ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE MENDELIANAE BRUNENSIS
SBORNÍK MENDELOVY ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ UNIVERZITY V BRNĚ

Ročník LVII 13 Číslo 6, 2009

PROSTOROVÉ MODELOVÁNÍ V MANAGEMENTU KRAJINY – PROTIZÁPLAVOVÁ OPATŘENÍ

J. Machalová

Došlo: 15. prosince 2008

Abstract

MACHALOVÁ, J.: *Space modeling in management of landscape flood-protection measures.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 6, pp. 133–142

The goal of this article is to project the complex access to the analyses of sources of local flash-flood of watched watershed area of Moštěnka River. In article is used space modeling a space analysis. Consequently to assess the prepared built-technical arrangements and to project alternative, complement, not invasive arrangements. The article presents the fundamental results of applied research, which was in 2007 and 2008. The article shows, that the built-technical arrangements in combination with not invasive, organized arrangements markedly reduce fall-outs of flash-flood. The results was presented and devolved on the Department of landscape planning Kyjov town and to city managers of interested villages. The state ameliorative management, villages and farmers cooperation will be investors.

geographic information technologies, space modelling, space analysis, flash-flood

Území je část zemského povrchu, ve kterém se lidé pohybují a realizují své činnosti již v počátku své existence. Půda je primárním výrobním faktorem a spolu s kapitálem a prací stojí nezastupitelně v pozadí statků a služeb lidmi produkovaných. Území využíváme buď díky jeho přírodnímu potenciálu k hospodářským činnostem jako lesnictví, zemědělství a těžba, anebo jsou do něj umísťovány aktivity jako výroba, služby, bydlení, infrastruktura a další, které jsou na přírodní potenciál bezprostředně vázány.

Management (správa) krajiny, nebo také územně plánovací činnost, je řízení změn prostředí. Prostorové plánování je mnohdy pojímáno šířeji, věnuje se nejen „hmotnému prostředí", ale také ekonomickým a společenským sférám vývoje krajiny (území).

Územní plánování by mělo spolu s obecnou legislativou hledat rovnováhu mezi principy udržitelného rozvoje a vytvářet rámec pro činnosti subjektů účastnících se územního rozvoje. Územní plánování a na jeho základě prováděné změny v území mají dopad na velké množství lidí, ale také na faunu a flóru. Mnohé změny jsou nevratné a některé dopady nesprávného managementu krajiny se projeví až po letech, kdy strůjci změn již dávno nejsou na svých pozicích. V posledních letech můžeme pozorovat lokální záplavy v územích, kde se dříve obyvatelé s tímto problémem nesetkávali. Místní veřejná správa to mnohdy řeší stavebně-technickými opatřeními řešícími následky, nikoliv však příčiny. Nutno poznamenat, že někdy však bohužel nelze nalézt cestu, která by byla prospěšná pro všechny zainteresované v daném území.

Geografické informační technologie nabízejí prostorové modelování a pomocí prostorových analýz pak nacházet souvislosti a navrhovat scénáře řešení s poukázáním na budoucí stav.

Článek si klade za cíl prostředky prostorového modelování a následných analýz navrhnout komplexní přístup k rozboru příčin lokálních záplav sledovaného území povodí Moštěnky, zhodnotit připravená stavebně-technická opatření a navrhnout alternativní, popř. komplementární, neinvazivní opatření. Článek prezentuje stěžejní výsledky aplikovaného výzkumu, který byl prováděn v roce 2007 a 2008.

MATERIÁL A METODY

Dálkový průzkum Země postupně vznikl díky využívání klasických snímků a později pak infračervených, termálních a radarových záznamů. Pojem dálkový průzkum Země se začal více využí-

vat v souvislosti s využíváním informací získaných ze záznamů družic (Žihlavnik, Scheer; 2001). Mezinárodní společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum Země (ISPRS – International Society for Photogrammetry and repote Sensing) přijala v roce 1984 definici: Dálkový průzkum Země je věda a technika o získávání informací zaznamenáváním, zpracováním a interpretací záznamů v libovolné části spektra. V dálkovém průzkumu Země (DPZ) má velký význam schopnost správně registrovat množství odraženého nebo emitovaného záření, které charakterizuje kvalitu sledovaného objektu (Žihlavnik, Scheer; 2001).

Fotografické snímky povrchu Země jsou důležitou a velmi rozšířenou oblastí DPZ. Fotografické materiály jsou charakterizovány ukazateli: gradace, citlivost emulze, zrnitost, rozlišovací schopnost a citlivost na barvu (Šmidrkal, 1992). Černobílé fotografické materiály zachytávají fotografický objekt v barvě černé, bílé a jejich odstínech. Podle zachytávaného pásma je dělíme na ortochromatické, panchromatické, infračervené a multispektrální. Zpracování neboli úprava má za cíl zlepšení jejich vlastností (tónová stupnice, vyrovnání kontrastů aj.) pomocí fotografické, elektronické a digitální techniky (Pavelka, 1999). Snímky jsou interpretovány metodou polní, kancelářskou, kombinovanou a aerovizuální.

