,02 / 1,00
na mieste > 100m	116 / 4 %	1,59 / 1,34	268,78 / 217,00
fotointerpretácia na mieste	208 / 7%	1,48 / 1,30	966 / 789,00
fotointerpretácia v kancelárii	792 / 27 %	1,82 / 1,80	-
<b>spolu všetky body</b>	<b>2898 / 100 %</b>	<b>1,83 / 1,65</b>	-

Z uvedených výsledkov možno konštatovať, že polohová presnosť vyplývajúca z nepresnej transformácie súradníc môže mať vplyv na nesprávnu interpretáciu krajinej pokrývky predovšetkým v prípade ak je bod umiestnený na hranici dvoch pozemkov a nie je jednoznačné, ktorý typ krajinej pokrývky sa má uplatniť a takisto v prípade, ak je bod umiestnený na lineárnom úseku menšom ako 3 m. V takýchto prípadoch platí pravidlo (Eurostat, 2018), že prieskumník musí pozorovať krajinnú pokrývku a využitie krajiny na sever. Z uvedeného počtu 2899 bodov (Eurostat, 2020) bolo pre prieskum 2018 takýto spôsobom registrovaných 67 bodov, čo z celkového počtu predstavuje pomerne nízky počet bodov (2,3%).

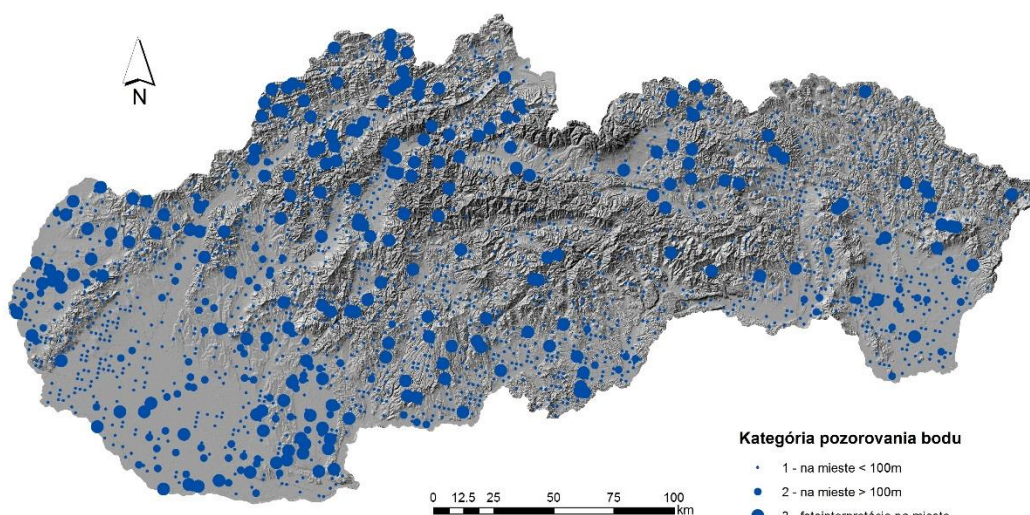
V prípade dostupnosti pozorovania bodov krajinej pokrývky možno vyvodit' závery, že najväčšia vzdialenosť bola registrovaná v prípade les-

nej pôdy, keď prístup na bod bol zamedzený (rampa, ohradený areál, nezjazdne cesty atď.) a prieskumník vyhodnotil bod ako neprístupný a neviditeľný. V takomto prípade bol prieskum ukončený a bod bol klasifikovaný na základe fotointerpretácie na mieste. Do tejto kategórie patrí aj časť bodov vyskytujúcich sa v kategórii poľnohospodárska pôda, trávne porasty a krovinaté plochy, kedy nastali podobné prípady zamedzenia prístupu na bod. V prípade viditeľnosti bodu nad 100 m boli zaznamenávané pomerne často triedy poľnohospodárskej pôdy, keď bol bod dostatočne viditeľný ale zápoj plodiny a s ním spojené prípadné poškodenie nedovoľoval prieskumníkom dosiahnutie bodu. V takomto prípade bolo pozorovanie uskutočňované z vyvýšeného miesta pre zabezpečenie dostatočnej fotodokumentácie a hodnotenia krajinej pokrývky. V prípade

málopočetných tried krajinej pokrývky ako sú umelé plochy a krovinnaté plochy bola pozorovateľnosť dokumentovaná ako dobre dosiahnuteľná s vysokým podielom pozorovaní priamo na bode. Štandardne, pozorovanie v kategórii vodná plocha bolo pozorovanie vykonávané zo

vzdialenosti pri dostatočnej viditeľnosti bodu. Celkovo možno konštatovať, že majoritná väčšina bodov bola pozorovaná priamo na mieste (1560/2107 bodov), keď bol bod dosiahnutý a príslušne dokumentovaný fotografickým záznamom a príslušným popisom.

Mapa 1: Dostupnosť bodov pozorovania krajinej pokrývky a využitia krajiny v rámci projektu Lucas 2018



## Záver

Prieskum a monitoring krajinej pokrývky a využitia krajiny Európskej únie predstavuje ojedinelý projekt zberu informácií a materiálu, ktorý v súčasnej piatej etape predstavuje štandardizovaný postup založený na harmonizovanej metodike a metódach zberu priestorových informácií spolu s viacstupňovým kontrolným mechanizmom pre detailné hodnotenie

krajinných charakteristík v priestore Európskej únie. V roku 2018 tak na zabezpečenie jeho plynulého priebehu a implementácie v rámci 28 členských štátov EÚ na ňom participovalo 9 manažérov na úrovni LOT (nadmárodná koordinácia), 28 národných manažérov a vyše 900 prieskumníkov. Okrem toho projekt zabezpečovala komunita pre podporu IT infraštruktúry, externú



kontrolu kvality a komunita na podporu špeciálnych modulov akou bol odber pôdnych vzoriek a prieskum trávnych porastov. Výsledkom kampane je súbor údajov slúžiaci ako podklad pre tvorbu indikátorov trvalo udržateľného rozvoja v oblasti modelovania a agroenvironmentálnych ukazovateľov. Mikroúdaje prieskumu spolu s databázou fotodokumentácie tak predstavujú zložku referenčných údajov systému Copernicus (SAŽP, 2020), využívaných napríklad pri tvorbe algoritmov v automatizačných procesoch klasifikácie obrazových záznamov diaľkového prieskumu Zeme, na validáciu a kontrolu generovaných vrstiev a podobne. Štatistiky krajiny pokrývky a využitia krajiny slúžia na podporu harmonizácie údajov členských krajín EÚ. Výstupy pôdneho modulu sa využívajú pri reportovaní a tvorbe priestorovej distribúcie základných fyzikálnych a chemických parametrov povrchového horizontu pôdy, ťažkých kovov, výpočte NO<sub>2</sub> emisií z poľnohospodárskej pôdy a tvorby indikátorov spoločnej poľnohospodárskej politiky v oblasti erózie pôdy a pôdnej organickej hmoty v ornej pôde.

## Literatúra

- Eurostat (2018). Technical reference document C1: Instructions for Surveyors. Eurostat, Regional statistics and Geographic Information. Technický referenčný dokument
- C1: Pokyny pre prieskumníkov. (preklad Hutár, V., Janečka, P., Skalský, R. a Houšková, B. 2018). E4.Lucas (ESTAT), Štatistický úrad Európskych spoločenstiev, Technické referenčné dokumenty 2018, 243 s.
- Eurostat (2020). Primárne údaje prieskumu krajiny pokrývky a využitia krajiny Lucas 2018 (2019). [online] [cit. 2020-09-01]. Štatistický úrad Európskych spoločenstiev, Eurostat. Dostupné na: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/data/primary-data/2018>
- Feranec, J. a Ořahel, J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska (Land cover of Slovakia). Bratislava: Veda, ISBN 80 – 224 -0663 – 5, 124 s.
- Feranec, J., Ořahel, J., Kopecká, M., Nováček, J., Pazúr, R. (2018). Krajinná pokrývka Slovenska a jej zmeny v období 1990-2012. Bratislava: Veda, ISBN 978-80-224-1648-1, 160 s.
- UGKK (2020). Geoportál [online]. Geodetický a kartografický ústav Bratislava ©. [cit. 2020-09-01]. Dostupné na internete: <https://www.geoport-tal.sk/sk/geoportal.html>
- Hutár, V., Koleda, P., Sviček, M., Petrovič, F., Muchová, Z. a Leitmanová, M. (2016). Land cover and land use of Slovakia within the pan-european harmonized survey

- Lucas 2015, Kartografija I Geoinformacije, Vol 15, No 26, 12p. EID: 2-s2.0-85017515595
- Hutár, V., Pálka, B., Širáň, M., Halás J., Torma S., Dodok, R. (2014). Pôdne analýzy Slovenska v celoeurópskom prieskume krajinej pokrývky a využitia krajiny Lucas 2009. In Vedecké práce 35. Bratislava : NPPC - VÚPOP, 2014.
- Hutár, V., Sviček, M., Koleda, P., Janečka, P. (2012). Prieskum krajinej pokrývky a využitia krajiny Slovenska v celoeurópskom projekte (LUCAS 2012). Štandardizácia prieskumu a nomenklatury, kódovanie, transport a správa údajov, kontrola kvality. In Nováková, M., Sviček, M. (eds.) Environmentálne indexy a indikátory ako nástroje analýzy a hodnotenia stavov a procesov v krajine (Zborník z vedeckého seminára), VUPOP Bratislava 2012, s. 94-104
- SAŽP (2020). COPERNICUS na Slovensku [online]. Slovenská agentúra životného prostredia, © 2018 [cit. 2020-09-08]. Dostupné na internete: <http://copernicus.sazp.sk/>
- Scarnò, M., Ballin, M., Barcaroli, G. a Masselli, M. (2018). Redesign sample for Land Use/Cover Area frame Survey LUCAS, 2018. Eurostat, Statistical working papers, 2018 edition., 56 s. DOI: 10.2785/132365.

TEORETICKO-METODOLOGICKÉ KAPITOLY  
Z GEOGRAFIE PRIEMYSLU: VÝVOJ OBJEKTU  
VÝSKUMU GEOGRAFIE PRIEMYSLU

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL CHAPTERS OF INDUSTRIAL  
GEOGRAPHY: DEVELOPMENT OF THE RESEARCH  
OBJECTIVES OF INDUSTRIAL GEOGRAPHY

Dagmar Popjaková<sup>1</sup>, Tatiana Mintálová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra geografie a geológie, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, Banská  
Bystrica, Slovensko, e-mail: [dpopjakova@umb.sk](mailto:dpopjakova@umb.sk), [tmintalova@umb.sk](mailto:tmintalova@umb.sk)

DOI: <https://doi.org/10.24040/GR.2020.16.2.26-50>

**Abstract:** *The development of industrial geography and its research objectives followed path of the development of industry as an economic sector. However, the fundamental development of the discipline starts up in the seventies of the 20th century. The first part of article is devoted to the development of changes in the research objectives in a historical perspective. In the second part, the article presents a brief overview of the research directions of industrial geography since the first theories of geographical localization to the contemporary research focuses always on the spatial organization of industry and industrial production networks and on the topic of economic, social and spatial implications of incoming Industry 4.0.*

**Key words:** *industrial geography, research objectives, research directions, localization theories and spatial organization of industry*

## Úvod

Aj keď sa termín geografie priemyslu, ako samostatnej geografickej disciplíny objavuje až v polovici 20. storočia, kedy ho prvýkrát použil švajčiarsky geograf Ernst Winkler (1946), základy budúcej disciplíny sa formovali niekoľko desiatok rokov skôr. Podľa definície geografie priemyslu, jej predmetom výskumu je priemysel

ako hospodárske odvetvie. Od obdobia, kedy sa začali objavovať prvé štúdiá o umiestnení, resp. rozmiestnení priemyslu, priemyselných podnikov, sa objekty výskumu tejto analytickej ekonomickej geografickej disciplíny menili. Cieľom predloženého článku, ktorý nadväzuje na príspevok autoriek z r. 2019 (Popjaková, Mintálová, 2019), je rámcovo načrtnúť, ako sa

formoval v priebehu rokov objekt výskumu geografie priemyslu v historickom kontexte. V zásade možno konštatovať, že v súlade s charakterom samotného priemyslu. Tento fakt sa odrážal aj na odbornom zameraní pracovných komisií Medzinárodnej geografickej únie, International Geographical Union (IGU, 2019). Na základe prevládajúceho zamerania výskumu, je potom možné práce z geografie priemyslu zatriediť do niekoľkých smerov. Tieto sú prezentované v prvej časti príspevku. Druhým cieľom bolo zosumarizovať, prípadne doplniť známe a publikované poznatky týkajúce sa charakteru, typických črt a rozmiestňovania priemyslu a ekonomických aktivít v priestore, spresniť niektoré zdroje a spracovať základnú bibliografiu geografie priemyslu. Článok tak nadväzuje na viaceré, aj podrobne prepracované publikácie domácej slovenskej, resp. českej proveniencie na túto tému (Ivaníčka, 1958, Čorný, 1963, Kortus, 1986, Székely, 1989, Korec, 1994, Misztal, 1997, Popjaková, 1997, Székely, 1997, Blažek, Uhlíř 2002, Toušek et al., 2008, Buček et al., 2010, Letková, 2012, Rusnák, Lehocký, 2016 ai.). Vzhľadom na obmedzený rozsah, článok nemá predpoklady ani ašpiráciu podať vyčerpávajúci prehľad, len zotriediť, a v niektorých prípadoch hlbšie prepracovať vybrané aspekty vývoja objektu výskumu geografie priemyslu.

## **Zmeny objektu výskumu geografie priemyslu v historickom priemete**

Odborné štúdie geografie priemyslu sa zameriavali vždy na aktuálne výzvy a problémy, ktoré boli pre priemysel ako hospodársku aktivitu, v tom ktorom období určujúce. Možno konštatovať, že geografia priemyslu sa vyvíjala paralelne s priemyslom, objektom svojho štúdia. Napriek tomu prvé práce, opisujúce rôzne remeselnícke dielne, manufaktúry, sa objavili už v prácach starovekých, neskôr stredovekých geografov, historikov a cestovateľov (napr. v diele Strabona). O počiatkoch geografie priemyslu však možno hovoriť až od polovice 18. storočia v súvislosti nástupom priemyselnej revolúcie. A to vďaka početnejším prácam, ktoré podávali charakteristiky rozmiestnenia ťažby surovín, priemyselných podnikov ap. (Kortus, 1986). S rozvojom priemyselnej výroby a vrcholením industrializácie v Anglicku a v západnej Európe, sa objavovali pokusy o teoretické zdôvodnenie lokalizácie priemyslu, ktoré sa stali impulzom vzniku geografie priemyslu. Už v priebehu 19. storočia boli publikované boli prvé odborné práce, týkajúce sa lokalizácie ekonomických aktivít v priestore, hlavne od nemeckých autorov (Thünen, 1826, Launhardt, 1882). Neskôr, dôležitým medzníkom vo vývoji geografického prístupu štúdia usporiadania priemyslu v priestore bola druhá priemyselná revolúcia.

Geografia priemyslu sa rozvíjala v tomto období začiatku 20. storočia predovšetkým v industriálne najvyspelejších krajinách Európy a severnej Ameriky. Objavovali sa štúdie, ktoré opisovali priemyselné aktivity, prípadne používali štatistické údaje na ich charakterizovanie. Rozvíjali sa ďalej ekonomické teórie lokalizácie priemyslu a usporiadania ekonomických činností v priestore. Viac geografických prác zameraných na problémy priemyslu sa objavilo najmä po druhej svetovej vojne, kedy sa prudko rozvíjala priemyselná výroba. Od polovice 20. storočia boli publikované práce na tému priemyslu aj v krajinách, ktoré nastúpili cestu intenzívneho priemyselného rozvoja, napr. Japonsko a socialistické krajiny strednej a východnej Európy. Najväčší ohlas spomedzi týchto prác vyvolala teória A. Webera z roku 1909 (Friedrich, 1929, Lacko, 1969, Weber, 1982).

Nosné témy z geografie priemyslu od 70. rokov 20. storočia, tretej priemyselnej revolúcie, tradične určovala jedna z komisií, resp. pracovných skupín Medzinárodnej geografickej únie IGU. Na rozdiel od iných geografických disciplín, ktoré mali vytvorené svoje komisie a pracovné skupiny v rámci IGU od roku 1956 (napr. geografia obyvateľstva, medicínska geografia ai.), pracovná skupina IGU s názvom *Industrial Geography, Geo-*

*grafia priemyslu*, bola vytvorená prvýkrát až na svetovom geografickom kongrese v kanadskom Montreale v roku 1972. Formálne bola takto prvýkrát uznaná geografia priemyslu ako vedecká disciplína. Geografia priemyslu sa dostala na úroveň ostatných geografických vied (IGU, 2019). Táto pracovná skupina IGU bola aktívna v období 1972-1976. Na ňu v rokoch 1976-1980, aj 1980-1984 nadviazali pracovné komisie IGU pod názvom „Priemyselné systémy – Industrial Systems“. Nasledujúce dve komisie pod názvom „Zmeny v priemysle – Industrial change“, činné v rokoch 1984-1988 a 1988-1992, boli tematicky zamerané na analýzu priemyslu v období po tretej priemyselnej revolúcii.

