

MODELOVÁNÍ VLIVU LESA NA SRÁŽKOOTOKOVÉ VZTAHY S POMOCÍ GIS

Jan Unucka¹, Markéta Hanzlová², Dušan Židek³, Martin Adamec⁴

¹ Institut geologického inženýrství, VŠB-TU Ostrava, ul. 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, ČR, jan.unucka@vsb.cz

² Institut geoinformatiky, VŠB-TU Ostrava, ul. 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, ČR, marketa.hanzlova@vsb.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K myslivně 3/2182 708 00 Ostrava-Poruba, ČR, zidek@chmi.cz

⁴ Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF OU Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, ČR, martin.adamec@osu.cz

Abstrakt. Geoinformační technologie (GIT) v současnosti představují nejpokročilejší nástroj pro analýzu geografických dat a modelování přírodních a krajinných procesů. Další napojení GIS a hydrologických modelů je pak logickým krokem v analýze a modelování v měřítku povodí. Srážkoodtokové, hydrodynamické a hydrogeologické modely nyní reprezentují výkonný a sofistikovaný software a spolu s erozními modely, ekologickými modely, DPZ a GIS přinášejí v podstatě komplexní nástroj pro management povodí, událostní a scénářové modelování. Jakkoliv je samotné napojení hydrologických a hydrogeologických modelů ve fázi vývoje a validace, již nyní lze využít některých možností podobných kombinací. Je zde jednak možnost využít komplexní komerční produkty jako je MIKE SHE nebo kombinovat jednotlivé modely v modulárním systému s definovanými rozhraními. Land use a land cover (LULC) patří mezi nejvíce významné faktory ve srážkoodtokových vztazích a hydrologické bilanci povodí. Konkrétně funkce lesního vegetačního pokryvu jako je intercepce, evapotranspirace, retence a detence patří mezi důležité hydrologické faktory. Hydrologické extrémny jako jsou sucha či povodně jsou výskytem a strukturou lesa ovlivněny stejně jako dlouhodobá hydrologická bilance povodí. Západokarpatské povodí Olše bylo studováno z hlediska ovlivnění srážkoodtokových vztahů existencí lesního vegetačního krytu. Tento výzkum byl prováděn s pomocí hydrologických modelů a geografických informačních systémů (GIS). Stejně jako lesy sehrávají důležitou roli ve srážkoodtokových vztazích, sehrávají významnou úlohu i v ochraně půdy a jako přirozená protierozní ochrana. Ta může být studována opět s pomocí modelů, přičemž dynamické erozní modely nyní představují výkonnější a lépe fyzikálně založený nástroj než empirické vzorce typu RUSLE. Stejně jako v případě hydrologických modelů můžeme povodí takto analyzovat na úrovni srážkoodtokových epizod nebo dlouhodobých scénářů. Výběr z výsledků bude prezentován i v tomto článku. Hydrologické modely, které byly k tomuto výzkumu použity, jsou HEC-HMS, MIKE SHE a HYDROG pro srážkoodtokové modelování, MIKE 11 pro hydrodynamické modelování a transformaci povodňové vlny v korytě toku a SWAT, SIMWE/GRASS GIS & WEPP pro dynamické modelování fluvialní eroze.

Klíčová slova: GIS, hydrologické modely, krajinný pokryv, les

Abstract. Geoinformation technologies (GIT) nowadays represent the state of the art in the analysis of the geospatial data and the modelling of the Earth and landscape processes. Further combination of GIS and the hydrologic models is the logical consequence for the analysis and modelling in the watershed scale. Rainfall-runoff, hydrodynamic and groundwater models represent now the ensemble of powerful and advanced software and together with dynamic erosion models, ecological models, remote sensing and GIS bring the complex solution for the watershed management, event and scenarios modelling. However the linkage of the hydrologic and groundwater models is still in the state of development and validation, some capabilities of these combinations can be utilized presently. There is a possibility to use the complex commercial products such as MIKE SHE or combine the standalone models in the modular system with defined interfaces for the communication and data exchange of the modelling software. Some illustrative cases of such linkages based on the principle of modularity are demonstrated and discussed in this article. Land use and land cover (LULC) are amongst the most important factors in rainfall-runoff balance of catchments. Forests functions as interception, canopy storage, evapotranspiration, retention and detention are the significant hydrologic factors. Hydrological extremes as floods and droughts are influenced so as long-term hydrological balance of catchment by the presence and structure of forest cover. Western Carpathian catchment of Olse/Olza river was studied from the perspective of forest influence to the rainfall-runoff relations and balance. These studies were made with the support of hydrological models and geographic information systems (GIS).

As the forest and vegetation cover plays the important role in the rainfall-runoff processes, so forests have to be considered as the important factor of soil conservation. The dynamic erosion models could represent a useful tool for fluvial erosion studying and land cover/forest function analysis beside the long-term research at experimental study catchments. Dynamic erosion models produce more complex solution and results than RUSLE. We can study catchment response during the rainfall-runoff episodes or within the long term simulations and scenarios. A range of results is described in this article. Modelling software utilized in this research were HEC-HMS, MIKE SHE and HYDROG for the rainfall-runoff modelling, MIKE 11 for the hydrodynamic and hydrograph transformation and SWAT, SIMWE/GRASS GIS & WEPP for the dynamical erosion modelling.

Keywords: GIS, hydrological models, land cover, forest

1. Úvod do problematiky a dosavadní výzkum v rámci lesnické hydrologie

Les a voda jsou spolu nerozlučně spjaty už z podstaty vyplývající z poznatků rostlinné fyziologie, hydropedologie, vývoje palearktické oblasti během kenozoika a zvláště pak holocénu (formování lesních vegetačních stupňů v atlantiku apod.) nebo praktické zemědělské činnosti oproštěné od vědeckých teorií a mnohdy i předsudků. Na úrovni hydrologie prodělával výzkum vlivu lesa na odtokové poměry vývoj v určitých etapách, kdy se střídal zájem s podceňováním a naopak, což se odráželo i ve společenských názorech, často podléhajícím skokovým změnám během extrémních odtokových situací. Každopádně

v moderní hydrologické literatuře, kterou lze označit za zásadní, jako jsou např. práce Maidmenta a kolektivu [23], Changa [16], Hewletta [15], Bevena [7] či v klasické publikaci Bedienta a Hubera [5] nově v reedici doplněné spoluautorem Baxterem E. Vieuxem [6], se vliv vegetačního pokryvu a lesa jednoznačně uvažuje a nezpochybňuje.

Z našich prací můžeme jmenovat zejména výstupy z výzkumu Zeleného, Chlebka a Jařabáče [17, 18] z beskydských experimentálních povodí Malá Ráztoka a Červík či ucelenou shrnující studii Kantora a kolektivu [20]. Studium vlivu lesního vegetačního krytu a také hospodářské činnosti v porostech na plaveninový režim se zabýval Buzek [9].

Zde však vyvstává několik zásadních problémů. V první řadě jsou výzkumná lesnická povodí stále příliš malým územním celkem (Malá Ráztoka 2,076 km², Červík 1,850 km²) a bez detailního průzkumu litologických, geomorfologických a hydrogeologických poměrů či srovnávání s dlouhodobými řadami hydrometeorologických dat před započítáním vlastního výzkumu je jakékoliv zobecňování závěrů poměrně problematické. Dalším faktorem je zde pak druh a stav porostu (převládající druhy, soubory lesních typů - SLT, stav podrostu, zakmenění atd.) a zejména stav půdního profilu, který je de facto faktorem vřůdčím. V neposlední řadě pak odlišný charakter hydrosynoptické situace (ukazatel předchozích srážek, stupeň nasycení povodí, cyklonální či přívalové srážky, intenzita ad.) určuje celkovou odezvu povodí, lesní porosty nevyjímaje.