Pro výsledky prostorového modelování a analýzy jsou kritických faktorem **data**, ze kterých se vychází. Geodata (data popisující fenomény s vazbou na svou polohu na Zemi) České republiky zaznamenaly v posledních letech zásadní zvýšení kvality (věrnost a přesnost). Základní geodetovou sadou je ZABAGED – Základní báze geografických dat Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního. ZABAGED je soubor více než 100 vektorových vrstev odvozených od základní mapy ČR v souřadném systému S-JTSK (Jednotná trigonometrická síť katastrální). Vrstvy integrují prostorovou grafiku, topografické relace a atributový obsah (Šulc, 2004). K dispozici také byla analogová mapa odtokových poměrů povodí Moštěnky, kterou je nezbytné digitalizovat a georeferencovat do souřadného systému. Vojenský topografický ústav v Dobrušce disponuje přibližně 800 tisíci negativy leteckých měřičských snímků. Snímky byly pořizovány vojenským letectvem postupně od roku 1936. Ve druhé polovině 20. století docházelo k systematickému snímkování v měřítku 1 : 5000. V posledních deseti letech se začínají ve veřejné správě prosazovat plnokrevné, digitální letecké snímky privátní formy Geodis, které jsou v rozlišení až 20 cm/pixel s vysokou polohovou přesností a barevným vyrovnáním (obr. 1). Data katastru nemovitostí jsou dalším zdrojem vhodných dat. Pouze pro třetinu území ČR jsou k dispozici v digitální podobě, proto si veřejná správa nechala zpracovat privátní formou tzv. Registr nemovitostí, který sice nedosahuje takové přesnosti jako oficiální data katastru nemovitostí, pokrývají však celé území ČR v digitální podobě.

Analogové letecké snímky je třeba **zpracovat a připravit** pro prostorové analýzy. Zpracování začíná značením snímků do mapových listů, následuje vysledování překryvů, digitalizace, georeferencování do souřadného systému a vektorizací dle zvoleného číselníku. Pro potřebu této práce byl zvolen následující klíč: 1 – zástavba, 2 – komunikace, 3 – lesní porosty, 4 – vodní plochy, 5 – orná půda.

Digitální model terénu je geometrický popis reliéfu terénu. Každé místo sledovaného území lze specifikovat souřadnicemi x a y a jim přiřadit z – nadmořskou výšku (Vaníček, 2008). Dalším způsobem je systém vrstevnic, popř. trojúhelníková nepravidelná síť TIN. Je více interpolačních metod, které se hodí pro různý reliéf modelované krajiny (Lloyd, 2006). Při metodě IDW se zohledňuje síla bodu, typ okolí a překážky. Metoda Natural neighbours zohledňuje body v okolí. Metoda Spline s využitím matematického aparátu vytváří plochu s minimálním zakříve-

1: *Letecké fotografie z roku 2006 a z roku 1950*

ním povrchu. Metoda Kriging je na rozdíl od předchozích uvedených regresní technikou, kde záleží nejen na vzdálenosti od interpolovaného bodu, ale také na prostorové pozici vzhledem k ostatním bodům (Wilson, 2000).

Mapová algebra je aparát, který umožňuje kombinovat rastrové vrstvy, klasifikovat prostorové údaje, vykonávat funkce překrytí a specifické analýzy vzdáleností. Základ položila D. Tomlin, podstatného uplatnění nachází v posledních letech s rozmachem využívání geografických IT a zvyšováním výkonu HW. Operace mapové algebry lze provádět s jednou nebo více vrstvami. Operace (funkce) se dělí na lokální, zonální, fokální a globální (Tomlin, 1990). Součástí funkcí jsou operátory aritmetické (plus, minus, krát), booleovské (pravda, nepravda), relační (větší než aj.) a dále pak speciální, jako jsou bitové posuny, akumulativní, kombinatorické a přiřazovací operátory. Operandy jsou pak hodnoty uložené v buňce (buňkách) vrstev, které vstupují do prostorové analýzy.