Ekonomická internacionalizácia a globalizačné tendencie v priemysle ovplyvnili zameranie výskumov v rámci IGU v 90. rokoch. „Komisie priestorovej organizácie priemyslu – Commission on the Organisation of Industrial Space“ pracovali v rokoch 1992-1996 a 1996-2000 pod vedením Sergio Conti, vyštudovaného ekonóma a neskôr profesora ekonomickej geografie na Univerzite v Turíne (Conti, 2009). Výskumy geografie priemyslu boli v tom období sústredené na štyri kľúčové problémy priemyslu (Stryjakiewicz, 1994):

1. Zmeny priemyselného podniku a jeho hospodárskych, politických a kultúrnych podmienok.

2. Ekologické výzvy priemyslu.
3. Geografia globálnej hospodárskej činnosti. Dialektika globálnosť – lokálnosť.
4. Technológia, kultúra a organizácia priemyslu.

Okrem toho Komisia odporúčala sústrediť pozornosť na najvýznamnejšie regionálne problémy priemyslu:

- Rastúca úloha krajín východnej Ázie v globálnom ekonomickom systéme a formovanie trojčlenného systému lídrov svetového hospodárstva: USA – západná Európa – východná Ázia (s dominanciou Japonska).

- Postkomunistická ekonomická transformácia v krajinách bývalého Sovietskeho zväzu a strednej a východnej Európy.

Znižovanie významu priemyslu v hospodárskom systéme vyspelých krajín a proces deindustrializácie sa prejavili aj na výskumných aktivitách komisií IGU od začiatku 21. storočia. Po roku 2000 nebola zriadená žiadna komisia s konkrétnym zameraním na geografické výskumy priemyslu. Výskum priemyslu sa stal súčasťou širšie ponímaných výskumov týkajúcich sa hospodárskych priestorov. Od roku 2012 doteraz pracuje IGU komisia „Dynamika ekonomických priestorov – Dynamics of Economic Spaces“, ktorej členmi sú, okrem v tejto publikácii citovaných Michaela Taylora z Univerzity v Birminghame a Henryho Wai-chung Yeunga z Národnej univerzity v Singapore, aj dvaja zástupcovia

z nášho regiónu. Piotr Pachura z Čęstochovskej technologickej univerzity a René Matlovič z Prešovskej univerzity. Jednou z posledných aktivít Komisie bola v októbri roku 2019 v Budapešti konferenciu IGU na tému “Úvahy o ekonomickej geografii v období štvrtej priemyselnej revolúcie: výroba, podnikanie, zamestnanosť a priemysel 4.0“. Geografia priemyslu tak prikladá ruku k výskumom zameraným na dopady technologických zmien, spojených so štvrtou priemyselnou revolúciou, na usporiadanie priemyslu, ekonomického a sociálneho priestoru. Témy konferencie vychádzajú z toho, že nová digitálna priemyselná technológia prispeje k rozširovaniu sietí a prehlbovaniu vertikálnej a horizontálnej integrácie spoločnosti. Priemysel 4.0 môže byť tiež prepojený s inteligentnou špecializáciou, ktorá môže podporiť rozvoj regiónov a znížiť priestorové rozdiely medzi nimi. Stierané budú hranice medzi výrobou a službami, výrobcami a spotrebiteľmi. Skutočný svet sa spojí s virtuálnym, a to znamená nový ekonomický priestor pre ľudskú činnosť. Zmení sa všetko – výber lokality, výroba, služby, podniky, hodnotové reťazce a pracovná sila na makroúrovni a mikroúrovni, celý ekonomický priestor a jeho dynamika (IGU-CDES, 2019, Götz et al., 2020).

## Hlavné smery výskumu geografie priemyslu

Na základe názorov viacerých autorov (Ivanička, 1958, Čorný, 1963, Kortus, 1986, Székely, 1989, Misztal, 1997, Popjaková, 1997, Székely, 1997, Toušek et al., 2008, Buček et al., 2010) možno odlišiť niekoľko smerov výskumu geografie priemyslu:

**Antropogeografický smer** – v prácach tohoto smeru, ktorý sa sformoval v 20. storočí ako prejav záujmu o prírodu, ako prostredie života spoločnosti, boli za hlavné faktory rozvoja priemyslu považované prírodné predpoklady krajiny. Zdôraznený a dôkladne rozpracovaný bol úzky vzťah medzi priemyslom a surovinovými zdrojmi. Priemyselná krajina je analyzovaná ako dôsledok vzájomného pôsobenia človeka a prírody, na priemysel sa nazerá ako na sekundárnu zložku krajiny, podmienenú prírodnými faktormi. Prvé práce tohto zamerania boli publikované už 20. rokoch 20. storočia. Charakteristické pre ne sú prvky geografického determinizmu, typického hlavne pre nemeckú geografickú školu tohto obdobia. Od neho sa už v 30. rokoch vyhranil francúzsky geograf Demangeon, predstaviteľ antropogeografickej školy formovanej v 50. rokoch, ktorá predstavovala odklon od geografického determinizmu. Historický prínos tohto smeru spočíva okrem iného aj v rozpracovaní metodiky terénneho výskumu. Predstavitelia –

Pierre Deffontaines (1923), Harlan H. Barrows (1923), Alfred Hettner (1927), Hugo Hassinger (1931), Albert Demangeon (1927), Erich Otremba (1953), Antoni Rafał Kukulski (1959); z našich autorov sem možno zaradiť časti niektorých prác Jiřího Krála (1923).

**Štatistický smer** – reprezentujú štúdie založené na využívaní jednoduchých štatistických metód, na báze ktorých je hodnotený význam, veľkosť, štruktúra priemyslu. Veľmi často používaným metodologickým nástrojom v týchto prácach boli aj kartografické metódy. Práce tohto smeru, ktorý sa rozvíjal paralelne s predchádzajúcim antropogeografickým smerom, obsahovo predstavuje popisné spracovanie štatistického materiálu. V prácach chýba hľadanie súvislostí, hlbších podmieneností stavu, rozmiestnenia priemyslu. Z našej proveniencie sem možno zaradiť napríklad práce – Karel Engliš (1907), Karel Malík (1924), Ivan Hrušovský (in Fabricius, 1992); z neskorších mnohých prác slovenských geografov napr. Mládek (1968), Dubcová (1992) ai.

**Historicko-geografický smer** – predstavujú štúdie, ktoré využívajú historickogeografickú metódu skúmania priemyselných území a odvetví. Nejde v nich len o jednoduchý opis stavu priemyslu, ale aj analýzy príčin vzniku, transformácie priemyselných regiónov, konkrétne identifikovanie impulzov, ktoré viedli k zmenám kvantity a

kvality priemyselnej produkcie, tj. k rastu, stagnácii, poklesu výroby, zásadným zmenám technológie výroby, výrobných programov, dodávateľsko-odberateľských vzťahov ap. Smer reprezentujú mnohé práce regionálneho zamerania výskumu priemyslu. Do tejto skupiny patrí aj väčšina prác slovenských autorov (uvedené sú ich publikované prvotiny), napríklad Koloman Ivanička (1954, 1961) a jeho škola – Michal Čorný (1963), František Brabec (1967), Ján Sabaka (1968), Jozef Mládek (1968), Martin Mihály (1969); Ján Šišák (1978), Alena Dubcová (1984), Vladimír Székely (1991), Ján Szöllös (1993), Dagmar Popjaková (1995), Marián Kulla (2002), Pavol Korec et al. (2019); z českých autorov Ctibor Votrubec, Jan Mareš (1959), Miroslav Střída (1960), Jan Mareš (1963), Ludvík Mištera (1967), Josef Brinke (1967), Libor Krajíček (1972), Ludvík Kopačka (1975), Petr Pavlínek (1992), Milan Víturka (1993), Václav Toušek (1994) a jeho škola – Michal Vančura (1997), Josef Kunc (1999), Petr Tonev (2002), Magdaléha Baštová-Rousová (2005), Ondřej Šerý (2010), Jaroslav Koutský (2011); René Wokoun (2000), Jaroslav Dokoupil (2005), Jan Žeňka (2008) ai. Zo zahraničných prác je možné do tohto smeru vybrať niektoré štúdie známych geografov – Derek Gregory (1982), Peter Dicken (1986), Adrian

Smith (1995), Tadeusz Stryjakiewicz (1994, 1999), Maria Tkocz ai.

**Sociálno-humánny smer** – objavuje sa len v posledných tridsiatich rokoch, najčastejšie v krajinách, ktoré prešli do vývojovej postindustriálnej fázy spoločnosti. Rozvíja sa na pozadí revidovania klasickej teórie priemyselnej lokalizácie s tým, že upozorňuje aj na neekonomické prístupy pri lokalizovaní priemyselných jednotiek. Reprezentanti tohto smeru berú do úvahy človeka, ktorý sa pri rozhodovaní nemusí vyznačovať len čisto racionálnym ekonomickým správaním, z dôvodu buď priameho preferovania neekonomických výhod alebo absencie presných informácií ap. Autori sa snažia vysvetliť zmeny v rozmiestnení priemyslu aj pod vplyvom subjektívnych činiteľov, resp. psychologickými motívmi lokalizačných rozhodnutí. Pokúšajú sa predpovedať správanie pri rozhodovaní o cene, produkcii, rozdeľovaní zdrojov. Zdôrazňujú význam rozhodovacieho procesu, pri ktorom okrem maximalizácie zisku môžu vystupovať aj iné faktory ako kompromis medzi manažérmi, akcionármi alebo uspokojenie s dostatočne dobrými úspechmi, obozretné konanie za istých okolností ap. Predstavitelia tohto smeru, predovšetkým tzv. behaviorálni geografi, ekonómovia, sociológovia, len pri značnom zovšeobecnení nachádzali pri štúdiu reálnych priemyselných systémov určitú pravi-



delnosť, poriadok, racionálne usporiadanie ekonomických činností – Richard Michael Cyert a James Gardner March (1963), Allan Pred (1967), Michael Eliot Hurst (1972), David Harvey (1989), Vladimír Ira, Ján Szöllös (1994) ai. Smer reaguje aj na široké politicko-spoločenské zmeny vo svete, ktoré ovplyvňujú lokalizáciu priemyslu (príklady prác mnohých z vyššie citovaných autorov), ďalej na zmeny funkcie samotného priemyslu od technickej a ekonomickej funkcie k sociálnej funkcii, sociálnym aspektom priemyselnej výroby, napr. Doreen Masseyová (1984), Susan McGrath-Champová (1994). Do tohto smeru možno zaradiť práce zaoberajúce sa témou vzťahu priemyslu a kvality životného prostredia, ktorá sa začala znovuobjavovať koncom 60. rokov – Jaroslav Mareš (1972), Lech Pakuła (1997), Miroslav Střída (1987), ai.

**Ekonomicko-priestorový smer** – výrazný prúd v geografii priemyslu, ktorý nadväzoval na práce predstaviteľov lokalizačných teórií a priestorovej ekonómie, a ktorý sa vyvíjal na prieniku priestorovej ekonomiky a ekonomickej geografie. Veľký podiel na profilovaní tohto smeru mala snaha geografov o komplexnejší prístup k výskumu priemyslu, snaha o poznanie celých regionálnych priemyselných štruktúr a zákonitostí ich formovania. Osobitný dôraz kladú práce tohto

smeru na prognózovanie vývoja celých priemyselných oblastí. Cieľom prác je poznať vzťahy medzi priemyslom a ostatnými faktormi geografického priestoru, hlavne sociálnoekonomickými, a súčasne poznať a prognózovať vývoj celých regionálnych komplexov priemyselnej výroby a ekonomicko-regionálnych komplexov vôbec. Dôležité miesto v rámci tohto smeru majú práce zamerané na hľadanie miest lokalizácie priemyselných závodov. Významným impulzom rozvoja metodológie prác v rámci tohto smeru boli kvantitatívne metódy.

Priestorový smer predstavuje významnú skupinu tematického zamerania výskumov geografie priemyslu v priemete vývoja tejto vednej disciplíny. Podľa chronologického vývoja a podľa šírky záberu, ktorú jednotlivé štúdie, resp. teórie priestorového usporiadania priemyselných, prípadne ďalších ekonomických i neekonomických aktivít zachytávajú, ich možno rozdeliť ich do niekoľkých skupín, reprezentovaných vybranými autormi a ich odbornými prácami domácej a zahraničnej proveniencie (Lacko 1969; Popjaková 1997; Blažek, Uhlíř 2002; Popjaková 2008; Toušek et al. 2008; Buček et al. 2010; Rusnák, Lehocký 2016):

**Teórie lokalizácie** – J. H. von Thünen (1826), W. G. F. Roscher (1865), A. E. F. Schäffle (1873), C. W. F. Launhardt

(1878), A. Weber (1909), A. Marshall (1890), A. Predhöl (1925), T. F. Palander (1935),

**Teórie priestorového usporiadania ekonomických aktivít** – W. Christaller (1933), B. Ohlin (1933), E. W. Zimmermann (1933), E. M. Hoover (1936), A. Lösch (1940), W. Isard (1956), J. C. Boudeville (1961) A. E. Probst (1965), F. E. I. Hamilton, (1974), M. E. Porter (1990), P. Pavlínek (2001), J. Žeňka (2008), P. Krugman (2011) ai.,

**Teórie teritoriálnych produkčných systémov** – N. N. Kolosovskij (1947), F. Perroux (1950), J. Chardonnet (1953), E. von Böventer (1966), G. Becattini (1975, 1992, 1998), J. Mareš (1980), J. Mládek (1981, 1990), Dubcová (1984, 2000), G. Benko (1993), M. E. Porter (1990), M. J. Enright (1993), G. Gereffi (1994, 2018), M. Taylor (1999), T. J. Sturgeon (2001), N. M. Coe et al. (2004), P. Pavlínek, J. Žeňka (2011), L. Novotný, J. Novotná (2019) ai.

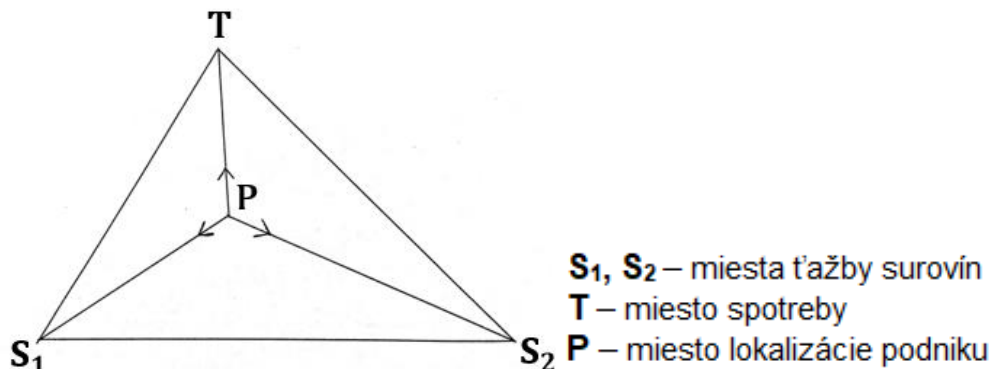
### **Vybrané teórie lokalizácie priemyslu**

Prvú skupinu teórií lokalizácie, tzv. špeciálne teórie lokalizácie predstavujú štúdie, ktoré skúmajú lokalizáciu individuálneho výrobného subjektu. Charakteristický pre túto skupinu teórií je mikroekonomický prístup. Ich podstatou je hľadanie optimálnej polohy podniku v priestore pri minimálnych nákladoch a maximálnom zisku.

Rozvíjali ich hlavne nemeckí autori. Do tejto skupiny je zaradovaná aj najstaršia lokalizačná teória **Johanna Heinricha von Thüvena**, pruského veľkostatkára, napriek tomu, že sa zaoberá lokalizáciou poľnohospodárskeho podniku. Je to aj vzhľadom na to, že von Thünen dospel postupne pri určovaní umiestnenia poľnohospodárskeho podniku rôzneho zamerania výroby, k modelu priestorového usporiadania poľnohospodárskej produkcie. Podobne ako ostatné práce tejto skupiny teórií sa však venuje aspektom lokalizácie výrobných aktivít v rámci jedného hospodárskeho odvetvia.

Typickým predstaviteľom špeciálnych teórií lokalizácie je **Carl Wilhelm Friedrich Launhardt**, ktorý vo svojej publikácii z roku 1882 ako prvý prezentoval abstraktný model riešenia lokalizácie priemyselného podniku, tzv. lokalizačný trojuholník (Obr. 1). Ako s faktorom, ktorý ovplyvňuje lokalizáciu podniku, pracuje Launhardt s dopravnými nákladmi. Tie sú podľa neho v priamej úmere so vzdialenosťou a hmotnosťou prepravovaných surovín a hotových produktov. Autorova teória vychádza z roviny a troch bodov, ktoré vytvárajú trojuholník. Dva z nich,  $S_1$  a  $S_2$  sú miesta ťažby surovín, použitých vo výrobnom procese, tretí bod T je trh, miesto spotreby. Bod P je ideálne miesto umiestnenia podniku v priestore, rovine, ktorý podľa autora leží v ťažisku trojuholníka.

