

Environmentální modelování a GIS



Nástroje studia dynamiky a prognózy vývoje geosystémů

Proč environmentální modelování ?

- Jedná v současnosti o nejefektivnější nástroj studia chování geosystémů (zejména ve spolupráci s GIS) – v podstatě experiment ve virtuální realitě bez nutnosti zásahů do reálného systému (odlesnění, umělá injektáž kontaminantů apod.)
- Výhodou je **možnost predikce** budoucího chování těchto systémů (využívá se zejména v předpovědi počasí, prognóze vývoje klimatu či hydrologickým předpovědím)
- **Didaktický** (výuka, osvěta v ochraně přírody) a **prezentační** nástroj (podpora rozhodování v krizovém řízení, územním plánování apod.)



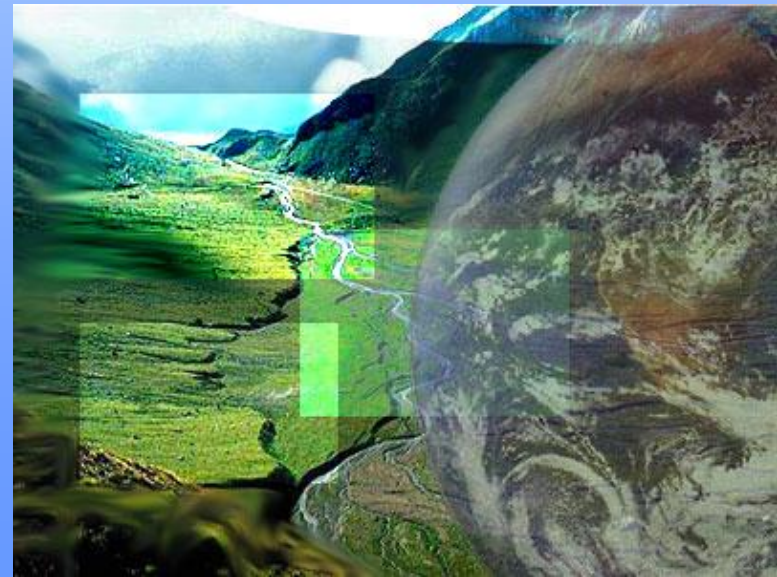
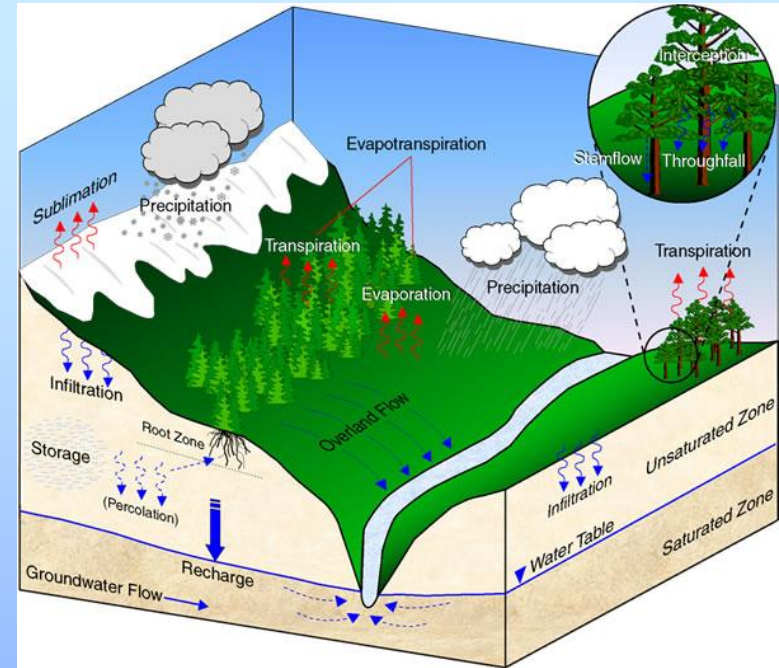
Základní motivace:

„Potřebujeme informace (včasné a dostatečně kvalitní), abychom minimalizovali rizika a škody.“



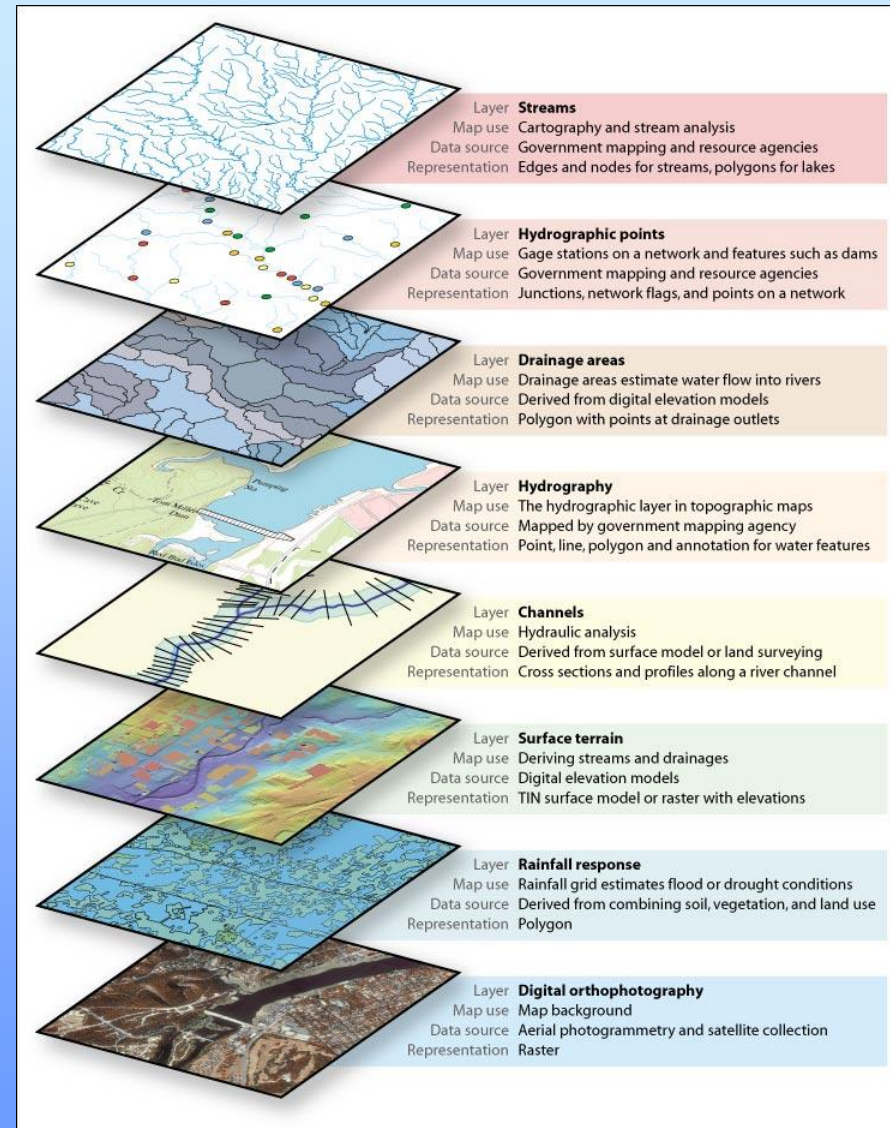
Co je to environmentální model ?

- Jedná o specializovaný typ software (programového prostředku), který simuluje chování určitého environmentálního problému v prostorově vymezeném území (může být i celá Země) a jeho vybraných doménách (vodní prostředí, půda, vegetace) a jejich kombinacích
- Vycházejí z prvních hydrologických modelů (postupné doplňování funkcionalit)
- Masivnějšímu rozšíření doposud bránil výkon počítačů (dnes již neplatí) a odborná náročnost práce s tímto typem SW (teoretické znalosti, informatická zručnost uživatele)

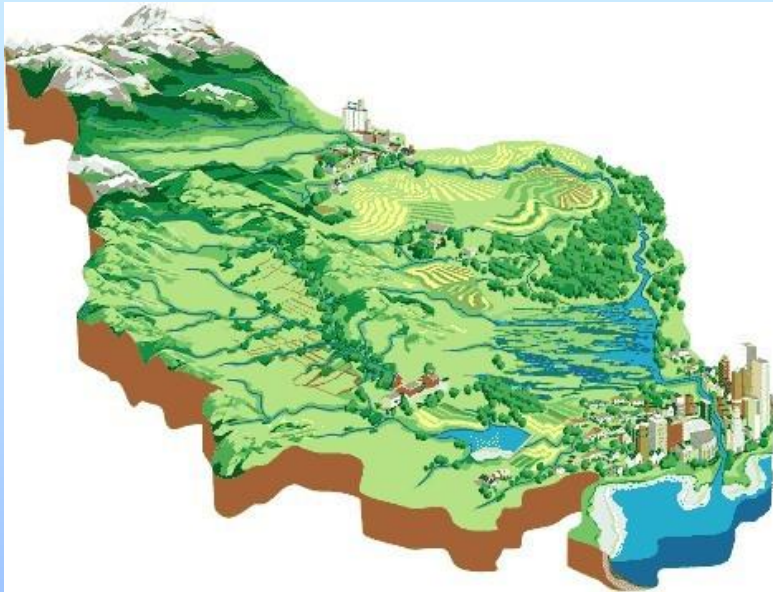


Pojem „model“

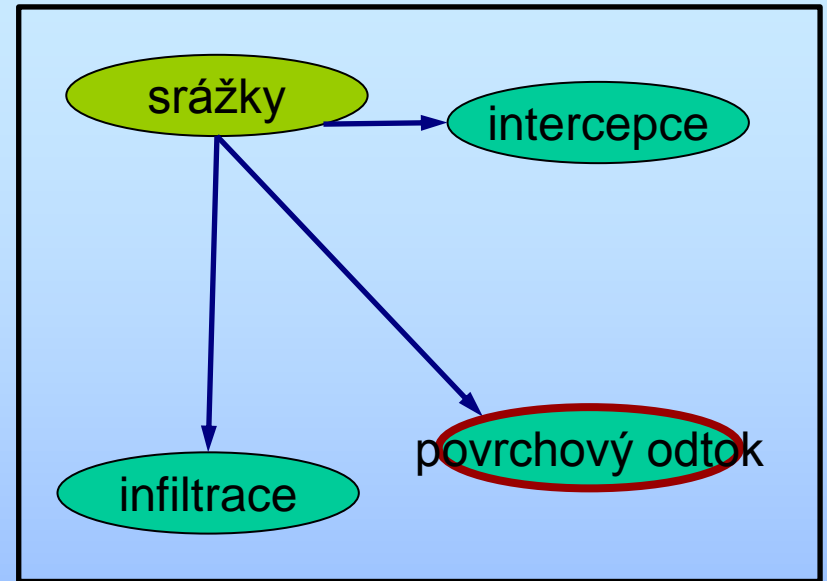
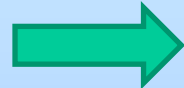
- Jedná se tedy o **abstrakci a matematické vyjádření klíčových vlastností** prvků zájmové domény (systemu) - povodí, svahu, vodní nádrže, troposféry & akt. povrchu, oceánu.
- Snaha o **zachování klíčových prostorových entit a jejich vzájemných vazeb** (např. hydrografická síť, břehový porost u vodoteče, vegetační kryt apod.).
- Přesnost je dána primárně měřítkem a parametrizací (nejdůležitějším faktorem je zde **dostupnost dat**).



Percepční model



Konceptuální model



Matematický model



```
 = TextBox5.Text.ToString  
dExtension = True  
Filter = "Textové soubory|*.txt"  
Dialog5.InitialDirectory = Schematizace 'uloží textový soubor'  
FileName = "kal_koeficienty.txt"  
  
If SFDialog5.ShowDialog() = DialogResult.OK Then  
SFDialog5 = SFDialog5.FileName  
FileStream = New FileStream(SFDialog5.FileName, FileMode.Create)  
Zahlavi5 = "Kalibrační koeficienty pro metodu Green-Ampt,"
```

Základní kritéria rozdělení hydrologických modelů

Základní rozdělení:

A) aspekt počtu dimenzí (X, Y, Z):

- **1D** – ustálené/neustálené proudění v korytech toků (HEC-RAS, MIKE 11)
- **2D** – povrchový odtok a odtok v korytech toků (HEC-HMS, MIKE SHE, SIMWE, TOPMODEL, MIKE 21c)
- **3D** – podzemní odtok v nasycené zóně (MIKE SHE, MODFLOW, FEFLOW)

B) aspekt distribuce jednotlivých prvků modelu:

- **celistvé** (angl. *lumped models*)
- **semidistribuované** (angl. *semidistributed models*)
- **distribuované** (angl. *distributed models*)

C) aspekt určitosti / náhodnosti:

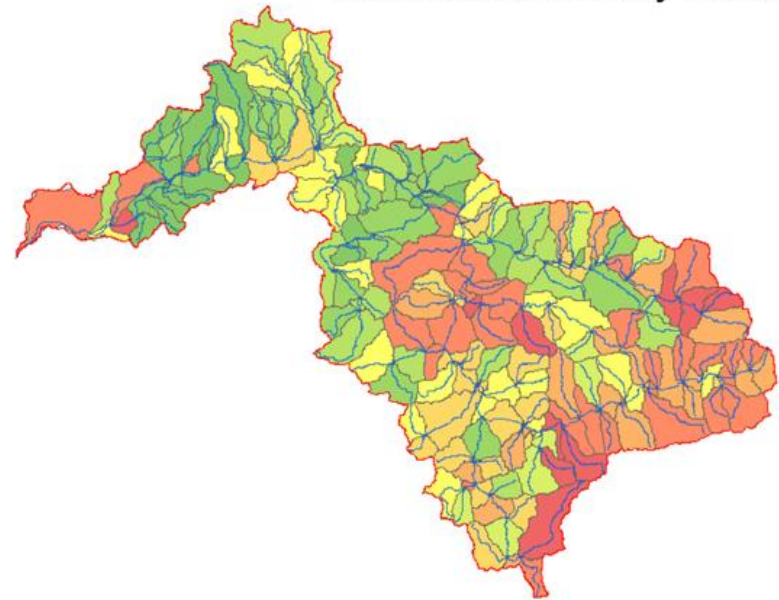
- **deterministické** – ve vstupních datech nejsou zohledněny prvky náhodnosti, zanedbává prostorová závislost veličin a uvažuje se pouze časová závislost
- **stochastické** – neurčitost hydrologického jevu, vyznačují se absencí vazebnosti mezi příčinou a následkem hydrologického jevu, fuzzy modelování atd.

Toto rozdělení je pouze orientační, protože konkrétní modely (ve smyslu SW) splňují více kritérií a kategorií (např. model MIKE SHE 1D-3D, semidistribuovaný až distribuovaný apod.).