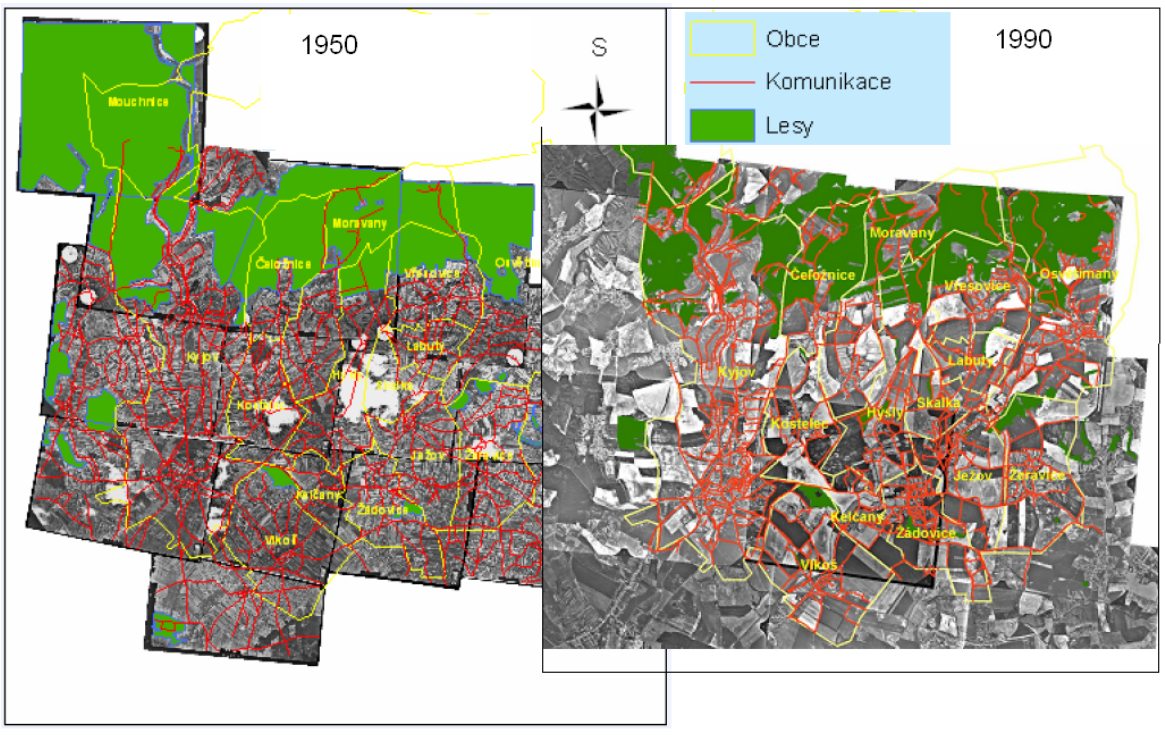
VÝSLEDKY A DISKUSE

Sledované území povodí Moštěnky (rozloha 1084,17 ha) zahrnuje především tři obce: Hýsly, Moravany a Čeložnice. Tyto obce jsou na jižní Moravě, severo-východně od Kyjova. Jedná se o hospodářsky hojně obdělávanou oblast. Území je na severu chráněno vrchovinami. Na jihu je krajina otevřená. Zemědělská produkce je s tímto územím odedávna spjatá (985,15 ha). Plochy se sklonem nad 5 % tvoří 80 % (792,52 ha) zemědělsky využívaných ploch. Zemědělské plochy zabírají svahy dlouhé i 700 m, pěstují se především obiloviny (64, 2 %), kukuřice (12,9 %) a technické plodiny (35,8 %). Protipovodňově působící rostliny zabírají 27,8 % zemědělsky využívané plochy, 47,4 % zaujímají plodiny, které především v jarním období chrání před odtokem nedostatečně (jarní obiloviny). Ve vegetačním období zde spadne více než 350 mm srážek. V posledních 30 letech jsou postupně častější situace, kdy krajina není schopna zadržet přívalovou vodu, voda je odváděna Moštěnkou (patří do jejího povodí i povodí Čeložnického a Moravanského potoka), která především v katastru obce Hýsly se vylévá z koryta a způsobuje lokální záplavy.

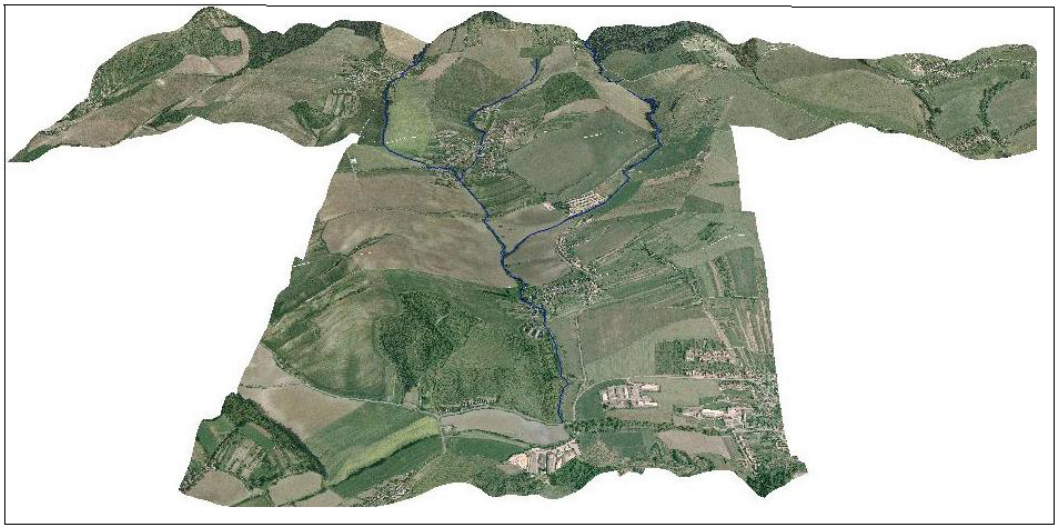
Hlavními rizikovými faktory tedy jsou členitost a svažitost povodí, intenzivní zemědělské využívání, převaha orné půdy, monokulturní obhospodařování velkých souvislých ploch, absence pícnin a absence interakčních prvků (meze, remízky apod.). V důsledku toho dochází ve zvýšené míře k erozi půdy, transportu splavenin, zanášení vodních toků, škodám na veřejných komunikacích, movitém i nemovitém majetku občanů a zdrojích vody a také ke snižování úrodnosti půdy odnosem nejúrodnější povrchové vrstvy půdy.