Obr. 1: Launhardtov lokalizačný trojuholník



Zdroj: Launhardt 1882; upravené autorkami

Druhú skupinu lokalizačných teórií tvoria tzv. všeobecné teórie lokalizácie. Tieto sa snažia tiež vysvetľovať umiestnenie mikroekonomickej jednotky v priestore, avšak bez ohľadu na hospodárske odvetvie, do ktorého táto výrobná jednotka, podnik, patrí. V tom spočíva všeobecnosť týchto teórií. Jej reprezentantmi sú okrem Nemca A. Webera aj *d'alší spomínaní* mimo nemeckí autori (Marshall, Predhöl, Palander).

Cieľom výskumu **Alfreda Webera** v jeho práci „Theory of the Location of Industries“ (1909) je hľadanie optimálnej polohy priemyselného podniku v priestore. Prístup Webera k otázke priestoru je teda mikroekonomický. Jeho teória lokalizácie je založená na zovšeobecneniach (jeden trh s určitou lokalizáciou, nerovnomerne rozmiestnené miesta zdrojov surovín a pracovných síl, stabilné vonkajšie faktory ako ceny, zásahy štátu a pod., neberie do úvahy dopyt).

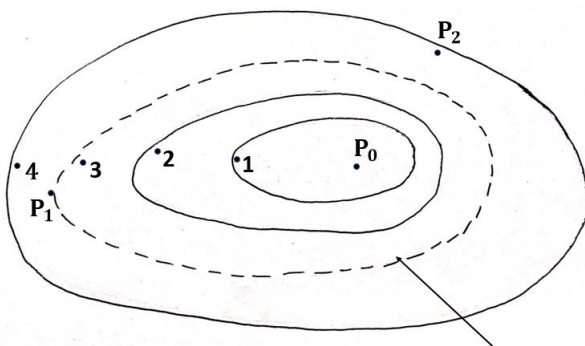
Rozširuje teóriu Launhardta tým, že počíta nielen s minimálnymi dopravnými nákladmi, ale i nákladmi na pracovnú silu. Weber pracuje aj s tzv. aglomeračnými výhodami, čím nadviazal na Marshalla (1890). Skúma teda lokalizáciu firmy v troch etapách, a to tým že špecifikuje faktor 1/ dopravy, 2/ pracovnej sily a 3/ výhod aglomerácie.

Weber pracuje s lokalizačným trojuholníkom, avšak berie do úvahy, či suroviny vo výrobnom procese strácajú alebo priberajú na hmotnosti, a či sa vyskytujú alebo nevyskytujú všade a za rovnakých podmienok. Zároveň si všíma vzťah medzi množstvom surovín vstupujúcich do výrobného procesu a množstvom hotovej produkcie. Vypočítava tzv. materiálový index, ktorý je daný množstvom materiálu potrebného na výrobu jedného produktu. Používa metódu izodapán, teda čiar, ktoré spájajú miesta s rovnakými cel-

kovými dopravnými nákladmi na jednotku produkcie (Obr. 2). Skúma tiež, či sa optimálna dopravná poloha priemyselného podniku modifikuje pod vplyvom rozdielov v nákladoch na pracovnú silu. Presúva optimálnu polohu podniku z miesta minimálnych dopravných nákladov na miesto, kde úspora nákladov na pracovnú silu presahuje prírastok nákladov na dopravu. Každá izodapana ukazuje,

o koľko by sa zvýšili dopravné náklady, keby sa poloha firmy presunula z dopravného optima do niektorého z bodov, ktorými izodapana prechádza. Ideálna poloha podniku je totožná s tzv. kritickou izodapanou, ktorá spája body, v ktorých sa rast prepravných nákladov rovná poklesu nákladov na pracovnú silu.

Obr. 2 Weberove izodapany



kritická izodapana  $P_0 - P_2$  - priemyselné podniky

Zdroj: Friedrich 1929, upravené

Weber následne definuje tzv. aglomeračné a deglomeračné faktory ako výhody, ktoré vyplývajú z toho, či sa priemyselné podniky sústreďujú na jednom mieste alebo sú v priestore rozptýlené. Vychádza tak z výsledkov práce „Principles of Economics“ **Alfreda Marshalla** (1890), ktorý hovorí o troch typoch tzv. externých výhod vyplývajúcich z koncentrácie priemyselných podnikov rovnakého výrobného zamerania („aglomerácie“

podnikov) v danom priemyselnom regióne, ktorý nazval industrial district – priemyselný dištrikt, priemyselný región. Ide o externé výhody (výhody „navyše“, „s pridanou hodnotou“), založené na: 1/ využívaní spoločnej, na rovnakú produkciu špecializovanej infraštruktúry a dodávateľov, 2/ využívaní rovnakého špecializovaného trhu práce, a 3/ prelievaní inovácií medzi podnikmi, a tým zvyšovaní schopnosti inovácie celého odvetvia v danom regióne. Weber nazval Marshallove

externé výhody, alebo ináč efekty, externality, termínom – aglomeračné efekty (Blažek, Uhlíř 2002, Letková, 2012). Ak úspora plynúca z aglomeračných/deglomeračných výhod pri lokalizácii podniku je väčšia ako zvýšenie dopravných nákladov alebo nákladov na pracovné sily, zmení sa optimálna poloha podniku. A. Weber ako prvý rozpracoval pojem lokalizačné faktory. Definuje ich ako isté výhody, ktoré získava firma tým, že výrobu lokalizuje práve na danom mieste. Weber rozlišuje (Lacko 1969): a) všeobecné faktory, ktoré pôsobia v každom priemyselnom odvetví a špeciálne faktory, ktoré sa viažu na konkrétne odvetvia, b) regionálne faktory, ktoré pôsobia medzi firmami a geografických prostredím, a aglomeračné faktory, ktoré pôsobia na umiestnenie firiem geograficky vedľa seba alebo ďalej od seba a c) prírodno-technické a spoločensko-kultúrne faktory.

### **Poznámky k teóriám priestorového usporiadania ekonomických aktivít**

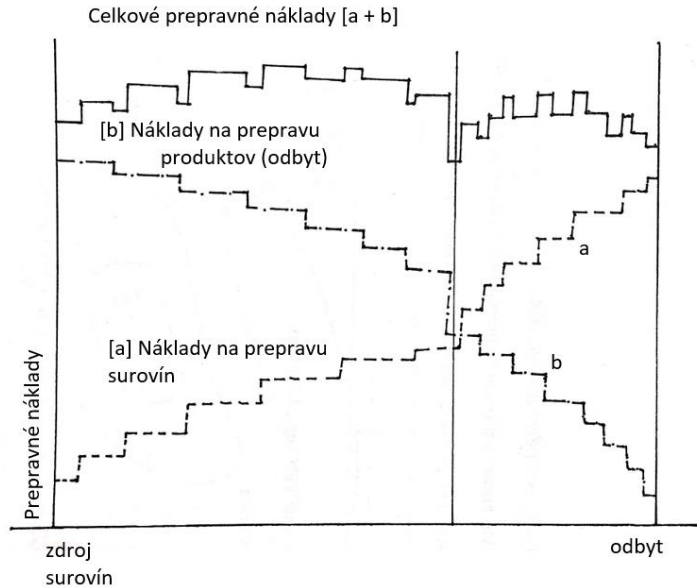
Teórie priestorového usporiadania ekonomických aktivít pracujú s otázkou ekonomickej optimalizácie priestoru. Tieto teórie sa vyznačujú makroekonomickým prístupom. Aj v ich prípade vystupuje ako nosný, problém lokalizácie výrobného subjektu, ale je postavený opačne. Daná je makroekonomická jednotka istej hie-

rarchickej úrovne (región, štát, makroregión, svet – globálna mierka) a hľadajú sa mikrojednotky (podniky), ktoré sa môžu v nej lokalizovať. Lokalizácia je len prostriedkom na dosiahnutie cieľa, ktorým je teoretické vysvetlenie celkového usporiadania ekonomickej činnosti v priestore, resp. formulovanie podmienok a charakterizovanie všeobecnej priestorovej ekonomickej rovnováhy. Medzi priekopníkov tohto smeru patria okrem Nemcov **Waltera Christallera** (usporiadanie priestoru vo väzbe na nevýrobné aktivity), **Augusta Lösch**a aj americký ekonóm **Walter Isard**, zakladateľ regionálnej vedy (1950; bližšie napr. Boyce, 2003). Jeden z modelov usporiadania ekonomického priestoru predstavuje teória priemyselných regiónov, ktorá poukazuje na koncentráciu firiem a aglomeračné efekty s tým súvisiace. Tento model, ktorý nadviazal na analýzy Mashalla a Webera, je reprezentovaný tiež **Edgarom Malonom Hooverom**. Ten sa vo svojich knihách (1936, 1948) venoval najmä otázkam mikroekonomickej lokalizácie výrobného podniku a orientácie jeho lokalizácie na miesta zdrojov surovín, odbytu, resp. prechodné miesta v závislosti od prepravných nákladov (Obr. 3). Hoover riešil tiež otázky usporiadania ekonomických aktivít v priestore. Konkrétne výhody, aglomeračné efekty, ktoré vyplývajú z koncentrácie priemyselných podnikov rôznych odvetví

v určitom priestore. Aglomeračné efekty lokalizácie podniku rozdelil do troch skupín: 1/ lokalizačné efekty,

2/ urbanizačné efekty a 3/ vnútorné efekty, tzv. úspory z rozsahu (Obr. 4).

Obr. 3 Hooverove dopravné náklady



Zdroj: Hoover, 1948, s. 39, upravené

Obr. 4 Aglomeračné efekty



**Lokalizačné výhody:**

- vznik špecializovaných dodávateľských odvetví
- vytvorenie špecializovaného trhu
- vytvorenie špecializovanej štruktúry

**Lokalizačné nevýhody:**

- stúpajúce mzdové náklady a ceny pozemkov

**Urbanizačné výhody:**

- veľkosť odbytového trhu
- vznik veľkého trhu s kvalifikovanou pracovnou silou
- dostupnosť služieb, výskumno-vývojové inštitúcie
- možnosť priameho kontaktu k ďalším firmám a aktérom

**Urbanizačné nevýhody:**

- znečistenie ovzdušia, dopravné zápchy
- vysoké faktorové náklady

Zdroj: M. Trippel in Letková, 2012, s. 116; upravené

Ako uvádzajú Rusnák a Lehocký (2016, s. 132) „aglomerácia predstavuje podobnú formu priestorového usporiadania ako koncentrácia. Oba termíny súvisia s otázkou lokalizácie ekonomických aktivít. Ak je priestorová distribúcia konkrétnej časti ekonomiky nerovnomerná, stupeň koncentrácie a aglomerácie rastie. Avšak, kým koncentrácia je výsledok lokalizácie konkrétneho odvetvia, aglomerácia predstavuje efekty, ktoré plynú z tejto lokalizácie. Dôležitým zdrojom aglomerácie (aglomeračných výhod, efektov) je vzájomná blízkosť medzi ekonomickými subjektami, meraná nielen fyzickou vzdialenosťou a nákladovými funkciami, ale aj inými nepriestorovými dimenziami.“ V kontexte aglomeračných efektov (externalít) a ich vplyvu na ekonomický rast regiónov rôznej mierky, vystupujú tiež otázky špecializácie, resp. diverzifikácie ekonomického zamerania regiónov. Z hľadiska vplyvu na ekonomický rozvoj, existujú špecializácia a diverzifikácia vo vzácnnej koexistencii (Rusnák, Lehocký 2016, s. 142). Podľa **Michaela Eugene Portera**

(1990), inovačné stimuly a rast regiónov vyvoláva jednak diverzifikácia, tj. konkurencia medzi aktérmi z rôznych odvetví využívajúcimi jeden trh. Jednak zároveň podľa neho platí, že rast regiónov súvisí aj so šírením inovácií, tj. prelievaním znalostí aj v rámci jedného odvetvia, na ktorý sa región špecializuje. V takomto prípade sa znalosti prelievajú vertikálne, medzi aktérmi špecializovanými v rámci jedného odvetvia priemyslu. Typy aglomeračných externalít sa líšia v závislosti od fázy životného cyklu priemyselného odvetvia. Nové odvetvia využívajú skôr z urbanizačné externality, tzv. externality v zmysle **Jane Jacobsovej** (1969). Podľa nej je rozrastanie miest výsledkom diverzifikácie ekonomických činností. Technologicky zastaranejšie odvetvia ťažia skôr z lokalizačných výhod a externalít, vyplývajúcich zo špecializácie ekonomických aktivít, tzv. externalít MAR, tzn. v zmysle autorov M – Marshall (1890), A – Arrow (1962) a R – Romer (1986). Odlišnosti špecializácie a diverzifikácie v kontexte aglomeračných efektov zhrnuli Rusnák a Lehocký v tabelárnej forme (Tab. 1).

Tab. 1 Odlíšnosti špecializácie a diverzifikácie v kontexte aglomeračných efektov

	<i>Špecializácia</i>	<i>Diverzifikácia</i>
Ekonomicke a geograficke pristupy	Mashallove aglomeračné výhody Nová ekonomická geografia	Inštitucionálne a evolučné pristupy
	Klastre	Súvisiaca a nesúvisiaca rozmanitosť
Typ aglomeračných výhod	Lokalizačné	Urbanizačné
Typ externalit	MAR	Jacobsovej
Populačná veľkosť	Malé mestá	Veľké mestá
Prispevok k ekonomickému rastu	Produktivita	Zamestnanosť
Prevládajúce odvetvia	Výrobný sektor Dozreté odvetvia	Technologicky náročné odvetvia Nové odvetvia
Prevládajúci prístup	Konkurencia	Kooperácia
	Geografická	Kognitívna
Dimenzie blízkosti aktérov	Organizačná	Sociálna Inštitucionálna
Intenzita vzťahov medzi aktérmi	Tesné vzťahy	Voľné vzťahy

Zdroj: Rusnák, Lehocký, 2016, s. 143, upravené

Začiatkom druhého desaťročia 21. storočia prichádza **Paul Krugman** (2011) s tzv. novou ekonomickou geografiou, tj. ekonomickou teóriou usporiadania priestoru. Jeho model – industrializované jadro a poľnohospodárske periférie, vychádza z toho, že firmy majú tendenciu lokalizovať sa a koncentrovať v regióne s väčším dopytom. Nová ekonomická geografia je teória o veľkých aglomeráciách, v ktorých sa zisk firiem zvyšuje vďaka rozsahu aglomerácie a nízkym nákladom na prepravu v rámci aglomerácie. Teória zdôrazňuje väzby firiem na ich dodávateľov a zákazníkov (Schmutzler, 1999).

### **Teórie teritoriálnych produkčných systémov**

Skupina teórií teritoriálnych produkčných systémov zahŕňa viacero koncepcií, ktoré v zásade pojednávajú o schémach priemyselnej regionalizácie, prípadne typológii alebo výrobných sietí, ako prejavu produkčných väzieb, väzieb medzi firmami, v priestore. Charakter priemyselnej typológii založenej na báze dodávateľsko-odberateľských vzťahov medzi priemyselnými podnikmi má sovietska geografická škola teritoriálnych výrobných komplexov a energeticko-produkčných cyklov, ktorú reprezentuje N. N. Kolosovskij (1947),



tiež Sauškin, Chruščev ai. Na prelome 70. a 80. rokov 20. storočia na ňu nadviazal a v slovenských podmienkach ju rozpracoval **Jozef Mládek** a neskôr **Alena Dubcová**. Paralelne sa v 70. rokoch v českej geografii priemyslu rozvíjala téma regionalizácie priemyslu, založená na vyčleňovaní priemyselných regiónov. Pričom priemyselný región, tvorený jadrom a s ním spojeným zázemím, bol vyčlenený na základe dochádzky do zamestnania – **Jan Mareš** (1980), **Miroslav Strída** (1988) ai. Vo Francúzsku sa v 50. rokoch rozvíjala teória polarizovaného rastu **François Perroux** (1950), podľa ktorej sa ekonomický rast neprejavuje všade rovnako, ale v tzv. póloch rozvoja, z ktorých sa šíri rôznou intenzitou, smermi, účinnosťou a dynamikou. Na ňu nadviazala v 70. rokoch teória rozvojových regiónov, technopolov – **Georges Benko** (1993). Obdobne v tom čase talianski priestoroví ekonómovia **Giacomo Becattini**, **Sebastiano Bagnasco**, **Sebastiano Brusco**, **Gioacchino Garofoli** (LDnet, 2011) nadväzujú na **Marshallov** koncept priemyselných dištriktov, v ich prípade so špecifickým spôsobom organizácie výroby, založenej na koncentrácii špecializovaných malých a stredných podnikoch, ktoré sú výrobne, resp. poskytovaním služieb, spojené s hlavnou výrobnou aktivitou a prepojené na trh práce, aktivitu miestnych inštitúcií, komunít, miestnu kultúru a tradičné lokálne hodnoty

priemyselných regiónoch. Začiatkom 90. rokov sa objavili teórie produkčných sietí, či už medzi veľkým podnikom a malými a strednými podnikmi ako jeho subdodávateľmi alebo medzi malými podnikmi navzájom. Identifikované boli rôzne typy výrobných sietí, napr. sieťové, satelitné, virtuálne podniky (**Jirásek**, 1993, **Yeung**, 1994). V tom čase **M. E. Porter** prvýkrát použil termín **klaster** na označenie priestorového vzoru geografickej koncentrácie siete podnikov. Podniky sú vzájomne prepojené širokým spektrom väzieb, technologických, dodávateľsko-odberateľských, obslužných ai. Na **Portera** nadviazal **Gary Gereffi** (1994) teóriou o skupinách sietí naviazaných okolo jedného produktu. Na ich označenie použil termín **globálny komoditný reťazec**, **globálny hodnotový reťazec** (**Gereffi**, 2018). Tieto koncepcie rozvíjali ďalší autori na príklade rôznych produktov, resp. komodít automobilového, elektronického, textilného priemyslu (napr. **Pavlínek**, **Ženka**, 2011). Na začiatku 21. storočia nadviazala na tieto prístupy koncepcia zložitých celosvetových viacrozmerých výrobných vrstiev súvisiacich s produktmi a službami. Tieto boli označené pojmom **globálne produkčné siete** – **Timothy J. Sturgeon** (2001), **Coe et al.** (2004).