Tuto poměrně komplikovanou výchozí situaci lze tedy shrnout tak, že odhlédneme-li od fyzickogeografických specifik území a charakteru studované hydrosynoptické situace či jejich souboru, les se uplatňuje ve srážkoodtokových (dále jen s-o) vztazích dvěma zásadními způsoby:

1. přímou účastí v s-o vztazích a bilanci
2. jako ochranný faktor půdního profilu

Pro detailnější studium těchto procesů lze doporučit zejména práci Kantora a kolektivu [20], Changa [16], Haana, Barfielda a Hayese [11], Hewletta [15] nebo Maidmenta a kol. [23].

Dílčí shrnutí lze nalézt mimo jiné v pracích autorského kolektivu [1, 2, 3, 4, 12, 13, 26, 27, 28, 29]. Pro ilustraci složitosti problematiky lze jen uvést následující. Kantor [20] uvádí ve své práci srovnávací tabulku intercepčních ztrát pro bukovou a smrkovou kmenovinu. Čerpá z prací jak pro USA, tak i pro ČR (Kantor, Zelený), Evropu (Benecke, Heuveldop) a Rusko (Rajev, Bitjukov). Z ní pak vyplývá, že průměrná hodnota intercepční ztráty pro bukovou kmenovinu činí 15,5 % srážek z volné plochy, pro smrkovou kmenovinu pak udává průměrnou hodnotu 31,5 % srážek z volné plochy [20], viz. tabulka 1. Rovněž správně zdůrazňuje nezanedbatelný vliv stoku po kmeni (angl. *stemflow*), který hraje v celkové bilanci zvláště v kmenovině s hladkou borkou (např. acidofilní bučina) nezanedbatelnou roli [11, 15, 16, 20, 22]. Proto je žádoucí do jisté míry opustit jistá vžitá klišé a příliš schematizovaný náhled na aktuální lesní porosty, jakkoliv se tyto liší od těch potenciálních klimaxových společenstev a přistupovat k managementu lesních porostů i z tohoto hlediska. Smrkové porosty hrají nezastupitelnou roli i v zachycování horizontálních srážek zejména v zimním období. Vliv lesa na vodní bilanci krajinné sféry je tedy v podstatě nezastupitelný [15, 16, 20, 23]. Z hlediska biogeografického a geobiocenologického pojetí právě respektování LVS, trofických a hydrických poměrů umožňuje volit a udržovat taková společenstva, která jsou přirozeně vitální a ekologicky stabilní.

Tabulka 1. Srovnání intercepce a stoku po kmeni v bukovém a smrkovém porostu (upraveno podle [20])

autor	smrková kmenovina [%]			buková kmenovina [%]		
	intercepce	porostní srážky		intercepce	porostní srážky	
		podkor. srážky	stok po kmeni		podkor. Srážky	stok po kmeni
Aussenac (1969)	34	64	2	17	76	7
Delfs et al. (1958)	36	63	1	-	-	-
Kantor (1980)	25	73.5	1.5	13	72	15
Krečmer (1983)	27	72	1	-	-	-
Molčanov (1960)	31	68.5	0.5	-	-	-
Válek (1977)	40	58	2	10	71	19
Weihe (1973)	33	66.5	0.5	19	61	20
Zelený (1971)	29	69	2	18	71	11
Průměr:	31.88	66.81	1.31	15.40	70.20	14.40

Podobně Chang [16] uvádí přehledové tabulky ve změně odtokových výšek (viz. tabulka 2) a koncentrací vybraných biogeochemických prvků v postupu let od těžebních zásahů. Sám však diskutuje nezbytné faktory pro zobecnění podobných lokálních poznatků. Co se týče určitých limitů pro zobecnění, lze uvést zejména následující:

- lesní vegetační kryt byl v rámci rozlohy povodí původně dominantní [16]
- průměrný roční úhrn srážek je vyšší než 400 mm [16]
- hloubka půdního profilu je větší než 1 m [16]
- redukce plošného rozsahu lesa je větší než 20 % [16]

Tabulka 2. Srovnání nárůstu výšky odtoku po těžbě na různých typech povodí USA (upraveno podle [16])

Povodí	Převládající typ porostu	Nárůst odtoku	
		mm	%
Coweeta	smíšený	427	65
Hot Springs	borovice ježatá (<i>Pinus echinata</i>)	370	38
Hubbard Brook	smíšený	343	40
Leading Ridge	smíšený	137	23
Fernow	smíšený	130	19
Bear Creek	smíšený, převaha borovic (<i>Pinus sp.</i>)	297	60
H.J. Andrews	douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	462	39
H.J. Andrews	douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	420	27
Coyote Creek	douglaska, borovice (<i>Pinus sp.</i>)	360	39
Marcell Experimental Forest	topoly (<i>Populus sp.</i>), břízy (<i>Betula sp.</i>)	81	39
Fool Creek	subalpínské porosty Skalístých hor	94	36
Wagon Wheel Gap	borovice osinatá (<i>Pinus aristata</i>)	15	8
Beaver Creek	borovice těžká (<i>Pinus ponderosa</i>)	99	63

Problematiku lze tedy shrnout konstatováním, že vliv lesa na fluvialní procesy a erozi nelze zjednodušovat na studium prostého výskytu či absence lesního vegetačního krytu, ale zároveň

s hydrologickými ukazateli je třeba studovat prostorovou a věkovou strukturu lesního porostu, zdravotní stav jednotlivých rostlinných synuzií, stav půdního profilu, typizovat hydrosynoptické situace a zejména výzkum provádět dlouhodobě. Vliv lesa a vegetačního krytu je koneckonců explicitně řešen i v infiltračních metodikách srážkoodtokových modelů jako je metoda Hortona, Holtana či SCS/CN (viz. např. [6, 23, 32]).

2. Využití GIS a hydrologických modelů v lesnicko-hydrologickém výzkumu

Jakkoliv nelze přínos lesnicko-hydrologického výzkumu v této oblasti snižovat, přece jen zde vyvstávají určitá omezení, z nichž převládající je skupina společensko-ekonomických limitů (finanční náročnost podobného dlouholetého výzkumu). Druhou skupinou jsou časoprostorová omezení pro zřizování podobných experimentálních povodí – jednoduše řečeno, je časově, provozně a finančně neúnosné je zřizovat kdekoliv, o libovolné výměře a provozovat je bez omezení libovolně dlouho.

Proto se v této souvislosti využití GIS a hydrologických modelů nabízí jako vhodné řešení, byť jsou ještě zkušenosti v tomto ohledu omezené. Přesto i na úrovni studia změn klimatu a jejich možných dopadů na hydrologii a lesy v rámci Národního klimatického programu se spojení GIS a různých typů modelů využilo rovněž [3]. Základním východiskem je fakt, že jak GIS, tak hydrologické modely různým způsobem pracují s **prostorovými daty** (angl. *spatial data*). Proto se spojení GIS coby analytického nástroje pro preprocesing (předzpracování dat) a postprocesing (závěrečné zpracování dat a vizualizace) a hydrologických modelů de facto etablovalo v celosvětovém měřítku – blíže např. práce Maidmenta a Djokice [23] či Vieux [31]. Rovněž autorský kolektiv se tématu poměrně intenzivně věnoval [1, 2, 3, 4, 12, 13, 26, 27, 28, 29].

Ve studiu vlivu změn land use a land cover (LULC) či aktuálního stavu stran rozšíření a charakteru lesních porostů se využití GIS může shrnout do následujících oblastí:

1. úvodní preprocesing, schematizace povodí pro s-o modely
2. zpracování vstupních hydrometeorologických dat (prostorová interpolace dat ze srážkoměrných stanic apod.)
3. schematizace scénářů pro výzkum (změny land use, změny procenta zalesnění či převládajícího typu porostu)
4. postprocesing výstupů z modelů (kartogramy, rastrové mapy, v případě využití hydrodynamických modelů generování hladin a rozlivů apod.)