Prostorové modelování a následné analýzy budou postupovat v následujících krocích:

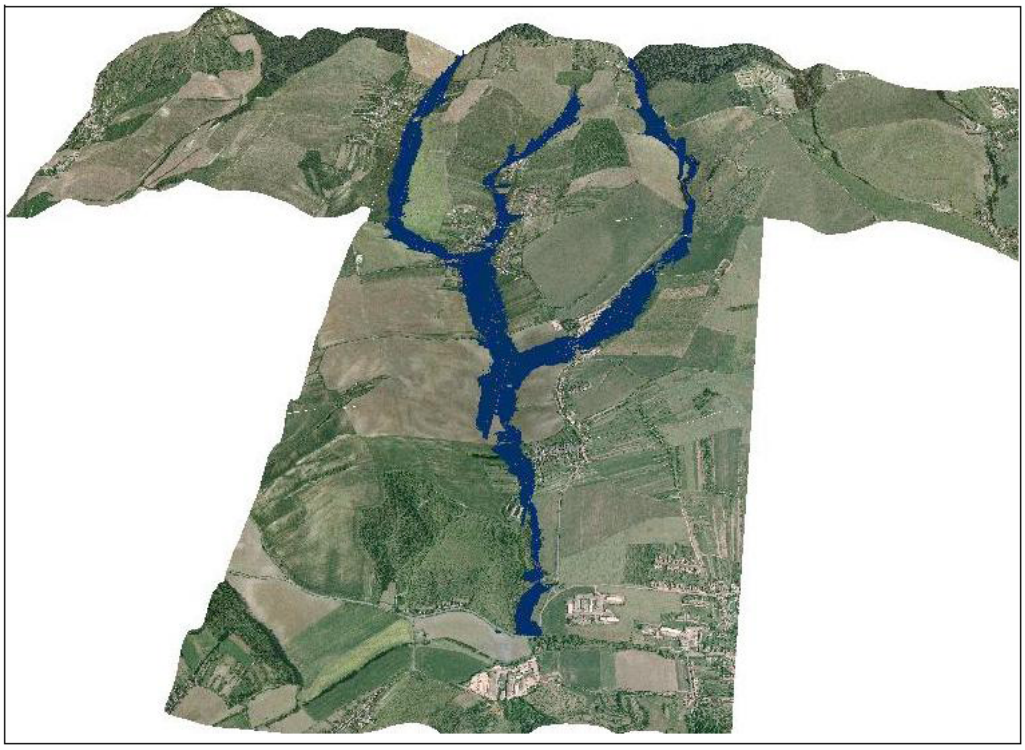
1. Vyhodnocení změn v krajině nad digitalizovanými a digitálními leteckými snímky a z toho plynoucí identifikace příčin lokálních záplav ve sledovaném území.
2. Modelování navržených stavebně-technických opatření s následnou analýzou efektivity.
3. Návrh a modelování alternativních protizáplavových opatření s analýzou efektivity.