## Záver

Odborné štúdie z geografie priemyslu sa masovejšie začali spracovávať a publikovať od 70. rokov 20. storočia. Bolo to v období nástupu tretej priemyselnej revolúcie. V geografickom odbornom prostredí sa tento fakt prejavil aj tým, že geografia priemyslu ako analytická geografická disciplína bola formálne potvrdená na pôde Medzinárodnej geografickej únie (IGU, 2019) vytvorením pracovnej komisie, ktorá niesla tento názov (1972). Pracovné komisie IGU svojím odborným zameraním ovplyvňovali témy, ktoré sa aktuálne ekonomickými geografmi spracovávali. V súčasnosti je to téma ekonomických, sociálnych a priestorových dôsledkov nastupujúcej štvrtej priemyselnej revolúcie.

Ekonomicko-priestorový smer výskumov geografie priemyslu tvorí jej najvýznamnejšie odborné zameranie. Témy priestorového usporiadania priemyslu a ekonomických aktivít, kreovanie a identifikácia produkčných väzieb na rôznych hierarchických priestorových úrovniach od lokálnych po globálne, predstavujú stále prítiažlivý objekt výskumu priemyselných geografov. Ich analýze preto je potrebné venovať pozornosť aj v budúcnosti.

## Literatúra

- BARROWS, H. H. (1923). Geography as human cology. *Annals of the Association of American Geographers*, 13, 1-14.
- BAŠTOVÁ (ROUSOVÁ), M. (2005). Změna odvětvové struktury průmyslu města Plzně po roce 1989. *Miscellanea Geographica Universitatis Bohemae Occidentalis*, 11, 133-140.
- BECATTINY, C. (1975). *Invito a una riletatura di Marshall: introduzione*. Milano: ISEDI.
- BECATTINY, C. (1992). Le district marshallien: une notion socio-économique. In G. Benko et A. Lipietz eds., *Les régions qui gagnent. Districts et réseaux: les nouveaux paradigmes de la géographie économique*. Paris: PUF, 37-39.
- BECATTINY, C. (1998). *Distretti industriali e made in Italy*. Torino: Bollati Boringhieri.
- BENKO, G. (1993). *Geografia technopolii*. Warszawa: PWN.
- BLAŽEK, J., UHLÍŘ, D. (2002). *Teorie regionálního rozvoje*. Praha: Nakladatelství Karolinum.
- BOUDEVILLE, J. C. (1961). *Les espaces économiques*. Paris: Presses universitaires de France.

- von BÖVENTER, E. (1966). *Théorie de l'équilibre en économie spatiale*. Paris: Gauthier-Villars.
- BOYCE, D. (2003). A short history of the field of regional science. *Review Economic Design*, 83, 1, 31-57.
- BRABEC, F. (1967). Geografické rozmiestnenie priemyslu stavebných hmôt v Západoslovenskom kraji. *Zborník Pedagogickej fakulty v Nitre, Prírodné vedy*, 12, 111-123.
- BRINKE, J. (1967). *Úvod do geografie průmyslu*. Praha: Univerzita Karlova.
- BUČEK, M., REHÁK, Š., TVRDOŇ, J. (2010). *Regionálna ekonómia a politika*. Bratislava: Iura Edition.
- CONTI S. (2009). Geography of Industry and Transport. In M. Scala ed., *Geography II. Encyclopedia of life support system*. Oxford: EOLSS, UNESCO, 83-104. Dostupné na <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C01/E6-14-03-04.pdf> (2.9.2019).
- COE, N. M., HESS, M., YEUNG H. W. C, DICKEN, P., HENDERSON, J. (2004). Globalizing regional development: a global production networks perspective. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29, 468-484.
- CYERT, R. M., MARCH, J. G. (1963). A behavioral theory of the firm. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship. Dostupné na <https://ssrn.com/abstract=1496208> (2.9.2019).
- ČORNÝ, M. (1963). Geografia priemyslu. *Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae, Geographica*, 3, 28-37.
- DEFFONTAINES, P. (1923). La question de l'approvisionnement des industries françaises en laine mérinos. *Annales de géographie*, 177, 279-280.
- DEMANGEON, A. (1927). *Les iles Britanniques. Géographie universelle*. Paris: Armand Colin.
- DICKEN, P. (1986). *Global shift: Industrial change in a turbulent world*. New York-London: Harper and Row.
- DOKOUPIL, J. (2005). Průmysl. In *Český les*. Praha: Baset, 745-747.
- DUBCOVÁ, A. (1984). Vzťahy teritoriálno-priemyselných útvarov v Dolnonitrianskom regióne. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 23, 227-243.

- DUBCOVÁ, A. (1992). Geografické aspekty ťažby a spracovania železnej rudy. Nitra: VŠPg, Geografické informácie, 1, 80-88.
- DUBCOVÁ, A. (2000). Vývoj priemyslu a formovanie teritoriálnopriemyselných jednotiek na území Ponitria. Nitra: FPV UK.
- ENGLIŠ, K. (1907). Z výsledků sčítání živnostenských závodů ze dne 3. června 1902 v království Českém. Zprávy ZSÚ, IX.
- ENRIGHT, M. J. (1993). The geographic scope of competitive advantage. In E. Dirven, J. Groenewegen, S. van Hoof eds., *Stuck in the region?: Changing scales for regional identity*. Utrecht: Netherlands Geographic Studies, 155, 87-102.
- FABRICIUS, M. (1992). Hospodárska štruktúra Slovenska po roku 1918: kolónia či protežant? *Medzinárodné otázky*, 1, 1, 26-31.
- FRIEDRICH, C. J. ed. (1929). *Alfred Weber's theory of location of industries*. Chicago: University of Chicago. Dostupné na <http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/Libro%20de%20Weber.pdf> (22.7.2019).
- GEREFFI, G. (1994). The organisation of buyer-driven global commodity chains: How US retailers shape overseas production networks. In G. Gereffi, and M. Korzeniewicz eds., *Commodity chains and global capitalism*. Westport, CT: Praeger.
- GEREFFI, G. (2018). *Global value chains and development*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- GÖTZ, M. et al. (2020). Effects of industry 4.0 on FDI in the Visegrad countries. Dostupné na <https://industry40fdi.wordpress.com/2020/11/02/final-report-effects-of-industry-4-0-on-fdi-in-the-visegrad-countries/> (2.12.2020).
- GREGORY, D. (1982). *Regional transformation and industrial revolution: A geography of the Yorkshire woollen industry*. London: Macmillan.
- HAMILTON, F.E.I. ed. (1974). *Spatial perspectives on industrial organization and decision making*. London: Wiley.
- HARVEY, D. (1989). *The condition of postmodernity: An enquiry into the origins of cultural change*. Oxford: Blackwell. Dostupné na [https://selectedfiles.wordpress.com/2011/07/harvey\\_condition\\_postmodern.pdf](https://selectedfiles.wordpress.com/2011/07/harvey_condition_postmodern.pdf) (21.7.2019).
- HASSINGER, H. (1931). *Geographische Grundlagen der Geschichte*. Freiburg: Herder.

- HETTNER, A. (1927). Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau: Hirt.
- HOOVER, E. M. (1936). The measurement of industrial localization. The Review of Economic Statistics, 18, 4, 162-171.
- HOOVER, E. M. (1948). The location of economic activity. Dostupné na <https://archive.org/details/locationof-econom029874mbp/page/n8> (20.7.2019).
- HURST, M. E. (1972). A geography of economic behavior: An introduction. North Scituate, Mass.: Duxbury Press.
- IGU (2019). IGU Archives. Dostupné na <https://igu-online.org/igu-archives/> (19.7.2019).
- IGU-CDES (2019). GU-CDES 2019 Conference. Dostupné na <http://igu-cdes-2019.mtafki.hu/index.html> (4.9.2019).
- IRA, V., SZÖLLÖS, J. (1994). Percepcia environmentálnych a ekonomických vplyvov baníctva, energetiky a chemického priemyslu na Hornonitriansky región. Geographia Slovaca, 7, 35-48.
- ISARD, W. (1956). Location and space economy. Dostupné na [http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/locationspace-eco00isar%20\(1\).pdf](http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/locationspace-eco00isar%20(1).pdf) (22.7.2019).
- IVANIČKA, K. (1954). Próby podziálu Polski na regiony antropogeograficzne i gospodarscze. Warszawa: Uniwersitet Warszawski, Institut geografii.
- IVANIČKA, K. (1958). Predmet, metódy a vývinové smery geografie priemyslu. Geografický časopis, 10, 1, 27-40.
- IVANIČKA, K. (1961). Geografia priemyslu Hornej Nitry. Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae, Geographica, 2. Bratislava: SPN.
- JACOBS, J. (1969). The economies of cities. New York: Random House.
- JIRÁSEK, J. (1993). Transformační řízení. Praha: Grada.
- KOLOSOVSKIJ, N. N. (1947). Proizvodstvenno-territorial'noje sočetanije v sovetskoj ekonomičeskoj geografii. Voprosy geografii, 6.
- KOPAČKA, L. (1975). Československý průmysl v období 1945-1975. Praha: ČSAV, 5-33.
- KOREC, P. (1994). Humánna geografia 1: Metódy, priemysel, doprava, regióny. Bratislava: Univerzita Komenského.

- KOREC, P., POPJAKOVÁ, D. (2019): Priemysel v Nitre: globálny, národný a regionálny kontext. Bratislava: Univerzita Komenského.
- KORTUS, B. (1986). Wstęp do geografii przemysłu. Warszawa: PWN.
- KOUTSKÝ, J. (2011). Staré průmyslové regiony: vývojové tendence, možnosti rozvoje. Disertační práce. Brno: Masarykova univerzita.
- KRAJÍČEK, L. (1972). Základní charakteristiky regionální struktury průmyslu ve Středočeské oblasti. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 1, 79-96.
- KRÁL, J. (1923). Černá hora v Podkarpatské Rusi. Praha: Přírodovědecká fakulta.
- KRUGMAN, P. (2011). The new economic geography, now middle-aged. Regional Studies, 45, 1-7.
- KUKLIŃSKI, A. (1959). Struktura przestrzenna przemysłu cegielnianego na Ziemiach Zachodnich w epoce kapitalizmu. Prace geograficzne, 18, Warszawa: PWN.
- KULLA, M., (2002): Vybrané procesy transformácie priemyslu na príklade Bratislavy. Geografické informácie, 7, 111-117.
- KUNC, J. (1999). Změny v průmyslu města Brna a jejich vliv na situaci na trhu práce. Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis. Přírodní vedy. Folia Geographica, Prešov: Prešovská univerzita, 32, 3, 175-184.
- LACKO, R. (1969). Náčrt vývinu priestorovej ekonomiky. Bratislava: SAV.
- LAUNHARDT, C. W. F. (1882). Der zweckmässigste Standort einer gewerblichen Anlage. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 26, 106-115. Dostupné na <https://www.econbiz.de/Record/die-bestimmung-des-zweckmaessigsten-standortes-einer-gewerblichen-anlage-launhardt-wilhelm/10002370639> (22.7.2019).
- LDnet (2011). From industrial districts to clusters. Dostupné na <https://ldnet.eu/ldnet-bibliography-on-industrial-districts-and-clusters/> (30.7.2019).
- LETKOVÁ, J. (2012). Od priemyselných dištriktov ku klastrom. Geographia Cassoviensis, 6, 2, 115-123.
- LÖSCH, A. (1940). The Economics of Location. Dostupné na <http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/economicsoflocat00ls.pdf> (22.7.2019).
- McGRATH-CHAMP, S. (1994). Integrating industrial geography and industrial relations research.

- Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie, 85, 3, 195-208.
- MALÍK, K. (1924). Statistika průmyslové výroby v Československu v praxi. Praha: Česká národohospodářská společnost.
- MAREŠ, J. (1980). Průmyslové regiony ČSR. Praha: Akademia.
- MARSHALL, A. (1890). Principles of economics. The online library of liberty. Dostupné na <https://oll.libertyfund.org/titles/marshall-principles-of-economics-8th-ed> (22.7.2019).
- MASSEY, D. (1984). The spatial division of labour: Social structures and the geography of production. Oxford: Macmillan.
- MISZTAL, S. (1997). Rozwój geografii przemysłu i jej problematyki badawczej. In Geografia, człowiek, gospodarka, Kraków: IGUJ, 115-124.
- MIŠTERA, L. (1967). Ekonomicko-geografické vztahy v Západočeských keramických závodech. Praha: SPN.
- MLÁDEK, J. (1968). Koncentrácia a strediská priemyslu na Strednom Považí. Acta Geographica Universitatis Comenianae, Economico-Geographica, 8, 163-196.
- MLÁDEK, J. (1981). Teritoriálne priemyselné útvary. Acta Facultatis Rerum Naturalium Univesitatis Comenianae, Geographica, 19, 7-29.
- MLÁDEK, J. (1990). Teritoriálne priemyselné útvary Slovenska. Bratislava: Univerzita Komenského.
- NOVOTNÝ, L., NOVOTNÁ, J. (2019). Industrial clusters in a post-socialist country: The case of the wine industry in Slovakia. Moravian Geographical Reports, 27, 2, 62-78.
- OHLIN, B. (1933). Interregional and international trade. Cambridge: Harvard University Press.
- OTREMBBA, E. (1953). Allgemeine Agrar – und Industriegeographie. In R. Lütgens ed., Erde und Wirtschaft III, Stuttgart.
- PAKUŁA, L. (1997). Wpływ restrukturyzacji przemysłu na zmiany w degradacji środowiska Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. In Geografia, człowiek, gospodarka, Kraków: IGUJ, 159-168.
- PALANDER, T. F. (1935). Beiträge zur Standortstheorie. Thesis. Stockholm: Stockholms universitet.
- PAVLÍNEK, P. (1992). Regional transformation in Czechoslovakia: Towards a market economy. Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie, 83, 5, 361-371.
- PAVLÍNEK, P. (2001). The Central and East European automotive industry

- restructuring. Geography and Geology Faculty, Publications, 45.
- PAVLÍNEK, P., ŽEŇKA, J. (2011) Upgrading in the automotive industry: firm-level evidence from Central Europe. *Journal of Economic Geography*, 11, 559-586.
- PERROUX, F. (1950). Economic space: Theory and applications. *The Quarterly Journal of Economics*, 64, 1, 89-104.
- POPJAKOVÁ D. (1995). Zmeny vybraných charakteristík priemyselných podnikov regiónu Šariša v rokoch 1990-1994. In Z. Hochmuth ed., *Reliéf a integrovaný výskum krajiny*. Prešov: UPJŠ, 147-154.
- POPJAKOVÁ, D. (1997). Základné kapitoly z geografie priemyslu. Prešov: Prešovská univerzita.
- POPJAKOVÁ, D. (2008). Globálna verzus postsocialistická transformácia priemyslu (na príklade Slovenska). *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 51, 3-25.
- POPJAKOVÁ, D., MNTÁLOVÁ, T. (2019). Teoreticko-metodologické kapitoly z geografie priemyslu: priemysel objekt výskumu geografie. *Geografická revue*, 2, 74-93.
- PORTER, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. New York: The Free Press.
- PRED, A. (1967-9). Behavior and location: Foundations for a geographic and dynamic location theory. Parts I and II. Lund: C. W. K. Gleerup.
- PREDHÖL A. (1925). *Das Standortproblem in der Wirtschaftstheorie*. Jena: *Wirtschaftliches Archiv*, 21, 294-321.
- PROBST, A. E. (1965). *Effektivnosť teritorial'noi organizaciji proizvodstva. Metodologičeskie očerki*. Moskva: Mysl'.
- ROSCHER, W. G. F. (1878). *Grundlagen der Nationalökonomie*. Stuttgart, 1854, trans. from 13th German edition in 1877 by J. J. Lalor, vol. 1, vol. 2. New York: Henry Holt & Co. Dostupné na <https://www.gutenberg.org/files/27698/27698-h/27698-h.html> a <https://www.gutenberg.org/files/38655/38655-h/38655-h.htm> (21.7.2019).
- RUSNÁK, J., LEHOCKÝ, F. (2016). Koncepty priestorovej distribúcie ekonomických aktivít vo svetle súčasných prístupov ekonomickej geografie. *Geografický časopis*, 68, 2, 131-149.
- SABAKA, J. (1968). Zmeny vo vývoji a rozmiestnení priemyslu v okrese Galanta. *Geografický časopis*, 20, 4, 360-373.