Dalším důležitým hlediskem je v případě využití GIS a hydrologických modelů možnost **simulace scénářů**. Po úvodních kalibracích na úrovni epizod vyvstává možnost simulovat časové řady na úrovni let či desítek let. Zde se právě uplatňuje aspekt studia krátkodobé i dlouhodobé odezvy povodí na změny LULC či hydrometeorologických charakteristik (*global climate change*).

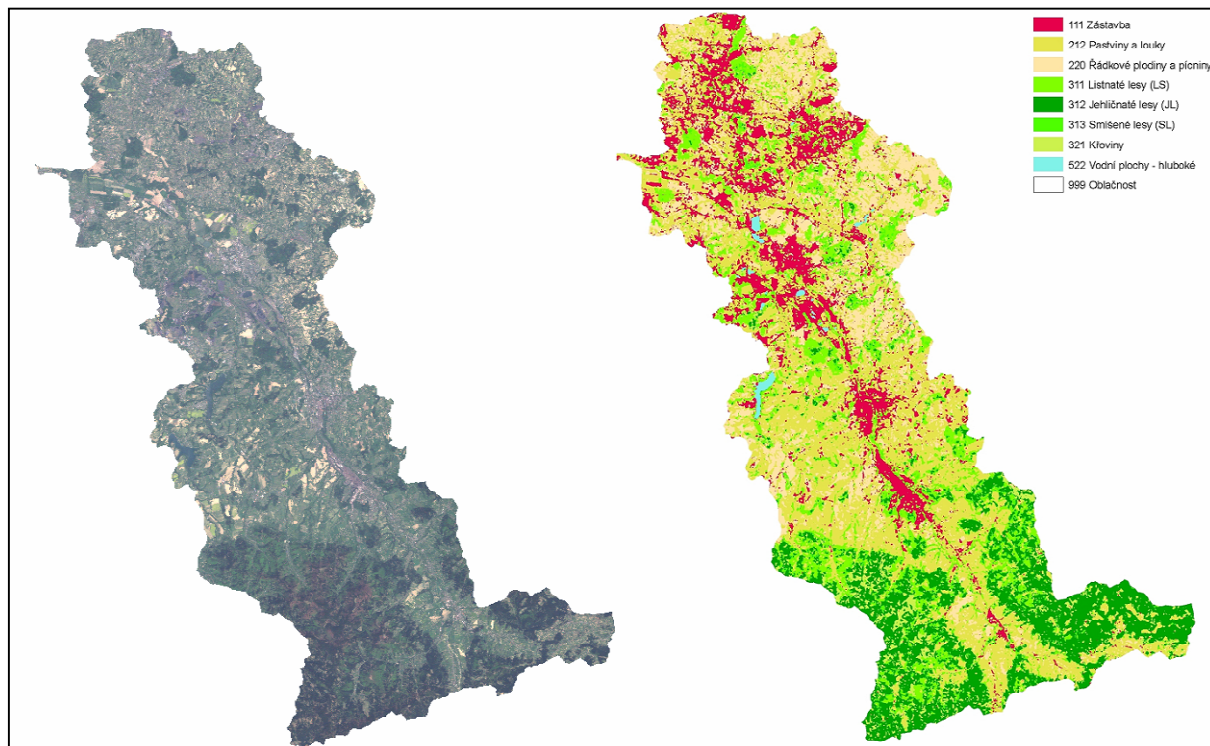
Jeden z významných zdrojů aktuálních dat land use a land cover (LULC) představuje Dálkový průzkum Země (DPZ). DPZ zdroje byly využity při tvorbě databáze CORINE Land Cover (<http://reports.eea.europa.eu/COR0-landcover/en>), která je dnes ve velké míře využívána v krajinném managementu a s ním spojeným modelováním změn LULC (první CLC je aktuální k roku 1990, druhá k roku 2000 a další bude k roku 2010). Je také hojně využívána při schematizaci povodí pro účely srážkoodtokového modelování. Databáze CORINE Land Cover byla vytvořena interpretací družicových snímků LANDSAT a dalších podpůrných dat do kategorií CORINE LC nomenklatury. Přestože je využívána jako zdroj LULC pro s-o modelování, jeví se mnohdy nedostatečná především pro modely menších povodí (tedy pro

měřítku větší než 1:25 000). Jde zejména o výjimečnost členitosti české krajiny (CORINE nomenklatura některé jevy nepostihuje, např. mozaikovitý ráz krajiny), dále o nedostatečné rozlišení zemědělských ploch, které je třeba pro s-o proces odlišit vzhledem k různým infiltračním schopnostem půd podmiňovanou rostoucí vegetací.

V úvahu pak přicházejí jiné zdroje dat LULC a dojde většinou na samotnou klasifikaci družicových dat podle vlastního klasifikačního schématu či jakémukoli standardně užívanému schématu (USGS, UNESCO atd.). Na základě potřebného měřítka či velikosti studované oblasti lze využít následujících zdrojů dat DPZ:

1 : 25 000 – 1 : 5 000 Data s velmi vysokým rozlišením (prostorové rozlišení v řádu 1 m) (IKONOS, QuickBird, OrbView 3, Formosat-2)

1 : 100 000 – 1 : 25 000 Data s vysokým rozlišením (prostorové rozlišení v řádu 10 m) (LANDSAT, SPOT, ASTER, IRS, ALI, HYPERION)

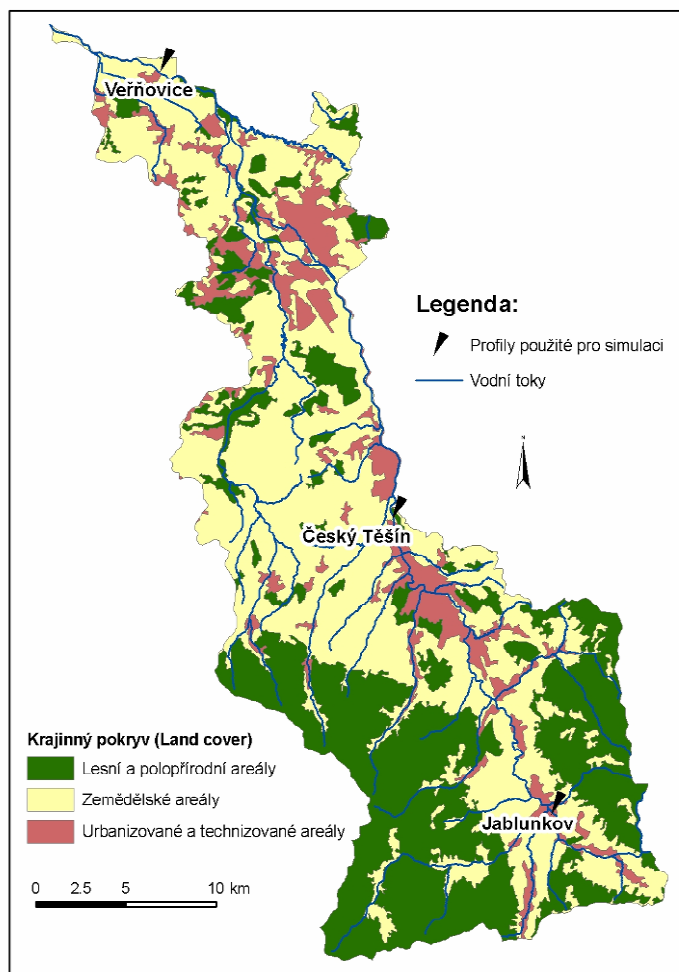


Obr. 1. LANDSAT ETM+ (RGB 321) ze 4.5.2002 a LULC data vytvořená klasifikací tohoto snímku

Transparentní metodou s-o modelování ve vztahu odtokové charakteristiky a LULC je bezesporu metoda CN křivek. Odtokové charakteristiky v podobě čísel CN křivek pro třídy LULC lze v literatuře [6, 11, 19, 23] poměrně snadno nalézt. GIS v tomto případě sehrává významnou roli jako nástroj pro asociaci CN křivky s LULC, kde dalším rozměrem této asociace jsou půdní poměry (hydrologická skupina půd, HSP). Pomocí GIS analýz typu UNION, DISSOLVE a úpravou atributové části dat lze vytvořit kombinaci *LULC-HSP-CN*, která při simulaci scénářů poskytuje přímější vazbu LULC a s-o procesu.