2: *Modelování změn ve sledovaném území, rok 1950 a 1990*



3: *3D model území – stávající stav*

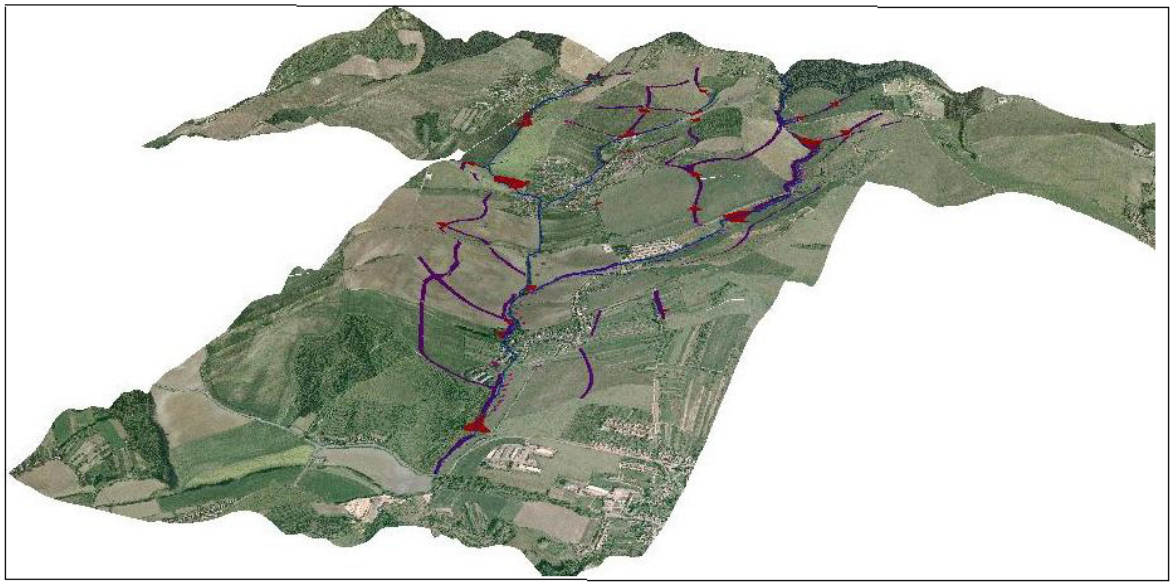


4: *3D modelování záplav při zvýšení hladiny o 0,74 m (bez opatření)*

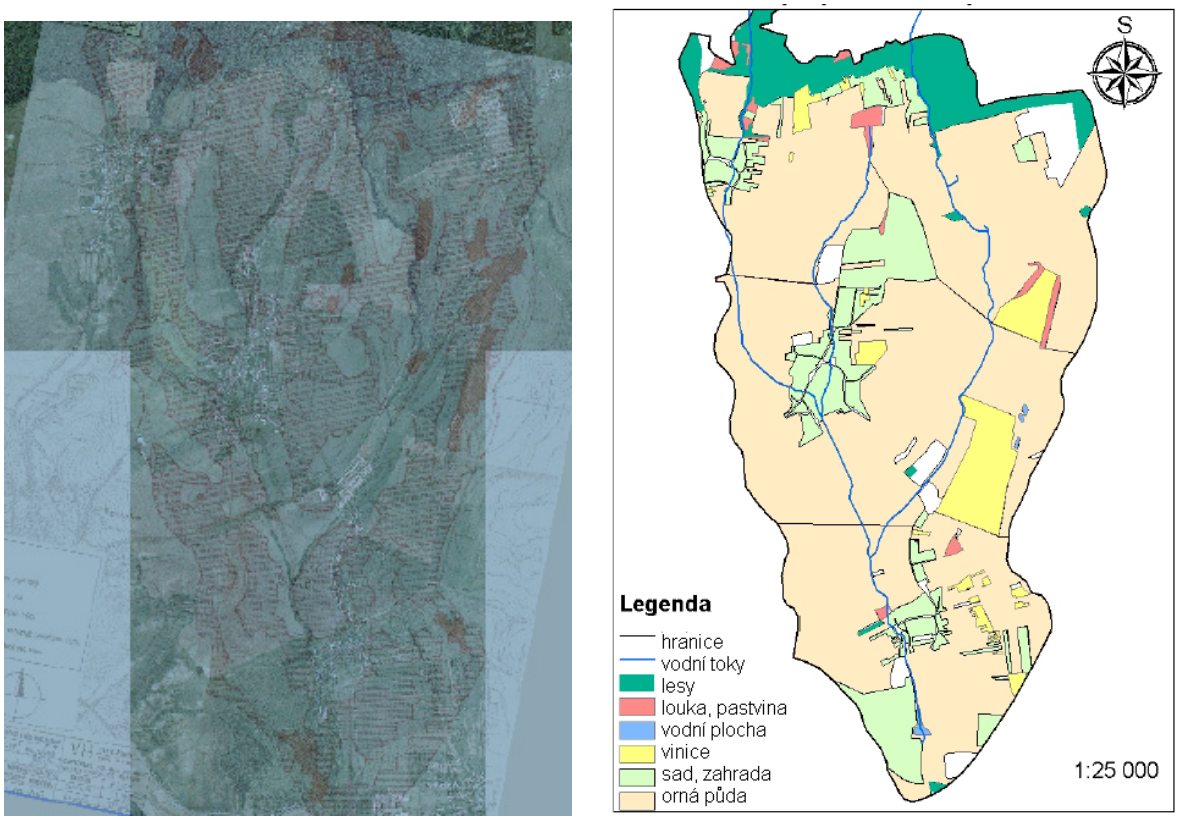
4. Modelování výsledného komplexního řešení.

SW byl zvolen od firmy ESRI, konkrétně ArcCatalog, ArcMap, 3DAnalyst, SpatialAnalyst a ArcScene pro integrované prostředí a dostupnost všech potřebných nástrojů.

Na snímcích z 50. let je jasně patrná drobná držba malých polí a luk. Mezi těmito plochami se velice často vyskytují pásy vegetace tvořící hranice jednotlivých území. Tyto vegetační pásy byly důležitým prvkem udržujícím vodu v systému, neboť obsahovaly různé meze bránící rychlému odtoku vody při nárazových bouřkách. Dále pak zadržovaly vlhkost a tvořily zásobárny vody. Měly také velký vliv na bránění erozi půdy. Síť komunikací pokrývala rovnoměrně sledované území, lesy zaujímaly velkou část severní části sledovaného území. Malá políčka kopírovala vrstevnice, byla odděleny valy, což byla výborná protierozní opatření. Snímky z 80. a 90. let ukazují, že došlo ke znatelné změně drobných políček na ucelené lány obdělávané zemědělskou technikou. Ubylo také cest a je také patrný nárůst zastavěné plochy. Prořídly také souvislé plochy lesních porostů. Na snímcích z roku 2006 nejsou patrné zásadní změny oproti předchozím snímkům, nepa-