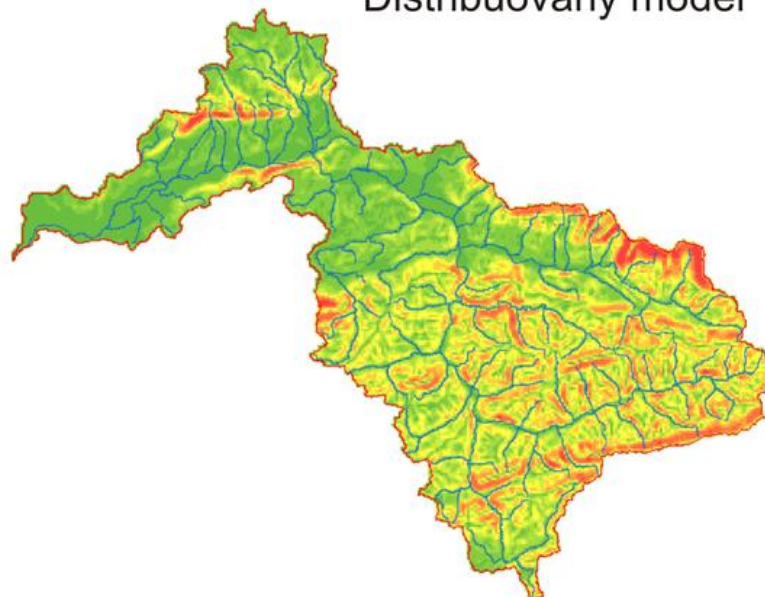
Celistvý model



Semidistribovaný model



Distribovaný model

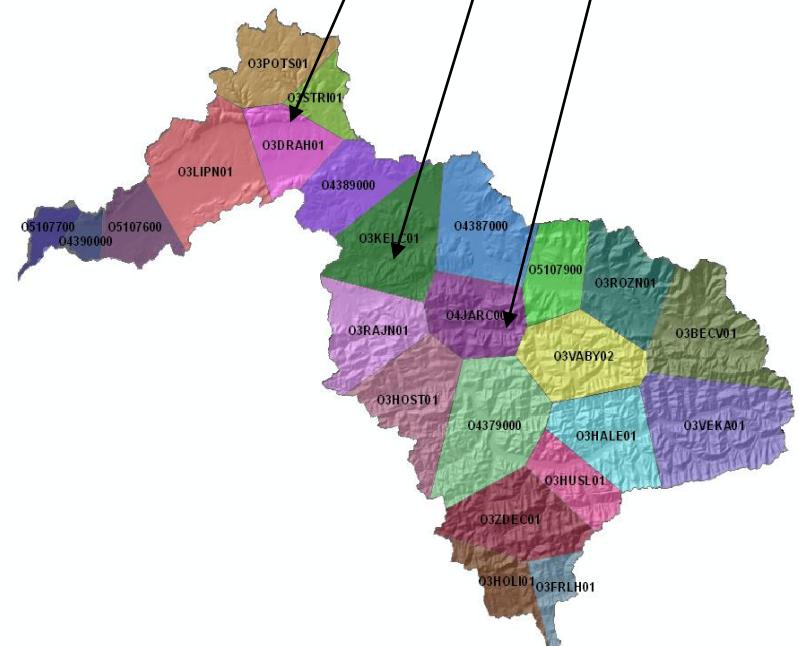


Problém distributivnosti modelu x datových v

Celistvý model

Semidistribovaný model

Distribovaný model



Dimenze hydraulických modelů

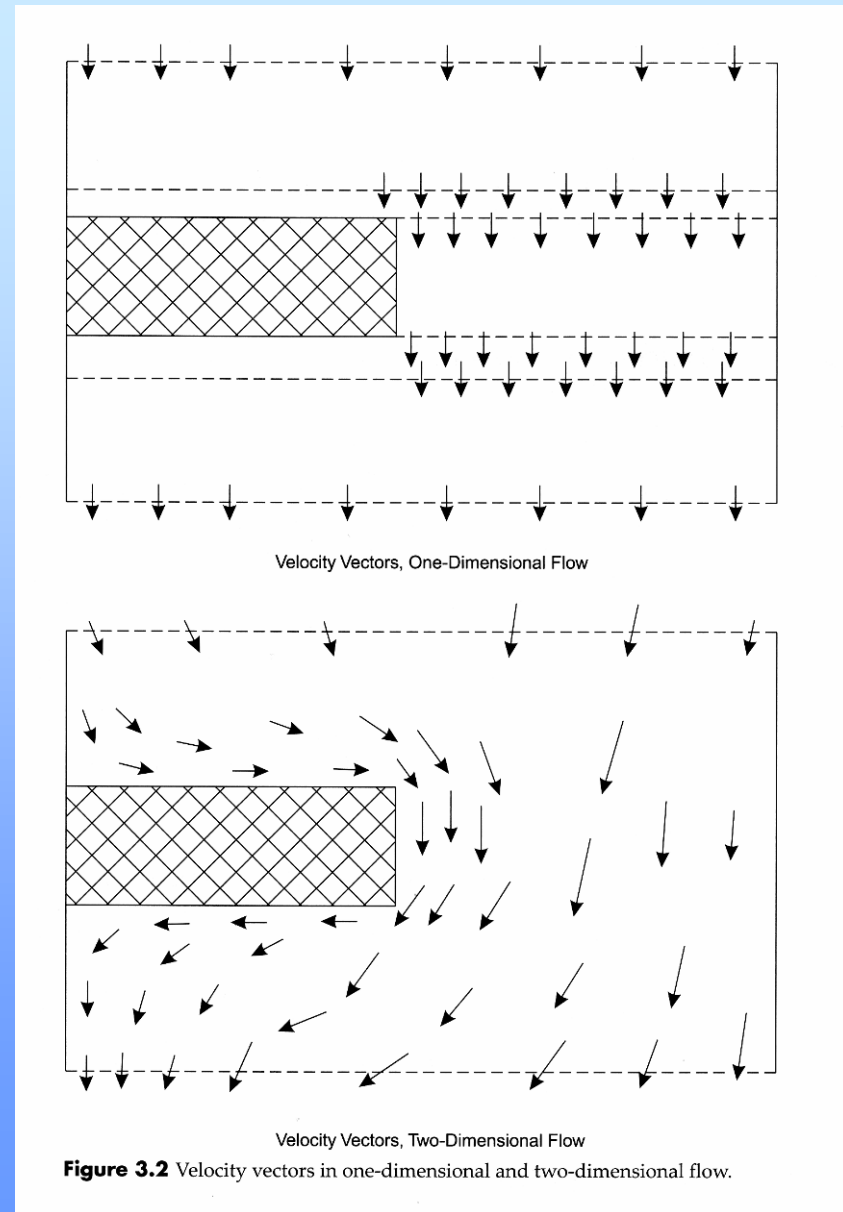
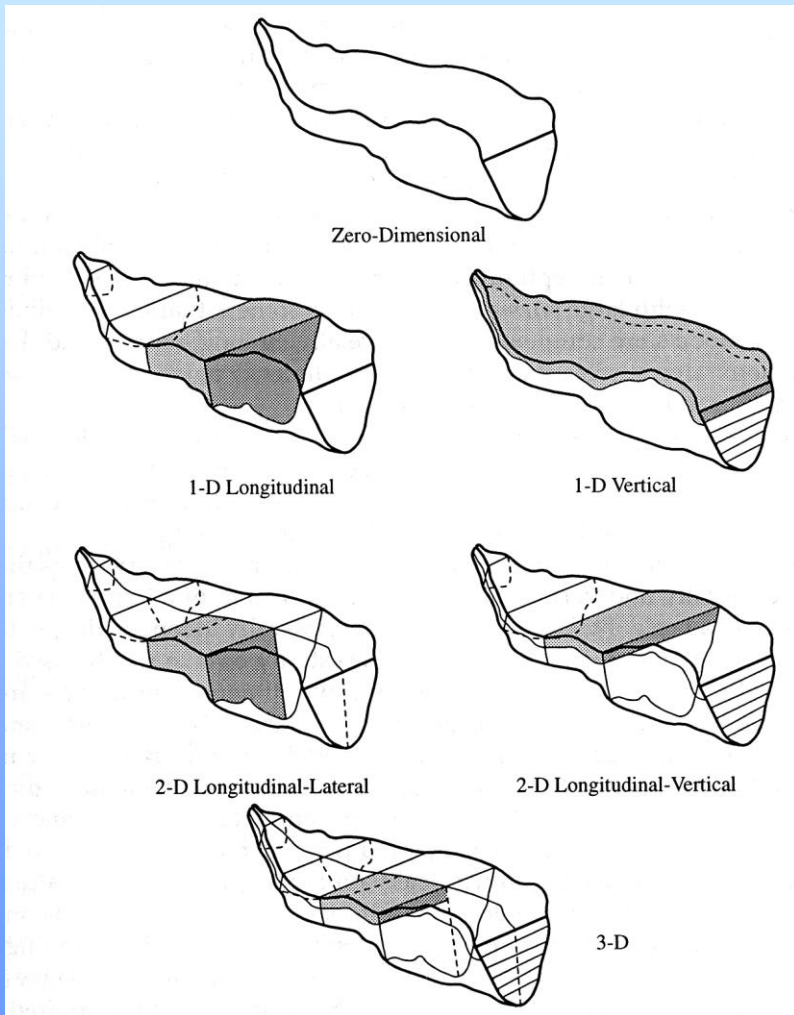
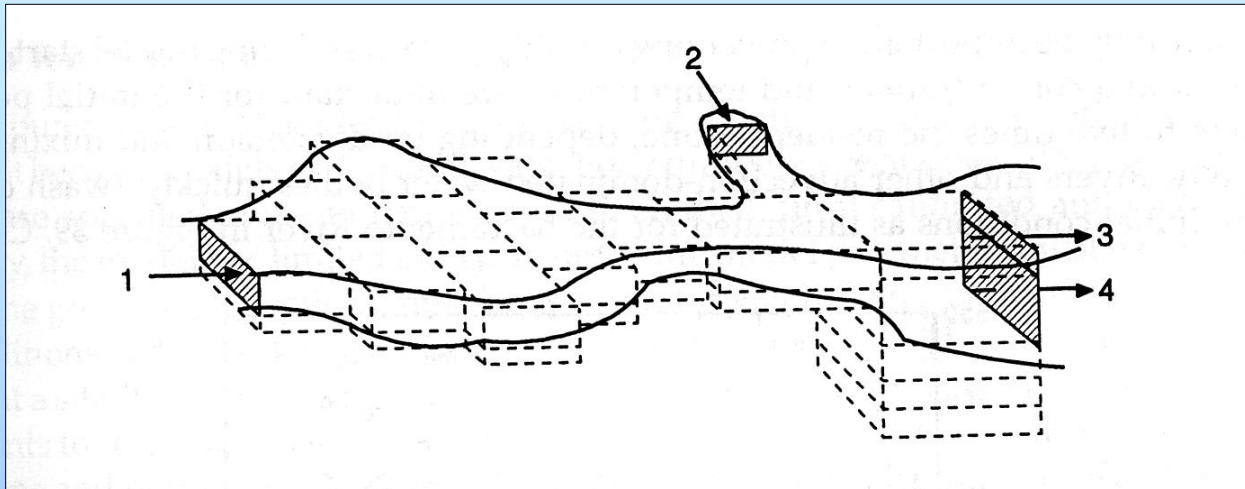
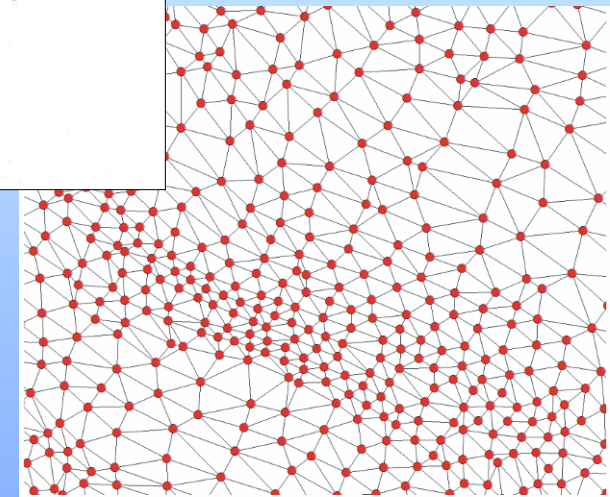


Figure 3.2 Velocity vectors in one-dimensional and two-dimensional flow.

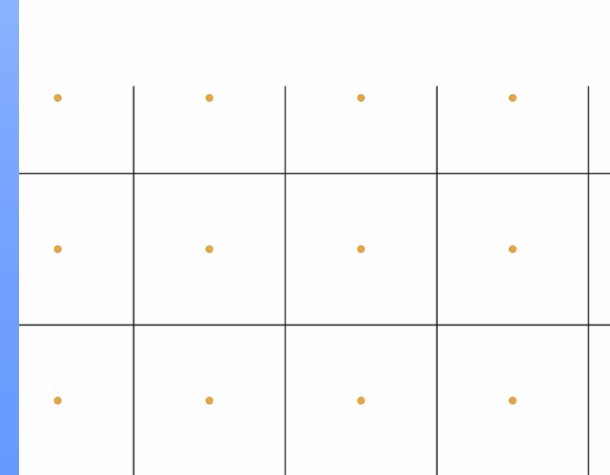
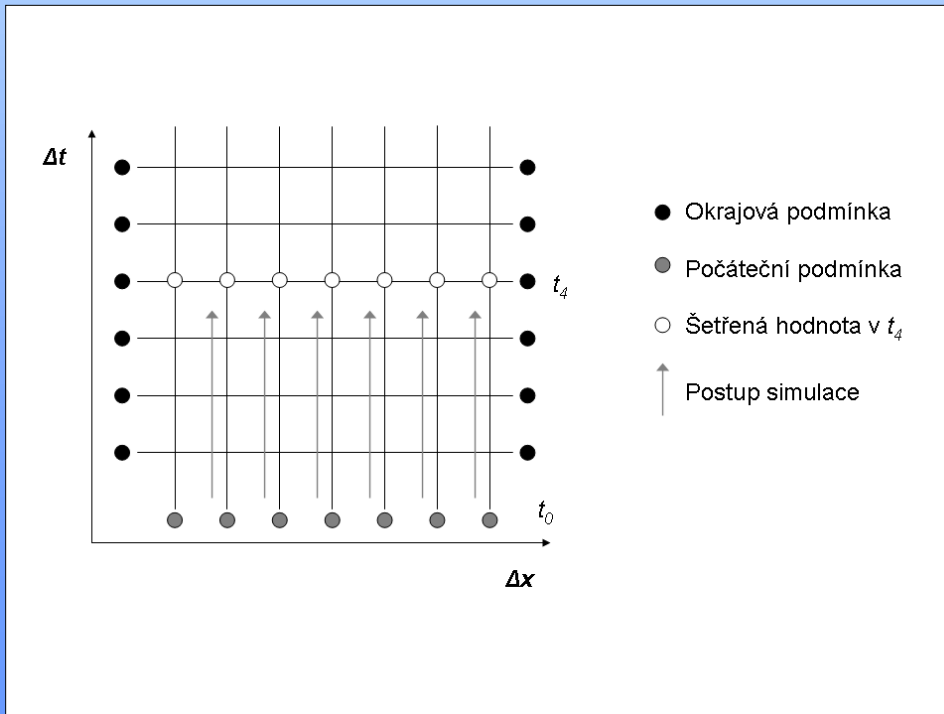
Numerická řešení & okrajové podmínky



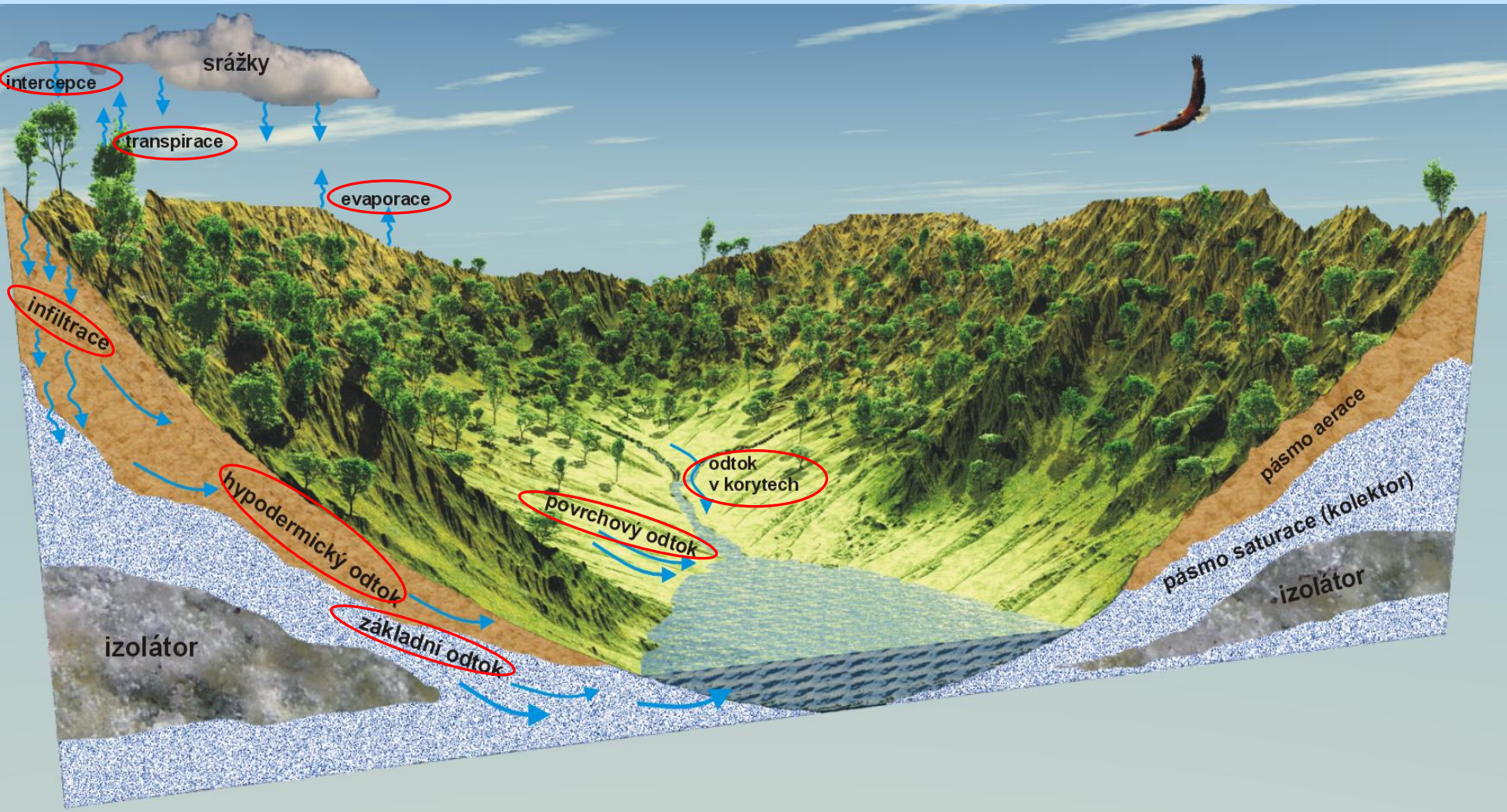
a) MKP



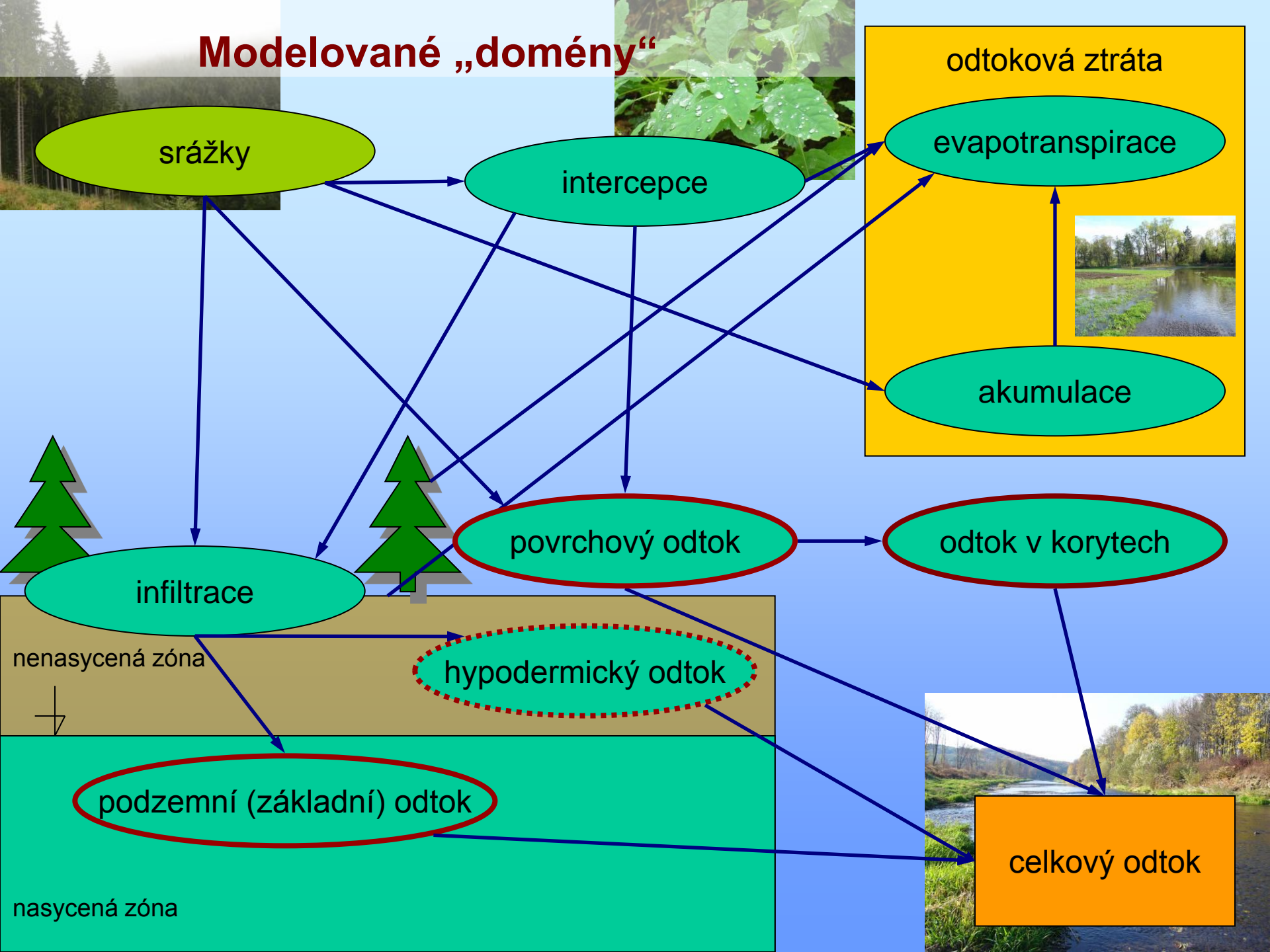
b) MKR



Srážkoodtokový (s-o) proces



Modelované „domény“

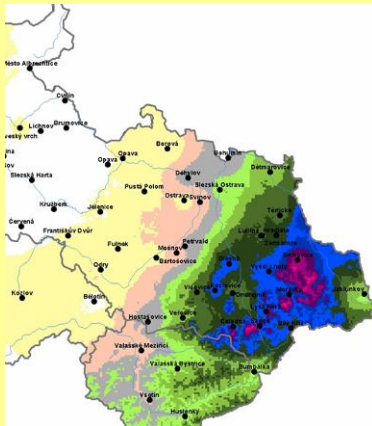


Obecný koncept propojení GIS a modelů 1

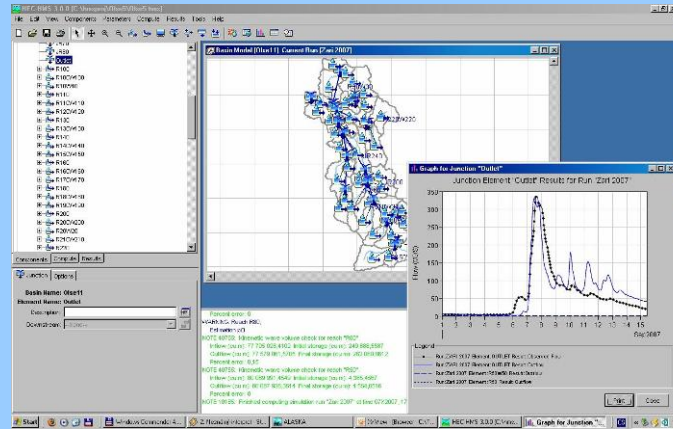
GIS:
analýza a schematizace
povodí



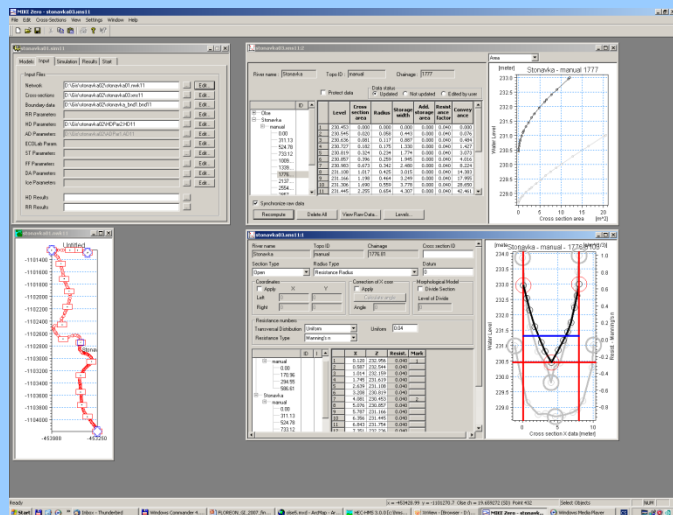
interpolace
hydrometeorologických
dat apod.



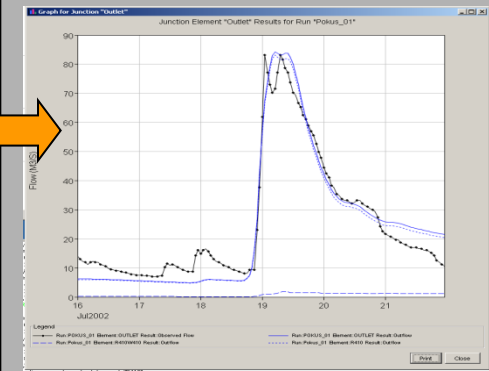
HYDROLOGICKÉ MODELY Srážkoodtokové modely



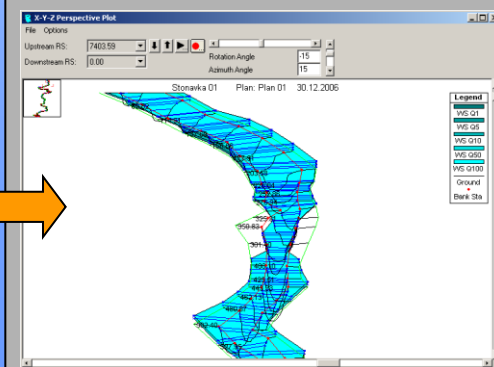
Hydrodynamické modely



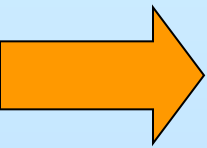
VÝSTUPY
Hydrogramy



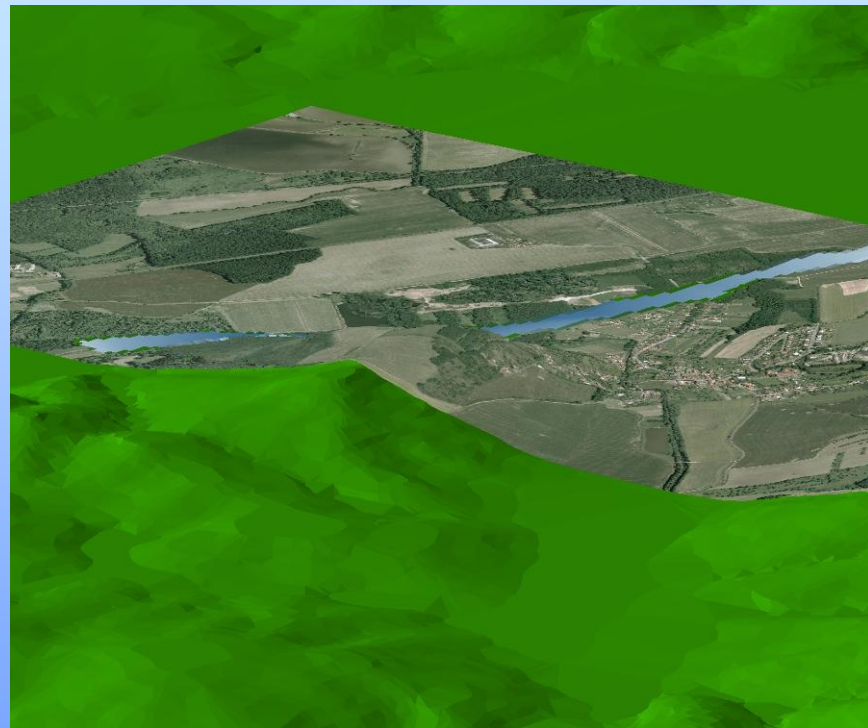
Hlady, rozlivy atd.



