

---

# GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

---

52

2000

4

---

*Anna Grešková\**

## MAPOVANIE ZAPLAVENÝCH A ZAMOKRENÝCH ÚZEMÍ APLIKÁCIOU LETECKÝCH ČIERNOBIELYCH SNÍMOK (NA PRÍKLADE INUNDAČNÉHO ÚZEMIA RIEKY MORAVY)

**A. Grešková: Mapping of flooded and waterlogged areas by application of aerial black-and-white photographs (on example of inundation area of the Morava River). Geografický časopis, 52, 2000, 4, 2 figs. 9 refs.**

The paper concerns application of aerial black and white photographs and geographic information system in identification and mapping of surface flooding and waterlogging during flood. Method of analogue (visual) interpretation of aerial panchromatic photographs was used. The approach was applied in inundation territory of the Morava, south of the village of Vysoká pri Morave in the August 1985 flood. The scope of floods corresponded to culmination discharges, which can be characterized as 5-year discharges. This part of the Morava floodplain is flooded almost every year and the relief is distinctly affected by the fluvial activity of the river. The territory is almost inaccessible in time of floods and identification of the scope of floods by conventional methods of field research is hardly applicable. The article presents the resulting map of the flooded and waterlogged areas (territory with higher level of flood, territory with lower level of flood, territory with reary waterlogged surface, territory with waterlogged surface, and relatively dry territory).

**Key words:** aerial black-and-white photographs, inundation area, the Morava River, flooded and waterlogged areas

---

\* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

## ÚVOD

Využitie leteckých čiernobielych snímok má významné miesto pri priamej identifikácii povrchového zaplavenia a zamokrenia počas povodne. Toto potvrdila aj ich aplikácia realizovaná v modelovom území inundácie rieky Moravy južne od Vysokej pri Morave, ktoré predstavuje pomerne rozsiahlu, cca 4,5 km dlhú a miestami až 3 km širokú nivu ohraničenú riekou Moravou, hrádzou a korytom Maliny. Dané územie je v čase povodní takmer nedostupné a identifikácia rozsahu záplav konvenčnými metódami terénneho výskumu je ťažko možná.

Napriek tomu, že dominantnou funkciou inundačného územia je jeho retenčná funkcia, pretože medzihrázdie umožňuje voľné rozliatie prebytočných povodňových vôd, mali sme možnosť pozorovať, že niektoré trávne porasty sú každoročne kosené, a tak aj hospodársky využívané.

## METODIKA

Riešenie úloh, akými je identifikácia a mapovanie zaplavených a zamokrených území aplikáciou údajov získaných technikami DPZ na vyššej kvalitatívnej úrovni, predpokladá využitie geoinformačných technológií, ktoré umožnia integráciu rozsiahlych datových súborov viacerých tematických vrstiev, komplexné riešenie povodňou zasiahnutých území a modelovanie rôznych povodňových situácií.

Prednosťou snímok je najmä polohová presnosť a dostupnosť požadovaných informácií v čase, keď terénny výskum nie je možný. Nedostatkami môžu byť ťažkosti so zosúladením termínu snímkovania s povodňovou udalosťou. Ideálne by bolo flexibilné nasnímanie územia počas povodňovej situácie.

Letecké snímky teda predstavujú cenný zdroj informácií o takom krátkodobom, ale dynamicky sa meniacom stave krajiny, akým je povodeň, za predpokladu ich opakovaného získania. Zvlášť dôležité sú informácie o priestorovom rozsahu záplav, ktoré možno dokumentovať prostredníctvom mapy zaplaveného územia (povodňou zasiahnutého územia), prípadne aktualizáciou takejto mapy.

Letecké snímky nielenže verne zaznamenávajú aktuálnu fluvialnu morfológiu inundačného územia a výrazné zmeny terénu (nánosy, zosuvy, erózne ryhy, prietrže hrádzí a pod.), ku ktorým často dochádza počas povodní, ale môžu prispieť k rozpoznaniu a spresneniu morfológie územia, pretože malé denivelácie terénu sú v čase povodne, ale často aj dlho po nej vyplnené a zvýraznené vodou.