5: *3D modelování stavebně-technických opatření*

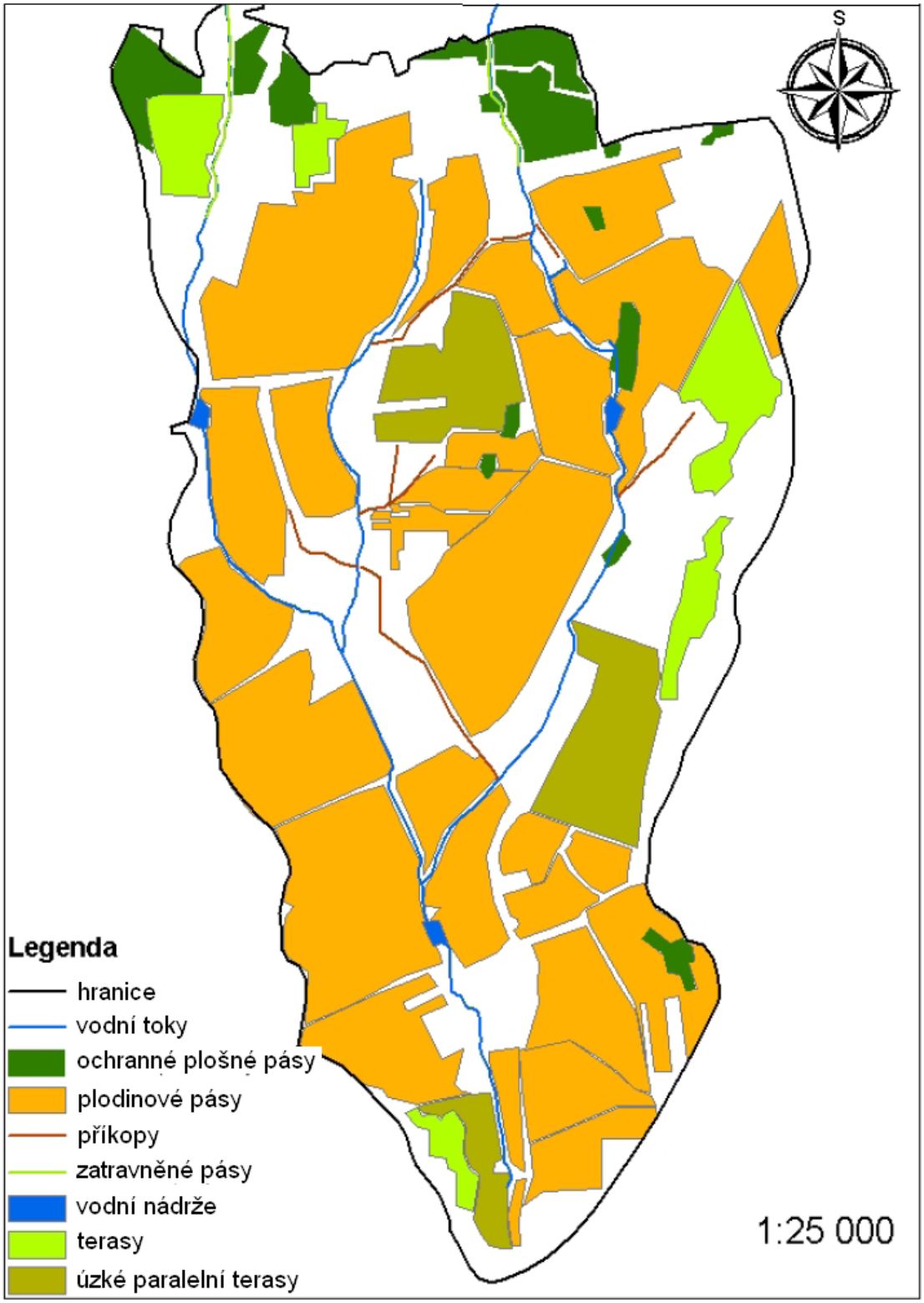


6: *Digitalizované a georeferencované odtokové poměry, stávající využití území*

trně došlo k rozšíření zastavěného území. Zřetelné je, že zde není v současnosti dostatečná síť příkopů chránících obce před srážkovým odtokem z výše ležících ploch orné půdy, na svahovitých pozemcích jsou pěstovány širokořádkové plodiny. Scelováním pozemků byla zrušena většina dělicích přirozených prvků na pozemcích s vyšším svahem. Bývalé louky byly zorány a jsou nyní ornou půdou. Půda tak pomalu vstřebává vodu, což způsobuje, že voda rychle stéká po svazích. Splaveniny také způsobují zanášení vodních toků.

Účinkem stavebně-technických opatření je především zmírnit účinky povodně zachycením objemu a tím snížení kulminačních průtoků.