Obecný koncept propojení GIS a modelů 2



GIS postprocessing: vizualizace 2D & 3D, další úprava parametrů povodí



Typy hydrologických modelů IV.

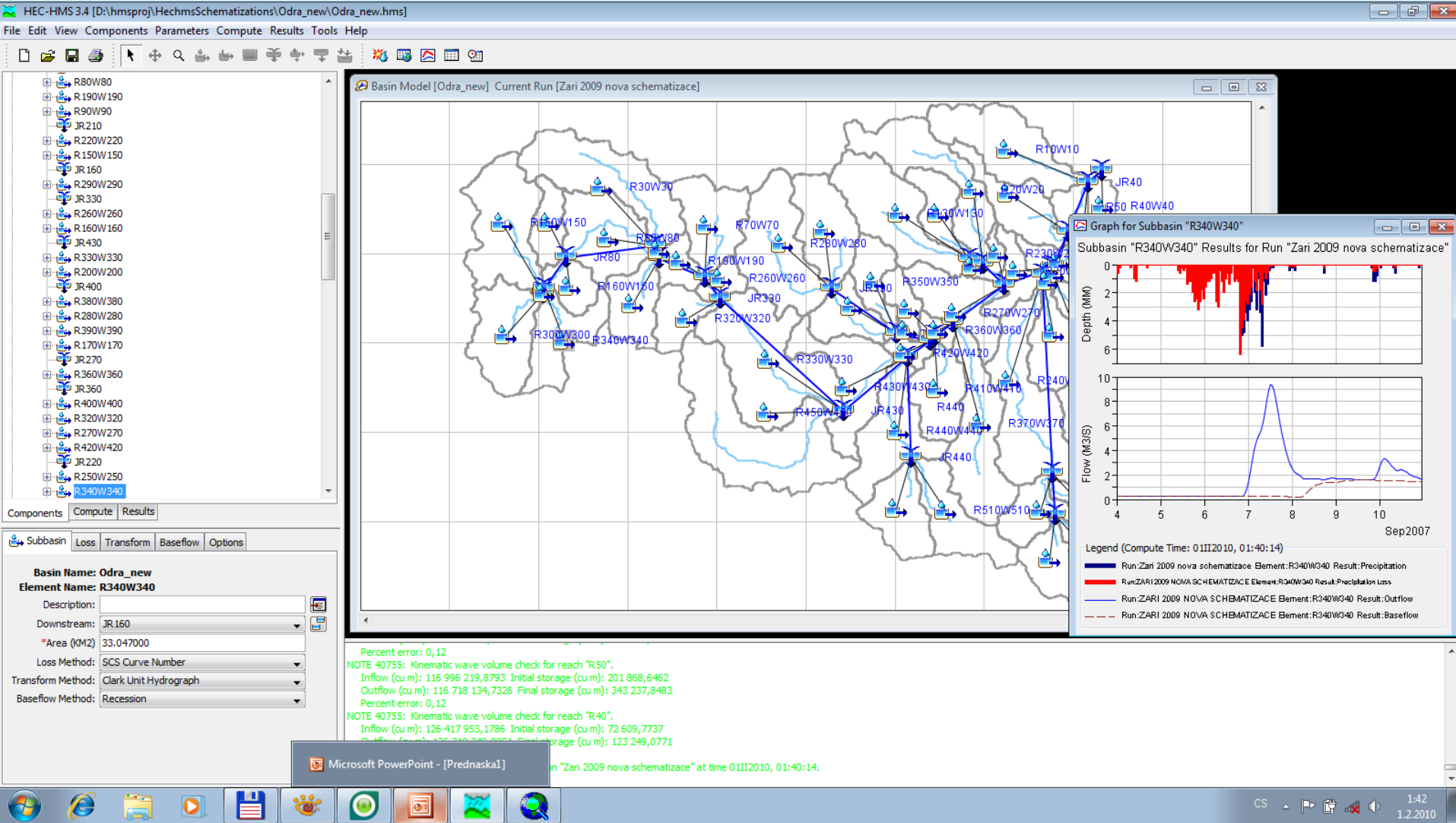
přehled nejznámějšího software ve světě a v ČR

1. **MIKE** family (DHI - Danish Hydraulics Institute) OS: Win
2. **HEC-HMS** (USACE - U.S. Army Corps of Engineers) OS: Win/Solaris/Linux
3. **HEC-RAS** (USACE - U.S. Army Corps of Engineers) OS: Win
4. **EPA BASINS** (EPA) OS: Win
5. **SWAT** (USDA) OS: Win, částečně UNIX/Linux
6. **SAC-SMA** Sacramento Soil Moisture Accounting Model (Riverside Technology Inc./NWS) OS: Win
7. **GRASS** modules (r.topmodel, r.hydro.CASC2D, r.runoff, r.watershed, r.fill.dir, r.topidx) OS: Linux/UNIX/Win (Cygwin)
8. **TOPMODEL** (Beven) OS: Win/Linux/UNIX (GRASS)
9. **WMS 8.0 (GSSHA, HEC, HSPF)** (AquaVeo) OS: Win
10. **EPA SWMM** (EPA) OS: Win

Česká republika:

- **AquaLog** – ČHMÚ povodí Vltavy a Labe OS: Win
- **HYDROG** – ČHMÚ povodí Odry a Moravy, Povodí Odry OS: Win
- **MIKE 11** – podniky Povodí, ČHMÚ Brno OS: Win

HEC-HMS



HEC-HMS

Výhody:

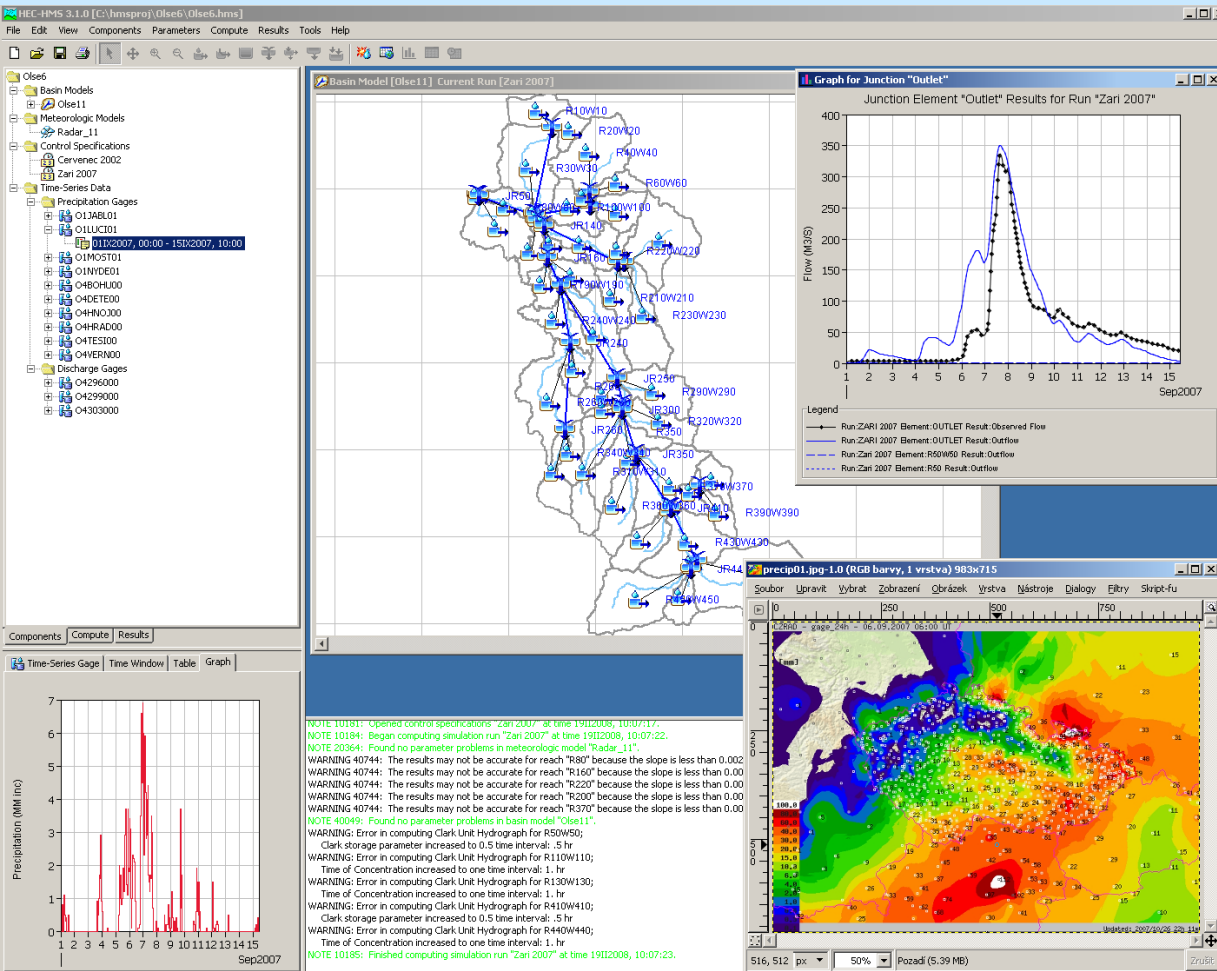
- Freeware
- OS Windows / OS Linux

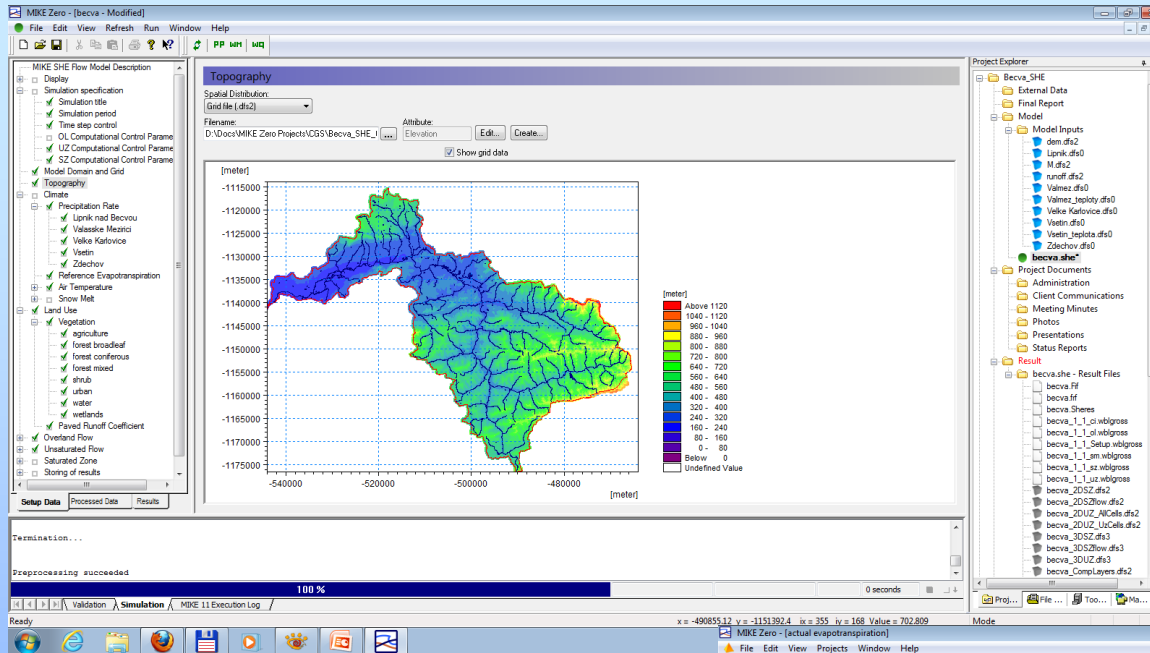


- Snadná schematizace povodí v GUI či GIS
- Přímé napojení na GIS pomocí extenze HEC-GeoHMS
- Možnost výběru více metod řešení transformace srážky a pohybu v korytech
- Skriptování

Nevýhody:

- Absence metod řízení VH soustav (HEC-ResSim)
- Absence API





➤ Asi nejpokročilejší s-o model v současnosti.

➤ Možnost práce v semi- i distribuovaném režimu.

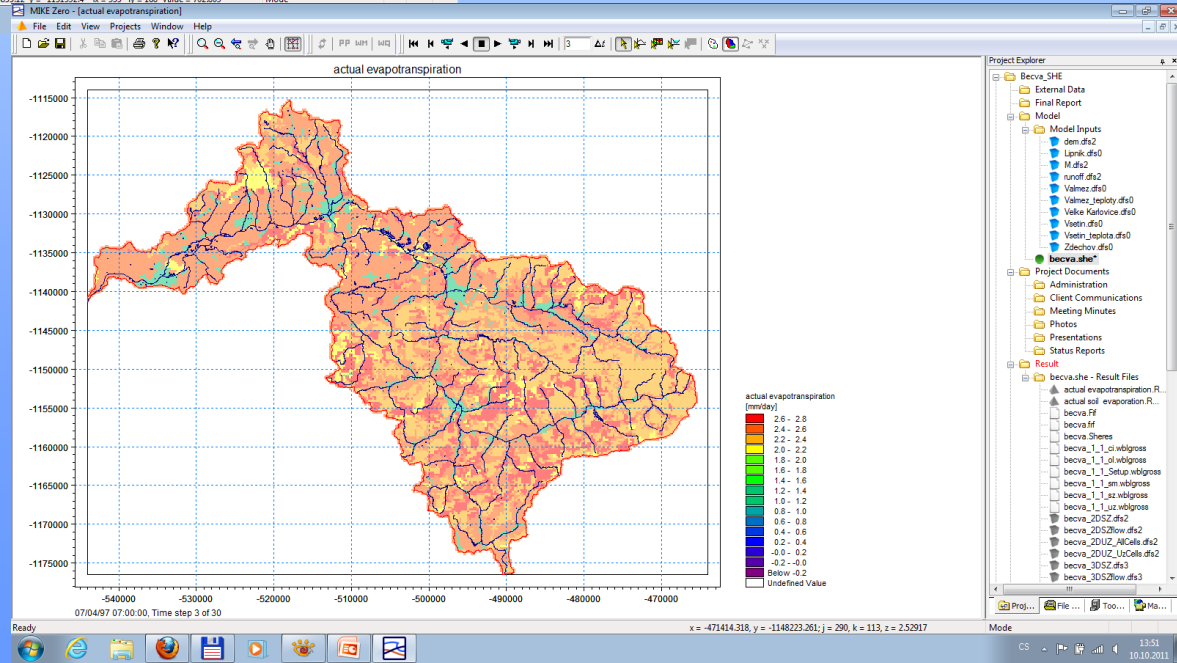
➤ Napojení na MIKE 11, MODFLOW, FEFLOW, MOUSE.

➤ Integrace GIS funkcí

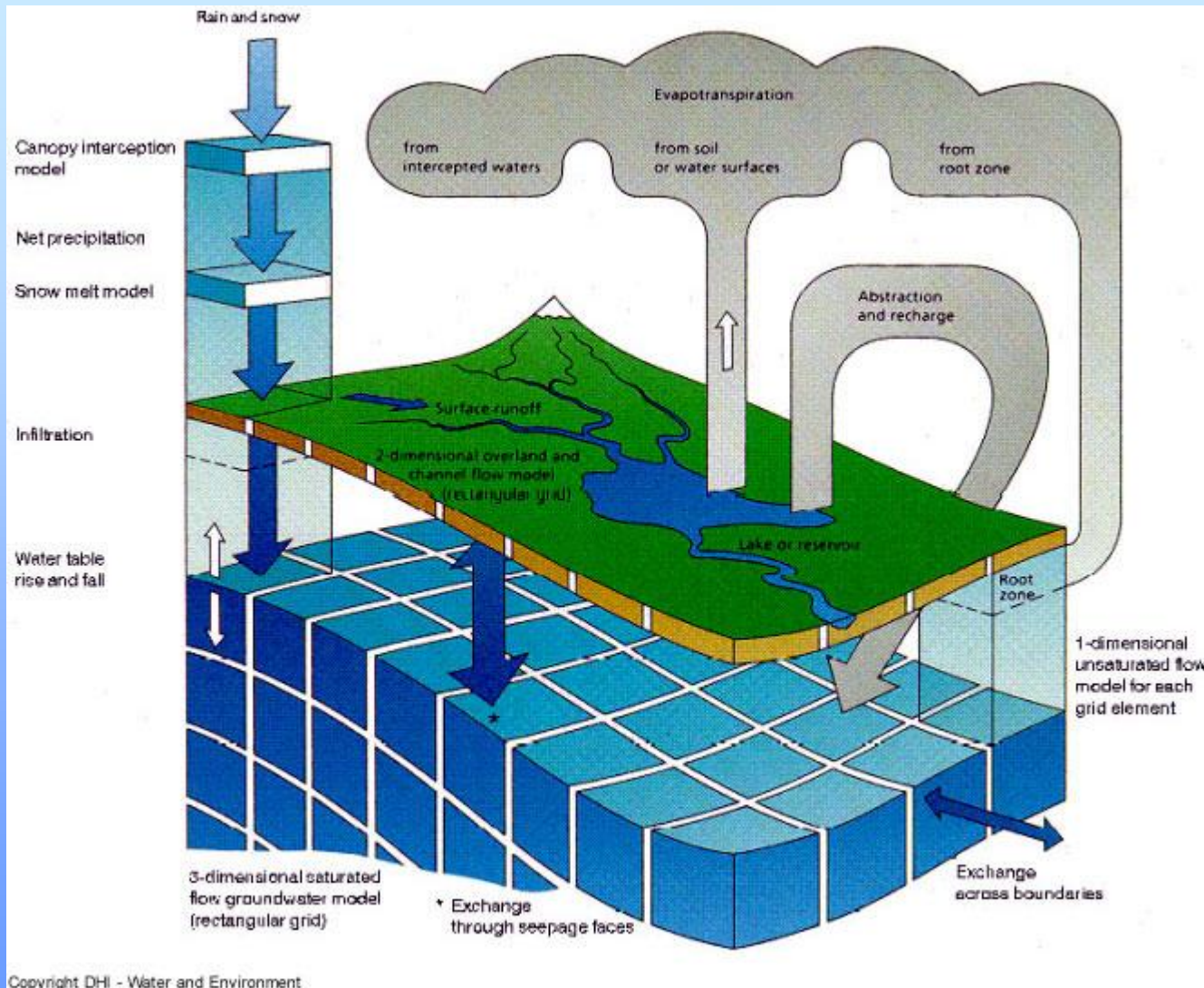
➤ Správa a konverze geodat (vektorová, rastrová)

➤ Dávkové spouštění

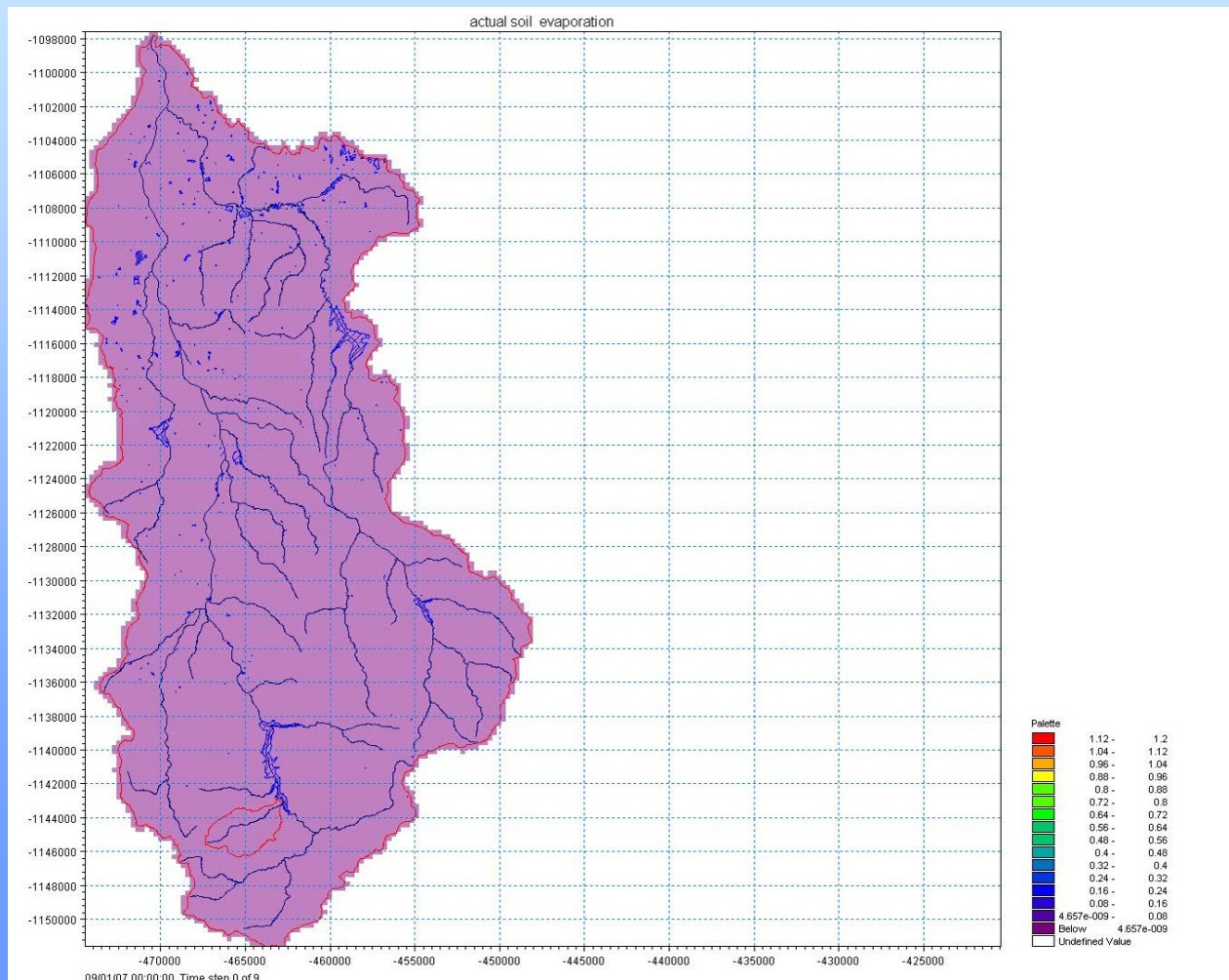
➤ Náročný na systémové prostředky



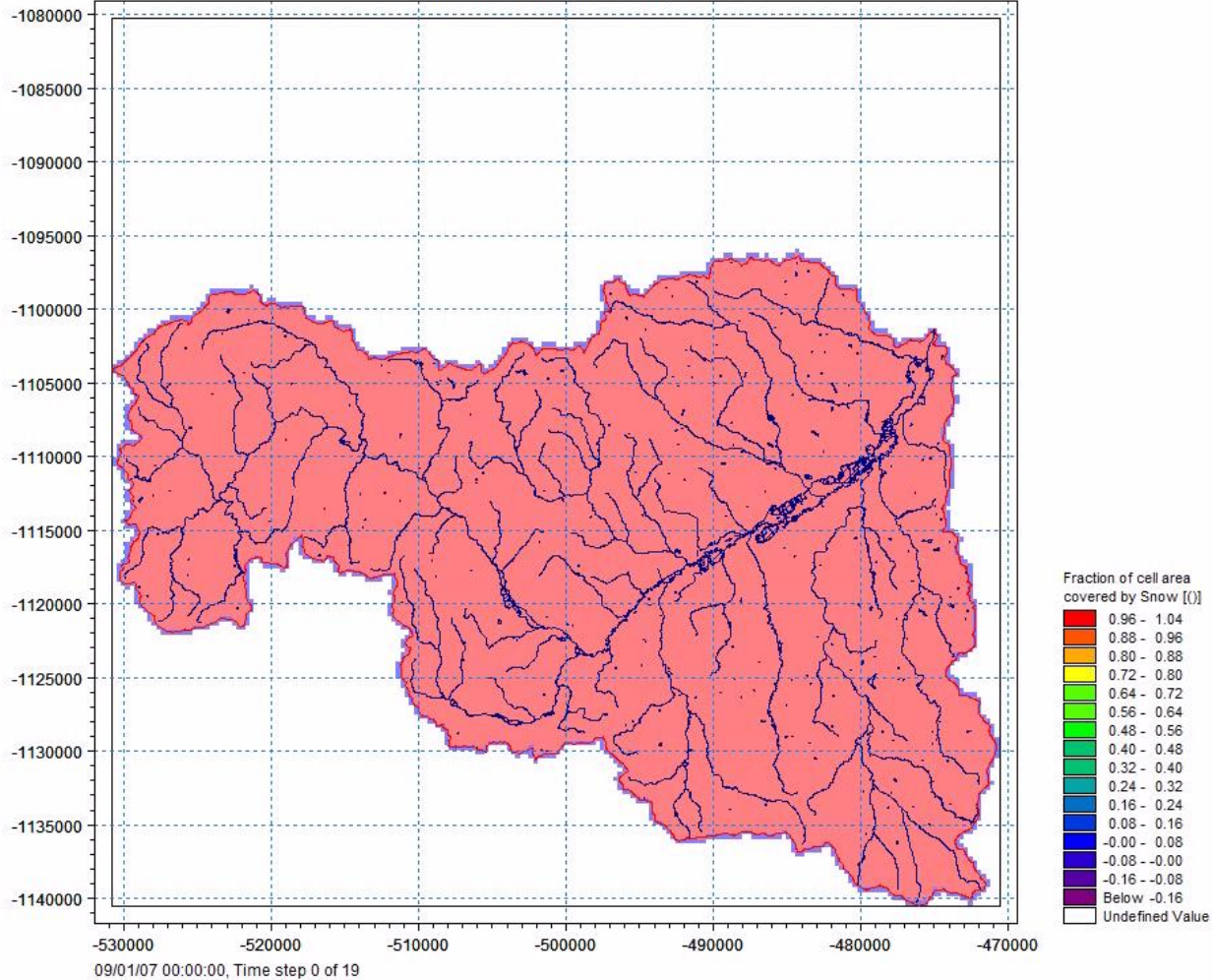
MIKE SHE



Krom grafických výstupů (grafy, hydrogramy) disponuje MIKE SHE i možnostmi produkovat rastrové výstupy, které je pak možno exportovat do GIS nebo animovat.



Fraction of cell area covered by Snow



GRASS GIS



honzka - r.sim.sediment

```
GRASS 6.4.0 (sucha_bela):~> r.sim.sediment elevin=fillsinks@sucha_bela wdepth=depth.003594@sucha_bela dxin=dx@sucha_bela dyin=dy@sucha_bela detin=erodibility@sucha_bela tranin=transportability@sucha_bela tauin=tauc@sucha_bela manin=manning@sucha_bela tc=transp_capacity et=erosion_deposition conc=sed_conc flux=sed_flux erdep=deposition niter=10 outiter=2 diffc=0.8 Základní nwalk=1600000, rwalk=1600000.000000
```

Min elevation = 167.19 m
Max elevation = 560.49 m
Mean Source Rate (rainf. excess or sediment) = 0.011437 m/s or kg/m2s
Mean flow velocity = 0.013831 m/s
Mean Mannings = 3.390915
Number of iterations = 5 cells
Time step = 30.78 s
Sigmax = 0.017213
Max velocity = 1.510091 m/s
Time step used = 30.78 s
100%

GRASS 6.4.0 (sucha_bela):~> r.sim.sediment elevin=fillsinks@sucha_bela wdepth=depth.003594@sucha_bela dxin=dx@sucha_bela dyin=dy@sucha_bela detin=erodibility@sucha_bela tranin=transportability@sucha_bela tauin=tauc@sucha_bela manin=manning@sucha_bela tc=transp_capacity et=erosion_deposition conc=sed_conc flux=sed_flux erdep=deposition niter=600 outiter=60 diffc=0.8 --overwrite Základní nwalk=1600000, rwalk=1600000.000000

Min elevation = 167.19 m
Max elevation = 560.49 m
Mean Source Rate (rainf. excess or sediment) = 0.011437 m/s or kg/m2s
Mean flow velocity = 0.013831 m/s
Mean Mannings = 3.390915
Number of iterations = 318 cells
Time step = 30.78 s
Sigmax = 0.017213
Max velocity = 1.510091 m/s
Time step used = 30.78 s
21%

r.mapcalc "tauc" = "(("dem@sucha_bela" / "dem@sucha_bela")^5)"
Done.
r.mapcalculator amap=dem@sucha_bela formula=(AA)*0.001 outfile=erodibility help=-
r.mapcalc "erodibility" = "(("dem@sucha_bela" / "dem@sucha_bela")^0.001)"
Done.
r.mapcalculator amap=dem@sucha_bela formula=(AA)*0.01 outfile=transportability help=-
r.mapcalc "transportability" = "(("dem@sucha_bela" / "dem@sucha_bela")^0.01)"
Done.

Simulace transportu sedimentů a eroze/usazování za použití vzorové cesty (SIMWE)

Vstupní_voľby | Výstupní_voľby | Parametry | Voľby

Jméno rastrové mapy elevace [m]: (elevin: name, vyžadováno)
fillsinks@sucha_bela

Jméno rastrové mapy s výškou vodní hladiny [m]: (wdepth: name, vyžadováno)
depth.003594@sucha_bela

Název rastrové mapy s derivací x [m/m]: (dxin: name, vyžadováno)
dx@sucha_bela

Název rastrové mapy s derivací y [m/m]: (dyin: name, vyžadováno)
dy@sucha_bela

Jméno rastrové mapy s koeficientem klidové kapacity [s/m]: (detin: name, vyžadováno)

r.sim.sediment elevin=fillsinks@sucha_bela wdepth=depth.003594@sucha_bela dxin=dx@sucha_bela dyin=dy@sucha_bela detin=erodibility@sucha_bela tranin=transportability@sucha_bela tauin=tauc@sucha_bela manin=manning@sucha_bela tc=transp_capacity et=erosion_deposition conc=sed_conc flux=sed_flux erdep=deposition niter=600 outiter=60 diffc=0.8 --overwrite

Spustit | Nápověda | Zavřít

Display: rows=625 columns=893 resolution=3.61472 map units -742108.810 -954212.628

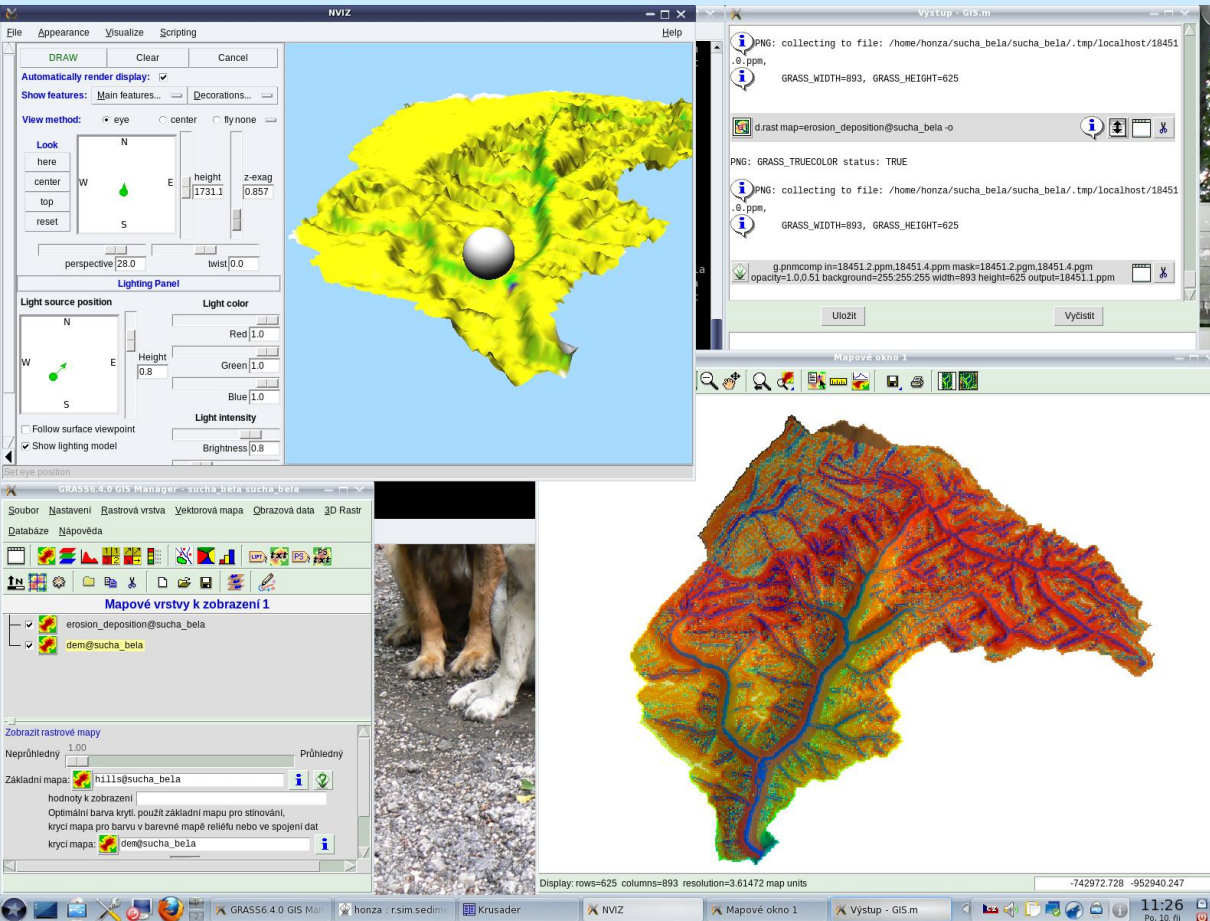
Hydrologické moduly:

1. *r.runoff* – generuje mapy odtoku z map srážek a CN křivek
2. *r.watersed* – generuje subpovodí z DEM
3. *r.topmodel* – fyzik. distribuovaný hydrolog. model
4. *r.hydro.CASC2D*
5. *r.runoff*
6. *r.terraflow*
7. *r.kineros*
8. *r.stage3* (NEXRAD)
9. *r.water.fea*
10. *r.sim.water*

<http://grass.itc.it/>

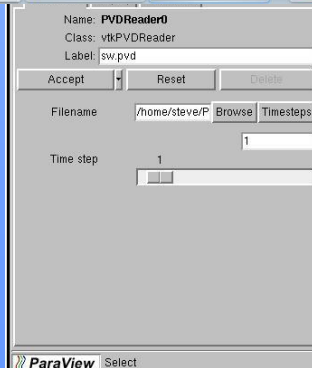
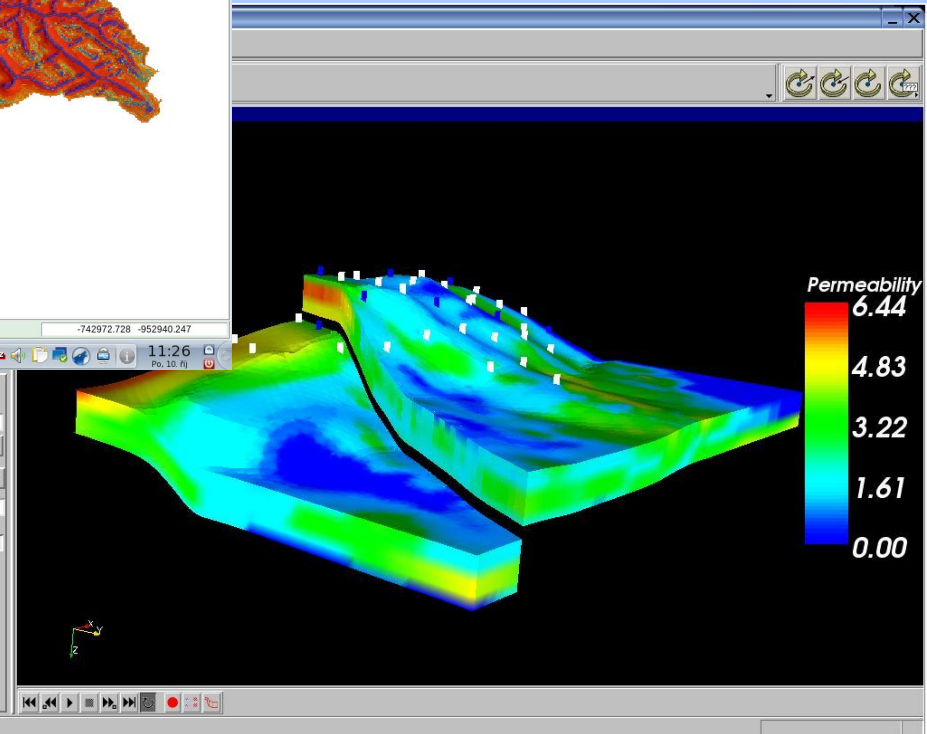
<http://grass.itc.it/intro/modelintegration.html>