3. Stručný popis pilotního území

Povodí Olše (2-03-03) náleží k povodí Odry (2-03), kdy se pod Věřňovicemi na Bohumínsku Olše vlévá do Odry. Olše jako taková tvoří na podstatné délce toku hranici mezi ČR a Polskem. Geologicky a geomorfologicky patří k Severním vněkarpatským sníženinám (Ostravská pánev) a Vnější západním Karpatům (Západobeskydské podhůří, Západní Beskydy).



Obr. 2. Přehledová mapka zájmového povodí

převládají květnaté bučiny, acidofilní bučiny a jedliny, v nižších polohách pak dubohabřiny a lipové doubravy a dále lužní lesy. Vegetační doprovod významnějších toků tvoří podhorské olšiny a podmáčené dubové bučiny [33]. Aktuální zalesnění povodí Stonávky je 19 %. Území patří do PLO 40 (Moravskoslezské Beskydy) a 32 (Slezská nížina) a plošně nejrozsáhlejšími SLT jsou 6S, 5B, 4H a 3H.

Tabulka 3. Zastoupení hlavních typů ploch dle CORINE

Typ krajinného pokryvu (Land Cover)	Plocha [km ²]	Podíl LC na celkové ploše
Urbanizované a technizované areály	78.13	12.21%
Lesní a polopřírodní areály	231.22	36.12%
Zemědělské areály	330.72	51.67%

4. Použitý software

Použitý software lze rozdělit do dvou základních skupin a sice:

1. GIS a DPZ programy (ArcGIS 9.x, ArcView GIS 3.2, GRASS GIS 6.x, IDRISI)
2. hydrologické a dynamické erozní modely (HEC-HMS, HYDROG, HEC-RAS, MIKE SHE, MIKE 11, SWAT, SIMWE, WEPP)

Pro detailnější popis jednotlivých programových prostředků lze odkázat na manuály výrobců nebo na články autorského kolektivu [1, 2, 3, 4, 25, 26, 27, 28, 29].

Obecný postup a kontinuita použití byly již diskutovány v kapitole 2. Pro modelování tedy platí základní schéma, že GIS připraví data pro hydrologické modely (schematizace povodí a říčních úseků), popř. zpracuje hydrometeorologická data. Obě skupiny dat se poté předávají hydrologickým modelům, které vyprodukují hydrogramy pro schematizované elementy (profily na tocích, závěrové profily povodí, výpusti vodních děl apod.), hydrodynamické modely vypočítají průběh hladin v profilech apod. Poté se informace předá opět GIS, který provede finální postprocessing dat, který sestává především z finálních analytických a vizualizačních operací. U dynamických erozních modelů (SWAT, SIMWE, AGNPS, WEPP apod.) se situace poněkud liší od výše popsaného postupu, protože u výše jmenovaných je celé uživatelské rozhraní ve formě extenze či modulu GIS software (ArcView GIS, GRASS GIS) a jen během výpočtu se předá řízení samotnému jádru modelu. Takže preprocessing, simulace i postprocessing zde většinou zcela probíhají v prostředí GIS.

K modelovacímu software lze ještě zmínit fakt, že jednotlivé produkty se liší použitím metodik pro hydrologickou a hydraulickou transformaci ovzdušné srážky na povodí s tím, že mnohdy nabízí modelovací produkt použití více metodik najednou v rámci jediného projektu (např. HEC-HMS). Pro skupinu hydrologické transformace se celosvětově rozšířily metodiky Hortona, SCS CN (*Soil Conservation Service Curve Number*), Green-Ampt a metody jednotkového hydrogramu (Clark). Všechny jmenované metodiky byly využity i zde. Pro hydraulickou transformaci na povodí (*2D overland flow*) či v korytech toků (*1D channel routing*) se etablovala především s-s-o modelech metoda kinematické vlnové aproximace, v modelech hydrodynamických HEC-RAS a MIKE 11 se používají kromě kinematické vlnové aproximace i metodiky difuzní vlnové aproximace a další.

Používání odlišných metodik není samoúčelné, každá metodika reaguje citlivěji na odlišné vstupní hodnoty nebo se parametrizuje ze souboru jiných stavových veličin. Proto srovnáváním výstupů z modelů za použití odlišných metodik umožňuje do jisté míry zobecnění výsledků simulací.

Pracovní postup v rámci samotných simulací představuje úvodní výstavbu modelu, poté kalibrace na vybrané srážkoodtokové epizody a reálný stav LULC v rámci povodí. Poté dochází k samotné simulaci scénářů změn LULC (v rámci příspěvku procentní míry zastoupení lesních porostů v ploše povodí).

5. Vybrané srážkoodtokové epizody

Pro úvodní kalibrace modelů i následné simulace změn LULC byly použity dvě srážkoodtokové epizody:

- a) 18.-19.7.2002
- b) 5.-7.9.2007

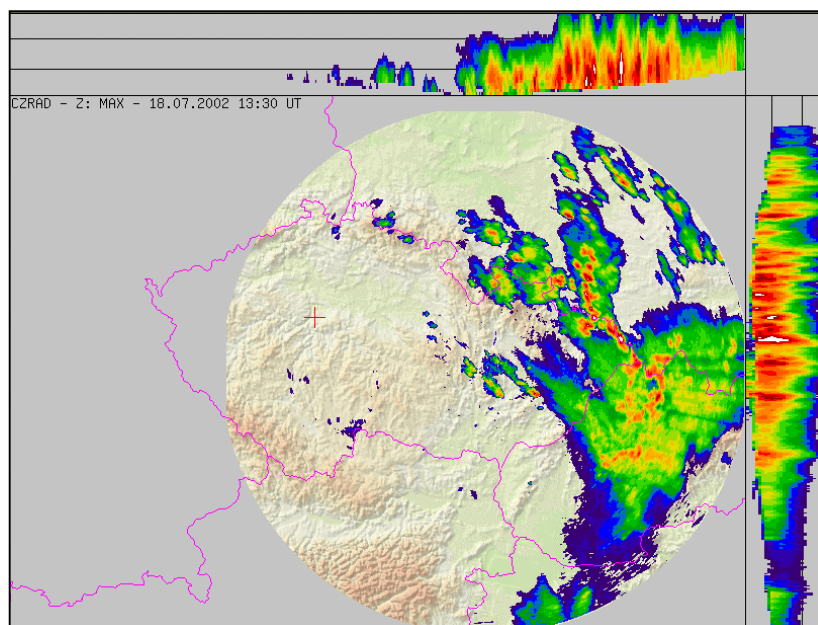
Epizoda 18.-19.7.2002

V prvním případě se jednalo o povodeň typu *flash flood*, kdy extrémní srážkové úhrny územně omezeného rozsahu indukovaly rychlý povrchový odtok v postiženém povodí. S ohledem na podmínky zájmového území došlo k orograficky podmíněnému zesílení srážek v povodí Stonávky v odpoledních hodinách dne 18.7.