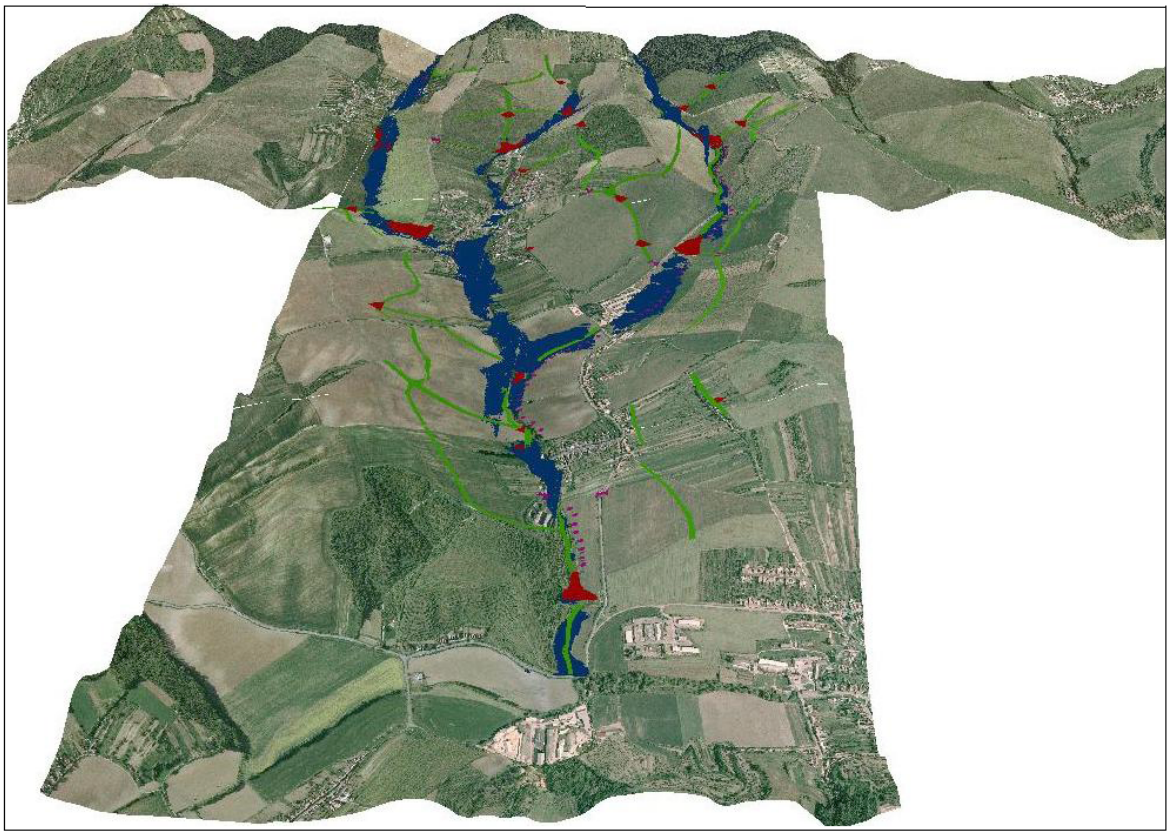
Tato opatření musejí být zakomponována do územních plánů jednotlivých obcí. Mezi sta-



7: *Navrhovaná opatření*

vebně-technická opatření spadá stavba teras, příkopů, záchytných průlehů, srubových překážek, poldrů a záchytných nádrží v údolnicích. Pro potřeby výzkumu byla k dispozici studie VH Ateliéru, navrhující stavebně-technická opatření.

Je třeba usilovat o vytvoření prostorové rovnováhy mezi hospodářským rozvojem a urbanizací území na straně jedné a potřebami využití území ke zpomalení odtoku a akumulací vody na straně druhé. Opatření v krajině jsou především změny využívání



8: *3D model dvacetileté vody při aplikaci protipovodňových opatření*

pozemků, změny rostlinného pokrytí, zatravnění břehů a tvorba protierozních mezí, tvorba vegetačních pásů a změny ve struktuře krajiny za účelem zachycení vody v povodí a zpomalení jejího odtoku. Hlavními cíli je tedy chránit půdu před účinky dopadajících kapek vody, podporovat vsak vody, zlepšovat soudržnost vody, omezovat sílu unášení vody a neškodně odvádět povrchově odtékající vodu. K tomu slouží neinvazivní, organizační opatření: ochranné zatravnění a zalesnění, protierozní osevní postupy, pásové pěstování plodin a pozemkové úpravy (orientace po vrstevnici). Článek se nevěnuje jednotlivým opatřením, která jsou zpracována v literatuře dostatečně (např. Janeček 2005; Janeček 2007, 2000), článek z nich vychází a čerpá za účelem splnění vytyčených cílů.

Dle analýz (sklon terénu, funkce šíření, orientace a absorpce) byla specifikována jako nejvíce ohrožená území se sklonem nad 15 %, kde se nacházely především ovocné stromy a vinice. Zde byl proveden návrh ochranných plošných lesů a teras. Pro ornou půdu jsou vhodné plodinové pásy s doporučením orby a setby po vrstevnici. Nezbytné je střídání vysokých kultur plodin s nízkými. Ke komunikacím a cestám byly navrženy příkopy. Zatravněné pásy byly navrženy v neupravených okolích vodních toků, aby zabraňovaly erozním rýhám.

Při stoleté vodě navrhovaná stavebně-technická protipovodňová opatření sníží hladinu na stav padesátileté povodně (zachytí 515,5 tis. M^3). 20% úbytek množství vody dále zachytí další navrhovaná opatření.

Stavebně-technická opatření v kombinaci s neinvazivními, organizačními opatřeními výrazně sníží dopady povodňové vlny.

Veškerá opatření byla navrhována bez zohlednění majetkových vztahů k půdě. Byla však provedena komplexní analýza střetu navrhovaných opatření se soukromým majetkem. Většina opatření se týká soukromých pozemků, což zásadním způsobem ovlivňuje realizovatelnost.

Výsledky aplikovaného výzkumu mají podobu textové zprávy, obsahují více než desítku map a několik interaktivních prezentací v SW schopném 3D modelování a analýz. Výsledky byly prezentovány a předány Odboru územního plánování Města Kyjov a starostům zainteresovaných obcí. Dle plánu budou investory Státní meliorační správa, obce a zemědělské družstvo, které obhospodařuje 75 % zkoumané plochy.