- SCHÄFFLE, A. E. F. (1873). Das gesellschaftliche System der menschlichen Wirtschaft. Tübingen: H. Leuppschen Buchhandlung. Dostupné na [https://books.google.be/books?id=cRN-ZAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=sk&source=gbg\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.be/books?id=cRN-ZAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=sk&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) (20.7.2019).
- SCHMUTZLER, A. (1999). The new economic geography. *Journal of Economic Surveys*, 13, 4, 355-379.
- SMITH, A. (1995). Regulation theory, strategies of enterprise integration and the political economy of regional economic restructuring in Central and Eastern Europe: The case of Slovakia. *Regional Studies*, 29, 8, 761-772.
- STRYJAKIEWICZ, T. (1994). Próba analizy i oceny procesów transformacji przemysłu w Polsce w swietle postfordowskiego modelu elastycznej produkcji i teorii regulacji. In Z. Ziolo ed., *Zachowania przestrzenne przemysłu w zmieniających się warunkach gospodarowania*. Kraków-Warszawa: KGPPTG, 48-66.
- STRYJAKIEWICZ, T. (1999). Adaptacja przestrzenna przemysłu w Polsce w warunkach transformacji. Poznań: UAM.
- STŘÍDA, M. (1960). Hlavní rysy rozmístění československého průmyslu. Kandidátska dizertačná práca. Praha: Univerzita Karlova.
- STŘÍDA, M. (1987). Regional industrialization and environment. In S. Pączka ed., *Some problems of urban and industrial geography*. *Folia geographica*, 10, Łódź: WUŁ, 193-204.
- STURGEON, T. J. (2001). How do we define value chains and production networks? *IDS Bulletin*, 32, 3, 9-18.
- SZÉKELY, V. (1989). Náčrt vývojových smerov a riešených problémov v geografii priemyslu. *Sborník Československé geografické spoločnosti*, 94, 3, 85-193.
- SZÉKELY, V. (1991). *Priemysel Spiša – geografická analýza*. Dizertačná práca. Bratislava: Geografický ústav SAV.
- SZÉKELY, V. (1997). Geografia priemyslu na Slovensku v rokoch 1961-1995: Monitoring najvýznamnejších slovenských geografických periodických a neperiodických časopisov. *Geografický časopis*, 49, 2, 145-163.
- SZÖLLÖS, J. (1993). Analýza funkčnej a priestorovej štruktúry hneďdohol'ného energetického reťazca Hornej Nitry. *Geografický časopis*, 45, 1, 29-40.

- ŠERÝ, O. (2010). Impact of economic crisis on regions dominated by motor vehicles industry (the case of Vysočina Region). *Prace Komisji geografii przemysłu polskiego towarzystwa geograficznego*, 17, 1, 155-163.
- ŠIŠÁK, J. (1978). *Geografia magnetového priemyslu Slovenska*. Geografické práce, 5. Bratislava: SPN.
- THÜNEN, J. H. von (1826). *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie, oder Untersuchungen über den Einfluss, den die Getreidepreise, der Reichtum des Bodens und die Abgaben auf den Ackerbau ausüben*. Dostupné na: [https://books.google.am/books?id=UCxQAQAA-MAAJ&pg=PR3&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.am/books?id=UCxQAQAA-MAAJ&pg=PR3&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) (10.8.2019).
- TKOCZ M. (1998). *Restrukturyzacja przemysłu regionu tradycyjnego*. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego*, Sosnowiec: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- TONEV, P., TOUŠEK V. (2002). Typologie okresů České republiky (podle struktury zaměstnaných s důrazem na odvětví zpracovatelského průmyslu). In *Regionální rozvoj / regionalizace*. Sborník referátů z XX. jubilejního sjezdu ČGS. Ústí nad Labem: UJEP, 67-77.
- TOUŠEK, V. (1994). Transformace průmyslové výroby v mikroregionech. In *Pacherův mlýn, Sborník vystoupení ze semináře k otázkám rozvojových možností tří mikroregionu Hrušovanska – Vranovska – Jemnicka*. Brno: GaREP, 9-10.
- TOUŠEK, V., KUNC, J., VYSTOUPIL, J. et al. (2008). *Ekonomická a sociální geografie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk.
- VANČURA, M. (1997). Transformace průmyslové výroby. In J. Kolejka ed., *Životní prostředí*. Brno: Magistrát města, 31-35.
- VITURKA, M. (1993). Tendence a trendy v regionální struktuře v období transformace. Praha: FNH VŠE.
- VOTRUBEC, C., MAREŠ, J. (1959). Změny v průmyslu středních Čech za posledních třicet let. *Sborník československé společnosti zeměpisní*, 64, 2, 126-142.
- WEBER, A. (1982). On the location of industries. *Progress in Human Geography* 6, 1, 120-128.
- WOKOUN, R. (2000). *Průmysl – jedna ze stěžejních oblastí podpor*. Případová studie. Praha: Phare, NVF.
- WINKLER, E. (1946). System der Geographie und die Dezimalklassifikation. *Geographica Helvetica*, 1, 337-349.

YEUNG, H. W. C. (1994). Critical reviews of geographical perspectives on business organizations and the organization of production: Towards a network approach. *Progress in Human Geography*, 18, 4, 460-490.

ZIMMERMANN, E. W. (1933). *World resources and industries*: New York: Harper & Brothers.

ŽEŇKA, J. (2008). Riziko delokalizace zpracovatelského průmyslu Česka – regionální aspekty. *Geografie*, 113, 1-20.

## 3D REKONŠTRUKCIA ZANIKNUTÉHO TAJCHU 3D RECONSTRUCTION OF THE EXTINCT WATER RESERVOIR

Tomáš Hrdý<sup>1</sup>, Karol Weis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra geoinformatiky, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 50, Olomouc, Česká republika, e-mail: tomas.hrdy01@upol.cz

<sup>2</sup> Katedra geografie a geológie, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovensko, e-mail: karol.weis@umb.sk

DOI: <https://doi.org/10.24040/GR.2020.16.2.51-66>

**Abstract:** *In the past, water reservoirs used to play an important role in mining. They are artificial water tanks that gather water and serve as energy source for mining machines' drive. There were two water reservoirs in Rudno nad Hronom community. This article deals with a virtual reconstruction of one of them. Before the reconstruction in model software, there was a field survey of the territory. After the modelling, hydrological parameters have been calculated. Because of the precautions, the data has been obtained from Air Laser Scanning (available on [geoportal.sk](http://geoportal.sk)) and processed in Surfer programme instead of field measuring. From the obtained data, 3D model of current and original state of the water reservoir was created. The volume of the tank and time needed for filling the dike was calculated from those models. After calculating the volume, it was possible to determine the speed of filling the tank with rainfall. Results has shown that the maximum volume of the tank was 73 778 m<sup>3</sup> and its fulfilment took 118 days. The highest state of water in the dike was 12 m with its 6 m width and 101 m length. At present day when we are forced to deal with extreme weather, periods of heavy rainfall and dry seasons, water reservoirs could serve as solution for detention of water. The fact that the reservoir was functional in the past means that it could be restored. As other water reservoirs it can serve for summer swimming and development of tourism which will lead to increase of income in the community.*

**Key words:** *water reservoir, volume, 3D model, laser scanning*

### Úvod

V ľudskej povahe je zakorenená vlastnosť zjednodušovať si prácu. Je

to dobrá vlastnosť, pretože núti človeka premýšľať, čo koniec koncov robí človeka človekom. Pri akejkoľ-

vek ľudskej činnosti vykonávanej dlhodobo raz nastane moment, kedy je treba zmeniť zaužívané postupy. Bud' k tomu núti neefektívnosť dobových postupov, ktoré sa musia prispôbiť novým podmienkam, zmena vstupných podmienok alebo konkurencia. Tajchy boli nielen dôkazom zjednodušenia ľudskej práce, ale aj dômyselným východiskom z banskej energetickej krízy, ktorá zasiahla banskú oblasť na strednom Slovensku v 16. storočí. Tajchy sú umelé vodné nádrže slúžiace ako rezervoár vody a zdroj energie na pohon banských strojov pri ťažbe a úprave rudy. V obci Rudno nad Hronom sa nachádzali hneď dva tajchy. Tento článok sa venuje virtuálnej rekonštrukcii práve jedného z nich – Starého, alebo tiež Horného rudnianskeho tajchu. Práca porovnáva jeho pôvodný a súčasný stav pomocou nameraných údajov, hĺbku dna, zmenu telesa hrádze či jej okolia, čo následne viedlo k výpočtu teoretickej rýchlosti naplnenia hrádze, ak je hlavným zdrojom zrážková voda.

### **Prehľad aktuálnych výskumov umelých malých vodných nádrží**

Analýze existujúcich malých vodných nádrží sa v poslednom desaťročí venuje z rôznych aspektov viaceru autorov, alebo kolektívov. Štúdiu príčin najčastejších resp. najzávažnejších negatívnych dôsledkov, ktoré boli spôsobené napr. postupným hromadením

sedimentov, spôsobujúcich degradáciu vodného ekosystému sa venovalo viaceru autorov (Gellis a kol. 2006; Ahmed, Sanchez 2011; Pradhan a kol. 2011; Ristić a kol. 2013) a ďalší. Dynamike svahových deformácií v nekompaktných horninových celkoch v spojitosti so vznikom tzv. hradených jazier sa v ostatnom desaťročí venuje kolektív z Ostravskej univerzity (Smolková, Pánek, Hradecký 2009). Dnový transport deponovaných sedimentov a zmeny v morfológii dna v špecifických podmienkach vysoko-gradientových tokov na Morave dlhodobo analyzovali ostravskí geografi (Galia, Hradecký 2010, 2011; Škarpič a kol. 2010, atď.). Viacero štúdií zameraných na determináciu zmien retenčného objemu vodných nádrží na Slovensku, príp. v zahraničí, využívalo akustické zariadenia (Kočícký a kol. 2002; Pauk, Miklós, Tremboš 1997; Childs, Snyder, Hampton 2003; Odhiambo, Boss 2004; Jordan, Fonstad 2005; Kress a kol. 2005; Dost, Mannaerts 2008; Choiński, Ptak 2009; Elçi, Bor, Çalişkan 2009; Ceylan, Karabork, Ekozoglu 2011; Yun, Cho 2011; Fуска, Leitmanová 2012; Yesuf a kol. 2012; Kubinský, Lehotský, Weis 2014, ). Prakticky zhodnú metodiku, až na využitie niektorých špecifických softvérových nástrojov pre spracovanie dát použili Česák, Šobr (2005). Dynamiku postupného vývoja dnových sedimentov vo vzťahu k rôznym predispozíciám a faktorom v povodí,

vrátane definície absolútnej chronológie ukladania sedimentov analyzoval Janský a kol. (2010).

Sumarizačná práca niekoľkoročného výskumu práve v banskoštiavnickej oblasti bola v roku 2017 publikovaná autormi Weis a kol. (2017) a príklady primárneho terénneho výskumu zaniknutých umelých vodných nádrží – tajchov v tejto oblasti boli prezentované v práci Weis a kol. (2018). Širšie súvislosti zaniknutých vodohospodárskych systémov aj z iných regiónov Slovenska boli analyzované a sú publikované napr. v práci Hrončeka a kolektívu (2019).

## Metodika

Metodika získavania primárnych dát a následnej 3D rekonštrukcie sa skladá v prvej fáze z terénneho prieskumu, zberu kartografických podkladov a štúdia archívnych materiálov. Terénny prieskum sa zamerával na určenie súčasného stavu skúmanej lokality a bol vykonaný v septembri 2019 na Starom rudnianskom tajchu, nachádzajúcom sa v okrese Žarnovica, blízko obce Rudno nad Hronom. Lokalitou v husto zalesnenom prostredí Rudnianskej doliny preteká Rudniansky potok a vlieva sa za obcou do Hrona. Starý tajch leží v nadmorskej výške od 325 do 345 m n. m. pod vrchom Humenica. Nakoľko nepriaznivé poveternostné podmienky koncom roka 2019 a následné, vládou prijaté

obmedzenia v možnosti realizácie terénnych prác spôsobené vírusom COVID 19 znemožnili ďalšie terénne práce pri fotogrametrickom zameraní súčasného reliéfu dna vodnej nádrže (jeho reliktu), metodika získavania dát musela byť modifikovaná. Ako možná a vítaná alternatíva sa v tom čase ponúkla možnosť využiť čerstvo publikované dáta z leteckého laserového skenovania (LIDAR), ktoré realizuje štát a zverejňované sú postupne po jednotlivých geomorfologických celkoch, pričom následne sú dáta zverejňované prostredníctvom web-mapej služby Mapového klienta ZBGIS. Výsledná 3D rekonštrukcia reliktu, ako aj modelu pôvodného stavu vodnej nádrže – Starého rudnianskeho tajchu vznikla pomocou prípravy dát v prostredí GIS (ESRI) a následným modelovaním v prostredí softvéru Surfer9 (Golden Software). Orientačný výpočet času plnenia vodnej nádrže (VN) – tajchu výlučne zo zrážkových vôd bol odvodený použitím metodiky a odtokových koeficientov pre rôzne kategórie Druhotnej krajinej štruktúry v mikropovodí podľa Zachara (1984).

Práci v softvérovom prostredí predchádzal výber vhodného výrezu kartografických podkladov z internetového portálu Geodetického a kartografického ústavu (GKÚ) v Bratislave a výskum archívnych materiálov z fondov Štátnej vedeckej knižnice v Banskej Bystrici a Univerzitnej knižnice

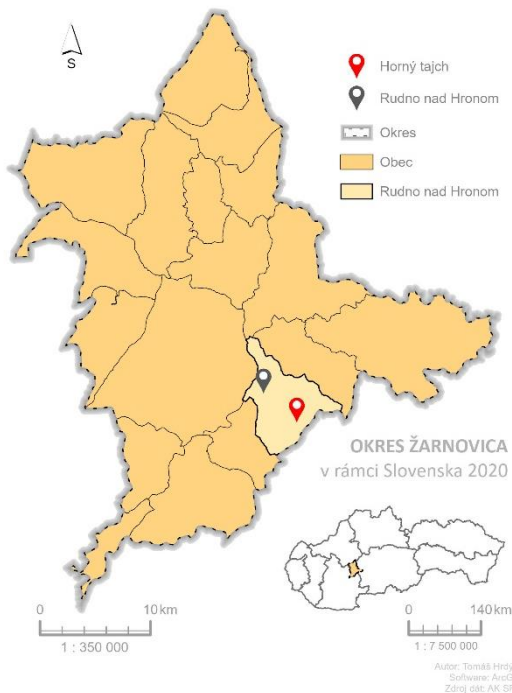
Univerzity Mateja Bela. Najcennejšie, pôvodné historické mapové podklady boli získané zo Štátneho banského archívu v Banskej Štiavnici.

Ako zdroj údajov pre prácu v modelovacom softvéri teda poslúžili dáta pochádzajúce z leteckého laserového skenovania územia Slovenska s hustotou skenovania 5 bodov na m<sup>2</sup>, ktoré poskytuje Ústav geodézie, kartografie a katastra SR prostredníctvom mapového portálu GKÚ, alebo fyzického odberu objednaných dát priamo v GKÚ. Vyhodenie mapových výstupov bolo realizované v geografickom informačnom systéme ArcGIS for Desktop (Esri). Finálne 3D vizualizácie boli vyhotovené z rastra digitálneho modelu reliéfu (DMR) v programe Surfer9 z balíka programov Golden Software.