Výber snímok pre študované územie musel vychádzať zo zosúladenia termínu leteckého snímkovania a povodňovej situácie. Prvým krokom bolo nájdenie takej povodňovej situácie, ku ktorej by existovali letecké snímky z modelového územia.

Okrem povodní v r. 1997, 1998 a 1999, ktoré predstavovali na rieke Morave 10- a viac-ročné prietoky, sa vyskytli za posledných 25 rokov ešte tri významné povodňové situácie, a to vo februári 1977 ( $Q_{\max} = 998 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ktorý môžeme charakterizovať ako 10-ročný prietok) a v auguste 1985 ( $Q_{\max} = 881 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ktorý môžeme charakterizovať ako 5-ročný prietok – údaje sú zo stanice Moravský Ján). Tretia povodeň bola v auguste 1991, počas povodne na Dunaji, keď sa prejavil výrazný vplyv Dunaja na dolnom toku Moravy až po 15 rkm.

V rokoch 1969 až 1995 bolo záujmové územie snímkové iba 8-krát, z toho raz počas povodne na Morave v auguste 1985. Rozhodli sme sa pre tento termín a k nemu sa viažúcu povodňovú situáciu. Pozitívne kópie leteckých panchromatických snímok záujmového územia zväčšené do mierky 1:10 000 boli zakúpené v Topografickom ústave v Banskej Bystrici. Letecké snímky predstavovali hlavný zdroj informácií o priestorovom rozsahu a intenzite záplav. Doplnujúcim zdrojom informácií boli vodohospodárske a topografické mapy mierky 1:50 000 a 1:10 000, ako aj samotný terénny prieskum. Verifikácia získaných výsledkov (vo forme interpretačnej schémy) sa uskutočnila v teréne. Tým sa zvýšila ich presnosť.

Vychádzali sme z poznatkov získaných zo starších prác (napr. Feranec a Kolář 1988), ktoré študovali pomocou aerokozmických multispektrálnych snímok zamokrenie pôd bez vegetácie na Východoslovenskej nížine. Podobne Cebecauer (1997) využil satelitné snímky pri identifikácii podmáčaných a zaplavených území bez vegetačnej pokrývky, ako aj s ňou.

Príspevok voľne nadväzuje na výskumné práce realizované v inundačnom území Moravy južne od Vysokej pri Morave, ktoré sa stalo modelovým územím pri aplikácii údajov DPZ, ako aj GIS-u, najmä pri analýze a mapovaní fyziognomických foriem vegetácie a krajinej pokrývky (Feranec et al. 1993, Otáhel et al. 1994).

### CHARAKTERISTIKA ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

Metodický postup sme aplikovali v južnej časti medzihrádzového inundačného územia rieky Moravy, ktoré je vymedzené cestou spájajúcou rieku s hrádzou v profile Marchegg a prilieha k toku na úseku cca od 10,6 rkm po 15 rkm. Reliéf inundácie je výsledkom najmä akumuláčnej, eróznej a transportnej činnosti rieky. Na prvý pohľad jednotvárný rovinný reliéf územia je výrazne poznačený fluviálnou činnosťou rieky a v detailoch je diferencovaný líniami starých riečnych ramien v rôznom štádiu vývoja, zvyškami mŕtvych ramien a meandrov, ktoré predstavujú typické riečne jazerá, ako aj početnými mikrodepresiami. Rieka v minulosti silne meandrovala, pravidelne zaplavovala okolité územie a takmer po každej povodni menila svoje koryto. Dôkazom častej zmeny koryta sú mnohé opustené mŕtve ramená nachádzajúce sa po celej dĺžke toku.