SOUHRN

Článek si klade za cíl prostředky prostorového modelování a následných analýz navrhnout komplexní přístup k rozboru příčin lokálních záplav sledovaného území povodí Moštěnky, zhodnotit připravená stavebně-technická opatření a navrhnout alternativní, popř. komplementární, neinvazivní opatření. Článek prezentuje stěžejní výsledky aplikovaného výzkumu, který byl prováděn v roce 2007 a 2008.

V práci jsou vyžity metody dálkového průzkumu Země, data ZABAGEDu a katastru nemovitostí. Vychází se ze studie protierozních opatření. Mapová algebra umožňuje kombinaci rastrových vrstev. Digitální model reliéfu je využit pro 3D modelování a prostorové analýzy sklonu terénu, funkce šíření, orientace a absorpce.

Prostorové modelování a následné analýzy probíhaly v následujících krocích:

1. Vyhodnocení změn v krajině nad digitalizovanými a digitálními leteckými snímky a z toho plynoucí identifikace příčin lokálních záplav ve sledovaném území.
2. Modelování navržených stavebně-technických opatření s následnou analýzou efektivity.
3. Návrh a modelování alternativních protizáplavových opatření s analýzou efektivity.
4. Modelování výsledného komplexního řešení.

Článek ukázal, že stavebně-technická opatření v kombinaci s neinvazivními, organizačními opatřeními výrazně sníží dopady povodňové vlny.

Veškerá opatření byla navrhována bez zohlednění majetkových vztahů k půdě. Byla však provedena komplexní analýza střetu navrhovaných opatření se soukromým majetkem. Většina opatření se týká soukromých pozemků, což zásadním způsobem ovlivňuje realizovatelnost.

Výsledky aplikovaného výzkumu mají podobu textové zprávy, obsahují více než desítku map a několik interaktivních prezentací v SW schopném 3D modelování a analýz. Výsledky byly prezentovány a předány Odboru územního plánování Města Kyjov a starostům zainteresovaných obcí. Dle plánu budou investory Státní meliorační správa, obce a zemědělské družstvo, které obhospodařuje 75 % zkoumané plochy.

geografické informační technologie, prostorové modelování, prostorové analýzy, záplavy

SUMMARY

The goal of this article is to project the complex access to the analyses of sources of local flash-flood of watched watershed area of Moštěnka River. In article is used space modeling a space analysis. Consequently to assess the prepared built-technical arrangements and to project alternative, complement, not invasive arrangements. The article presents the fundamental results of applied research, which was in 2007 and 2008.

In project are used the methods of remote survey of country, data of state databases ZABAGED and data of real estate cadastre. The project goes out from study of soil protection from erosion. Map algebra makes possible to combine raster layers. The digital model of relief is used for 3D modeling, space analysis – slope, function of diffusion, aspect, and absorption.

Space modeling and follow analysis were made in next steps:

1. The evaluation of changes in landscape with using digitalized and digital ortofotomaps, and from its resulting the identification of causes of local flash-flood in watched area.
2. The simulation of built-technical arrangements with analysis of affectivity.
3. The proposal and simulation of alternative, flash-flood arrangements with analysis of affectivity.
4. The simulation of the result complex solving.

The article shows, that the built-technical arrangements in combination with not invasive, organized arrangements markedly reduce fall-outs of flash-flood.

The all arrangements were design without the making provision for property relations to land. But the complex analysis of collidation of private property was made. The most of arrangements is planned on private land, that why it influences feasibility.

LITERATURA

JANEČEK, M., 2005: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Computer Press. 195 s. ISBN 80-86642-38.

JANEČEK, M., 2007: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.

Kol. autorů, 2007: *Jak jsme připraveni na povodně*. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost. 78 s. ISBN 80-02-01363-8.

LEGÁT, V., 2006: *Řešení odtokových poměrů v povodí Moštěnky*. Brno: VH Atelier, s. r. o. 1999.

LLOYD, CH.: *Local Models for Soatial Analysis*. Publisher CRC Press. 244 s. ISBN 978-0415316811.

PAVELKA, K., 1999: *Zpracování obrazových záznamů DPZ*. Praha: ČVUT. 138 s. ISBN 80-01-02031-2.

ŠMIDRKAL, J., 1992: *Fotogrammetrie a DPZ II*. Praha: ČVUT. 228 s. ISBN 80-01-00836-3.

TOMLIN, C. D., 1990: *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, New Jersey.

VANÍČEK, T.: *Některé teoretické problémy při konstrukci plátového digitálního modelu terénu* (on-line). Ostrava: VŠB [cit. 15. 10. 2008]. Dostupné na http://gis.vsb.cz/GISengl/Publications/GIS:Ova/ Referaty/vanicek.htm.

WILSON, J. P., 2000: *Terrain Analysis: Principles and Applications*. Publisher Wiley. 479 s. ISBN 978-0471321880.

ŽIHLAVNÍK, Š., SCHEER, L., 2001: *Dialkový prieskum Zeme v lesníctve*. Zvolen: TU vo Zvoleně. 164 s. ISBN 80-228-0785-0.

Adresa

Mgr. Jitka Machalová, Ph.D., Ústav informatiky, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika