



HYDRODYNAMICKÉ MODELOVANIE POVODŇOVEJ SITUÁCIE NA TOKU OLŠAVA

HYDRODYNAMIC MODELING OF FLOOD EVENTS ON THE RIVER OLSAVA

Jana SABOLOVÁ - Janka SABOVÁ - Jozef SABO

Abstract

Catastrophical flood events that happened in Slovakia showed destructive power of water and they pointed to importance of solution of the problem that is directed to the questions connected with flood protection. The most of floods and destructions were situated in the Eastern Slovakia. Global warming causes that rainy weather are more intensive, long – terming and that is why there are damages of material poverty, environment but losses of human being lives, too. For efficiency judgment of flood protection and flood protection rules there is successful using of GIS devices and hydrodynamic modeling.

Key words

Flood events, GIS, Assessment, Hydrodynamic modeling.

Úvod

Príroda je zložitým systémom, kde prebieha množstvo procesov. Sledovanie a porozumenie hydrologických procesov sa stáva stále dôležitejším z dôvodu ochrany ľudských životov a majetku. K ich pochopeniu a vzájomnej závislosti nám môžu pomôcť modely simulované v počítačovom prostredí. Práve GIS je nástrojom na spracovanie veľkého množstva dát a informácii získaných meraniami a pozorovaním, ktoré však značne závisia na ich správnej interpretácii. Rôzne simulácie povodňových situácií pomáhajú odhadnúť ekonomické a sociálne dopady pri modelovanej intenzite povodne.

Modelovanie reálnych stavov ohrozených oblastí

Výhodou modelovania je možnosť simulovať nielen reálny stav v sledovanej oblasti, ale aj návrhy opatrení na zamedzenie negatívnych dopadov povodne a vyhodnotenie ich účinku. Na zosúladenie legislatívy Slovenskej Republiky (SR) a Európskej Únie (EU) bola transponovaná smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík [1] do právneho systému SR zákonom č. 7/2010Z. z. o ochrane pred povodňami [2], ktorý nadobudol účinnosť 1.februára 2010. Zákon definuje opatrenia na ochranu pred povodňami a povinnosti pri hodnotení a manažmente povodňových rizík s cieľom znížiť nepriaznivé dôsledky povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť. Podľa tohto zákona, sú členské štáty EU povinné vyhotoviť mapy povodňového ohrozenia a povodňového rizika do 26.decembra 2013. Čo sa týka vyhotovovania povodňových máp, zákon dopĺňa Vyhláška č. 419 Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky z 13. októbra 2010 [3], ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vyhotovovaní máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika.



Zákonom predpísané charakteristiky priebehu povodne sú:

- rozsah povodne znázornený záplavovou čiarou,
- hĺbka vody alebo hladina vody,
- rýchlosť prúdenia vodného toku alebo príslušný prietok vody.[3]

Na Slovensku sa používajú software – hydrodynamické modely vyvinuté v zahraničí a sú to hlavne MIKE a HEC-RAS. MIKE je vytvorený medzinárodnou konzultačnou a výskumnou organizáciou DHI, ktorá pôsobí aj na Slovensku. HEC-RAS vyvinul U.S. Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (HEC) v roku 1964. Tento produkt je stále zdokonaľovaný a je kompatibilný so súčasnými GIS nástrojmi. Pomocou extenzie ArcGISu – HecGeoRas je možné pripraviť si geometriu dát potrebných pre hydrodynamické modelovanie ako sú digitálny terénny model, priečne rezy, línie toku, brehov koryta atď. Jeho výhodou je, že je to voľne šíriteľný software (freeware). Z tohto dôvodu bol vybraný pre hydrodynamické modelovanie povodňovej situácie na toku Olšava.

Oblasť rieky Olšava bola vybraná z týchto dôvodov: v roku 2010 bola na rieke Olšava povodeň, ktorej prietok sa rovnal takmer storočnej vode. Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. vytvoril pracovný tím, ktorý pomocou geodetických nástrojov zaznamenal hranice záplavy a výšky hladín z tejto povodne. Týmto zameraním boli získané kvalitné podklady pre porovnanie výsledkov matematického modelovania so skutočným stavom počas povodne a pre kalibráciu matematického modelu neustáleného prúdenia na záujmovom úseku toku. V minulosti nebola na vodnom toku Olšava modelovaná povodňová situácia

Získavanie a spracovanie geodetických podkladov

Na základe metodických pokynov Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p. OZ Košice o spracovaní údajov o povodniach bolo v mesiaci máj a jún zrealizované polohopisné a výškopisné zameranie hranice záplavového územia na viacerých tokoch postihnutých oblastí Východného Slovenska.