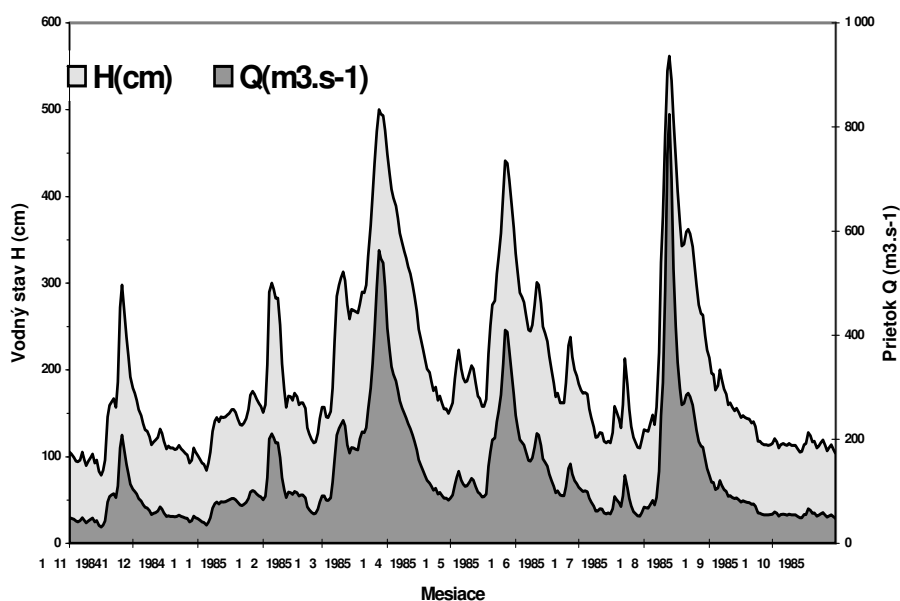
Na rieke Morave sa uskutočnili rozsiahle úpravy, prostredníctvom prepichov plne vyvinutých meandrov došlo k napriamaniu a skráteniu celkovej dĺžky toku (Grešková 1998). Prepichmi plne vyvinutých meandrov došlo k narušeniu systému rieky a jej bočných ramien, ktoré boli od hlavného koryta odrezané úplne, alebo iba na hornom konci. Takto sa sústredil prietok do hlavného koryta a bočné meandre stratili v čase povodní odľahčujúcu funkciu. Aj v nami študovanom území bol takto na hornom konci odrezaný meander na 12 rkm.

V súčasnosti sa už nepovažuje meandrovanie rieky za negatívny jav, ale za dôsledok jej prirodzeného vývoja. Dnes už vieme, že budovanie takýchto prepichov je nežiadúce a pristupuje sa k revitalizácii, spriechopeniu vytipovaných odrezaných meandrov aj na rieke Morave.

### ZHODNOTENIE HYDROLOGICKO-METEOROLOGICKEJ SITUÁCIE

Pri vyhodnotení meteorologickej situácie daného roku pred a počas povodne nás zaujímali najmä atmosferické zrážky. Čo sa týka ich úhrnu, bol rok 1985 mierne nad dlhodobým priemerom. Meteorologická stanica v Moravskom Jáne v roku 1985 nepracovala, a tak uvádzame údaje zo stanice Malacký a Zohor. V Malackách bol nameraný ročný úhrn zrážok 651 mm a v Zohore 686 mm. Vysokým vodným stavom predchádzala v hornej aj dolnej časti povodia Moravy výrazná zrážková činnosť od konca júla, ktorá trvala až do konca prvej augustovej dekády. V auguste boli namerané najvyššie mesačné zrážkové úhrny, v Malackách 135 mm a v Zohore 162 mm.

Za rok 1985 existujú údaje o vodných stavoch a prietokoch z profilov Moravský Ján a Záhorská Ves. V stanici Vysoká pri Morave bolo pozorovanie v roku 1985 prerušené. Pribeh vodných stavov a prietokov v roku 1985 v stanici Záhorská Ves znázorňuje obr. 1.



Obr.1. Priemerné denné vodné stavy a prietoky na Morave za rok 1985 (stanica Záhorská Ves).

Roku 1985 kulminovala Morava v profile Moravský Ján 12.8. za prietoku  $Q = 881 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a v Záhorskej Vsi 13.8. za prietoku  $Q = 845 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Snímkovanie sa uskutočnilo 24.8.1985, kedy boli namerané nasledovné hodnoty:

Moravský Ján (0 vodočtu = 146,24 m n.m.)

$$Q = 222,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$H = 367 \text{ cm}$$

Záhorská Ves (0 vodočtu = 139,86 m n.m.)

$$Q = 265,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$H = 342 \text{ cm}$$

Spojitosť medzi nadmorskou výškou povodňovej hladiny, výškopisom okolitého územia a rozsahom záplav je evidentný. Charakteristické pre fluvialnú rovinu južnej časti inundácie Moravy je, že povodňové vody zostávajú v medzihrádzovom území dlho aj po opadnutí vysokých hladín toku.