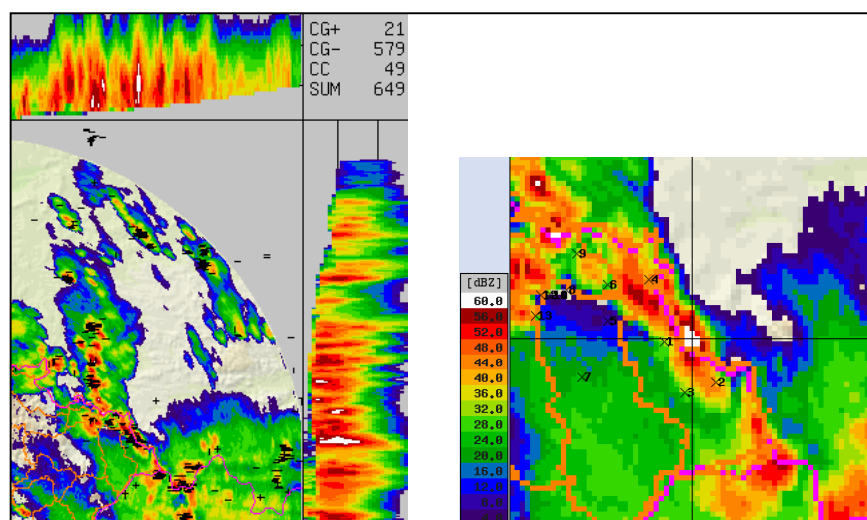
Střední Evropu v té době ovlivnila středomořská tlaková níže s přílivem teplého a vlhkého vzduchu od jihu.

V průběhu dne 18.7.2002, v odpoledních hodinách a nočních hodinách v noci na 19.7.2002 přes zájmové území postupoval významný oblačný systém spojený se srážkovou činností, zpočátku velmi intenzivní a spojenou s bouřkami.

Srážkové úhrny, které epizodu provázely se pohybovaly na postiženém území mezi 20 –70 mm, hodinové úhrny srážek dosáhly lokálně až 30 mm.



Obr. 3. Situace zachycená meteorologickým radarem ČHMÚ Skalky – 18.7.2002 13:30

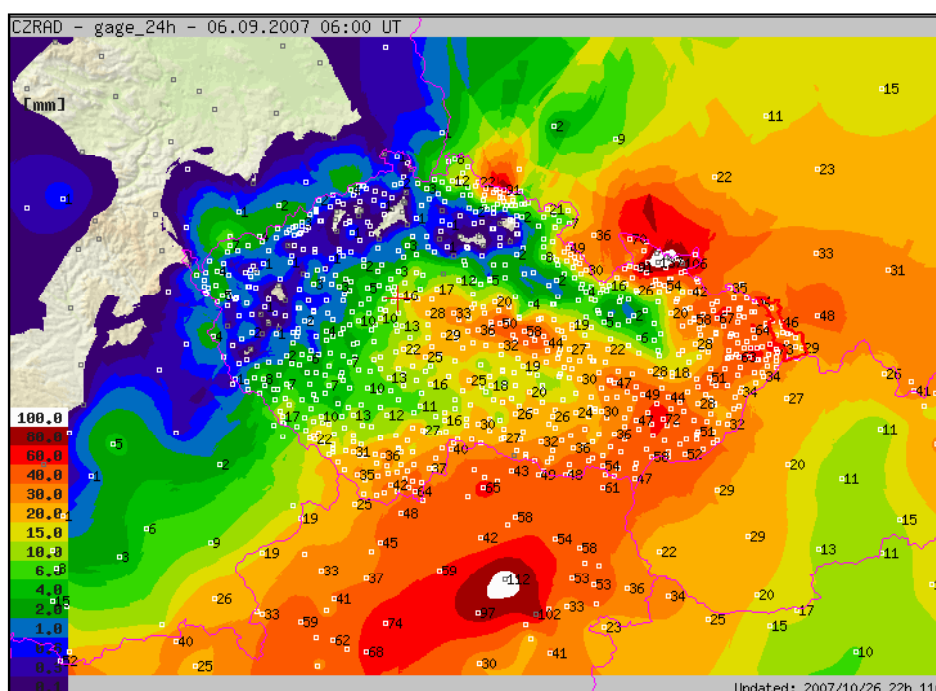


Obr. 4. Detail situace z 18.7.2002 13:30

Epizoda 5.-7.9.2007

Druhý případ představuje povodeň vyvolanou regionálními dešti z cyklonální situace. Ve dnech 4.9. a 5.9. se nad střední Evropou vytvořila ve vyšších vrstvách atmosféry tlaková níže a přesunula se nad Balkánský poloostrov. Frontální rozhraní spojené s touto níží začalo ovlivňovat náš region.

Srážky se během dne 5.9. od východu rozšířily postupně na celé zájmové území. V odpoledních a večerních hodinách se již ve většině lokalit vyskytoval vytrvalý déšť. Hodinové srážkové úhrny se v té době pohybovaly cca do 5 mm/hod., intenzita však postupně sílila. Během noci na 6.9. se tento efekt projevil především na návětrné severní a severovýchodní straně Jeseníků. Krátce po půlnoci a nad ránem 6.9. se hodinové srážkové úhrny pohybovaly mezi hodnotami 10 - 14 mm.hod⁻¹. Během 6.9. pokračovaly srážky na většině regionu s proměnlivou intenzitou víceméně po celou dobu dne. Odpoledne a večer dne 7.9. srážky slábly a ustávaly.

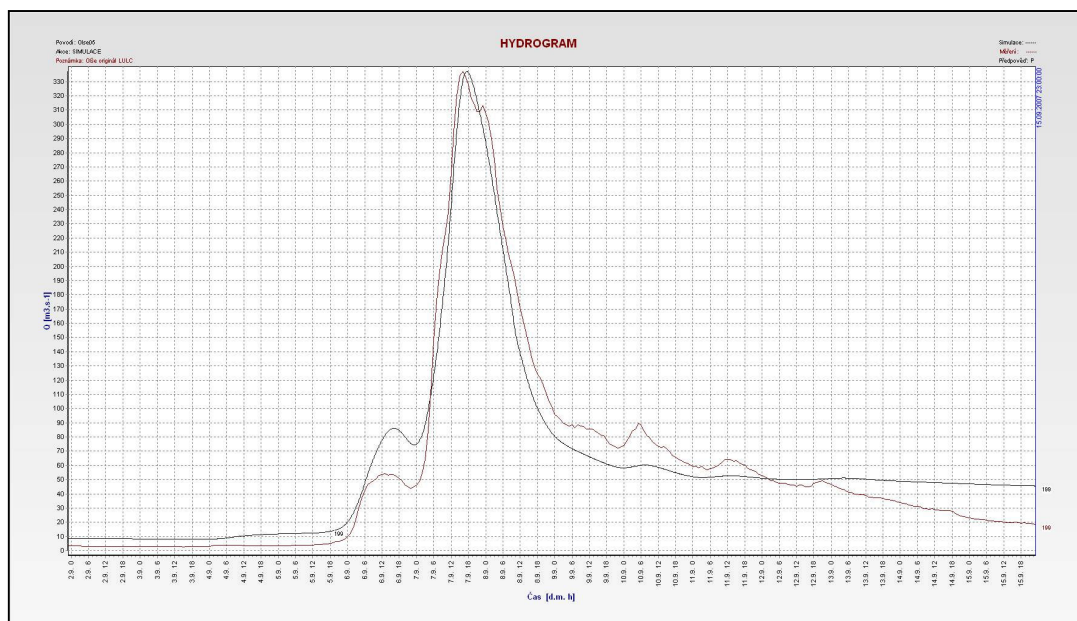


Obr. 5. Přehled prostorové distribuce srážkových úhrnů 6.9.2007

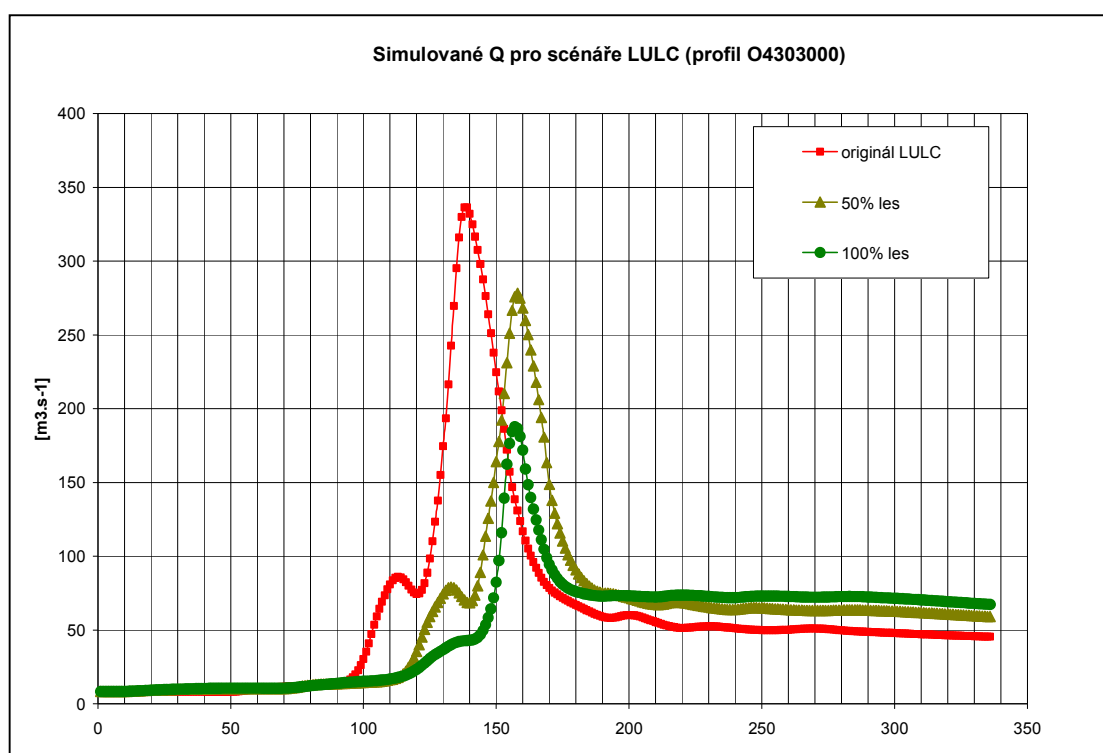
6. Výsledky simulací v s-o modelech

Scénář testování byl stanoven na simulaci zkalibrovaného modelu (viz. obr. 6) nad reálným stupněm zalesnění (= originální LULC), který byl při schematizaci stanoven z DPZ snímků, vrstvy CORINE Land Cover a vrstvy souboru lesních typů (SLT ÚHÚL).

Poté se míra zalesnění pro celé povodí navýšila na 50 % (přednostně zdrojová subpovodí u hlavní rozvodnice 2-03-03) a konečně se území fiktivně zalesnilo úplně – tj. míra zalesnění byla stanovena na 100 %. V metodice Hortona (HYDROG) a Green-Ampt (HEC-HMS) se typ lesa nerozlišuje, v metodice SCS CN (HEC-HMS, SWAT) se typ lesa uvažuje (smrkový, listnatý, smíšený) – v takových případech byly porosty nastaveny v nižších polohách na listnaté (bučiny, lužní lesy), ve vyšších na listnaté (bučiny) a smíšené (bukové jedliny). Při nastavení byly respektovány lesní vegetační stupně (LVS). Samotné CN křivky byly revidovány pro lesní oblasti.



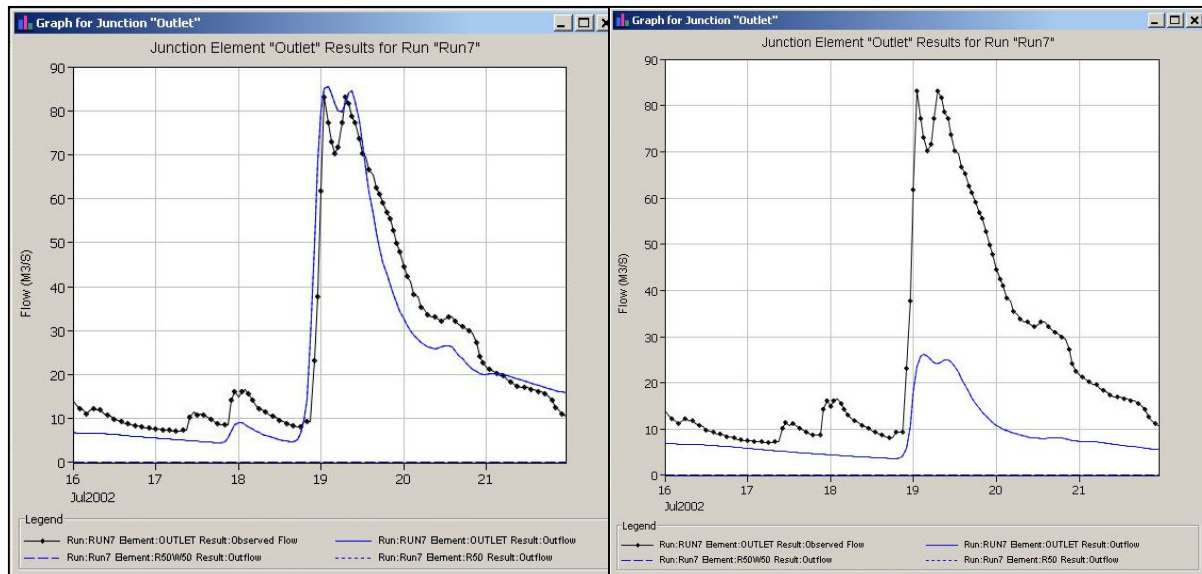
Obr. 6. Simulovaný hydrogram pro s-o epizodu 4.-15.9.2007 (černá křivka) srovnáný s měřeními Q pro tutéž epizodu (hnědá křivka) (HYDROG)



Obr. 7. Výsledky simulací jednotlivých scénářů (originální LULC, 50% les, 100% les) pro epizodu 4-15.9.2002 (HYDROG)

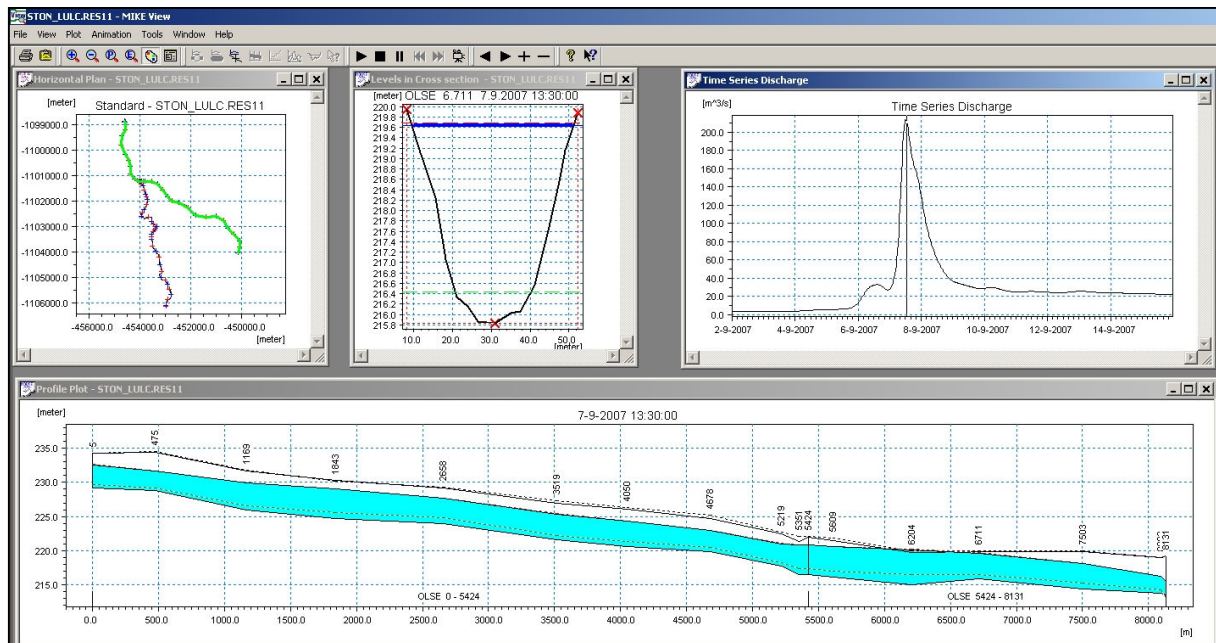
Bez rozdílu použité metodiky je možné rozdělit parametry vyplývající z LULC rozdělit na **parametry bilanční** (stanovení ztráty na povodí, efektivní srážky, popř. evapotranspirace) a **parametry drsnostní** (pro 2D povrchový odtok). Dynamické erozní modely krom samotné

informace o vegetačním krytu vyžadují další detailnější parametry jako je hloubka kořenů, LAI (angl. *Leaf Area Index*, index plochy listů) atd.

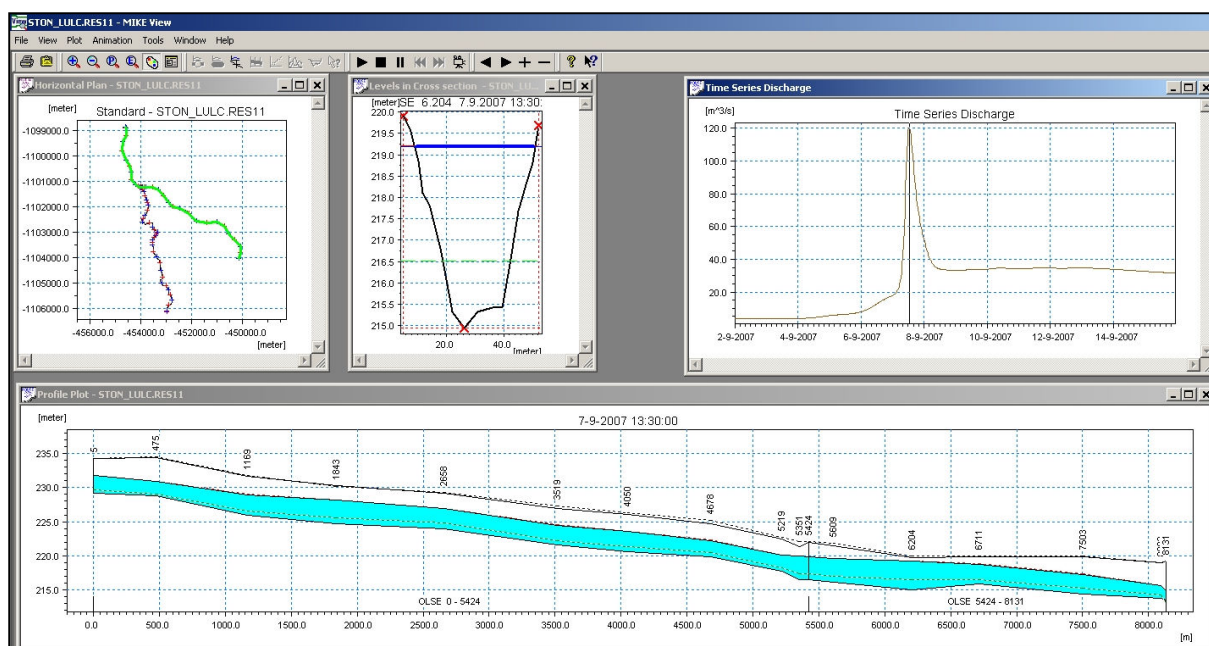


Obr. 8. Srovnání simulovaného kulminačního Q (modrá křivka) pro aktuální LULC v povodí (vlevo) a pro 100% zastoupení lesa (vpravo) v povodí pro epizodu 18.-20.7.2002 (HEC-HMS)

Změny v hodnotách průtoků (dále jen Q) byly studovány na vybraných závěrových profilech subpovodí a na závěrovém profilu celého povodí, který byl stanoven k hlásnému a předpovědnímu profilu kategorie A Věřňovice (O4303000). Pro epizodu 18.-20.7.2002, která měla nevyrovnanou distribuci srážkových úhrnů na povodí a tudíž i nasycení povodí nebylo prostorově homogenní, se snížení kulminačního Q pro krajinný pokryv „100 % les“ projevilo ještě výrazněji.



Obr. 9. Výsledky simulací průběhu hladin v hydrodynamickém modelu MIKE 11 v oblasti soutoku Olše a Stonávky a originální LULC pro epizodu 4.-15.9.2007



Obř. 10. Výsledky simulací průběhu hladin v hydrodynamickém modelu MIKE 11 v oblasti soutoku Olše a Stonávky a pro 100% zastoupení lesa v povodí pro epizodu 4.-15.9.2007

7. Závěry, další postup prací

Studium problematiky lze shrnout do 3 oblastí:

1. studium možností samotného GIS a modelovacího software
2. studium vhodnosti použití jednotlivých metodik
3. studium vlivu lesního vegetačního krytu a LULC na s-o procesy

K bodu č. 1 lze konstatovat, že na úrovni softwarového řešení v současnosti nejspíš neexistuje vhodnější varianta a kombinace pro analýzu hydrologických procesů. Pokud je ansámbl GIS a hydrologických modelů navíc verifikován pomocí měření hydrometeorologických veličin či přímo existencí experimentálního povodí, otevírají se v podstatě neomezené možnosti analýz za pomoci vyspělých metod.

U bodu č. 2 je možné doplnit, že předpokládaná odlišná citlivost a reakce metodik na vstupní parametry schematizace i samotná vstupní hydrometeorologická data se během analýz potvrdila. Studium na úrovni dalších s-o epizod a scénářů a následné statistické zpracování či citlivostní analýza pak umožní zobecňovat dosažené dílčí výsledky. Samotné metodiky je pak možné doplnit a rozšířit o explicitní řešení evapotranspirace (metody jako Priestley-Taylor, Penman-Monteith apod.). Pokud je výzkum na úrovni modelů a GIS doplněn zmiňovaným terénním šetřením, lze i samotnou infiltraci v půdním profilu šetřit numerickou metodou ve vybraném software (WHI Unsat Suite, HYDRUS 1-D) apod.

V bodě č. 3 shodně s předchozím bodem platí nutnost dalšího detailnějšího studia a následná interpretace a kvalifikace výsledků, aby bylo možno vliv lesního vegetačního krytu a LULC na s-o a erozní procesy zobecňovat.

Modelování vlivu lesa na odtokové poměry a fluvialní erozi prokázalo vliv lesního vegetačního krytu jak použitím s-o, tak dynamických erozních modelů. Další simulace

a verifikace modelů v pilotním území i na jiných povodích je nezbytným krokem před zevšeobecnováním dosavadních poznatků. Podrobnější zkoumání je pak vhodné zaměřit i na studium samotné porostní struktury a zdravotního stavu lesa. GIS a hydrologické modely krom úlohy coby nástrojů pro podporu rozhodování pak mohou splňovat i vzdělávací funkci jako nástroje poznání komplexity přírodních systémů.

Jak výstižně a nadčasově napsal Aldo Leopold [21]: „*Mnoho ochranných metod je zjevně povrchních. Přehradní bránící záplavám nemají žádný vztah k příčinám těchto záplav. Záchytné přehradní terasy nemají nic společného s příčinami eroze. Krmelce a líhně zajišťující přísun zvěře a ryb nevysvětlují, proč onen přísun vázne. Obecně vzato, naše zkušenost nám ukazuje, že v krajině, stejně jako v lidském těle, symptomy mohou být v jednom orgánu a příčina v jiném. To, čemu nyní říkáme ochrannost, je ve velké míře jen místním zlepšením mnohem rozsáhlejší nemoci. Ona ulehčení jsou potřebná, ale nesmějí být zaměněna za léčbu. Umění krajinářského flikování se ujalo, ale věda krajinářského lékařství ještě není zrozena.*“

Poznámka:

Výzkum byl financován z následujících projektů, za což by autoři rádi poděkovali.

- "Výzkum a vývoj modulového systému aplikací využitelných v oblasti integrovaného vodního hospodářství", který je finančně podpořen MPO v rámci programu TANDEM (FT-TA2/009).
- GA 205/06/1037 "Využití geoinformačních technologií pro zpřesňování srážko-odtokových vztahů"
- Výzkumný projekt Moravskoslezského kraje 01562/2006/RER „*FLOREON - Floods REcogniton On the Net*“ <http://floreon.vsb.cz>

8. Reference:

1. ADAMEC, M., UNUCKA, J. (2005): *Vliv dostupnosti a mezinárodní výměny dat na predikci povodňových stavů přihraničních toků na příkladu povodí Olše*. In Transformační procesy 1990 - 2005. 10.10.2005-11.10.2005 Ostrava. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2005. s. 232 - 238, ISBN 80-7368-106-4
2. ADAMEC, M., BŘEZKOVÁ, L., HANZLOVÁ, M., HORÁK, J., UNUCKA, J. (2006): *Modelování vlivu land use na srážko-odtokové vztahy s podporou GIS*. Příspěvek na konferenci Říční krajina 4. Olomouc, PřF UPOL, s. 335-350, ISBN 80-244-1495-3
3. ADAMEC, M., HANZLOVÁ, M., HORÁK, J., UNUCKA, J., ŽIDEK, D. (2007): *Modelování hydrologických extrémů s podporou DPZ a GIS*. In Sborník semináře Změny v krajině a povodňové riziko. Praha 5.6.2007, 12 s., ISBN 978-80-86561-87-5
4. ADAMEC, M., UNUCKA, J. (2007): *Modelování vlivu land use na erozní procesy s podporou GIS*. In sborník konference Říční krajina 2007. PřF UP, Olomouc (v tisku)
5. BEDIANT, P.B., HUBER W. C. (2001): *Hydrology and floodplain analysis*. 2nd edition. London, Prentice Hall. 763 s., ISBN: 1428831282
6. BEDIANT, P.B., HUBER, W.C. et VIEUX, B.C. (2007): *Hydrology and floodplain analysis*. 4th edition. Prentice Hall, London, 795 s., ISBN: 978-0131745896
7. BEVEN, K.J. (2002): *Rainfall-runoff modelling*. The Primer. London, John Wiley & Sons. 372 s., ISBN: 978-0470866719
8. BROWN, A.G., QUINE, T.A. eds. (1999): *Fluvial processes and environmental change*. London, John Wiley & Sons, 413 s., ISBN: 978-0471985488
9. BUZEK, L. (1998): *Eroze lesní půdy v Moravskoslezských Beskydech*. In: Veronica, 12. zvl. číslo „Krajina a povodeň“, XII, Regionální sdružení ČSOP, Brno, s. 40 – 41
10. BUZEK, L., KRÍŽ, V., ŘEHÁNEK, T. (2000): *Hodnocení vodní eroze lesní půdy v povodí horní Ostravice formou plaveninového režimu*. In: Sborník prací PřF OU, 189, 8, Ostrava, s. 37 – 57

11. HAAN, C.T., BARFIELD. B.J., HAYES, J.C (1994): *Design hydrology and sedimentology for small catchments*. London, Academic Press, Inc., 588 s., ISBN: 978-0123123404
12. HANZLOVÁ M., UNUCKA J., VOŽENÍLEK V. (2006): *Využití a pokryv krajiny (LULC) ve vazbě na hydrologické modelování*. Příspěvek na XXI. Sjezdu České geografické společnosti, České Budějovice, 30.8.-2.9.2006, ISBN 978-80-7040-986-2
13. HANZLOVÁ, M., HORÁK, J., UNUCKA, J. et al.(2006): *Klasifikace pokryvu území v povodí Bělé pro hodnocení srážko-odtokových poměrů*. In konference GIS ve státní správě, Brno, 8 s.
14. HARMON, R.S., DOE III, W.W. eds. (2001): *Landscape erosion and evolution modeling*. New York, Kluwer Academic Publ., 540 s., ISBN: 978-0306467189
15. HEWLETT, J.D. (1986): *Principles of forest hydrology*. Athens, University of Georgia Press, 183 s., ISBN: 978-0820323800
16. CHANG, M. (2006): *Forest hydrology*. 2nd edition. London, Taylor & Francis, 474 s., ISBN: 978-0849353321
17. CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M.(1998): *Optimalizace koloběhu vody z hlediska stability lesních ekosystémů a ochrany krajiny a vodních zdrojů*. Závěrečná zpráva k oponentnímu řízení úkolu č. 9211. Frýdek-Místek, VÚLHM, s. 7-102
18. CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M., HOŠEK, A. (1997): *Dlouhodobé odtoky z malých lesnatých povodí*. In Zpravodaj Beskydy. MZLU Brno, s. 51-56
19. JANEČEK et al. (1999): *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha, nakladatelství ISV, 202 s., ISBN: 80-85866-86-2
20. KANTOR, J et al. (2003): *Lesy a povodně*. Praha, MŽP. 48 s., ISBN: 80-7212-255-X
21. LEOPOLD, A. (1999): *Obrázky z chatrče a rozmanité poznámky*. Sand County Almanac. Tulčík, Vydavatelství Abies. 264 s.
22. LYON, JOHN G. ED. (2003): *GIS for Water Resources and Watershed Management*. Boca Raton, CRC Press. 266 s., ISBN: 0-415-28607-7
23. MAIDMENT, D.R. ED. (1993): *Handbook of Hydrology*. 1st edition. London, McGraw-Hill Professional. 1424 s., ISBN: 978-0070397323
24. MAIDMENT, D., DJOKIC, D. ED. (2000): *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems*. Redlands, ESRI Press. 232 s. ISBN: 978-1879102804
25. NEITSCH, S.L., ARNOLD, J.G. et al. (2002): *Soil And Water Assesment Tool Theoretical Documentation*. Temple, Blackland Research Centre, 506 s.
26. UNUCKA J., HORÁK J., RAPANTOVÁ N. (2005): *Možnosti propojení GIS s hydrologickými a hydrogeologickými modely*. In Sborník konference Hydrologické dny 2005. Bratislava, Slovensko, 21-23.9.2005. s. 198- 210, 13 stran, ISBN 80-88907-53-5
27. UNUCKA, J. (2006): *Hydrologické a vodohospodářské aspekty revitalizace Bečvy*. Disertační práce. PřF OU Ostrava, 178 s.
28. UNUCKA, J. (2007): *Modelování hydrologických procesů s podporou DPZ a GIS*. In sborník workshopu Informační technologie pro modelování krizových situací – IT4DM. VŠB-TU Ostrava, 13.9.2007, 15 s., ISBN 978-80-248-1537-4
29. UNUCKA, J., HORÁK, J., RAPANT, P., RAPANTOVÁ, N. (2007): *Využití GIT a numerických modelů pro komplexní management povodí*. In sborník konference Říční krajina 2007. PřF UP, Olomouc (v tisku)
30. VÁŠKA, J.et al. (2000): *Hydromeliorace*. Praha, ČKAIT, 220 s., ISBN 80-86426-01-7
31. VIEUX, B. E. (2004): *Distributed Hydrologic Modeling Using GIS*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 289 s., ISBN: 978-1402024597
32. WARD, A., TRIMBLE, S. W. (2004):. *Environmental Hydrology*. 2nd. Edition. CRC Press & Lewis Publishers, 504 s., ISBN: 978-1566706162
33. WEISMANNOVÁ, H. et al. (2004): *Ostravsko*. In Mackovčín P. et Sedláček, M. eds.: *Chráněná území ČR, svazek X*. Praha, AOPK & EkoCentrum Brno, 456 s., ISBN 80-86064-67-0