### **Tajchy v Rudne nad Hronom**

Obec Rudno nad Hronom leží na rozhraní Štiavnických vrchov a Vtáčnika, menej ako 2 km južne od najjužnejšieho výbežku Žitarskej kotliny v okrese Žarnovica, v Banskobystrickom samosprávnom kraji (Mapa 1). Katastrom preteká rieka Hron a jeho prevažná časť sa nachádza v CHKO Štiavnické vrchy. Obec dostala meno podľa rudy, ktorá tu bola objavená a ťažená ešte pred jej založením. Bohaté bane na zlato boli známe v Rudne už v roku 1331. Na základe dlhej baníckej tradície v oblasti a vďaka vhodným geologickým podmienkam sa usudzuje, že baníctvo bolo hlavným dôvodom osídlenia územia (Kováčik, 2017).

Mapa 1: Poloha katastra obce Rudno nad Hronom v rámci okresu Žarnovica



Tajchy boli v obci vybudované na Rudnianskom potoku, ľavostrannom prítoku Hrona a v zmysle časového sledu ich výstavby boli pomenované Starý a Nový tajch (sporadicky používané je aj označenie Horný a Dolný tajch). Problém s hľadáním informácií o týchto umelých vodných nádržiach čiastočne nám pomohol vyriešiť už Ing. Arpád Bergfest, ktorý sa v prvej polovici 20. storočia intenzívne venoval histórii baníctva na Slovensku. O Starom tajchu na hornom toku Rudnianskeho potoka sa však okrem Bergfestom sumarizovaných údajov

(Tab.1) toho vie len veľmi málo aj dnes. V teréne je viditeľná len eróziou zničená časť telesa hrádze, v ktorej je viditeľný odkrytý drevený hranol. Ten mohol byť súčasťou pôvodného výpustného zariadenia, avšak dnes už nie sú viditeľné žiadne iné stavebné prvky pôvodnej stavby. Tiež sa predpokladá, že od využívania Starého tajchu sa upustilo v roku 1860 po odchode posledných baníkov z Rudna a následnom ukončení banskej činnosti (Bergfest, 1953).



Tab. 1: Základné parametre tajchov v Rudne nad Hronom (Bergfest, 1953)

		Starý tajch	Nový tajch
<b>Hrádza</b>	dĺžka pri korune	101 m	103 m
	šírka pri korune	6 m	12 m
	sklon na strane tajchu	33°	25°
	sklon na vonk. strane	33°	32°
<b>Výpust</b>	počet výpustov	2	2
	dĺžka rúr	22 m	48 m
	prierez rúr	20 cm	25 cm
<b>Voda</b>	najvyšší stav vody	12 m	17,4 m
	celkový objem	75 000 m <sup>3</sup>	180 000 m <sup>3</sup>

Historické mapy pochádzajúce z troch vojenských mapovaní vykonaných na tomto území bližšie ohraničujú približnú dobu vzniku oboch tajchov. Na mape I. vojenského mapovania, tzv. Jozefínskeho, ktoré prebehlo na

území Slovenska v rokoch 1769, 1782 až 1784 ešte Nový (Dolný) tajch nie je vidieť, pretože toto miesto bolo porastené lesnou brehovou vegetáciou (Obr. 1).

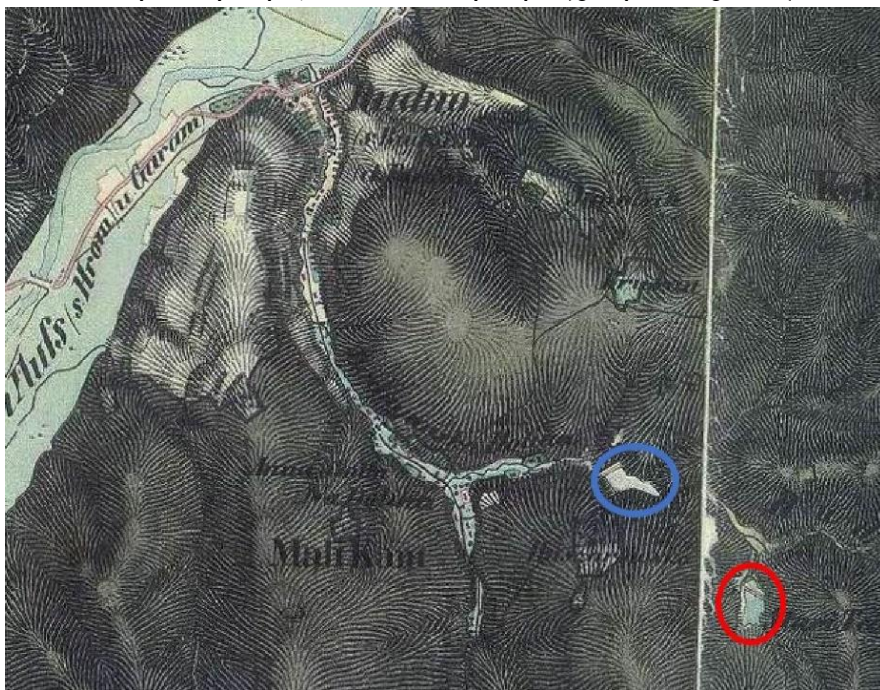
Obr. 1 Lokalizácia tajchu na výreze z mapy I. vojenského mapovania, v červenej elipse je viditeľná hrádza Starého (Horného) tajchu (geoportal.gov.sk)



Na mape druhého vojenského mapovania, tzv. Františkovo z 1. polovice 19. storočia, je možno už jasne rozpoznať plochu Starého (Horného) tajchu, označeného na mape ako Stari

Teich, pričom nižšie v doline je viditeľný v tom čase už dobudovaný aj Nový (Dolný) tajch (Obr. 2).

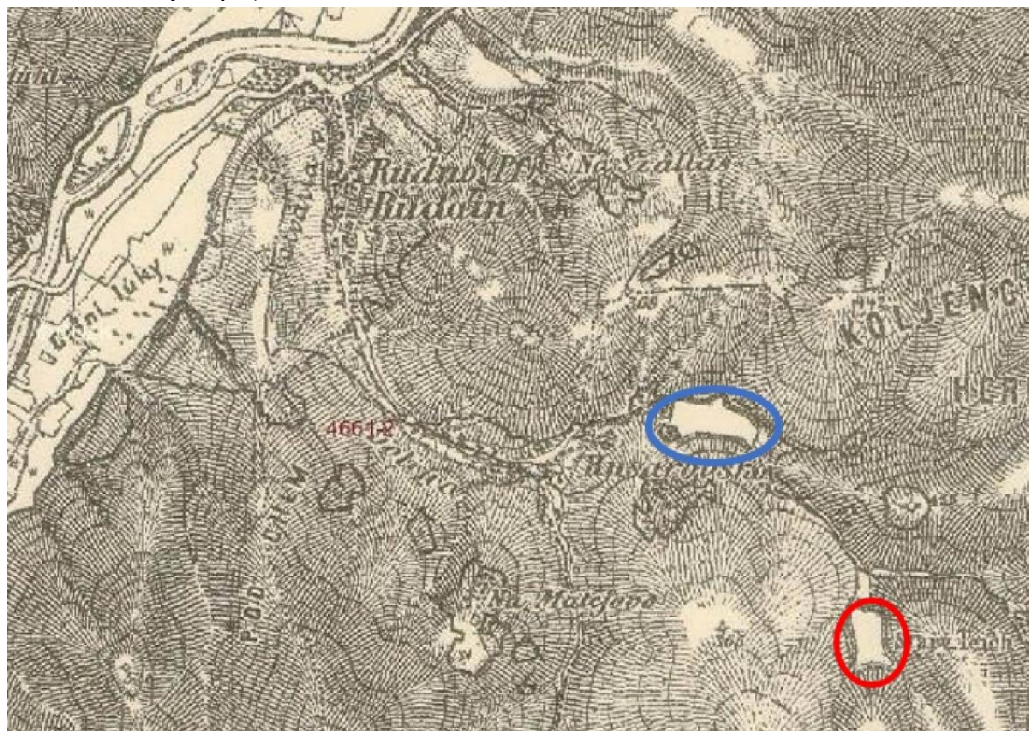
Obr. 2 Tajchy na výreze z mapy II. vojenského mapovania, červenou je označený Starý tajch, modrou Nový tajch (geoportal.gov.sk)



Keďže druhé vojenské mapovanie prebiehalo v rokoch 1819 až 1858, tajch musel vzniknúť v rozmedzí rokov 1784 – 1858, podľa Bergfesta to však bolo ešte v 18. storočí (Bergfest, 1953). V poslednom, treťom vojenskom mapovaní z rokov 1857 – 1883 existujú fotografie máp v panchromatickom vyobrazení (Hrdý, 2020). Na nich sú voľným okom dobre rozlíšiteľné hranice oboch tajchov (Obr. 3). Starý, alebo tiež Horný tajch, bol vybudovaný na ľavobrežnom prítoku

Rudnianskeho potoka pod vrchom Humenica za obcou Rudno nad Hronom. Do tajchu ústili z južnej strany dva ďalšie potoky. Dnes sa na mieste tajchu zlievajú do jedného a vytvárajú súčasný bezmenný prítok Rudnianskeho potoka. Okrem týchto dvoch zdrojov vody bol v teréne objavený aj ďalší potenciálny prítok, prírodný jarok, ktorý mohol viesť práve z už spomínaného Rudnianskeho potoka a ústiť do východného brehu tajchu.

Obr. 3 Tajchy na výreze mapy III. vojenského mapovania (červenou Horný tajch, modrou Dolný tajch)



Ide o vodnú nádrž s akumuláčnou funkciou, ktorá mala akumulovať vodu pre banské energetické účely. Nádrž vznikla prehradením údolia čelnou hrádzou a preto sa zaraďuje do skupiny údolných umelých vodných nádrží. Tajch leží v nadmorskej výške od 325 do 345 m n. m. (Hrdý, 2020).

## Výsledky

Po terénnom prieskume, zameranom na zistenie súčasného stavu Horného tajchu (Obr. 4 a 5), malo v jar-ných mesiacoch roku 2020 nasledovať získavanie dát z terénu, ktoré sa

však kvôli protipandemickým opatreniam pre šíriacu sa vírus COVID-19 neuskutočnilo. Terénne merania tak nahradili dáta Úradu geodézie, kartografie a katastra SR z leteckého laserového skenovania vykonaného v bezvegetačných mesiacoch (od novembra do apríla). Skenovanie funguje na princípe odrazu laserových impulzov od zemského povrchu a následného vytvorenia mračna bodov poskytujúcich informácie o teréne (Geoportal, 2020). Z digitálneho modelu reliéfu rastrového formátu bol v modelovacom programe Surfer 9 vytvorený 3D model súčasného stavu vodnej nádrže (Obr. 6).

Obr. 4: Súčasný stav hrádze Horného tajchu



Po získaní údajov o nadmorskej výške hrádze z modelu telesa bol vy-modelovaný jej pôvodný stav z čias, kedy nádrž plnila svoju funkciu (Obr.

7). Vytvorený model viac-menej potvrdil údaje o rozmeroch tajchu pochádzajúcich od Bergfesta z roku 1953.

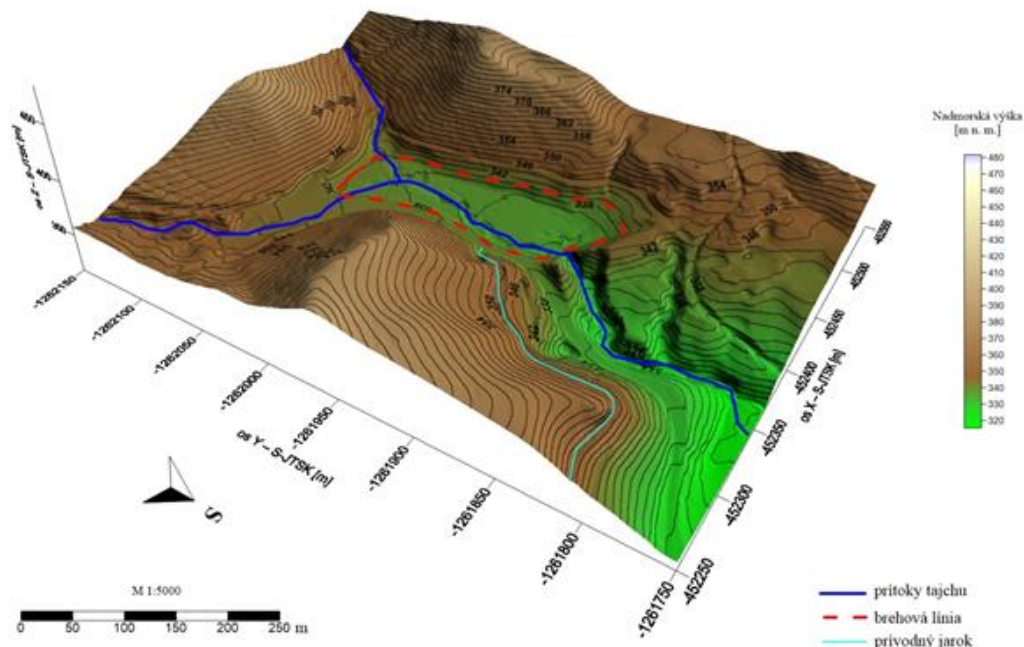


Obr. 5: Súčasný stav priestoru nádrže Horného tajchu

Modelovaním v prostredí Surfer-u bolo zistené, že pri vodnom stave 343 m n. m., dosahoval objem v nádrži 73 778 m<sup>3</sup>. Pri najvyššom stave vody tajch dosiahol celkovú hĺbku 12 m, pričom šírka hrádze bola 6 a dĺžka 101 m (Tab. 2). Nami odvodené

údaje tak plne korešponujú s údajmi publikovanými Bergfestom, čo dokazuje nielen správny odhad parametrov reverzného modelovania pôvodného stavu tajchu, ale spätne verifikuje publikované údaje a dokazuje tak ich správnosť (Hrdý, 2020).

Obr. 6: 3D model súčasného stavu Horného tajchu



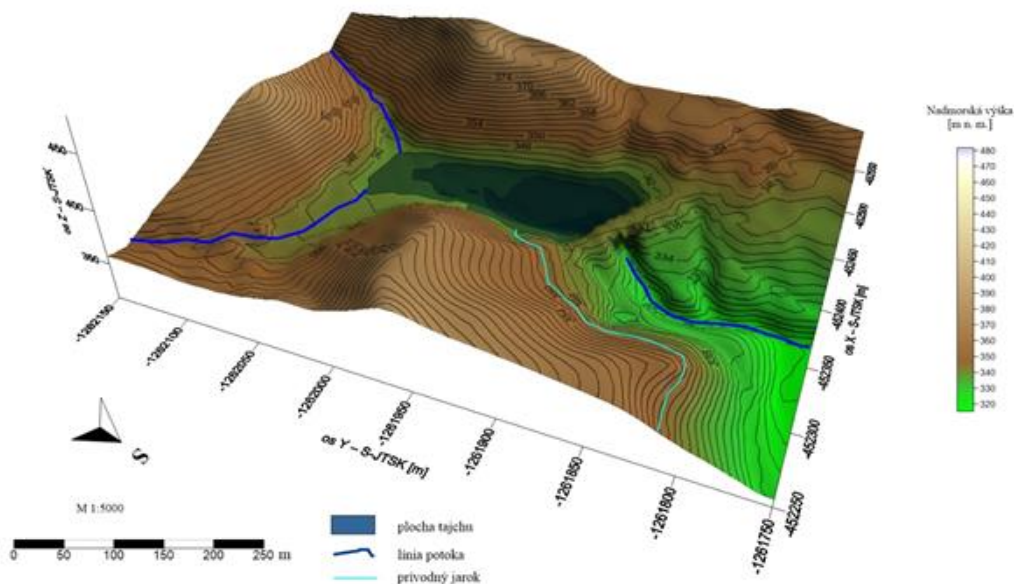
Úpravou a modelovaním bodov rastra výstupného modelu súčasného stavu a výškovým posunom jednotlivých buniek tohto rastra bol odvodený pôvodný reliéf okolia tajchu spolu s priestorom vlastnej vodnej nádrže. Domodelovaná bola takisto koruna hrádze, pričom jej šírka a výška boli odvodené jednak z podrobnej dokumentácie z realizovanej terénnej rekognoskácie, jednak z predispozícií

okolitého reliéfu údolia, do ktorého stavitel' hrádzu vsadil. V okolí boli odstránené aj niektoré novotvary, ako široký zárez zväžnice v SZ časti výrezu, vybudovaný kvôli ťažbe drevenej hmoty v ostatných dekádach, či zárezy ciest budovaných v priebehu 20. storočia (na základe komparácie súčasného DMR so stavom v historických mapových podkladoch).

Tab. 2: Zistené údaje o Hornom tajchu z 3D modelov

Hlavné charakteristiky Horného Rudnianskeho tajchu	
dĺžka hrádze pri korune	101 m
šírka hrádze pri korune	6 m
výška hrádze	13 m
najvyšší stav vody	12 m
objem vody	73 778 m <sup>3</sup>

Obr. 7: 3D model pôvodného stavu tajchu



Oblasť mikropovodia tajchu vykazuje pomerne vyrovnané celoročné zrážky iba s minimálnymi výkyvmi. V priemere napadne v blízkych údolných kotlinách 750 mm zrážok ročne (Kolektív, 2015). Rýchlosť, akou sa vodná nádrž naplní vodou, sa zisťuje z odtokového koeficientu jej povodia. Ten určujú pomer vody odtekajúcej z povodia a množstvo spadnutých zrážok v povodí. Vynásobením plochy mikropovodia priemernou hodnotou úhrnu ročných zrážok a hodnotou odtokového koeficientu  $F$  pre zalesnené územie, bola získaná orientačná hodnota príspevku tejto plochy, ktorou zrážková voda dotuje plnenie nádrže tajchu v priebehu jedného roka. Pomerom objemu nádrže a vyššie získa-

nej orientačnej hodnoty príspevku vydelenej počtom dní v roku, je získaná hodnota, ktorá predstavuje priemerný denný prírastok 2,055 mm vodného stĺpca ako dotáciu vodnej nádrže zrážkovou vodou. Z tejto rovnice vyplýva, že Horný Rudniansky tajch sa teoreticky mohol pri priemerných denných zrážkach 2,055 mm zaplniť najskôr za 118 dní (Hrdý, 2020), čo je samozrejme hypotetická úvaha.

Na základe vypočítaných objemov vodou naplnených častí vodnej nádrže pre rôzne vodné stavy bol zostrojený graf závislosti potenciálneho celkového zásobného objemu od vodného stavu v naplnenej časti VN (Obr. 8).

Obr. 8 Závislosť celkového zásobného objemu od vodného stavu



## Záver

Virtuálna rekonštrukcia historických objektov v krajine prispieva k prehĺbeniu poznatkov o ich pôvodných parametroch, význame či funkciách. Vygenerované 3D modely rozširujú poznatky o tom, ako vyzerali tajchy na našom území, akým spôsobom boli budované, či aká bola ich funkcia a spôsob, akým do banského systému prispievali. Praktický význam pre súčasnosť spočíva v akumulácii prebytočnej vody v období výdatných alebo privalových zrážok. Tie sú v dôsledku klimatických zmien často striedané obdobiami sucha. Tajch by v prípade obnovy mohol zadržiavať prebytočnú vodu a podľa potreby dopĺňať Rudniansky potok v čase dlhotrvajúceho sucha. Stal by sa tak významným prvkom vplývajúcim na zadržiavanie vody v krajine. Rovnako by tak plnil spolu s relatívne sanovaným Novým tajchom ochrannú funkciu

pred záplavami. Veľa tajchov, ktoré sa dodnes zachovali, slúžia ako vodná plocha na kúpanie v horúcich letných mesiacoch, či rekreáciu vôbec. Napriek tomu, že tajch sa nachádza ďalej od obce, vedie k nemu dobrá prístupová cesta a mohol by tak zdvihnúť obecné príjmy pochádzajúce z oblasti letnej turistiky. Mohol by aj zvýšiť povedomie o baníckej geoturistike v tejto oblasti, k čomu by jednoducho prispelo vybudovanie náučného chodníka, či aspoň minimálne informačnej tabule na jeho brehu.

## Literatúra

Ahmed, K. B., Sanchez, M. (2011). A study of the factors and processes involved in the sedimentation of Tarbela reservoir, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 62, č. 5, s. 927–933.



- Bergfest, A. (1953). Archívna štúdia baníctva v oblasti RUDNO-BREHY-PUKANEC. Archív OcÚ Rudno nad Hronom.
- Ceylan, A., Karabork, H. & Ekozoglu, I. (2011). An analysis of bathymetric changes in altinapa reservoir. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6, č. 2, s. 15–24.
- Česák, J., Šobr, M. (2005). Metody batymetrického mapování českých jezer. *Geografie*, 100, č. 3, s. 141–151.
- Dost, R., Mannaerts, C. (2008). Generation of Lake Bathymetry Using Sonar, Satellite Imagery and GIS, [http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc08/papers/papers/pap\\_1110.pdf](http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc08/papers/papers/pap_1110.pdf) (9. 1. 2014).
- Elçi, Ş., Bor. A., Çalişkan, A. (2009). Using numerical models and acoustic methods to predict reservoir sedimentation. *Lake and Reservoir Management*, 25, č. 3, s. 297–306.
- Fuska, J., Leitmanová, M. (2012). Tvorba DMR dna vodnej nádrže v súčasnom stave, <http://www.slpk.sk/eldo/2012/zborniky/014-12/fuska.pdf> (9. 1. 2014).
- Gellis, A. C., Webb, R. M. T., Mcintyre, S. C. & Wolfe, W. J. (2006). Land-Use Effects on Erosion, Sediment Yields, and Reservoir Sedimentation: A Case Study in the Lago Loíza Basin, Puerto Rico. *Physical Geography*, 27, č. 1, s. 39–69.
- Geoportal, (2020). O projekte [online] [cit. 2020-05-02] Dostupné na internete: <https://www.geoportal.sk/sk/udaje/lis-dmr/o-projekte/>
- Geoportal.gov.sk, (2020). *Historické mapy – Galéria máp/Historické mapovanie* [online] [cit. 2020-05-02] Dostupné na internete: Mapa - Národný Geoportál SR (gov.sk)
- Hrdý, T. (2020). Geodetické zamernie a virtuálna rekonštrukcia historickej vodnej nádrže Horný rudniansky tajch. Bakalárska práca (školiťel': Karol Weis), Katedra geografie a geológie, FPV UMB, Banská Bystrica, p. 49.
- Hronček, P., Weis, K., Pribil, M., Lukáč, M. & Hvizdák, L. (2019). Montánne vodohospodárske systémy v okolí Ľubietovej v 16. až 20. storočí. In *Studia Historica Nitriensia*. - Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, - Roč. 23, č. 2 (2019), s. 368-402.
- Childs, J. R., Snyder, N. P. & Hampton, M. A. (2003). Bathymetric and geophysical surveys of Englebright Lake, [http://dev.yubashed.org/sites/default/files/null/mining\\_childsetal\\_2003\\_bathgeosurveyenglebright\\_rpt.pdf](http://dev.yubashed.org/sites/default/files/null/mining_childsetal_2003_bathgeosurveyenglebright_rpt.pdf) (9. 1. 2014).

- Choiński, A., Ptak, M. (2009). Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, č. 3, s. 347–352.
- Janský, B., Schulte, A., Česák, J., Rios Escobar, V. (2010): The Mladotice Lake, western Czechia: The unique genesis and evolution of the lake basin. *Geografie*, 115, č. 3, s. 247–265.
- Jordan, D. C., Fonstad, M. A. (2005). Two Dimensional Mapping of River Bathymetry and Power using Aerial Photography and GIS on the Brazos River, Texas, *Geocarto International*, 20, č. 3, s. 1–8.
- Kočický, D., Pauk, J., Kočická, E., et al. (2002). Eróznio-sedimentačné procesy na VN Klenovec. *Esprit s.r.o, Banská Štiavnica*, 155 s.
- Kolektív, (2015). Program rozvoja obce Rudno nad Hronom ako centra Novobanského regiónu s výhľadom na roky 2015 - 2022.
- Kováčik, J. (2017). Návrh náučného chodníka v okolí obcí Rudno nad Hronom a Brehy s využitím v didaktickom prostredí. Rigorózna práca, Katedra ekológia a environmentalistiky, FPV UKF, Nitra, p. 102.
- Kress, W. H., Sebree, S. K, Littin, G. R, Drain & M. A., Kling, M. E. (2005). Comparison of Preconstruction and 2003 Bathymetric and Topographic Surveys of Lake McConaughy, <http://pubs.usgs.gov/sir/2005/5040/sir2005-5040.pdf> (9. 1. 2014).
- Kubinský, D., Lehotský, M. & Weis, K. (2014). Changes in bathymetry and land cover of riparian zone of an old artificial water reservoir Velký Kolpašský. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9, č. 1, s. 171–178.
- Odhiambo, B. K., Boss, S. K., (2004). Integrated echo sounder, GPS, and GIS for reservoir sedimentation studies: Examples from two Arkansas Lakes. *Journal of the American Water Resources Association*, 40, č. 4, s. 981–997.
- Pauk, J., Miklós, L. & Tremboš, P. (1997). Vývoj eróznio-sedimentačných procesov vodnej nádrže Ružín: Čiastková správa D – Krajinnoekologické princípy ochrany nádrže pred zanášaním. *ESPRIT, Banská Štiavnica*, s. 1–46.
- Pradhan, D., Anceev, T., Drynan, R. & Harris, M. (2011). Management of Water Reservoirs (Embungs) in West Timor, Indonesia. *Water Resources Management*, 25, č. 1, s. 339–356.
- Ristič, R., Ljujić, M., Despotović, J., et al. (2013). Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental Dičina river watershed. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, č. 1, s. 91–98.

- Smolková, V., Pánek, T. & Hrádecký, J. (2009): Holocene sedimentation dynamics and average catchment denudation acquired from the sedimentary basins of the landslide-dammed lakes in the Flysch Carpathians. In: Geomorfologický sborník 8: Sborník abstraktů. Západočeská univerzita v Plzni, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., Česká asociace geomorfologů, s. 52.
- Škarpich, V., Galia, T., Hrádecký, J. & Peč, J. (2010). Identifikace (dis)konektivit vodních toků za využití makrogranulometrické analýzy korytových sedimentů (Moravskoslezské Beskydy). Geol. výsk. Mor. Slez. v r. 2010, s. 199–204.
- Weis, K., Kubinský, D., Fуска, J. & Petrovič, F. (2017). Analýza zmeny akumuláčnej kapacity vybraných umelých vodných nádrží Banskotiavnického vodohospodárskeho systému. rec. Pavol Rybár, Zlatica Muchová. - 1. vyd. - Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 2017. - 117 s.
- Weis, K., Masný, M. & Vonšáková, D., (2018). The virtual reconstruction of destroyed mining objects as an effective tool for extending the primary geotourism offer. In GEO-TOUR 2018 : book of abstracts : international conference on geotourism, minig tourism, sustainable development and environmental protection. - 1. vyd. - Košice : Technical University of Košice, Pp. 32.
- Yesuf, H. M., Aalamirew, T., Melesse A. M. & Assen, M. (2013). Bathymetric study of Lake Hayq, Ethiopia. Lakes & Reservoirs: Research & Management, 18, č. 2, s. 155–165.
- Zachar, D. (1984): Lesnícke meliorácie. – Príroda, Bratislava, 484 pp.
- Yun, H. S., Cho, J. M. (2011). Hydroacoustic application of bathymetry and geological survey for efficient reservoir management. Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, 29, č. 2, s. 209–217.

#### **Pod'akovanie:**

Príspevok vznikol s technickou podporou Centra geoinformatiky a digitálnych technológií Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici a projektov KEGA 041-UMB-4/2019, Projekt „Letná banská univerzita“ – ako nástroj na podporu vzdelávania prírodovedne orientovaných predmetov a podporu rozvíjania kľúčových kompetencií žiakov ZŠ a SŠ (2019 – 2021) a projektu APVV-18-0185, Transformácia využívania kultúrnej krajiny Slovenska a predikcia jej ďalšieho vývoja (2019 – 2022).

# PRÁCA SO SATELITNÝMI SNÍMKAMI MISIÍ LANDSAT POMOCOU ROZHRANIA USGS EARTH EXPLORER

## WORKING WITH SATELLITE IMAGES FROM LANDSAT MISSIONS USING USGS EARTH EXPLORER INTERFACE

Lenka Balážovičová<sup>1</sup>, Ľuboš Balážovič<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra geografie a geológie, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, Banská Bystrica, Slovensko, e-mail: lenka.balazovicova@umb.sk

<sup>2</sup> Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, Banská Bystrica, e-mail: lubos.balazovic@sazp.sk

DOI: <https://doi.org/10.24040/GR.2020.16.2.67-76>

**Abstract:** Extensive and diverse information are available about our entire planet for current geography research, that are collected by satellites orbiting the Earth since 1972. This series of millions of satellite images, almost five decades long, allows us to explore global changes and apply the results in various areas such as the agriculture, cartography, geology, forestry or regional planning. It is an invaluable source of information, but unfortunately only little used in contemporary geography research or education in Slovakia. In this paper, we will present a platform and a simple procedure for searching and obtaining satellite images, which every student of geography should be able to repeat. As such, we would like to contribute to the popularization of satellite data of our planet and make them more accessible for various geographical and interdisciplinary projects.

**Key words:** remote sensing, satellite, Landsat, Sentinel, Earth Explorer

### Úvod

Nikdy doposiaľ nebolo pre geografov prístupné také obrovské množstvo informácií o krajine ako dnes. Priestorové informácie o krajinnej sfére zbierajú satelity neprestajne obletujúce Zem už od roku 1972, kedy bol vypustený prvý z nich, Landsat 1. S každou novou misiou sa

zlepšuje nielen rozlíšenie ale aj množina typov informácií, ktoré sa o našej planéte zhromažďujú a narastá tak aj počet ich možných aplikácií. Dnes sa dokážeme pomerne podrobne pozrieť na krajinu ako povodie, okres, či štát a identifikovať zmeny, ktoré sa v nej udiali práve vďaka satelitom. Pomáhajú nám skúmať procesy ako urbanizácia, deforestácia, sukcesia,

úbytok poľnohospodárskej pôdy, topenie ľadovcov, dezertifikácia a pod.

V roku 1975 sa satelitné snímky efektívne využili na stanovenie distribúcie rybej populácie pri ústí Mississippi (Kemmerer & Buttler, 1977). Ortorektifikované snímky (pozn. ortorektifikácia je proces, v ktorom sa transformuje obrazová informácia tak, aby tvorila ortogonálny (kolmý) priestor) využili na výskum mangrovnickových lesov v štáte Mozambik v Afrike (Fatoyinbo et al., 2008). Taktiež boli použité na poukázanie na jednu z najväčších environmentálnych katastrof na svete, na vysychanie Aralského jazera, či na mapovanie rozsahu obrovských požiarov v Yellowstone v roku 1988, ústup ľadovca Kolumbia na Aljaške, či na objavenie nových biotopov a druhov v Afrike (Mason, 2017). Oštir et al. (2010) použili optické a radarové snímky na vyhodnocovanie prírodných hazardov v Julských Alpách.

Najnovšie satelity Európskej vesmírnej agentúry ESA (European Space Agency) Sentinel prinášajú vysoko kvalitné dáta o pevninách, oceánoch, či atmosfére, napr. aj o obsahu znečisťujúcich látok v troposfére ako sú NO<sub>x</sub>, CO, metán či prachové častice.

Pomocou satelitov sa vieme pozrieť na ktorúkoľvek časť Zeme v rôznom čase, porovnávať územia od lokálnych regiónov až po regióny svetové v časových radoch niekoľko me-

siacov až po desaťročia. Máme k dispozícii dáta, ktoré v historickom a priestorovom kontexte nadobúdajú čoraz väčšiu výpovednú a aplikačnú hodnotu. A čo je dôležité je, že tieto informácie sú voľne prístupné aj pre výskum a štúdium v oblasti geografie. Je však veľkou škodou, že sa ich potenciál nielen na Slovensku, ale aj v zahraničí využíva stále veľmi málo. V príspevku prinášame jednoduchý návod na prácu so sekvenciou satelitných snímkov, ktorý môže využiť každý študent geografie. Veríme, že takýmto spôsobom prispějeme k popularizácii jedinečných informácií, ktoré o našej planéte v súčasnosti máme.

### **Od vypustenia prvého Landsatu po súčasnosť**

Program Landsatu je najdlhšie bežiacim projektom pre získavanie satelitných snímkov o Zemi. Je realizovaný v rámci spoločného programu Národnej agentúry pre letectvo a vesmír NASA (National Aeronautics and Space Administration) v spolupráci s Agentúrou pre geologický prieskum Spojených štátov amerických USGS (The United States Geological Survey). 23. júla 1972 bol vypustený prvý tzv. Earth Resources Technology satelit podľa rovnomenného programu, ktorý bol neskôr v roku 1975 premenovaný na Landsat.

Každý satelit niesol senzory, ktoré boli navrhnuté tak, aby snímkovali

dáta v rôznych intervaloch frekvencií elektromagnetického spektra.

**Landsat 1** až **Landsat 5** niesli najstaršie senzory tzv. MMS (Multispectral Scanner). Tieto zbierali štvorkanálové snímky (infračervené, takmer infračervené, červené a zelené). Veľkosť pôvodného pixla bola 57x79 m, a tieto boli následne prevzorkované na 60 m (Tab. 1). Prvé snímky s týmto senzorom vznikli 23. júla 1972 a posledné 5. júna 2013. Perióda snímkovania Landsat 1 až 3 bola nastavená na 18 dní, za ktorú bolo vykonaných 251 obletov Zeme (NASA, 2020). S **Landsatom 4**, ktorý

bol vypustený 16. júna 1982, sa na orbit dostáva senzor TM (Thematic Mapper). Tento okrem predošlých kanálov obsahoval aj termálny kanál a krátkovlnný infračervený kanál a frekvencie spektra boli rozdelené tak, že snímal do siedmich kanálov (USGS, 2020). Tento typ senzorov má pokračovanie aj na satelite **Landsat 5**, ktorý bol vypustený v roku 1984. Fungoval do roku 2013 a bol tak doposiaľ najdlhšie slúžiacou misiou Landsat v histórii. Perióda snímkovania u Landsatov 4 a 5 trvala 16 dní a mala 233 orbitov.

Tab. 1: Prehľad misií Landsat od roku 1972

Názov	Začiatok misie	Ukončenie misie	Typy senzorov
Landsat 1	23.7.1972	6.1.1978	Kamera Return Beam Vidicon (RBV) Multispektrálny skener (MSS)
Landsat 2	22.1.1975	25.2.1982	Kamera Return Beam Vidicon (RBV) Multispektrálny skener (MSS)
Landsat 3	5.3.1978	31.3.1983	Kamera Return Beam Vidicon (RBV) Multispektrálny skener (MSS) s termálnym kanálom
Landsat 4	16.7.1982	14.12.1993	Zdokonalený Mutlispektrálny skener (MSS) Thematic Mapper (TM)
Landsat 5	1.3.1984	5.6.2013	Multipsektrálny skener (MSS) Thematic Mapper (TM)
Landsat 6	5.10.1993	5.10.1993	Neúspešná misia, ktorá nedosiahla orbit
Landsat 7	15.4.1999	stále aktívny	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)
Landsat 8	11.2.2013	stále aktívny	Senzor Operational Land Imager (OLI) Thermal InfraRed senzor (TIRS)
Landsat 9	plánovaný 8.4.2021		Senzor Operational Land Imager (OLI) Thermal InfraRed senzor (TIRS)

Misia s ďalším novým senzorom na **Landsat 6** sa v roku 1993 nepodarila, pretože satelit nedosiahol orbit a vyniesol ho až jeho nasledovník **Landsat 7** v roku 1999. Jedná sa o senzor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper), ktorý má osem kanálov, pričom ten ôsmy má rozlíšenie už 15 m (tzv. panchromatický kanál), a ktorý prijíma odrazivosť zo Zeme krížom cez časť spektra (červenej, zelenej a modrej - tzv. RGB), takže je ho možné použiť na zvýšenie rozlíšenia samostatných kanálov, čo umožňuje vyhotoviť snímky v pravých farbách vo vyššom rozlíšení. Jeden orbit trvá 99 minút a časový interval snímkovania rovnakého miesta na Zemi je 16 dní. Obrázky Landsat sú zvyčajne rozdelené na scény, aby sa dali ľahko stiahnuť, pričom každá predstavuje výrez o rozmere 170 km x 185 km. Bohužiaľ, od 31. mája 2003 prestal fungovať tzv. Scan Line Corrector, ktorý upravoval snímky do rovnakej polohy, pričom sa na snímkach objavili chybové pásy. Vyvinuli sa však metódy, ktoré dokážu tieto chyby eliminovať (Torres a Infante, 2001).

Najnovším satelitom, ktorý zatiaľ funguje bezchybne, je od roku 2013 **Landsat 8**. Prináša snímky vďaka optickým senzorom (OLI) s deviatimi kanálmi a dvojkanálovým termálnym senzorom (TIRS). OLI (Operations Land Imager) zaznamenáva dáta s vylepšenou rádiometrickou presnosťou cez 12-bitové zariadenie, čo

zlepšuje celkový signál. Toto sa prejavuje v 4096 potencionálnych odtieňoch sivej, v porovnaní s 256 odtieňmi pri Landsatoch 1-7, ktoré mali 8-bitové zariadenia. Tento vylepšený signál umožňuje kvalitnejšiu charakterizáciu rozsahu a stavu krajiny pokrývky. Obsahuje nasledovné kanály: coastal aerosol, blue, green, red, near infrared (NIR), short waved infrared (SWIR1 a SWIR 2), panchromatic a cirrus clouds (Tabuľka 2). Termálne senzory TIRS umožňujú vďaka svojim dvom termálnym kanálom snímať teplotu povrchu pevnín a oceánov (USGS, 2020). S Landsatom 8 sa otvorili nové možnosti aplikácie. Satelit nielen zbiera dvojnásobok očakávaných dát (namiesto 400 snímok za deň 700-780 za deň), ale dáta sú aj kvalitnejšie a nového typu. Satelit zobrazuje miesta na Zemi, ktoré boli problematické pre predchádzajúce misie, napríklad trvalo zamračené miesta ako trópy alebo od rovníka veľmi vzdialené miesta ako póly. Tieto oblasti patria medzi najviac sa meniace miesta na Zemi a vďaka Landsatu 8 je ich možné skúmať oveľa lepšie ako v minulosti. Prístroje na satelite dokážu veľmi podrobne identifikovať a pozorovať ľadové kryhy, rýchlosť ich pohybu či zmeny veľkosti. Taktiež sa zlepšilo pozorovanie tmavých povrchov ako vodné plochy, pôda či vulkanické povrchy. Nový kanál Cirrus pomáha identifikovať obľaky a ich tieň a odstrániť ich vplyv

na snímke. Taktiež bol pridaný kanál na skúmanie aerosólov pri pobreží, ktorý pomáha pri identifikácii znečisťujúcich zložiek vodného stĺpca okrajových morí a prináša nové možnosti v monitoringu kvality vody na Zemi. Termálne kanály zobrazujú dáta

späť s energetickou bilanciou Zeme a umožňujú ich využiť na meranie procesov ako je evapotranspirácia, čo je dôležité pre bilančné rovnice v povodiach, poľnohospodárstvo či manažment vodných zdrojov (Tab. 2).

Tab. 2: Prehľad možného využitia jednotlivých kanálov senzorov OLI a TIRS na Landsat 8 pre výskumné projekty (upravené podľa USGS, 2020)

Kanál (Band)	Vlnová dĺžka	Aplikácia
Band 1 – coastal aerosols	0,43-0,45	Pobrežné a aerosólový štúdie
Band 2 – blue	0,45-0,51	Batymetrické mapovanie, rozlíšenie pôdy od vegetácie a listatých opadavých stromov od ihličnatej neopadavej vegetácie
Band 3 – green	0,53-0,59	Zobrazenie vrcholu vegetačnej sezóny, štúdium vitality a biomasy rastlín
Band 4 – red	0,64-0,67	Rozlišovanie svahov s vegetáciou
Band 5 – near infrared (NIR)	0,85-0,88	Zvýraznenie obsahu biomasy a pobrežných línií
Band 6 – short-waved infrared (SWIR) 1	1,57-1,65	Určenie vlhkosti v pôde a vegetácii, preniká cez tenkú oblačnosť
Band 7 – short-waved infrared (SWIR) 2	2,11-2,29	Zlepšený obsah vlhkosti v pôde a vegetácii, preniká cez tenkú oblačnosť
Band 8 – panchromatic	0,50-0,68	15 m rozlíšenie, ostrejší obraz
Band 9 – Cirrus	1,36-1,38	Vylepšená detekcia kontaminácie riasových oblakov
Band 10 – TIRS	10,60-11,19	100 m rozlíšenie, termálne mapovanie a odhadovanie vlhkosti pôdy
Band 11-TIRS	11,50-12,51	100 m rozlíšenie, vylepšené termálne mapovanie a odhadovanie vlhkosti pôdy

### Návod na prácu so satelitnými snímkami v prostredí Earth Explorer

Užívateľské rozhranie Earth Explorer (EE) bolo vyvinuté Americkou vedeckou agentúrou pre geologický prieskum The United States Geological Survey (USGS). Na URL adrese <https://earthexplorer.usgs.gov/> po-

skytuje online vyhľadávanie, prehliadanie, export a sťahovanie metadát či grafických súborov zo satelitov, lietadiel a ďalších zdrojov diaľkového prieskumu Zeme. Sú tu dostupné snímky zo všetkých úspešných misií Landsat od roku 1972 po súčasnosť. Dáta je možné bezplatne prehliadať, porovnávať a po registrácii je ich



možné aj sťahovať ako obrázky alebo súbory pre prácu napr. v geo-informačných programoch.

Prvým krokom je definovať kritériá vyhľadávania pomocou zobrazenia záujmovej oblasti. To môžeme urobiť buď priamo vycentrovaním mapy, alebo zadaním možnosti “World Features”, požadovaného názvu hlavného mesta či štátu v riadku “Feature name” a zadaním tlačidla “Show”.

Následne sa zobrazí tabuľka s výsledkom hľadania. Po kliknutí na názov vybranej lokality sa táto zobrazí v mapovom okne. Predmetné územie je možné ohraničiť ako zobrazované mapové okno, kruh alebo je možné zadať ľubovoľný „Shapefile“ ako polygón vymedzujúci záujmovú oblasť pre hľadané satelitné snímky (Obr. 1). Následne je potrebné zadať “Use map”.

Obr. 1: Zadanie predmetného územia a časového obdobia v Earth Explorer

**1. Enter Search Criteria**

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

**Geocoder** KML/Shapefile Upload

Select a Geocoding Method  
Feature (GNIS)

**Search Limits:** The search result limit is 100 records; select a Country, Feature Class, and/or Feature Type to reduce your chances of exceeding this limit.

US Features World Features

Feature Name  
Borneo

Country  
All

Feature Class  
All

Feature Type  
All

Show Clear

Click on a Feature to show the location on the map and add coordinates to the Area of Interest Control.

Placename	Type	Region	Latitude	Longitude
Borneo	ISLAND	BRUNEI	1.0000	114.0000
Borneo	POPULATED PLACE	ECUADOR	-0.2500	-79.1333
Borneo	ISLAND	MALAYSIA	1.0000	114.0000
Borneo	REGION	MALAYSIA	4.0000	115.0000
Borneo	ISLAND	INDONESIA	1.0000	114.0000
Borneo	FARM	SOUTH AFRICA	-28.8187	25.2833

**Polygon** Circle Predefined Area

Degree/Minute/Second Decimal

1. Lat: 02° 07' 48" S, Lon: 114° 20' 09" E
2. Lat: 02° 07' 48" S, Lon: 113° 50' 10" E
3. Lat: 02° 22' 46" S, Lon: 113° 50' 10" E
4. Lat: 02° 22' 46" S, Lon: 114° 20' 09" E

Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

**Date Range** Cloud Cover Result Options

Search from: 06/01/1972 to: 11/30/2020

Search months: January

Data Sets » Additional Criteria » Results »

**Search Criteria Summary (Show)**

- Light Gray Map
- Dark Gray Map
- OpenStreetMap
- ESRI World Imagery
- The National Map
- USA Topographic
- World Boundaries and Places
- Lat/Lng Overlay

Palangka Raya

Zdroj: USGS, 2020

Po vymedzení cieľovej oblasti je potrebné nastaviť časový rámec, ktorý nás zaujíma vo formáte MM/DD/YYYY. Navoliť si tiež môžeme snímky pre všetky alebo len pre vybrané mesiace. Ak napríklad sledujeme rozlohu snehovej pokrývky na južnom Slovensku, letné mesiace môžeme určite vynechať. Taktiež ak sledujeme krajinnú pokrývku v monzúnových oblastiach, vyberieme si len mesiace počas suchého obdobia, kedy je menej oblačnosti.

Následne sa presunieme na ďalšiu záložku, kde si budeme vyberať kategórie údajov „Data sets“. Vyhľadáme a otvoríme si položku „Landsat“. Pre účely jednoduchého pozorovania zmien v krajine nám postačia pôvodné dáta zo série „Landsat Collection 1 – Level 1“. Následne si vyberieme misie Landsat, z ktorých vyberáme snímky podľa zvoleného časového obdobia (Obr. 2).

Obr. 2: Vyberanie z dátových súborov USGS a zobrazovanie výsledkov vyhľadávania v Earth Explorer

The image shows two side-by-side screenshots of the Earth Explorer web interface. The left screenshot, titled '2. Select Your Data Set(s)', shows a tree view of data categories. The 'Landsat' category is expanded, and 'Landsat Collection 1 Level-1' is selected. The right screenshot, titled '4. Search Results', shows a list of search results for 'Landsat 8 OLI/TIRS C2 L2'. Each result includes a thumbnail image, the ID, date acquired, path, and row number. The interface includes tabs for 'Search Criteria', 'Data Sets', 'Additional Criteria', and 'Results'.

Zdroj: USGS, 2020

Jednotlivé misie sa prelínajú, takže môže byť zaujímavé porovnať rovnaké snímky z dvoch rôznych misií. Ak nás však zaujímajú len aktuálne dáta, nebudeme vyhľadávať snímky zo starších misií a naopak. Obdobia jednotlivých misií sú uvedené v Tabuľke 1. Klikneme na „Search results“. Na novej záložke „Search results“ si zvolíme dataset, ktorý chceme zobraziť. Sťahovanie, podľa množstva požadovaných dát a rýchlosti internetového pripojenia, môže trvať od niekoľko sekúnd do niekoľkých minút. Na záložke sa nám zobrazí zoznam dostupných snímok s náhľadom a dátumom, kedy bola snímka uskutočnená.

Problémom snímok môže byť oblačnosť alebo pásy, ktoré vznikli chybou senzora. V mapovom okne vpravo si môžeme snímky postupne prehliadať a tie, ktoré sa rozhodneme využiť na náš projekt, si môžeme, ak sme sa zaregistrovali, bezplatne stiahnuť v rôznych formátoch. Novšie snímky s väčším rozlíšením sú násobne väčšie ako staršie snímky z misií Landsat 1-3 a aj ich sťahovanie môže trvať dlhší čas. Ako príklad porovnania zmien v krajine pomocou satelitov uvádzame snímky, kde je Dunaj v oblasti Gabčíkova pred a po vybudovaní vodného diela (Obr. 3).

Obr. 3: Pohľad na Dunaj pri Gabčíkove z družice Landsat 5 z 22.7.1987 (hore) a rovnaká lokalita, kde je vidieť už vodné dielo z Landsatu 8, z 22.11.2020 (dole)



## Záver

V tomto príspevku sme priniesli stručný prierez jednotlivými misiami Landsat, ich senzormi a dátami, ktoré nám poskytujú snímky v rozlíšení od 60-15 m od roku 1972. V súčasnosti máme k dispozícii aj snímky z družíc Sentinel s rozlíšením 10 m, práca s nimi je však náročnejšia a zďaleka

neposkytujú taký dlhý časový rámec ako snímky z misí Landsat. Tieto sú pre každého geografa, ktorý skúma prirodzené či antropogénne javy kdekoľvek na svete neoceniteľnou informáciou. Často však komplikovanosť získavania satelitných snímok z rôznych roztrúsených zdrojov, ich mnohorakosť a náročnosť práce s veľkými dátovými súbormi odrádza

od ich širšieho využitia. V príspevku sme v krátkosti predstavili jednu z najjednoduchších možností vyhľadávania, prehliadania a získavania satelitných snímok, a to portál USGS Landsat Earth Explorer, ktorý odporúčame využívať pri rôznych projektoch aj študentom geografie.

### Literatúra

- Fatoyinbo, T. E., Simard, M., Washington-Allen, R. A. & Shugart, H. H. (2008). Landscape-scale extent, height, biomass, and carbon estimation of Mozambique's mangrove forests with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data. *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, G02S06. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007JG000551>
- Kemmerer, A. J. & Butler, J. A. (1977). Finding Fish With Satellites. *Marine Freshwater Review*, vol. 39, no. 1., p. 16–21, Dostupné online: <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/MFR/mfr391/mfr3913.pdf>
- Mason, B. (2017). Landsat's Most Historically Significant Images of Earth From Space. *Wired*.
- ASA (2020). The worldwide reference system. Dostupné online: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/worldwide-reference-system>
- Oštir, K., Veljanovski, T., Podobnikar T. & Stančič Z. (2003). Application of satellite remote sensing in natural hazard management: The Mount Mangart landslide case study. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 24, no. 20, pp. 3983–4002. DOI: <https://doi.org/10.1080/014316031000103826>
- Short, N.M. (1982). The LANDSAT Tutorial Workbook: Basics of Satellite Remote Sensing, NASA Reference Publication 1078. NASA.
- Torres, J. & Infante, S. O. (2001). Wavelet analysis for the elimination of striping noise in satellite images. *Optical Engineering*, vol. 40, no. 7. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.1383996>
- USGS (2020). What are band designation for satellites. Dostupné online: [https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products)

Tlač časopisu Geografická Revue 2/2020 bola realizovaná s finančnou podporou Slovenskej geografickej spoločnosti pri Geografickom ústave SAV v Bratislave.

**Názov:** Geografická Revue  
**Vydavateľ:** BELIANUM, vydavateľstvo UMB v Banskej Bystrici,  
Fakulta prírodných vied UMB, Katedra geografie a geológie  
**Rok vydania:** 2020  
**Miesto vydania:** Banská Bystrica  
**Počet strán:** 77  
**Formát:** B5  
**Tlač:** Equilibria, s.r.o. Košice

**ISSN (print):** 2585-8955  
**ISSN (online):** 2585-8947