V inundačnom území dolnej Moravy sa nenachádza ani jeden pozorovací objekt hladiny podzemnej vody, ktorý by nám umožnil zhodnotenie priebehu úrovni hladiny podzemnej vody pred a v čase povodňovej situácie.

### INTERPRETÁCIA LETECKÝCH SNÍMOK

Použitá bola metóda analógovej (vizuálnej) interpretácie leteckých panchromatických snímok, ktorá využíva rozsiahlu paletu interpretačných znakov (Šúri 1996).

Pri interpretácii fotomáp, ktoré boli zhotovené z čiernobielych leteckých snímok, sme identifikovali akceptovateľne homogénne formy (triedy) rôznej intenzity povrchového zaplavenia a zamokrenia. Formy (triedy) povrchového zaplavenia a zamokrenia sa v procese analógovej interpretácie dali rozlíšiť na základe fyziognomických znakov. Pod fyziognomickými znakmi identifikovaných foriem (tried) intenzity povrchového zaplavenia a zamokrenia rozumieme signifikantné vzhľadové charakteristiky (tón šedi, textúra a ďalšie) povrchu krajiny, ktoré sa prejavujú na snímkach charakteristickými, akceptovateľne homogénnymi vzorkami.

Interpretácia zahŕňa nasledovné dva kroky: identifikáciu povrchového zaplavenia a zamokrenia a vytvorenie interpretačnej schémy. Proces identifikácie spočíval v rozlíšení a priestorovom vyhraničení zaplavených a zamokrených plôch vo fotomápach.

U otvorených vodných plôch je riziko chybnéj interpretácie veľmi nízke a môže vyplývať napr. z existujúcich vln na vodnej hladine, ktoré spôsobujú, že voda sa na snímke nejaví ako homogénna plocha. Tak ako v teréne, aj na leteckých snímkach môžeme jasne odlíšiť vodu stojacu na povrchu od zamokreného povrchu. Nejednoznačná je hranica medzi priestorovými jednotkami s rôznou intenzitou zamokrenia, ktorá nie je na niektorých miestach dostatočne zreteľná. V teréne taktiež nie je táto hranica ostrá, ale má často charakter prechodného pásma. V takýchto prípadoch záleží na subjektívnom vklade interpretátora, kde položí hranicu medzi rozpoznanými triedami na interpretačnej schéme.

V procese identifikácie zaplavených a zamokrených území boli rozpoznané nasledovné formy (triedy) intenzity povrchového zaplavenia a zamokrenia:

*Územie s vyššou úrovňou záplavy* – povrch terénu je hlbšie pod úrovňou vodnej hladiny a územie je zaliate hrubšou vrstvou vody (tmavšej farby).

*Územie s nižšou úrovňou záplavy* – terén je plytko pod úrovňou vodnej hladiny, územie je zaliate tenšou vrstvou vody (svetlejšej farby). Tento typ sa vyskytuje napr. vo vnútri meandrových slučiek a bol identifikovaný na relatívne vyššie položených miestach s mocnejšími fluviálnymi náplavami.

Uvedené triedy predstavujú areály zaplavené súvislou vodnou hladinou. Ide o územia s vodou koncentrovanou na povrchu, ktorá vytvára súvislú hladinu. Na leteckých snímkach sú pomerne jednoznačne identifikovateľné. Odlišujú sa od vodnej hladiny v toku a v meandroch intenzitou šedej farby a štruktúrou. Z takejto vodnej hladiny často vystupujú solitéry stromov a krov.

*Územie s intenzívne zamokreným povrchom* – ide o plochy intenzívne nasýtené vodou bez súvislej vodnej hladiny na povrchu. Vo vnútri týchto území sa môže v malých plytkých mikropresiách a zníženinách, kopírujúcich sieť starých riečnych ramien, koncentrovať voda a vyplňať ich. Väčšie sú vyčlenené samostatne, malé koncentrácie vody na povrchu cca 1 × 1 mm (10 m × 10 m) sú zahrnuté do tejto triedy.