Zameranie bolo realizované v súradnicovom systéme S – JTSK a výškovom systéme Balt po vyrovnaní prístrojmi: univerzálna meračská stanica LEICA TCR 802 ultra a LEICA GPS 900 CS. Zamerané boli stopy výšky hladiny vody, ktoré sa zachovali, resp. boli vyznačené obyvateľmi a technickými pracovníkmi správcu toku tzv. Poriečnymi.

Jednotlivé znaky sa nachádzali na obytných domoch, objektoch, mostoch, hrádzach, ďalej všetky stopy po povodni - mokré stopy na fasádach domov a zľahnuté obilie na poliach. Hranice zaplaveného územia boli zaznamenané aj podľa svedectva miestnych obyvateľov.

Údaje získané zameraním boli spracované pomocou programu LeicaGeo Office a následne importované do programu WinKokeš 10.18. Boli vyhotovené zoznamy jednotlivých zameraných bodov s uvedením polohopisných súradníc X, Y, a nadmorských výšok Z v systéme Balt p.v. vo formáte txt., ktorý bol ďalej spracovaný v GIS systéme ArcGIS 9.3.

Meranie a spracovanie geodeticko – hydrografického pasportu

Rekognoskáciou terénu, pri ktorej bolo preskúmané koryto vodného toku a jeho okolia, boli určené stanoviska a spôsoby stabilizácie bodového poľa.

Na základe morfológie terénu bola zvolená hustota meraných bodov, ktorá zachytávala zmeny smeru toku, hĺbky dna koryta, brehov a iné nerovnosti koryta.

V okolí vodného toku, do vzdialenosti približne 100 m boli zamerané výškové body terénu. Toto zameranie údolných profilov je potrebné pre spresnenie DTM a lepšie poznanie priebehu reliéfu. Pre hydrodynamické modelovanie je potrebná znalosť geometrie objektov na

toku ako sú mosty, lávky, priepusty, ochranné stavby. Na toku Olšava v obci Bohdanovce sa nachádza most, ktorého geometrické parametre bolo potrebné zmerať.

Na zameranie bodov toku Olšava bola použitá univerzálna meračská stanica LEICA TCR 802 ultra a LEICA GPS 900 CS (dva kusy jedno-frekvenčných aparátů s rádiomodemom).

Zameriava a vytyčuje podrobné body pomocou RTK (real time kinematic) metódy s pripojením na štátnu priestorovú sieť SKPOS. Pri meraní priečných profilov na toku Olšava v mesiaci máj bola v koryte nízka hladina vody, takže bolo možné v niektorých úsekoch prejsť koryto v tzv. rybárskych čižmách.



Obr. 1 Body geodetického merania údolných profilov v teréne zobrazené v programe ArcGIS (ortofotomapa- zdroj Geodis Slovakia, s.r.o), (zdroj autor)

Kvalita priestorových údajov DTM v oblasti

Kvalita priestorových údajov DTM v oblasti toku Olšava - obcí Bohdanovce, Blažice a Nižný Čaj:

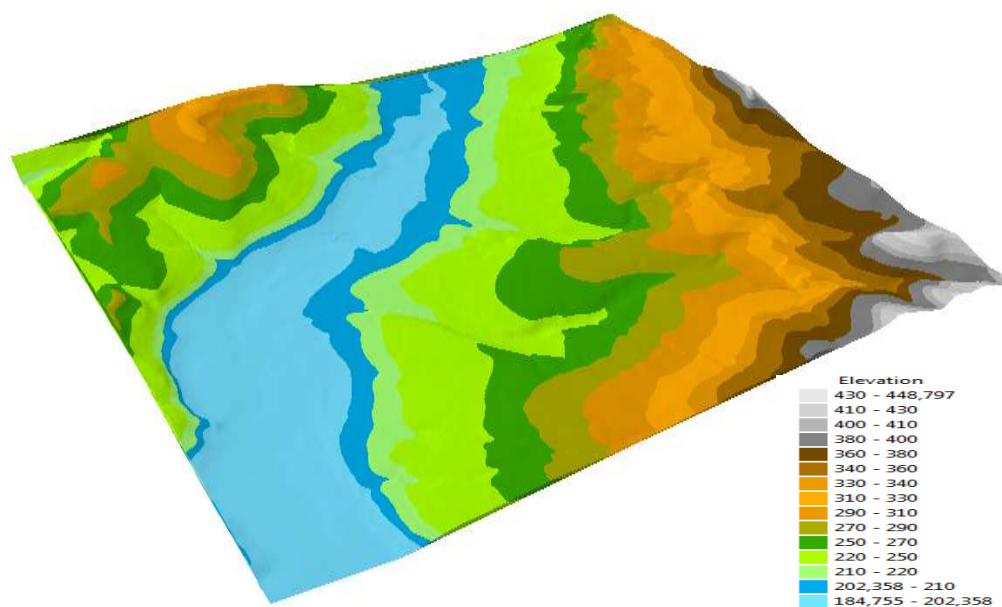
- pôvod priestorových dát – ako vstupné údaje pre tvorbu DTM boli použité vektorizované vrstevnice v mierke 1: 5 000 a merané body údolných profilov.
- polohová presnosť (horizontálna a vertikálna) - polohová a vertikálna presnosť vrstevníc v mierke 1: 500 je podľa 74/2001 Z.z, vyhlášky 461/2009 [4] , $|\Delta d| \leq 0,67[(dm + 12)/(dm + 20)]$, kde dm je dĺžka vypočítaná zo súradníc a dm je dĺžka spojnice určená z priameho merania. Presnosť meraných bodov priečných a údolných profilov je podľa výrobcu použitého GPS prístroja pri použití RTK metódy hranice 2 cm v polohe a 4 cm vo výške.