*Územie so zamokreným povrchom* – charakteristické pre areály nasýtené vodou, tvoriace prechod do relatívne suchých areálov (nasledujúca trieda). Na leteckých snímkach sa od predchádzajúcej triedy výrazne odlišuje sýtosťou šedej farby.

*Územie relatívne suché* – je mimo dosahu záplav, čo dovoľuje jeho poľnohospodárske využívanie; zväčša sa jedná o kosené lúky.

Ďalej sme rozlíšili línie starých riečnych ramien a prirodzené močiare mŕtvych ramien. Staré riečne ramená sú v pokročilom štádiu vývoja, značne zarastené a zarastené, často lemované alebo inak zvýraznené vegetáciou. Pri vysokých vodných stavoch sú spravidla vyplnené vodou. Miestami prechádzajú staré riečne ramená plynule do močiarov. Tieto vyplňajú zvyšky ramien alebo meandrov starého riečneho systému Moravy a sú charakteristické vlhkomilnou bylinnou až vodnou vegetáciou, ktorá sa často strieda s otvorenou vodnou hladinou. V mimopovodňovom období sú súčasťou dobre zachovaných riečnych jazier, ktoré dokumentujú vývoj riečneho systému Moravy v minulosti.

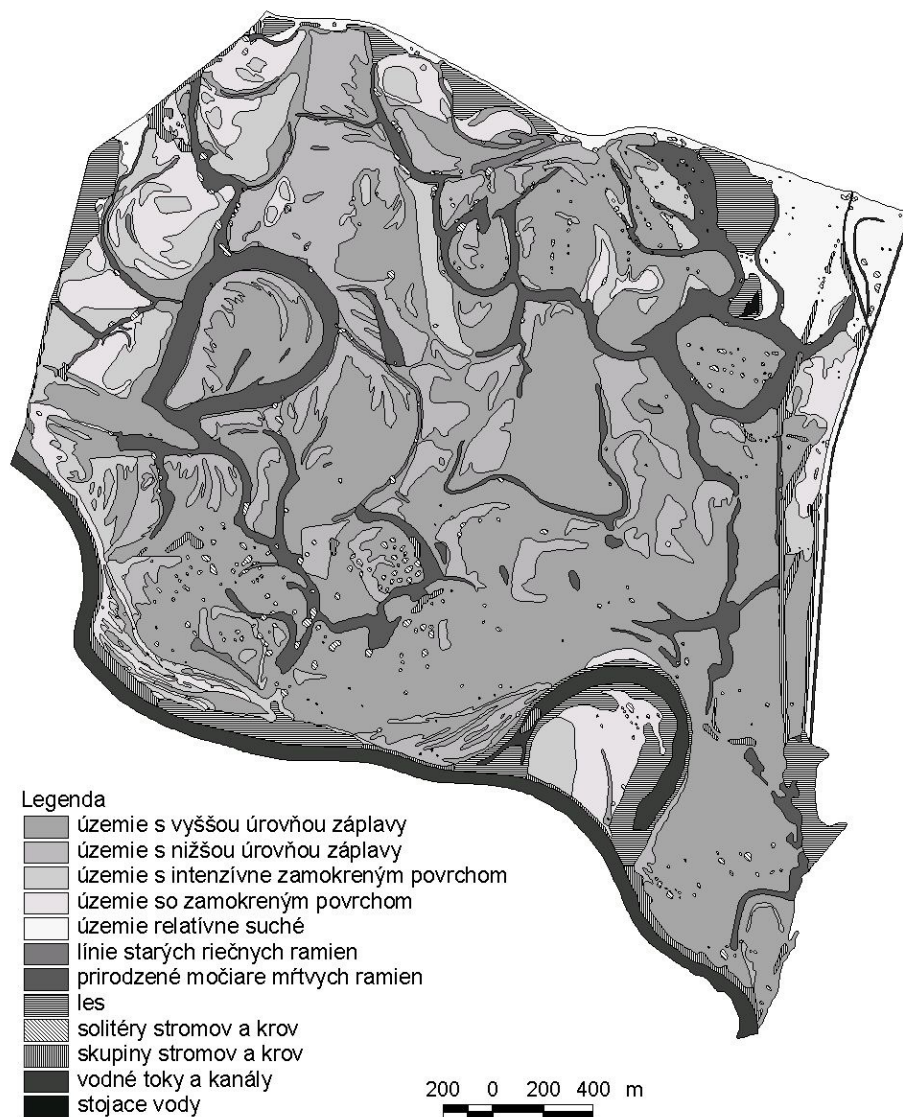
Ďalej bol identifikovaný les (fragmenty lesov), solitéry stromov a krov, skupiny stromov a krov, vodné toky a kanály, stojace vody (Hajbrodské jazierko) a hrádza, ktorá tvorí hranicu územia. Na snímkach nebolo možné jednoznačne rozlíšiť les zaplavený a nezaplavený, predpokladáme však, že fragmenty lesov pozdĺž Moravy a Maliny boli tiež zaplavené.