- atribútová presnosť – presnosť atribútov bola porovnávaná a aktualizovaná pomocou leteckých snímok, obhliadkou a meraním v teréne – hodnotím ako vysoko kvalitnú
- kompletnosť – všetky objekty (v tomto prípade most v Bohdanovciach) na modelovanom úseku boli zamerané pri terénnom meraní a mapovaní

Pri tvorbe DTM bola zachovaná logická konzistencia a schémantická presnosť.

- časová informácia – merania boli vykonané v mesiaci marec 2011, ďalšia obhliadka bola v máji 2011. Vrstevnice v mierke 1: 5 000 sú z roku 2007.



Obr. 2 Digitálny terénny model oblasti rieky Olšava

Hlavné etapy hydrodynamického modelovania:

- Pre – processing.
- Hydraulický výpočet.
- Post – processing.

Príprava vrstiev v HEC-Georas (Pre-processing)

Pre-processing použitím HEC-GeoRasu nám v GIS umožňuje pripraviť si geometriu prvkov s atribútmi, ktoré sú potrebné pre hydrologický výpočet v programe HEC-RAS. Úlohu Pre – processingu môžeme zhrnúť do týchto bodov:

1. Príprava 2D kriviek vymedzujúcich os toku, priečne profily, brehy toku a smery prúdenia vody.
2. Použitie nástrojov aplikácie HecGeoRas na vytvorenie 3D dát na základe DMT. Konkrétne sa bude jednať o úpravu kriviek pripravených v predchádzajúcom kroku.
3. Generovanie súborov s geometrií koryta pre import do HEC-RAS.[5]



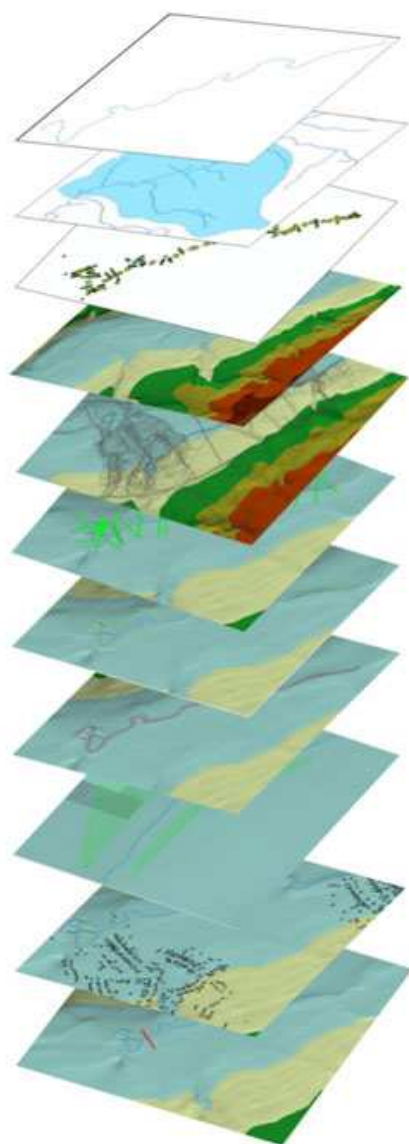
Obr. 3 Zobrazenie vrstiev Pre – Processingu vytvorené pomocou HecGeoRas v ArcScene
(zdroj autor)

Na obr.4 sú popísané vrstvy, ktoré boli potrebné pre etapu pre-processingu v programe HecGeoRas a popísané zdroje dát pri ich tvorbe.



Hydrodynamické modelovanie HEC - GeoRas

Tematické vrstvy - zdroje dát



Riečna sieť - získaná vektorizáciou mapových podkladov v mierke 1 : 5000, spresnené pomocou geodetických meraní výškových bodov dna toku a mapových snímok (ortofotomáp)

Povodie - v mierke 1 : 10 000, čiastkové povodie modelovaného toku vyznačené na základe mapových podkladov autorom

Priečne a údolné profily - dáta získané z hydrologických pasportov a meraní v teréne pomocou GPS

Digitálny terénny model - vytvorený z vrstevníc v mierke 1 : 5 000, údolných a priečných profilov. Vytvorený TIN štruktúrov.

Využitie krajiny (LandUse) - dáta získané z katastrálnej mapy, ortofotosnímkov a terénnej obliadky

Línie priečných rezov (Cross-sections) - profily priečných rezov sú extrahované z bodov terénu

Línia záplavy (Flowpath) - získaná geodetickým meraním hranice záplavy a výšok hladín reálnej povodne

Brehy koryta toku (Banks) - dáta získané z hydrologických pasportov a geodetickým meraním v teréne

Neefektívne oblasti (Innefektive area) - údaje získané obliadkov terénu a povodňovou obliadkou

Obštrukcie (Obstructions) - údaje získané z katastrálnych máp z Katastrálneho úradu v digitálnej forme a leteckých snímok

Mosty - dáta získané z hydrologických pasportov a meraní v teréne

Obr. 4 Zdroje dát hydrodynamického modelovania na toku Olšava (zdroj autor)

Hydrologické výpočty v programe HecRas

V programe HecRas sa spracovávajú geometrické podklady pripravené v pre-processingu nadstavbou Hec-GeoRas.

Celý postup spočíval v týchto krokoch:

- Založenie nového projektu HEC-RAS, načítanie geometrie toku a hydrologických dát.



- Doplnenie chýbajúcich vstupných parametrov modelu a kontrola dát pripravených v GIS.
- Spustenie výpočtu ustáleného nerovnomerného prúdenia, kalibrácie a prípadná úprava modelu.
- Export výsledkov na spracovanie v GeoRas.[5]

Podľa Slovenského hydrometeorologického ústavu je hodnota prietoku Q na toku Olšava, meraného na vodomernej stanici v Bohdanovciach:

- pre $Q_{20} = 72 \text{ m}^3/\text{s}$
- pre $Q_{50} = 87 \text{ m}^3/\text{s}$
- pre $Q_{100} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$
- pre $Q_{\text{máj}2010} = 98 \text{ m}^3/\text{s}$

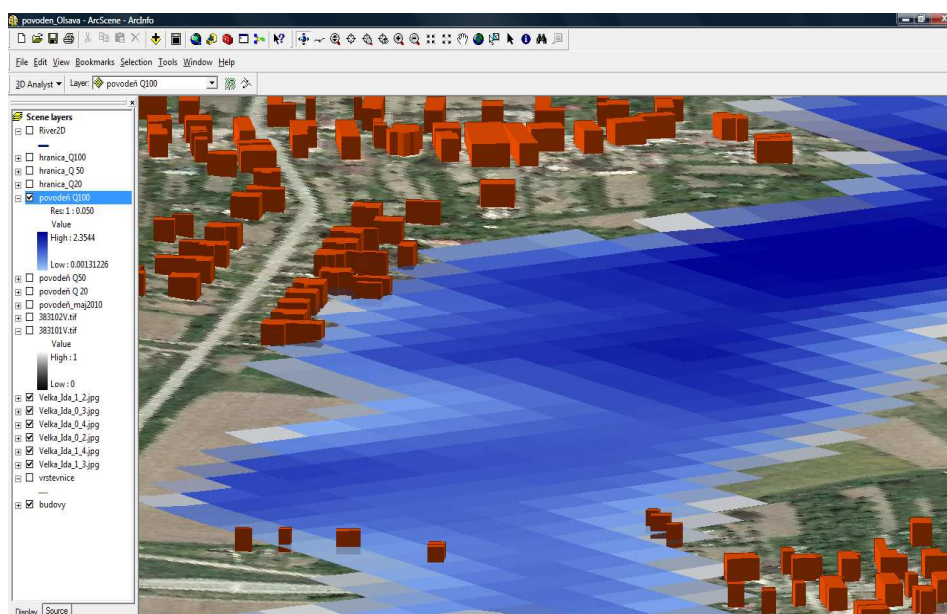
Ako okrajová podmienka pri výpočte normálnej hĺbky bola zadaná hodnota $S = 0.001$.

Hodnotenie výsledkov modelovania (Post-processing)

Pri importe výstupných dát z HecRas si program vyžiada zadefinovanie exportného súboru z HecRas, povrchu územia vo formáte TIN a gridové rozlíšenie veľkosti jednotlivých buniek gridu. Podrobnosť a presnosť gridovej vrstvy je priamo úmerná výške hodnoty gridového rozlíšenia. Pri spracúvaní týchto vstupných dát sa dá relatívne konformne postupovať podľa roletového menu PostRas-u. [5]

Je vytvorená mapa hladín pre jednotlivé Q a polygóny, ktoré predstavujú záplavové čiary. Týmto vieme určiť oblasť záplavy a výšky hladín v jednotlivých bunkách gridu.

Mapy hĺbok nám zobrazujú hĺbku vody v jednotlivých bunkách gridu pre jednotlivé Q_{max} . Sú generované pri vstupe výsledkov hydrodynamického modelovania do GIS a to pomocou výpočtu rozdielu výšky medzi rastrom digitálneho terénneho modelu a vypočítanými kótami hladín.



Obr. 5 Detailné zobrazenie gridu mapy hĺbky Q_{100} hladiny v ArcScene

Rozsah zaplavového polygónu sa zhoduje, no sú tam drobné nepresnosti, maximálne 20 m, čo pripisované nepresnostiam DTM.

Taktiež v hodnotách výšky hladín v prvých dvoch profiloch, v ktorých prebieha hydraulický výpočet, vznikajú nepresnosti zapríčinené nedostatočným spätným prepočtom krivky hladiny, preto tieto výšky hladín treba brať viac menej ako orientačné.



Obr. 6 Porovnanie výsledkov modelovania s povodňou v máji r. 2010

Súhrn

Hydrodynamickým modelom povodňovej situácie na toku Olšava v 10. až 13. riečnom kilometri (rkm), prechádzajúcom obcami Bohdanovce, Nižný Čaj a Blažice, boli získané záplavové čiary prietoku pre Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} a prietok Q , ktorý bol počas povodne v máji 2010.

Keďže v roku 2010 postihla túto oblasť povodňová vlna s takmer storočným prietokom, tak bola počas povodne pomocou geodetických prístrojov podrobne zaznamenaná táto udalosť, ktorá zanechala vysoké škody na majetkoch obyvateľstva.

Výsledky modelovania pre $Q_{máj2010}$ boli porovnávané so skutočnou povodňou.

Výsledky práce môžu byť použité:

- pri tvorbe územných plánov obcí,
- pre hodnotenie povodňovej hrozby a povodňového rizika,
- pri návrhoch protipovodňových opatrení a predvídaní n-ročného prietoku správcom toku, ktorým je Slovenský vodohospodársky podnik, š.p.,
- na tvorbu vodohospodárskych plánov obcí vyplývajúcich zo zákona,
- ako podklad pre poisťovacie inštitúcie.



Použitá literatúra

- [1] SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2007/60/ES O HODNOTENÍ A MANAŽMENTE POVODŇOVÝCH RIZÍK,
- [2] PAULIKOVÁ, Alena: Ekologické aspekty povrchových úprav = Ecological aspects for surface finishing. 2002. In: Acta Mechanica Slovaca. Roč. 6, č. 2 EI-'02 (2002), s. 277-281. - ISSN 1335-2393,
- [3] ZÁKON č. 7/2010 Z.z O OCHRANE PRED POVODŇAMI,
- [4] VYHLÁŠKA 419 Z.z Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky,
- [5] 74/2001 Z.z, VYHLÁŠKY 461/2009 , Návod pre obnovu katastrálneho operátu,
- [6] HAZLINGER, M 2007, Porovnanie výsledkov modelovania povodňovej hrozby pomocou modelov Fénix a Hec-Ras vo vybranom modelovom území,
- [7] <http://www.ibgproject.sk/spolocnost/aktuality-a-oznamy/posudenie-vplyvov-na-zivotne-prostredie-eia-environmental-impact-assessment/>.

Kontakt:

jana.sabolova@svp.sk

janka.sabova@tuke.sk

jozef.sabo@tuke.sk