Výsledkom interpretácie bola interpretačná schéma v mierke 1:10 000, obsahujúca areály povrchového zaplavenia a zamokrenia.

## DIGITÁLNA MAPA ZAPLAVENÝCH A ZAMOKRENÝCH ÚZEMÍ

Vizuálnou interpretáciou vytvorená schéma sa digitalizovala, georeferencovala a upravila pomocou identických vlícovacích bodov do súradnicového systému S-JTSK, v ktorom sú zaznamenané aj topografické prvky. Vektorizácia interpretačnej schémy foriem (tried) povrchového zaplavenia a zamokrenia sa realizovala pomocou demo verzie poloautomatického programu r2v (fa Able Software).

Predmetom digitalizácie boli aj vybrané prvky topografického podkladu, a to kanál Maliny, hrádza a úsek cesty spájajúci rieku s hrádzou v profile Marchegg. Následne sa uskutočnila polygonalizácia za účelom označenia vyčlenených areálov.



Obr. 2. Zaplavené a zamokrené územia v južnej časti inundačného územia rieky Moravy (24.8.1985).

Aplikáciou tohto postupu bola vytvorená mapa zaplavených a zamokrených území južnej časti inundačného územia rieky Moravy v prostredí ArcView GIS (obr. 2).

### ZÁVER

Letecké snímky sú dnes bežným zdrojom spoľahlivých a presných informácií v čase povodní a majú široké možnosti využitia v preventívnej a aktívnej protipovodňovej ochrane.

V minulosti bolo zosúladenie termínu snímkovania s povodňovou situáciou problematické a často aj náhodné. Počas rozsiahlych povodní v roku 1997, ktoré zasiahli viaceré krajiny strednej Európy, bola situácia už diametrálne odlišná. Existovali firmy, ktoré operatívne snímkovali povodňou zasiahnuté oblasti, napr. Argus Geo, s.r.o. a firma GEODIS BRNO, s.r.o., ktorá na žiadosť Slovenského povodňového štábu nasnímala rieku Moravu až po sútok s Dunajom (Hotař 1998).

Treba zdôrazniť, že údaje diaľkového prieskumu Zeme poskytujú informácie, ktoré sa viažu na termín snímkovania. Zmeny v rozsahu záplav môžeme získať porovnaním snímok z viacerých časových horizontov. Snímkovanie v rôznych časových horizontoch umožňuje napr. vytvoriť mapu, na ktorej je možné farebne odlíšiť a určiť plochy zaplavené v určitom termíne. Identifikácia zmien rozsahu zaplavených plôch môže prebiehať v prostredí GIS. Takýmto príkladom je aj mapa zaplavených území južnej Moravy, ktorá bola vytvorená farebnou syntézou satelitných snímok zo 14., 24. a 27.7.1997 (Kolář 1998, Haloumová 1998). Podobným spôsobom by bolo možné znázorniť rozsah záplav počas 5, 10, ..., N-ročných prietokov v danom území.

Získané informácie majú široké využitie v predikcii priestorového rozsahu povodňou zasiahnutého územia, odpovedajúceho príslušnému N-ročnému prietoku (Q) a jemu prislúchajúcemu vodnému stavu (H) počas povodne.

V budúcnosti by sme chceli využiť naše výsledky na identifikáciu malých denivelácií terénu do 0,5 m, ktoré sú a zostávajú určitú dobu po opadnutí povodňovej vlny vyplnené a zvýraznené vodou, ale pomocou topografických máp v mierke 1:10 000 ich nemožno zistiť.

### POĎAKOVANIE

*Príspevok bol spracovaný v rámci vedeckého projektu č. 2/7050/20 finančne podporeného grantovou agentúrou VEGA.*

*Na tomto mieste si dovoľujem poďakovať RNDr. M. Šúrimu, CSc. a Mgr. T. Cebecauerovi za pomoc a odborné rady pri práci v ArcView a za prípravu mapy do tlače.*

### LITERATÚRA

CEBECAUER, T. (1997). Soil waterlogging mapping using Landsat TM data. In Hodgson, S., Rumor, M., Harts, J. eds. *Geographical information - from research to application through cooperation*, Amsterdam (IOS Press), pp. 527-544.

- FERANEC, J., KOLÁŘ, J. (1988). Physiognomic aspects of the surface water-logging intensity of the soils in the East-Slovakian lowland identifies by aerospace photographs and images. *Geografický časopis*, 40, 49-61.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J., ŠŮRI, M. (1993). Mapovanie vegetácie pomocou leteckých farebných infračervených snímok a GIS-u SPANS. *Geodetický a kartografický obzor*, 39, 170-175.
- GREŠKOVÁ, A. (1996). Vplyv vodohospodárskych úprav v povodí Moravy na vodný režim poriečnej krajiny. In Bezák, A., Paulov, J., Zaťko, M., ed. *Luknišov zborník 2. Vybrané referáty z vedeckej konferencie usporiadanej pri príležitosti nedeľných 80. narodenín Prof. RNDr. M. Lukniša, DrSc.* Bratislava (SGS), pp. 55-63.
- HALOUMOVÁ, L. (1998). Využití družicových snímků při povodních v České republice v roku 1997. *Povodne a protipovodňová ochrana*. Banská Bystrica, (Dom techniky ZSVTS), pp. 234-235.
- HOTAŘ, Z. (1998). Letecké snímkování záplav na Moravě. *Geoinfo*, 2, 26.
- KOLÁŘ, J. (1998). Uplatnění družicových dat při povodňových situacích. *Povodne a protipovodňová ochrana*. Banská Bystrica (Dom techniky ZSVTS), pp. 230-233.
- OŤAHEL, J., FERANEC, J., ŠŮRI, M. (1994). Land cover mapping of the Morava floodplain (by application of colour infrared aerial photographs and GIS SPANS). *Ekológia*, 1, 21-28.
- ŠŮRI, M. (1996). Analýza a hodnotenie možností využitia diaľkového prieskumu Zeme na výskum erózie pôdy. *Geografický časopis*, 48, 73-92.

Anna Grešková

#### **MAPPING OF FLOODED AND WATERLOGGED AREAS BY APPLICATION OF AERIAL BLACK-AND-WHITE PHOTOGRAPHS (ON EXAMPLE OF INUNDATION AREA OF THE MORAVA RIVER)**

The aim of the article is application of interpretation methods of aerial black-and-white photographs and geographic information system in identification of surface flooding and waterlogging in time of floods. The approach was applied in inundation territory of the Morava south of the village of Vysoká pri Morave, a territory almost inaccessible during floods. Identification and mapping of the extent of floods by conventional methods of field research is not possible.

Selection of the aerial photograph depended on harmonisation of the date of photographing and the flood situation. We chose the flood of August 1985. Method of analogue (visual) interpretation of aerial panchromatic photographs applying an extensive range of interpretation signs was used.

Forms (classes) of surface flooding and waterlogging were recognized in the process of analogue interpretation based in physiognomic signs. Physiognomic signs of identified forms (classes) of the intensity of surface flooding and waterlogging means significant characteristics of appearance (shade of gray, brightness, texture, etc.) and changes of surface of landscape, which is manifest in the photographs in form of typical sufficiently homogeneous pattern. Five classes were recognized in the process of identification of flooded and waterlogged territories. Result of interpretation is digital map of the territories at scale 1:10 000 in ArcView GIS environment. Reiterated imaging and use of GIS are the premises for subsequent synthesis and comparisons, which yield the idea on changes in the scope of floods.

Translated by H. Contrerasová