GRASS GIS

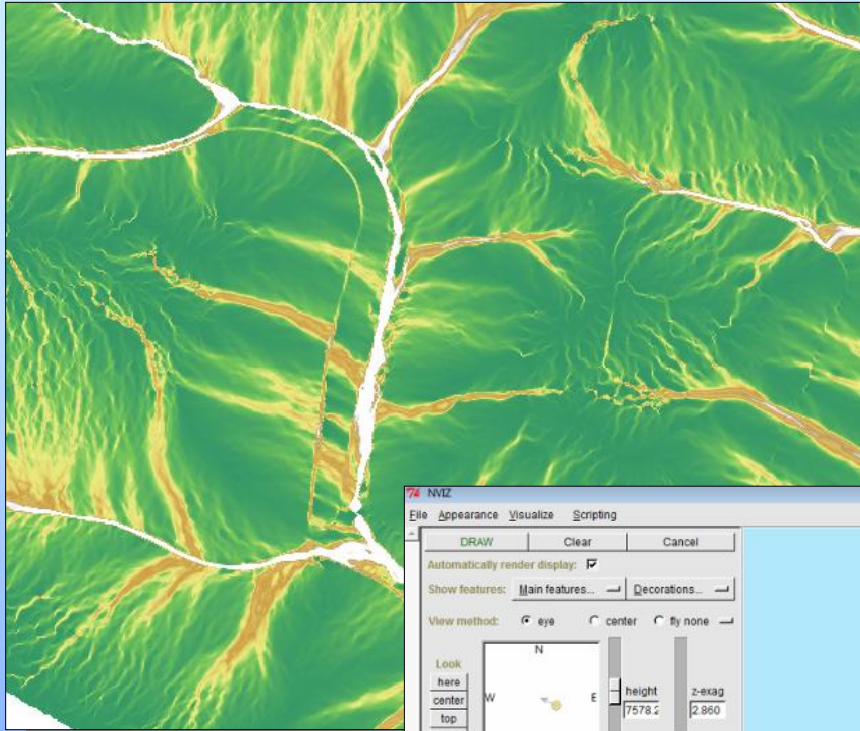


➤ Podpora velkého množství datových formátů pro rastr i vektor

➤ Napojení na NVIZ & ParaView

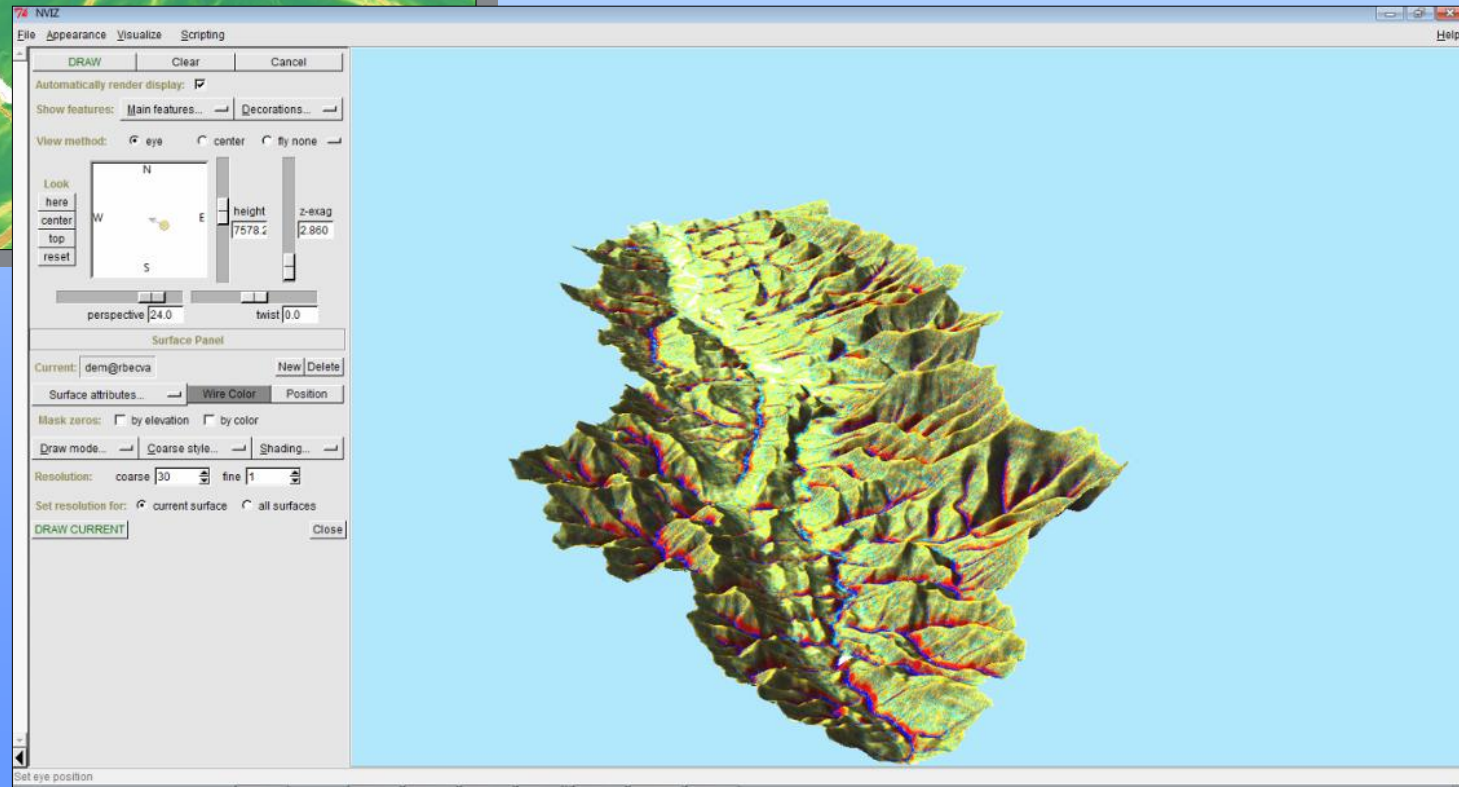


GRASS GIS

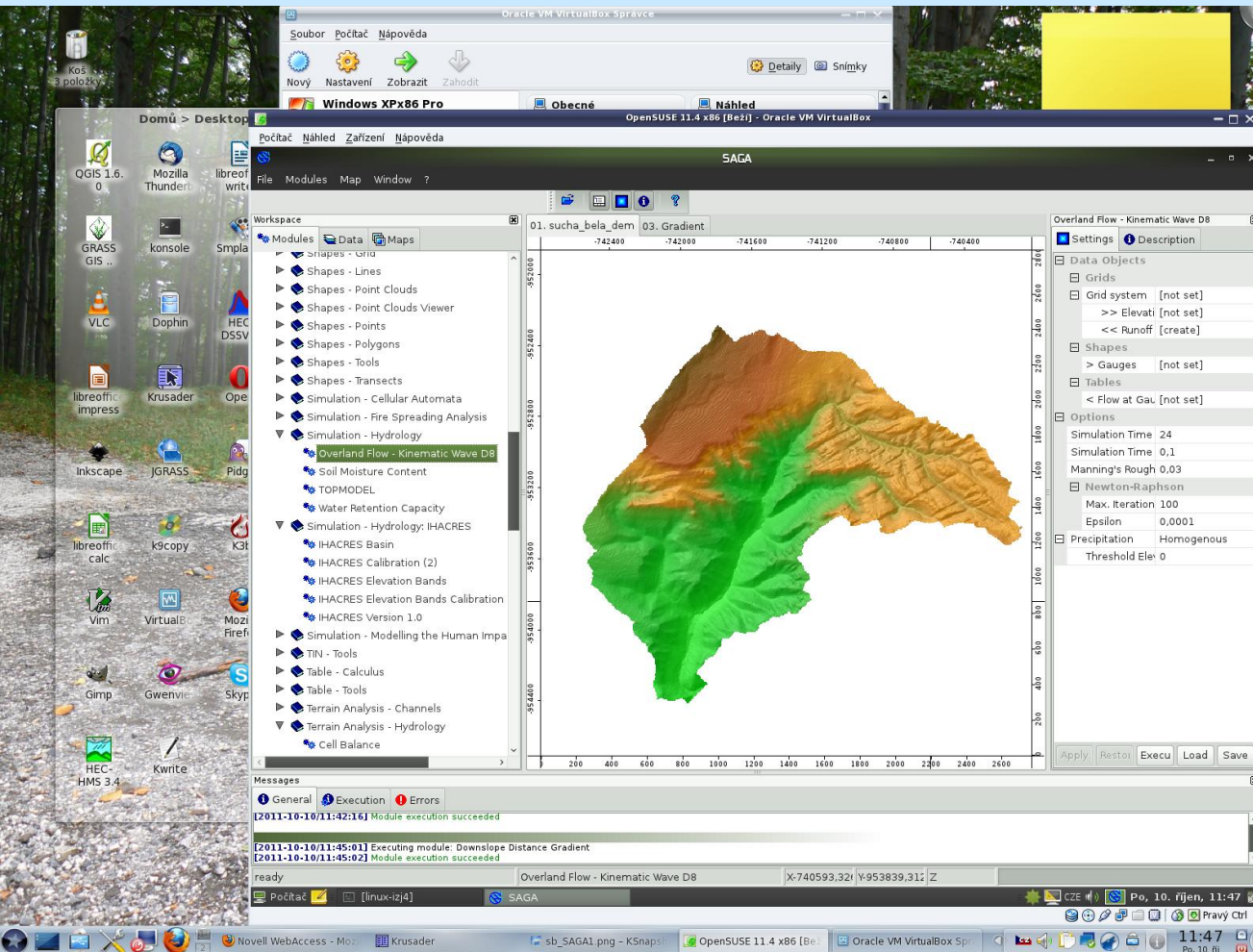


Pokročilé moduly pro morfometrické a hydrologické analýzy, schematizaci povodí, RUSLE.

Např.: **r.terraflow**, **r.flow**,
r.watershed, **f.slope.aspect**



SAGA GIS



➤ Výkonný GIS s
přímou podporou
environmentálního
modelování

➤ Primárně pro OS
UNIX/Linux, v
současnosti i stabilní
verze pro OS
Windows

➤ Podpora
formátu grib (např.
EUMETSAT, nebo
výstupy NWFS
ALADIN)

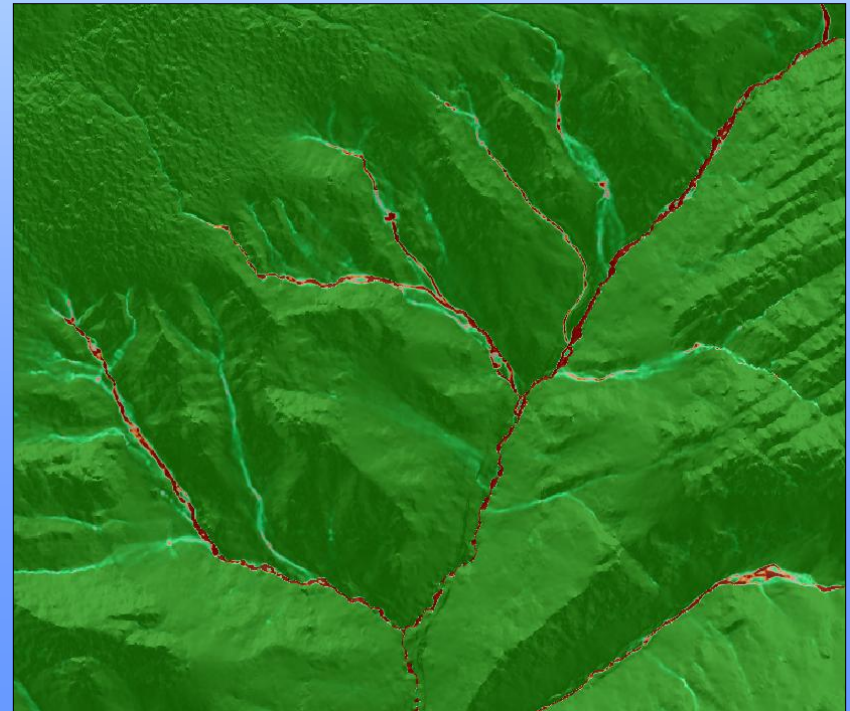
➤ Implementace
modelů TOPMODEL
nebo IHACRES

Testy v extrémním reliéfu

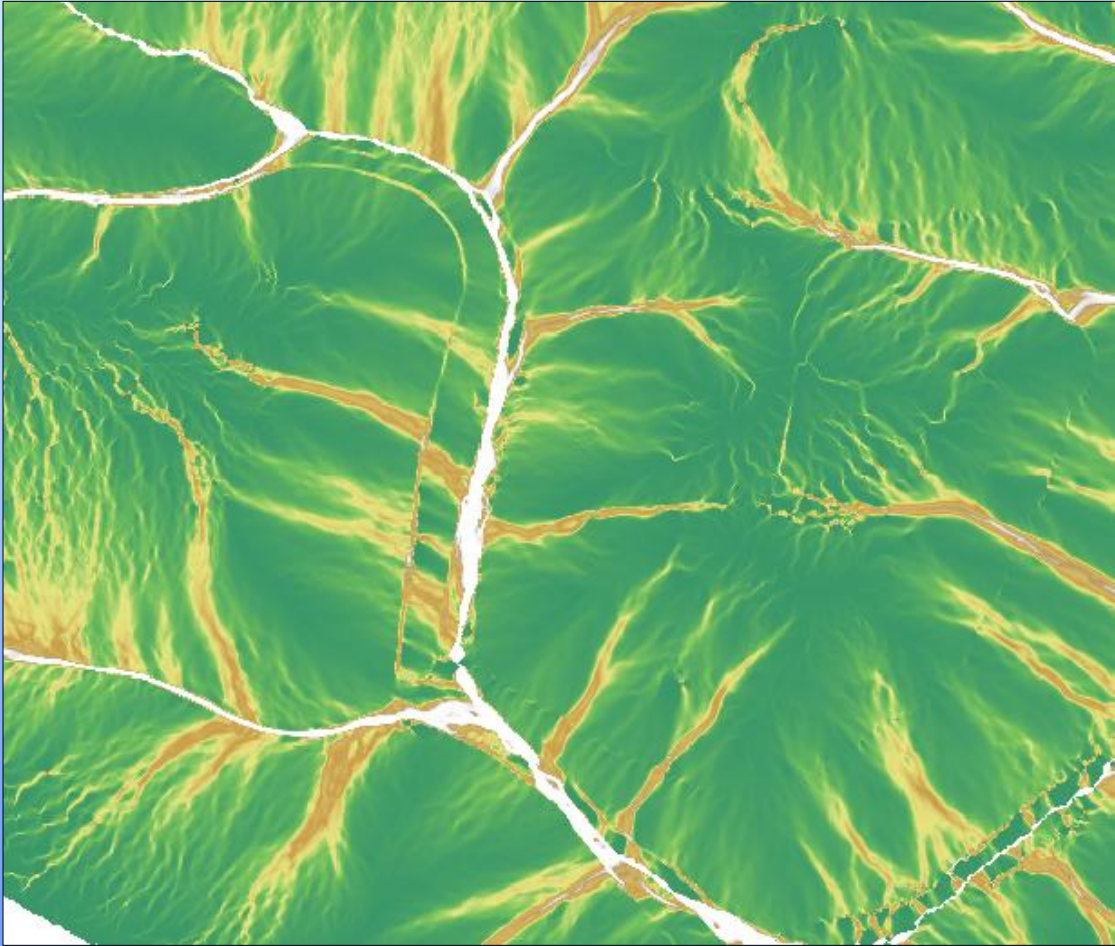


Modely **SIMWE** a **TOPMODEL** jsou implementace hydrologických modelů v GRASS GIS.

Výpočet je ve srovnání s ostatními prostředky GIS a numerických modelů enormně rychlý a platformně nezávislý – OS Windows, UNIX/Linux.



Výsledky GIS analýz – GRASS GIS



SAGA GIS



SAGA GIS interface showing a workspace with four maps (04, 02, 06, 08) and a table of simulation output.

Workspace:

- Data
 - Grids
 - 25; 1053x 2151y; -474442.:
 - 01. ostravice25
 - 02. Slope
 - 03. Aspect
 - 04. Preprocessed DEM
 - 06. Topographic Wetnes
 - 07. LS-Factor
 - 08. Catchment Area
 - Tables
 - TOPMODEL - Simul...
 - ostrav_1615_2405

TOPMODEL - Simulation Output

	Total flow (in watershed) [m ³ /dt]	Total flow [m ³ /dt]	Subsurface flow [m ³ /dt]	Mean saturation deficit (in watershed) [m]	Infiltration rate [m/dt]	ration excess
1	27108.667000	0.000033	0.000033	0.144112	0.000000	
2	27080.894852	0.000033	0.000033	0.144145	0.000000	
3	27053.179564	0.000033	0.000033	0.144177	0.000000	
4	27025.520962	0.000033	0.000033	0.144210	0.000000	
5	26997.918871	0.000033	0.000033	0.144243	0.000000	
6	26970.373119	0.000033	0.000033	0.144275	0.000000	
7	26942.883534	0.000033	0.000033	0.144308	0.000000	
8	26915.449943	0.000033	0.000033	0.144340	0.000000	
9	26888.072176	0.000033	0.000033	0.144373	0.000000	
10	26860.700000	0.000033	0.000033	0.144405	0.000000	

Messages:

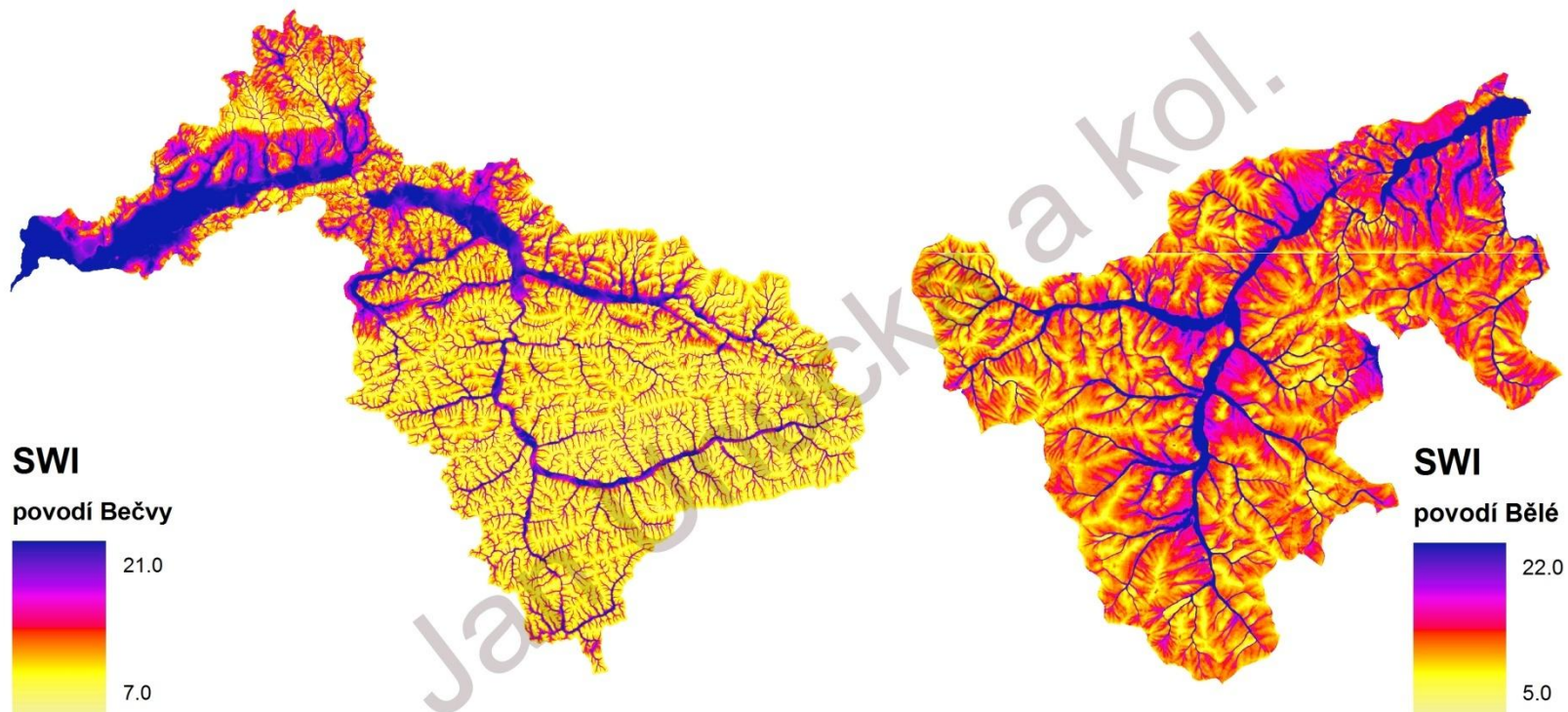
```
[2009-11-18/21:26:38] Executing module: TOPMODEL
[2009-11-18/21:26:58] Module execution succeeded
[2009-11-18/21:30:54] Close table: TOPMODEL - Simulation Output...okay
[2009-11-18/21:30:57] Close table: ostrav_1615_2409...okay
```

General Execution Errors

TOPMODEL - Simulation Output



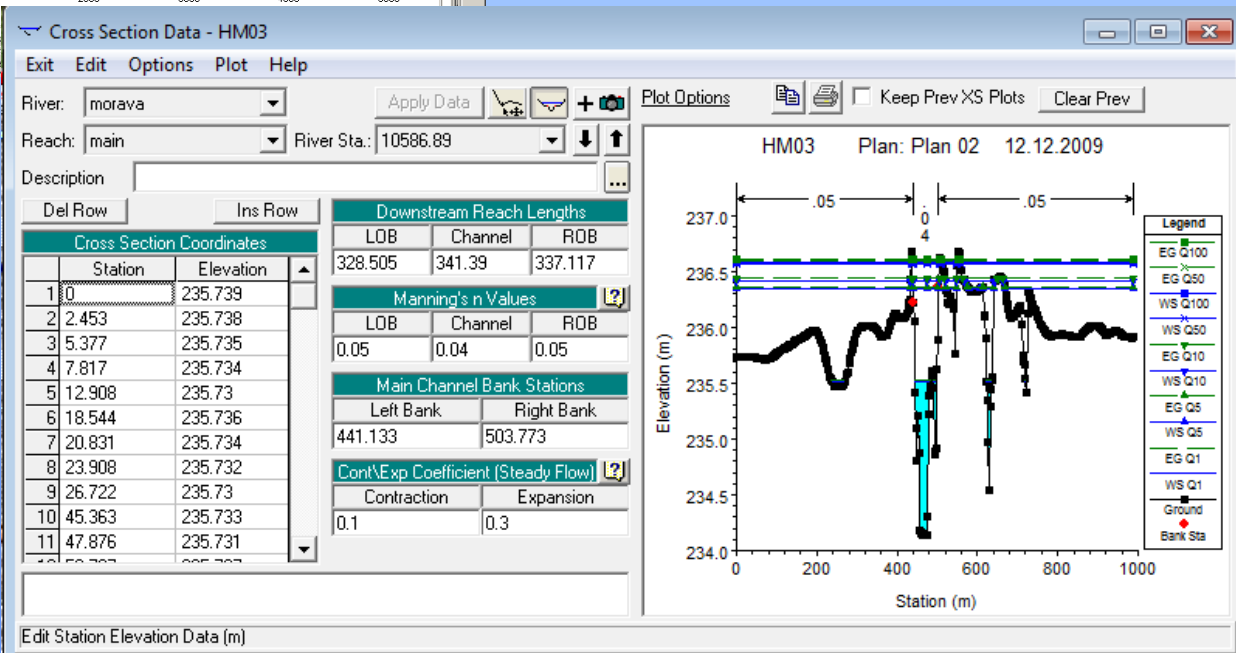
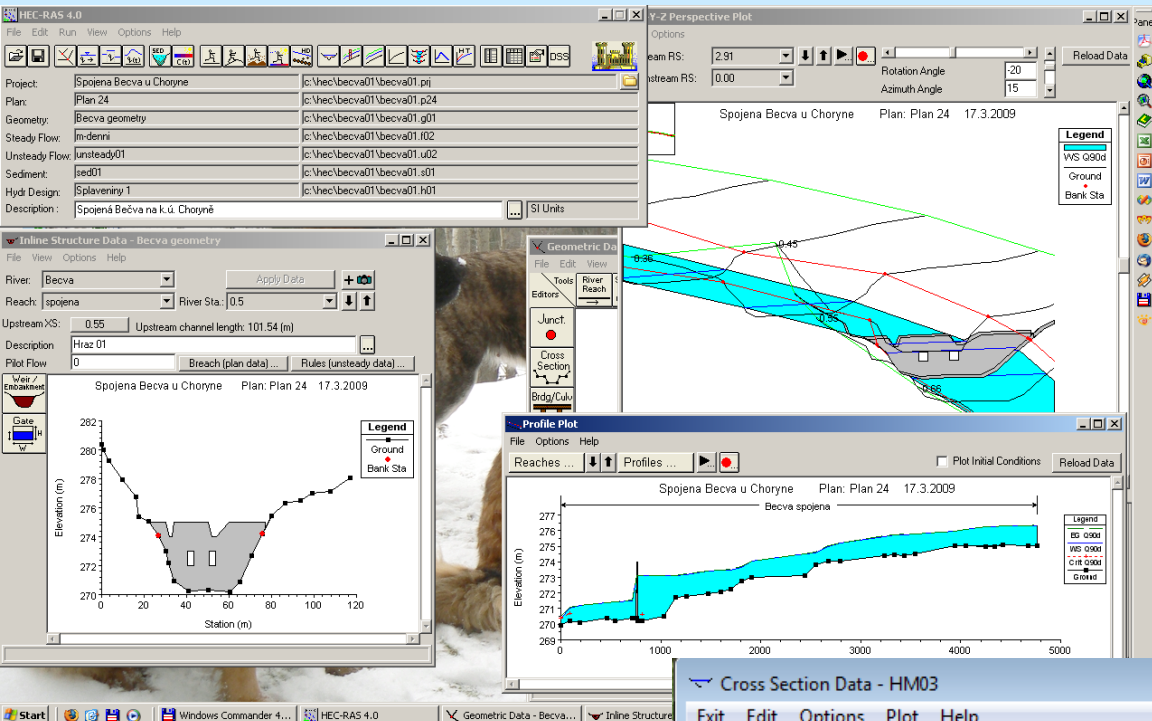
SAGA Wetness Index povodí Bečvy a Bělé



Jan Unucka a kol.
Ostrava 2011
Souřadnicový systém: S-JTSK
Zdroj dat: KÚ MSK

HEC-RAS

- 1D hydrodynamický model
- Nástupce modelu HEC-2
- GUI



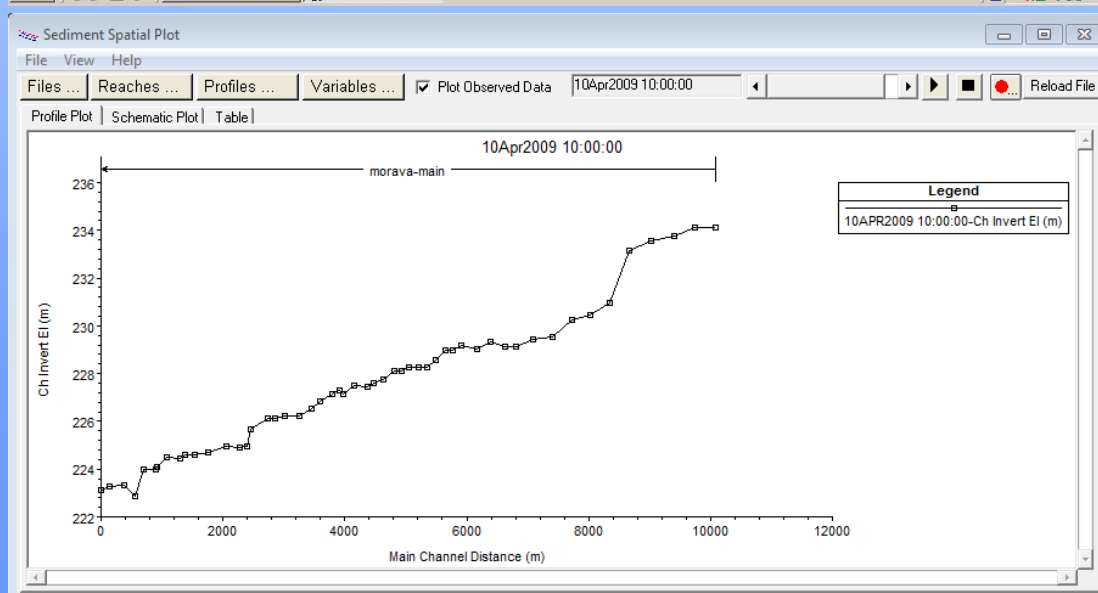
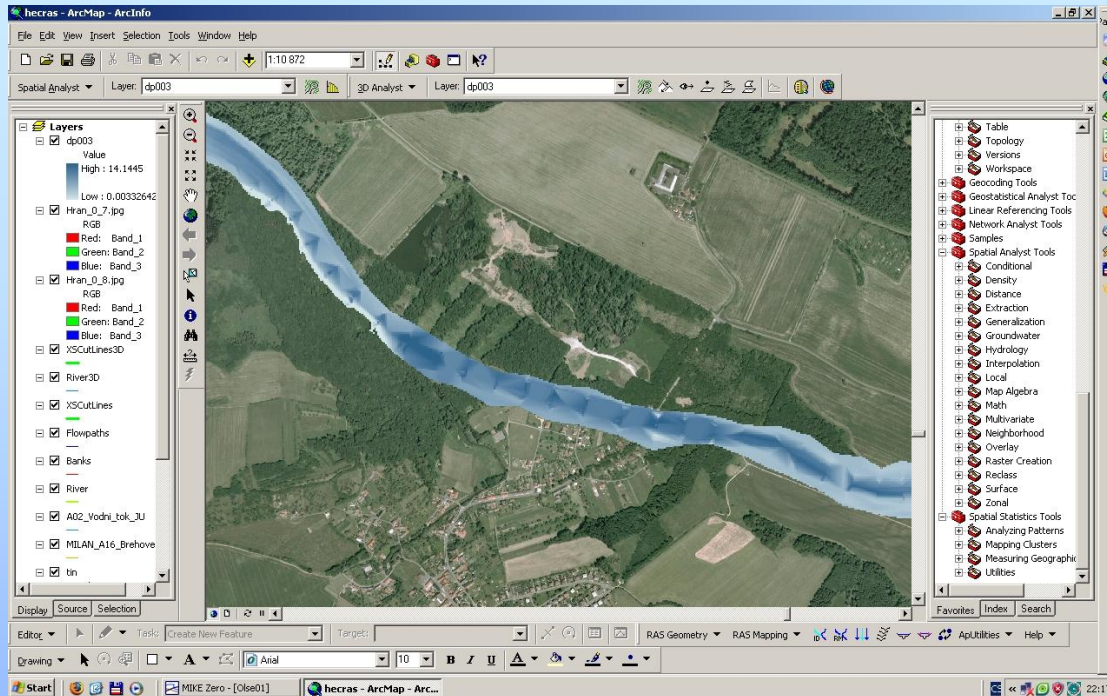
HEC-RAS

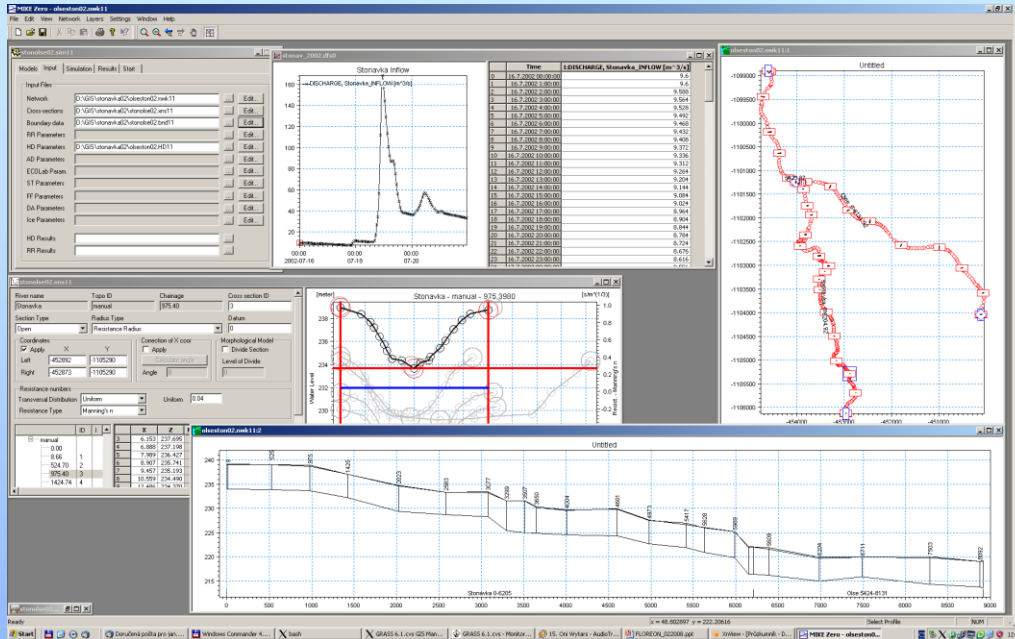
Výhody:

- freeware
- nenáročný na systémové prostředky
- možnost kombinace s HEC-HMS (okrajové podmínky atd.)
- napojení na GIS – pre- a postprocessing v HEC-GeoRAS pro ArcView GIS a ArcGIS
- pokročilé GUI
- řešení transportu sedimentů a stability koryt vodních toků

Nevýhody:

- absence API
- absence dávkového spouštění



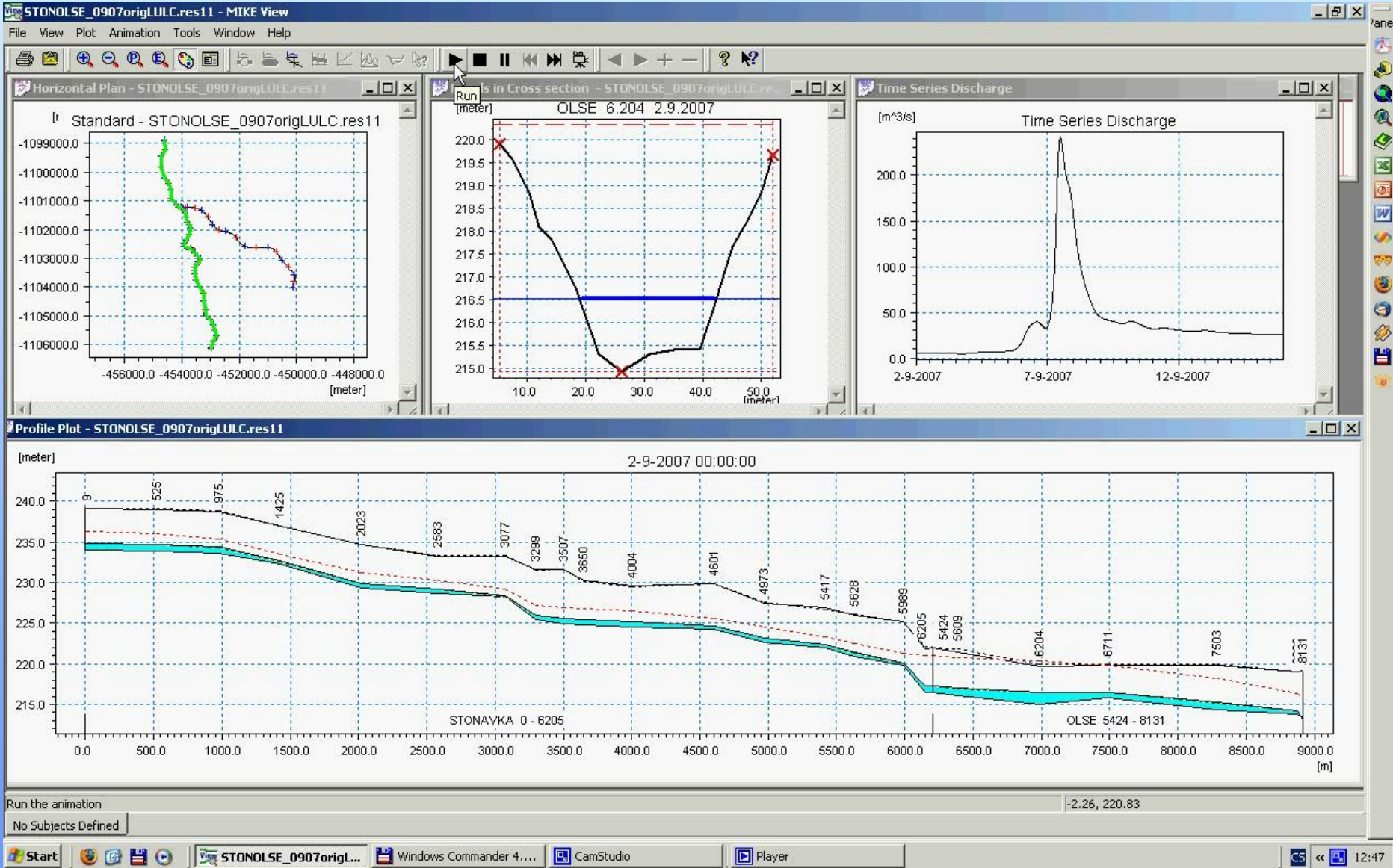


1D hydrodynamický model Výhody:

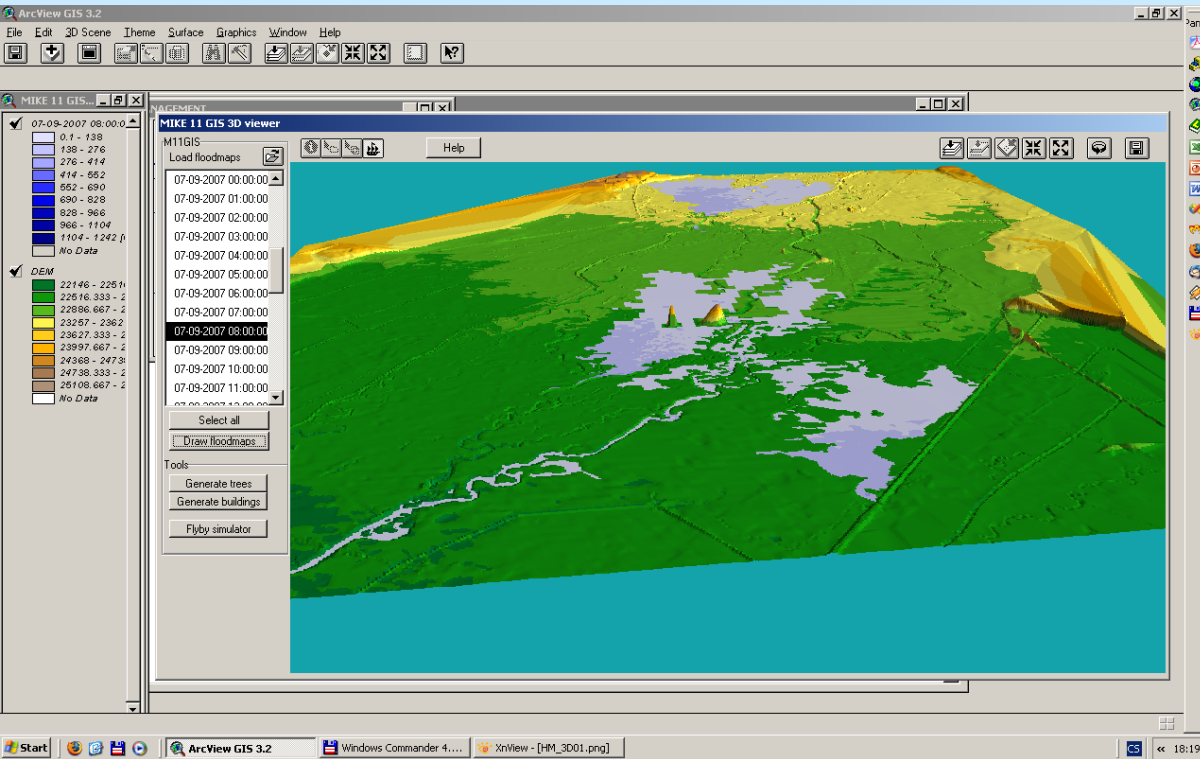
- nenáročný na systémové prostředky
- kombinace s ostatními modely DHI (MIKE SHE, MIKE 21c)
- GIS pre- a postprocessing v MIKE 11 GIS
- pokročilé GUI
- řešení transportu sedimentů, kvality vod a stability koryt vodních toků

Nevýhody:

- absence API
- cena

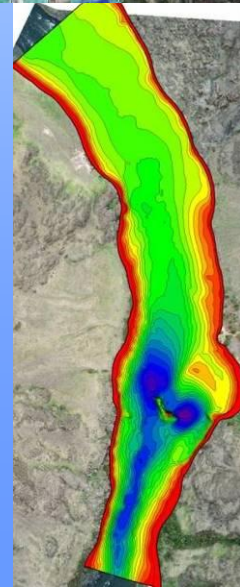
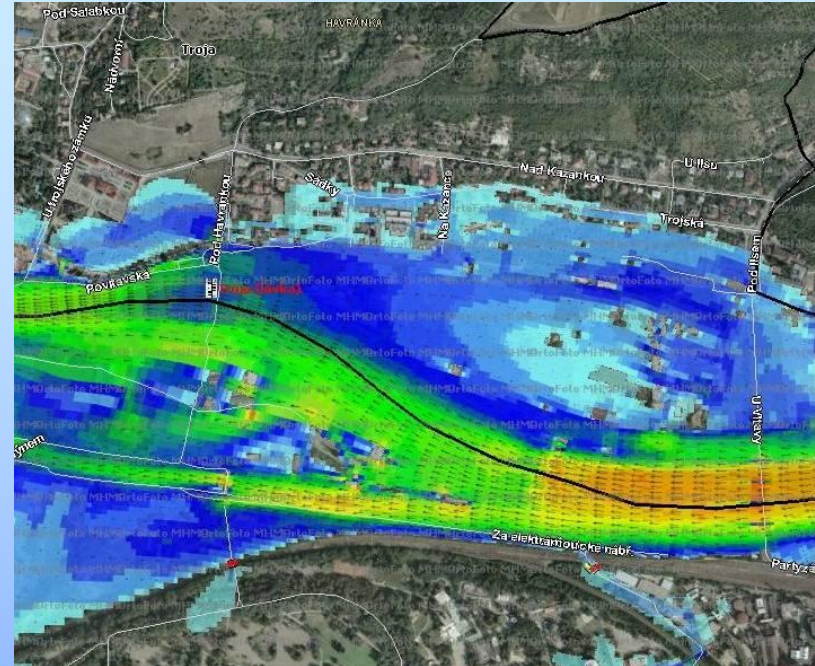
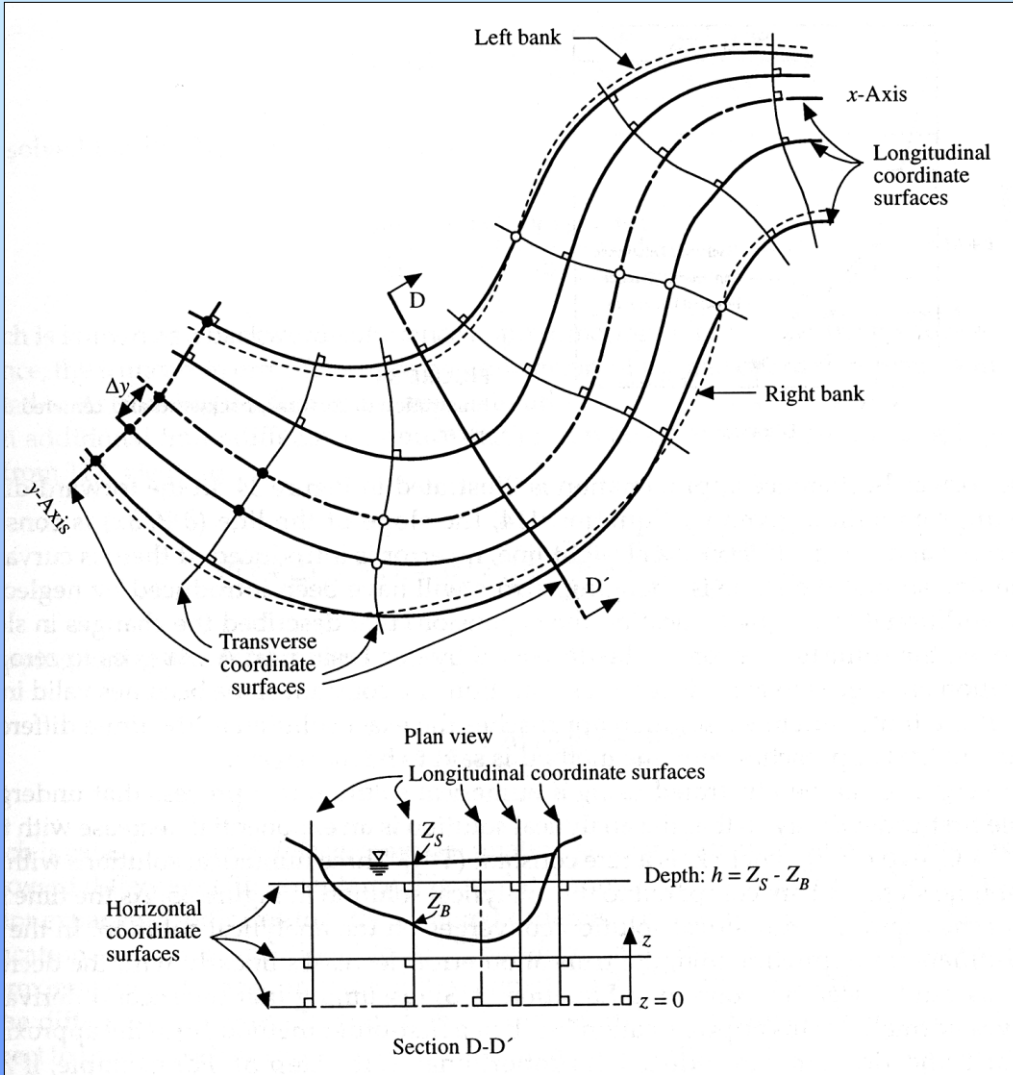


MIKE 11 GIS





MIKE 21c



MIKE FLOOD

MIKE Zero - [m]
File Edit View Run Window Help

MIKE Flood

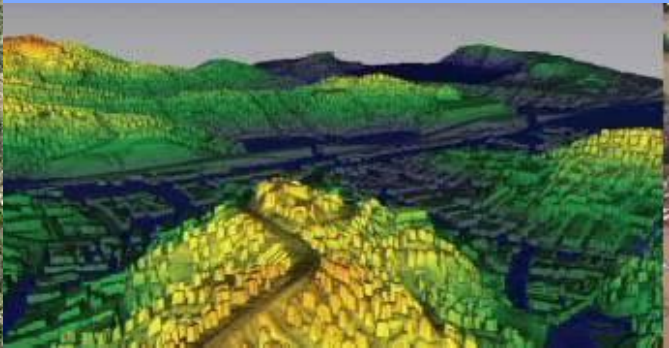
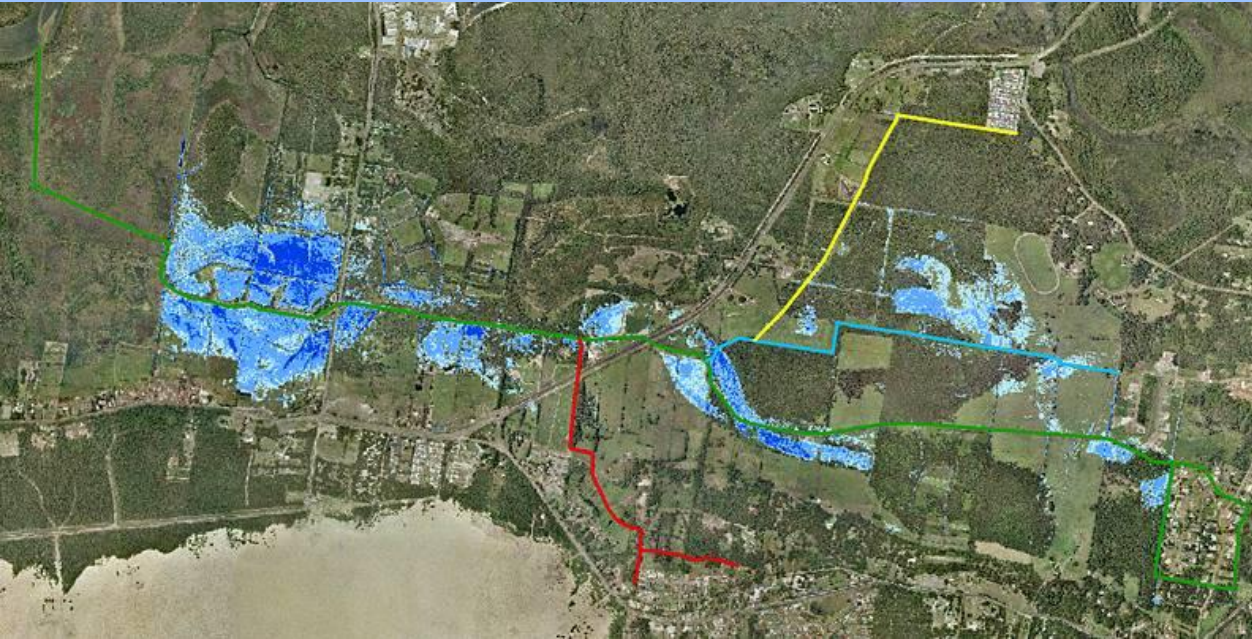
- Definition
- Standard/Structure
- Lateral Link Opti...
- Urban Link Optio...

C:\Program Files (x86)\DHI\MIKEZero\Examples\MIKE_FLOOD\FlowDirectionTest\m21.M21 ... Edit MIKE 21 input

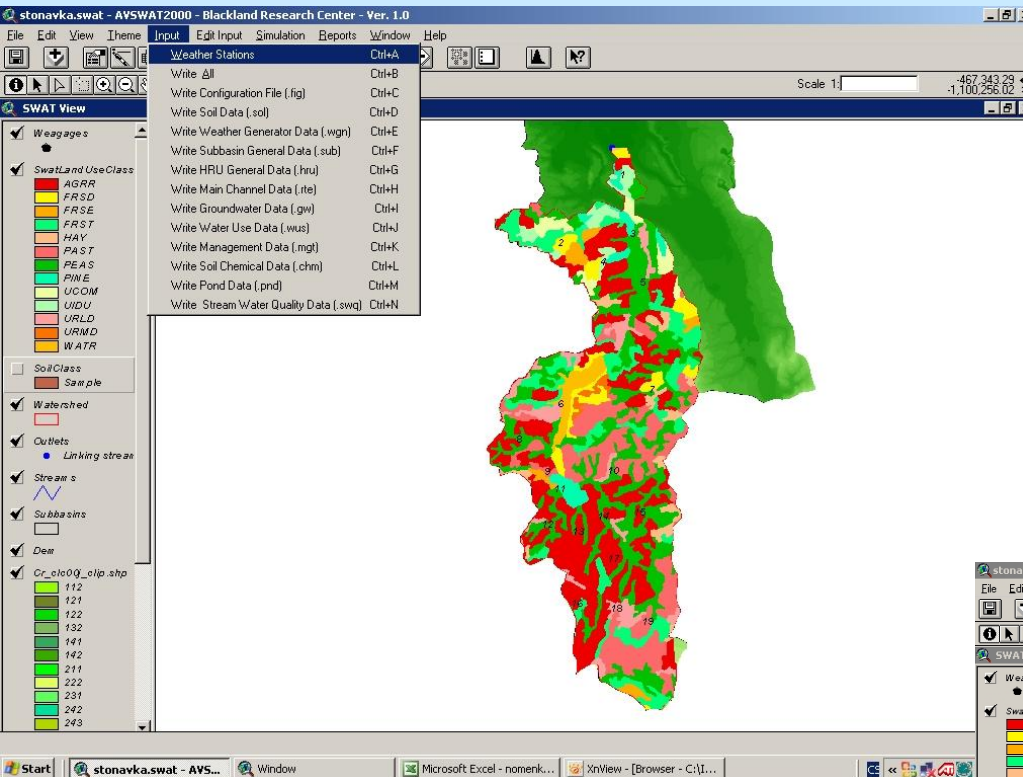
C:\Program Files (x86)\DHI\MIKEZero\Examples\MIKE_FLOOD\FlowDirectionTest\m11.sim11 ... Edit MIKE 11 input

... Edit MIKE URBAN

	M21 Coord 1			Link type	Coupling type	River name / Urban ID	M11 Chainage		M21 Area No.	No of M21 Cells
	J	K	C				US	DS		
1	31	39		XFLOW=0					1	11
2	32	40		YFLOW=0					1	16
3	33	41		Standard(E)	HD only	branch1	85.000		1	1
4	34	42		XFLOW=0					1	17
5	40	43		YFLOW=0					1	26
6	41	44		Standard(E)	HD only	branch5	165.000		1	2



SWAT



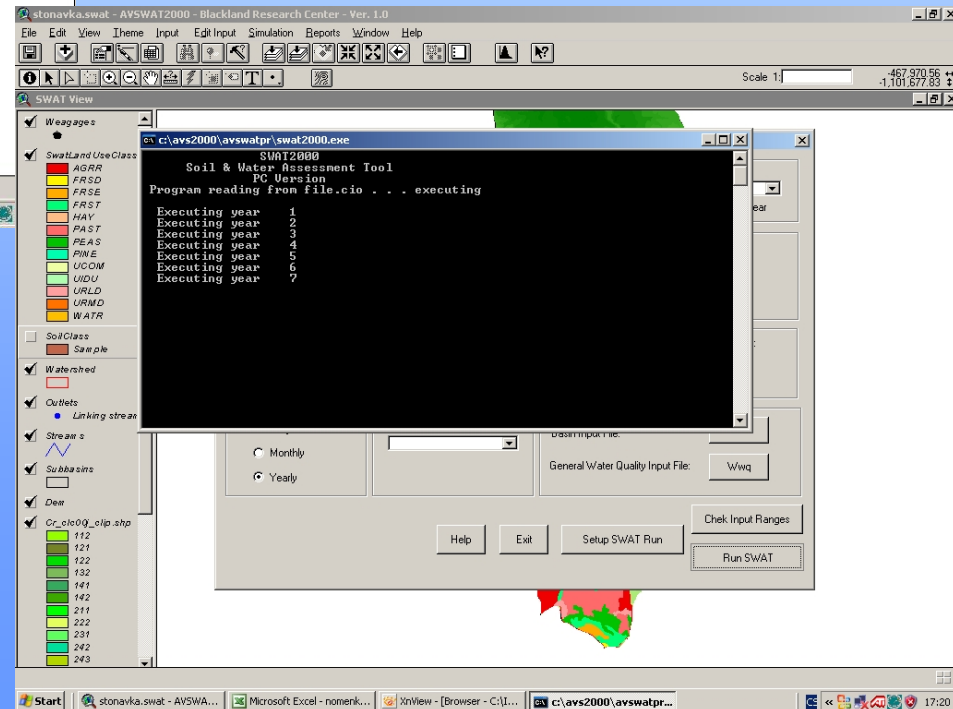
Hydrologický a dynamický erozní model pro ArcView GIS a ArcGIS.

Výhody:

- freeware
- práce v GIS projektu
- komplexnost modelu
- kvalitní dokumentace

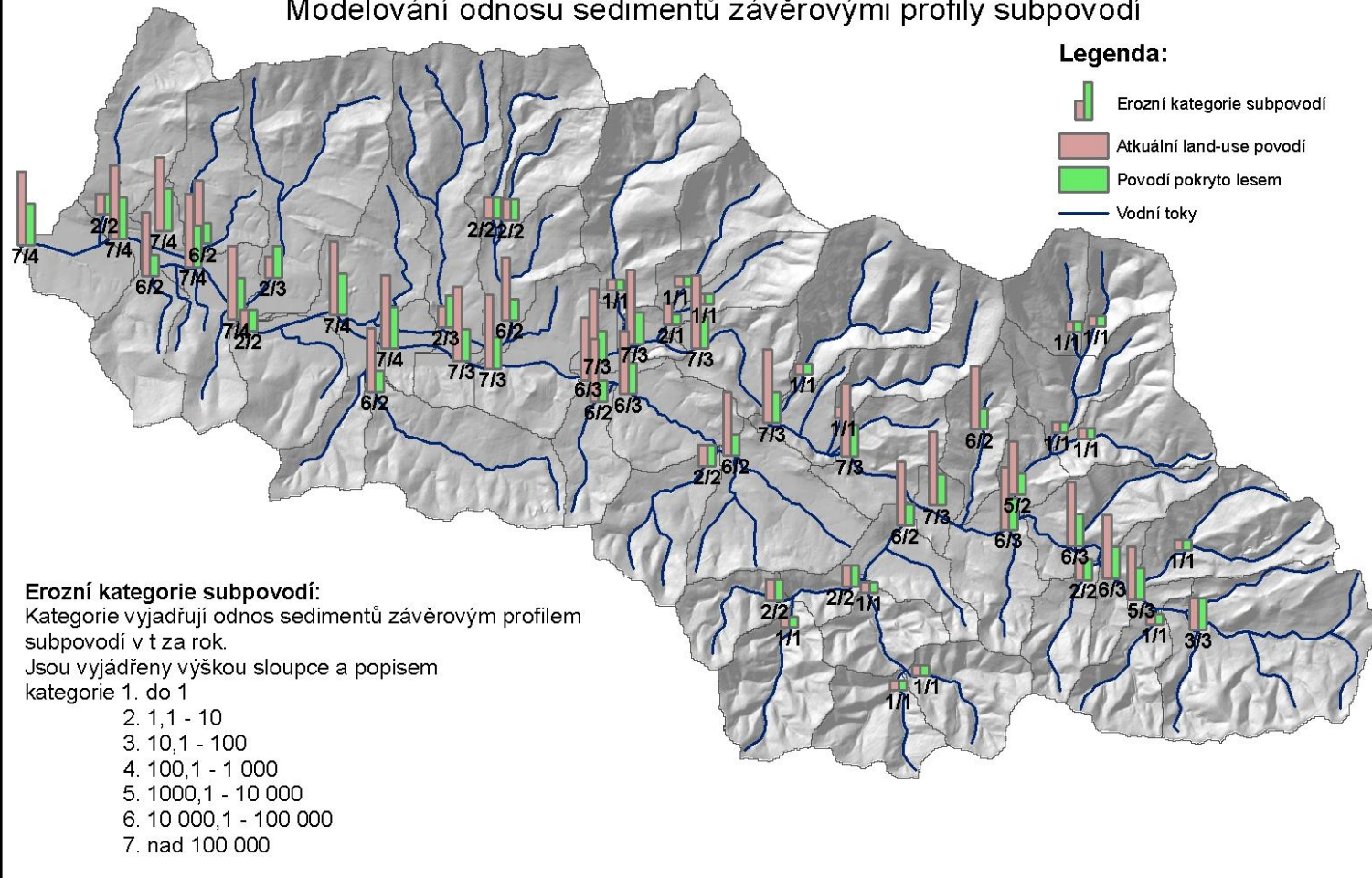
Nevýhody:

- absence API
- absence dávkového spouštění
- komplikovaná editace databází
- komplikovaná správa hydrometeorologických dat



Povodí Rožnovské Bečvy

Modelování odnosu sedimentů závěrovými profily subpovodí

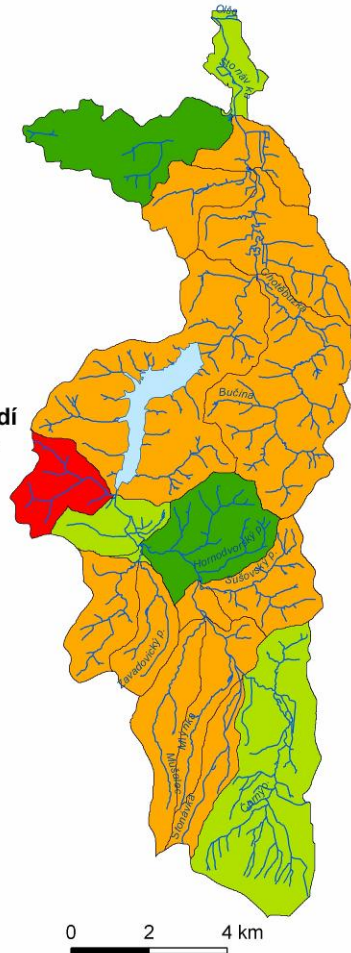
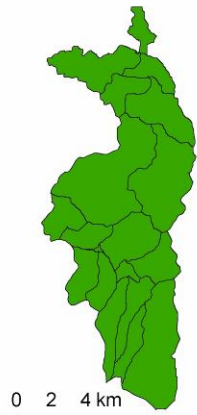


SWAT



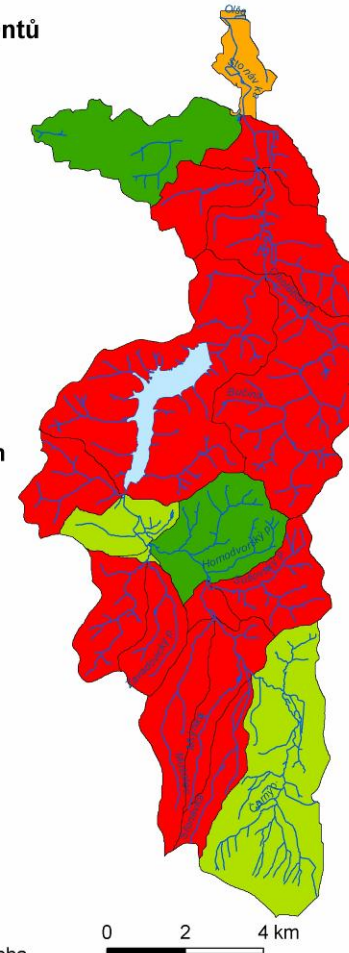
Výpočet USLE pro stávající land cover

Výpočet USLE pro povodí pokryté listnatým lesem



Výpočet dynamického modelu pro stávající land cover

Výpočet dynamického modelu pro povodí pokryté listnatým lesem

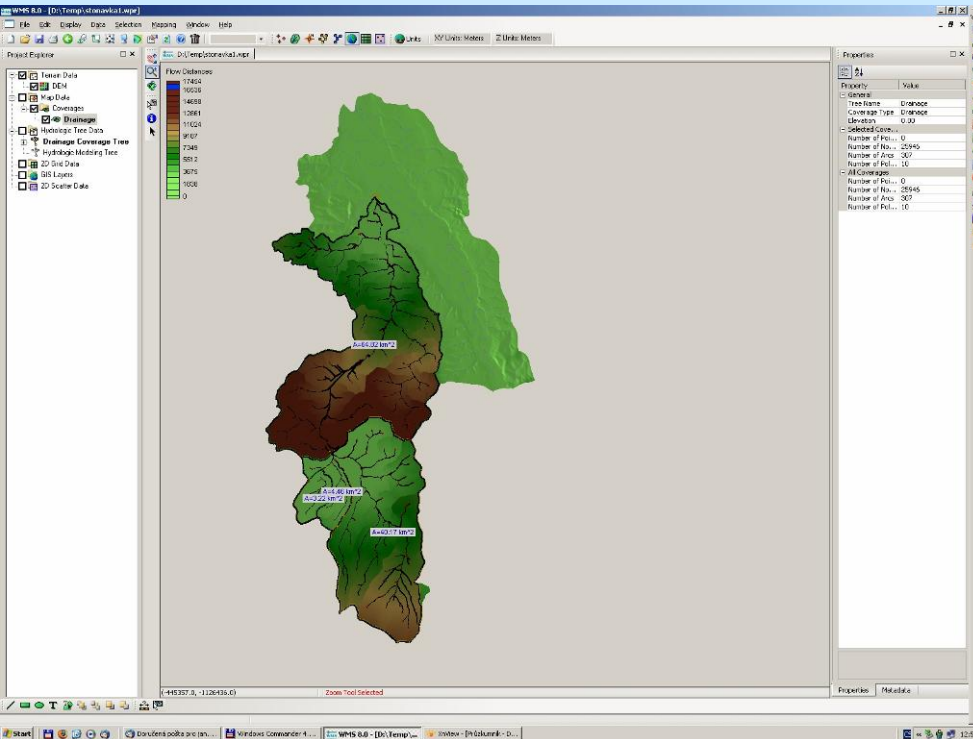


Modelovaný odnos sedimentů

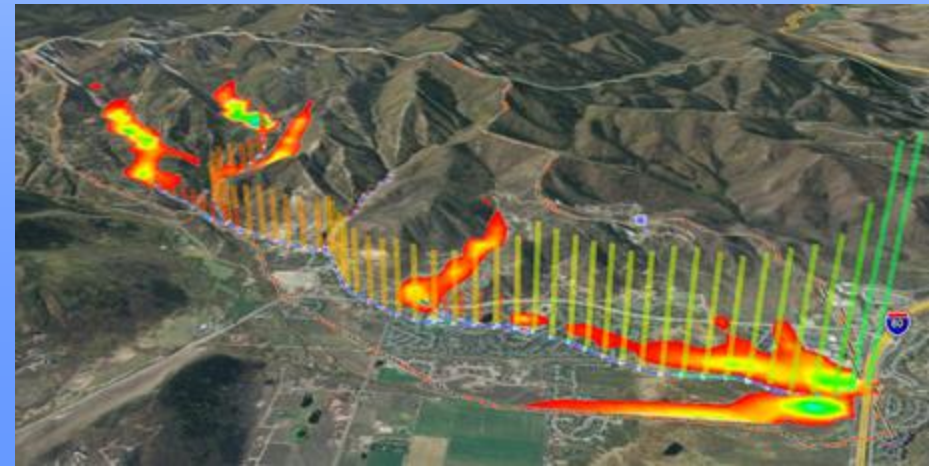
(v tunách z hektaru za rok)

- do 0.1
- 0.11 - 1.00
- 1.01 - 10.00
- nad 10.01
- VN Těrlícko
- Vodní tok

Zdroj srážkových dat: ČHMÚ
Zdroj prostorových dat: DIBAVOD, VÚV Praha



- Rozhraní (GUI) a preprocesor pro s-o a hydraulické modely
- Podpora HEC (HEC-1, HEC-RAS)
- Dále modely GSSHA, HSPF, TR-55 ad.
- Podpora ESRI shapefile
- Podpora GIS funkcionalit

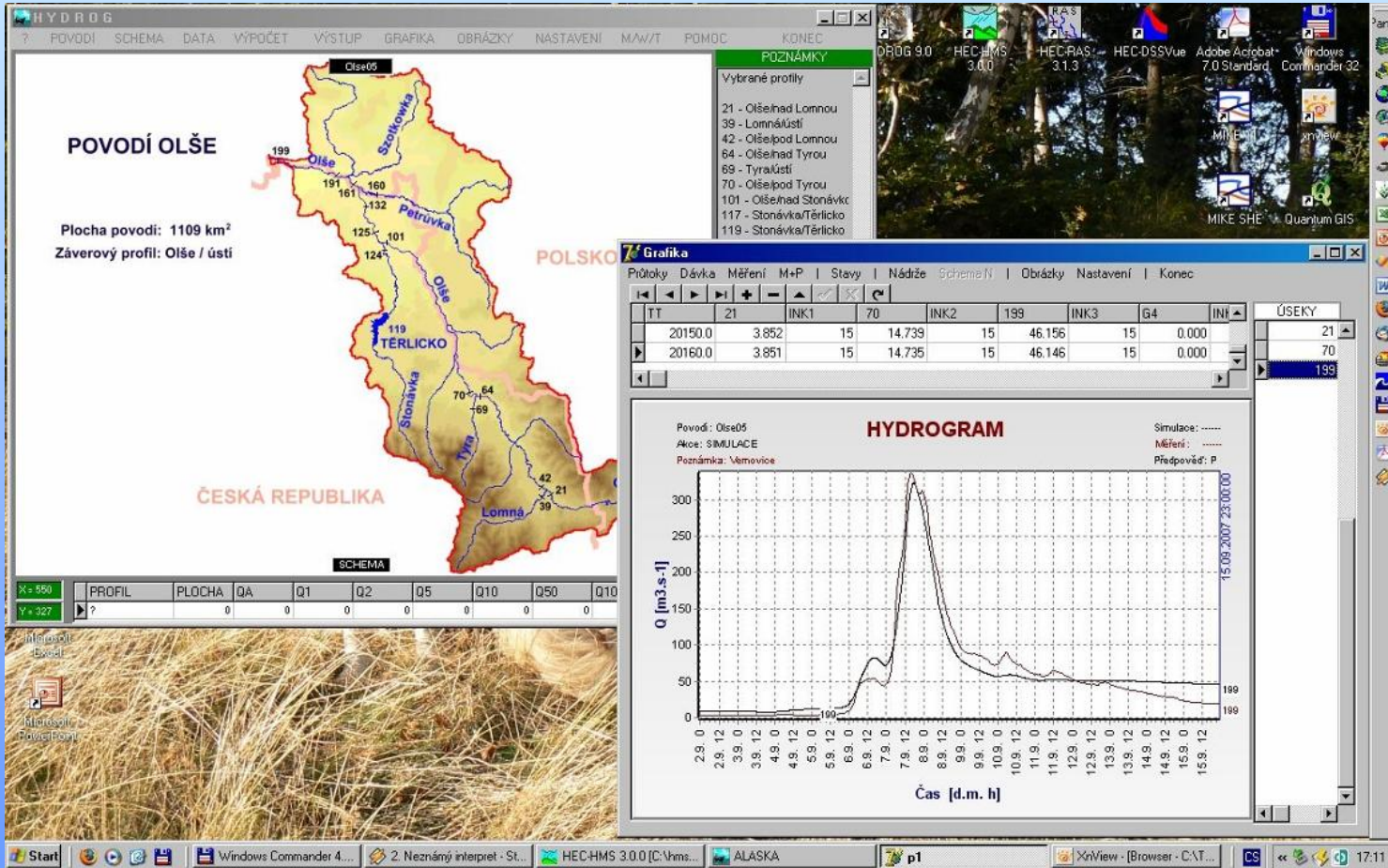


HYDROG

Původní OS platforma: MS DOS 5.0 / MS Windows 3.1 a vyšší

Poslední verze: 9.1. (OS Windows 9x / 2000 / XP / Vista / 7 - x32)

Autor: Prof. Miloš Starý / Hysoft Brno



HYDROG

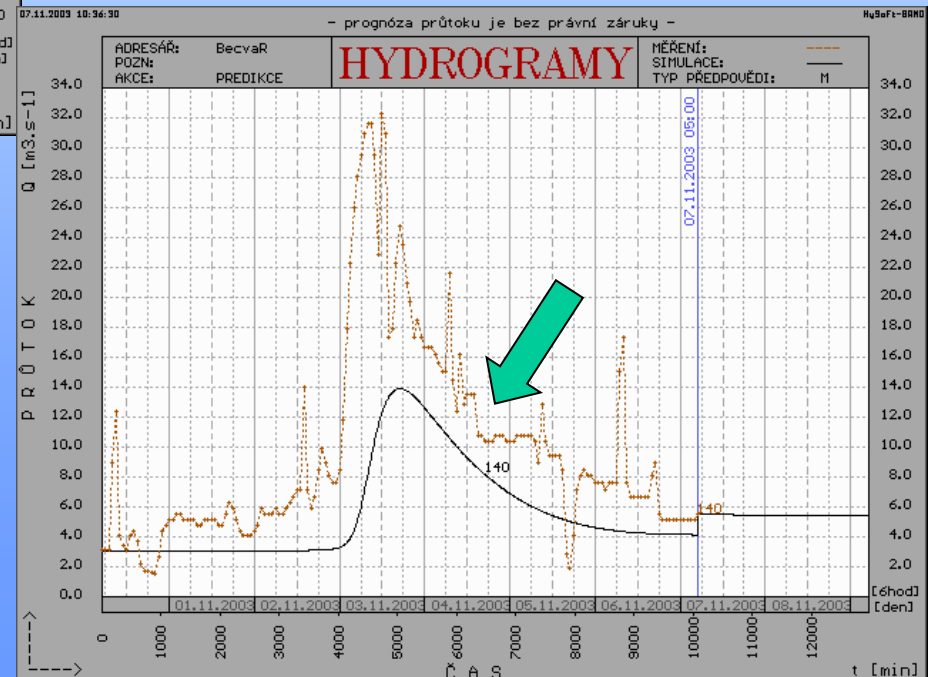
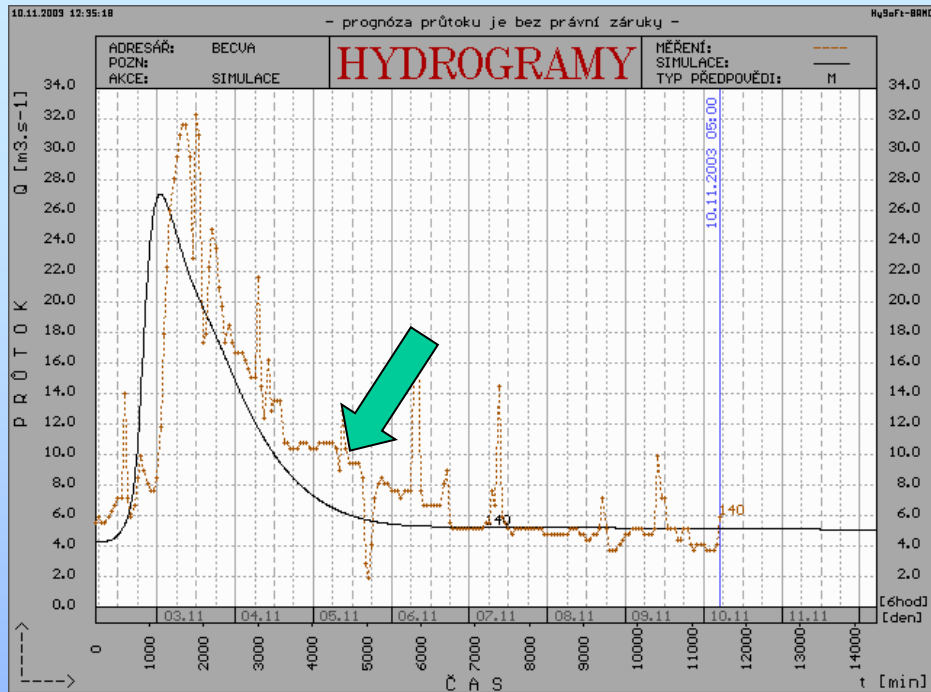
Program je primárně určen pro operativní hydrologickou prognózu a řízení VH soustav.

Výhody:

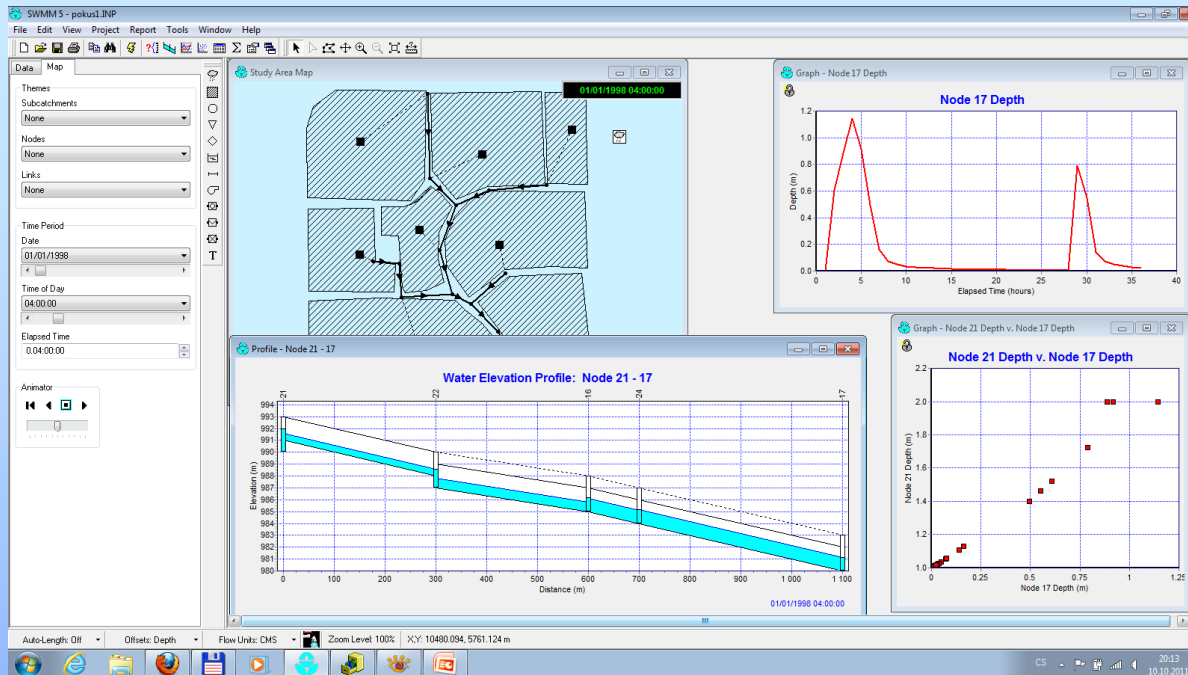
- kalibrační koeficienty, automatická kalibrace
- řízení VH soustav
- rychlý výpočet

Nevýhody:

- absence API
- neexistuje přímé napojení na GIS
- obtížná schematizace povodí v GUI programu



EPA SWMM



- *Validovaný a rozšířený model urbánní hydrologie*
- *Otevřený zdrojový kód*
- *Poměrně komfortní uživatelské rozhraní*
- *Kvantita i kvalita vody*
- *Součástí projektů EPA BASINS nebo MIKE URBAN*

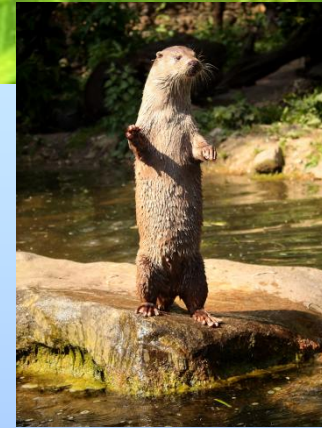
DHI ECO Lab

MIKE Zero - [ECOLab1 - Modified]

File Edit View Window Help

Model definition **State variables** Constants Forcings Auxiliary variables Processes Derived output

	Description	Transport	Type	Unit	Value	Local
1	PC, Phytoplankton C, g C /m	Transport	Concentration_3	mg/l	0.1	...
2	PN, Phytoplankton N, g N/m	Transport	Concentration_3	mg/l	0.014	...
3	PP, Phytoplankton P, g P/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.002	...
4	CH, Chlorophyll-a, g Chl/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.003	...
5	ZC, Zooplankton C, g C/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.003	...
6	DC, Detritus C, g C/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.5	...
7	DN, Detritus N, g N/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.3	...
8	DP, Detritus P, g P/m ³	Transport	Concentration_3	mg/l	0.02	...
9	IN, Inorganic nitrogen, g N/	Transport	Concentration_3	mg/l	0.01	...
10	IP, Inorganic phosphorous, g	Transport	Concentration_3	mg/l	0.005	...
11	DO, Dissolved oxygen, g DO/	Transport	Concentration_3	mg/l	9	...
12	BC, Macroalgea C, g C/m ²	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	4	...
13	BN, Macroalgea N, g N/m ² /	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.2	...
14	BP, Macroalgea P, g P/m ² /d	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.02	...
15	EC, Rooted vegetation, g C/	No transport	Undefined	g C/m ²	0.1	...
16	NNEC, Rooted vegetation, n	No transport	Undefined	number/m ²	20	...
17	KDOX, depth of NO ₃ penetra	No transport	Undefined	m	0.05	...
18	SOP, Sediment organic P, g P	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	1	...
19	FESP, Sediment iron adsorpe	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.15	...
20	SIP, Sediment phosphate, g P	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.5	...
21	SON, Sediment organic N, g	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	20	...
22	SNH, Sediment ammonia, g	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.1	...
23	SNO ₃ , NO ₃ -N in Surface sedi	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0.5	...
24	SPIM, Sediment P, immobile	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0	...
25	SNIM, Sediment N, immobile	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0	...



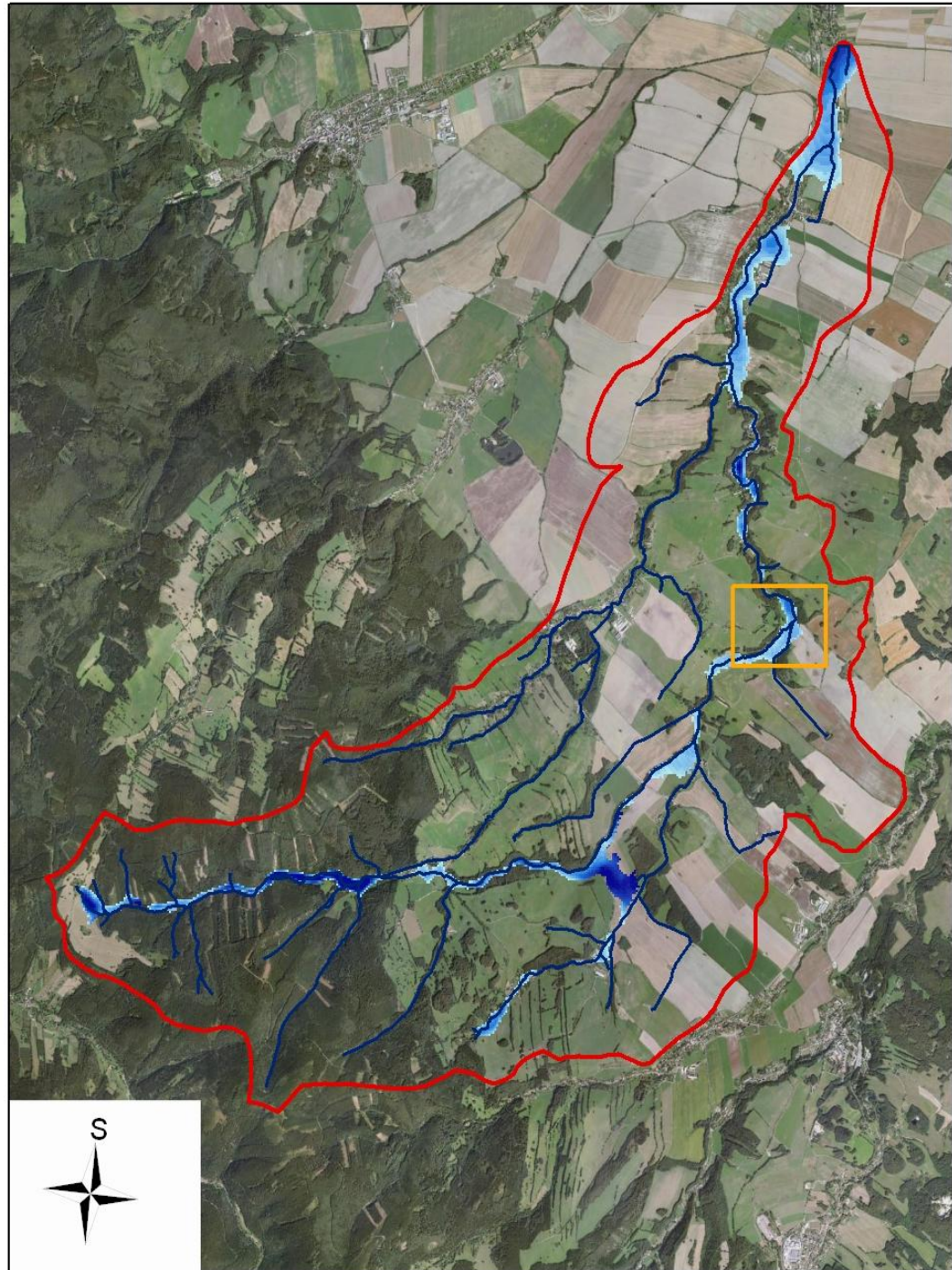
Několik ukázek výstupů na závěr...



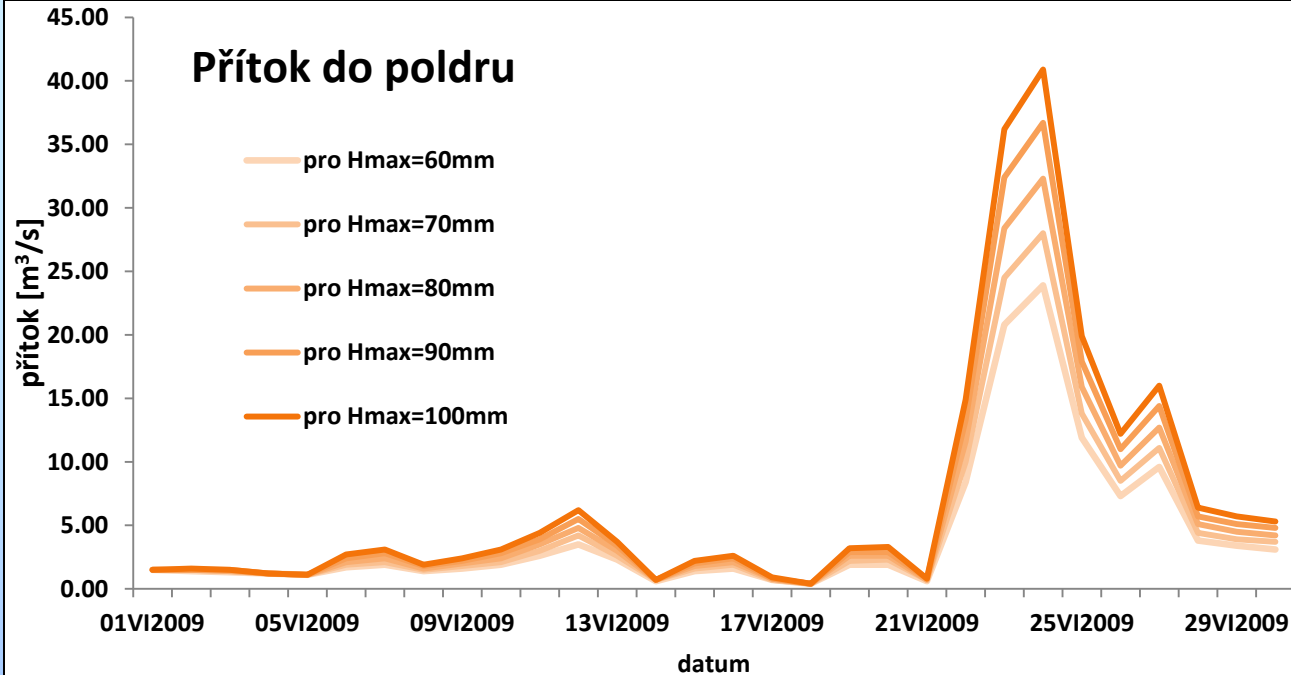
Výsledky hydrodynamických modelů MIKE 11 a HEC-RAS

- „rekonstrukce“ rozlivu 24. června 2009 se zaměřením na soutok Vojtovického potoka se strouhou

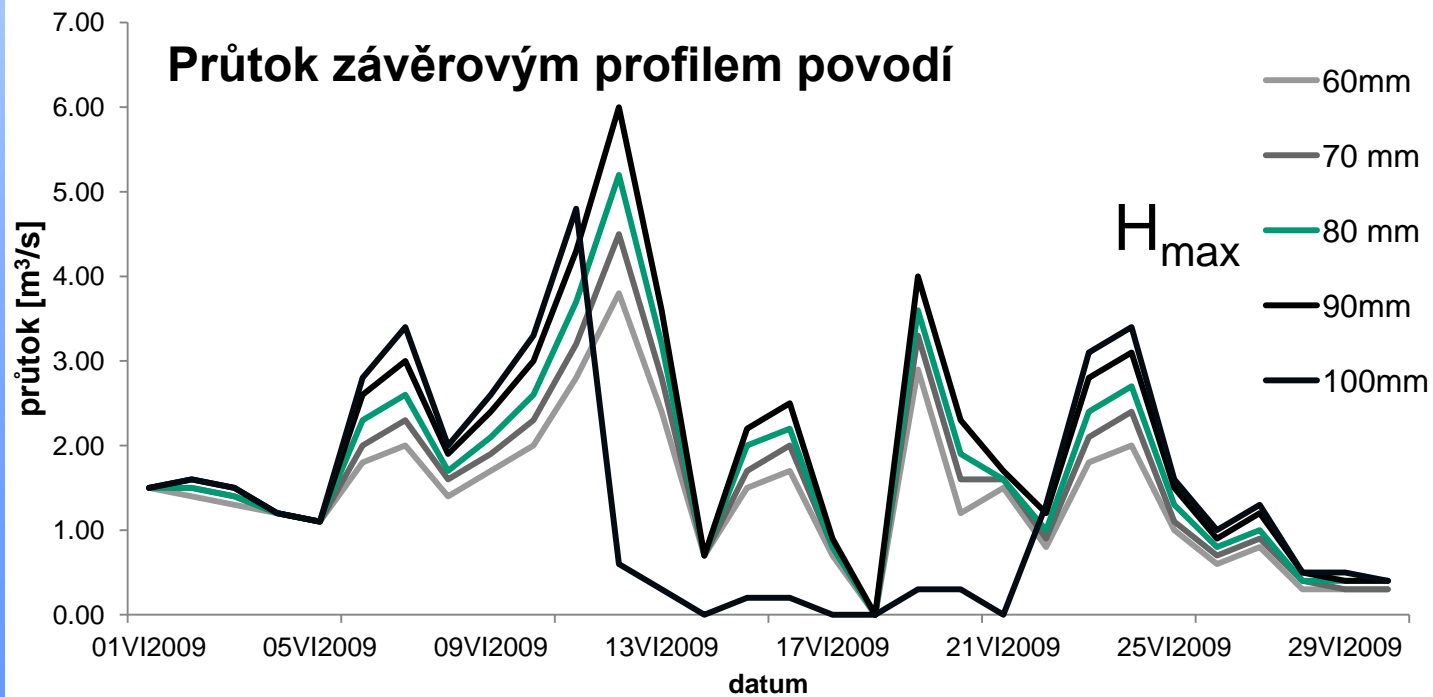




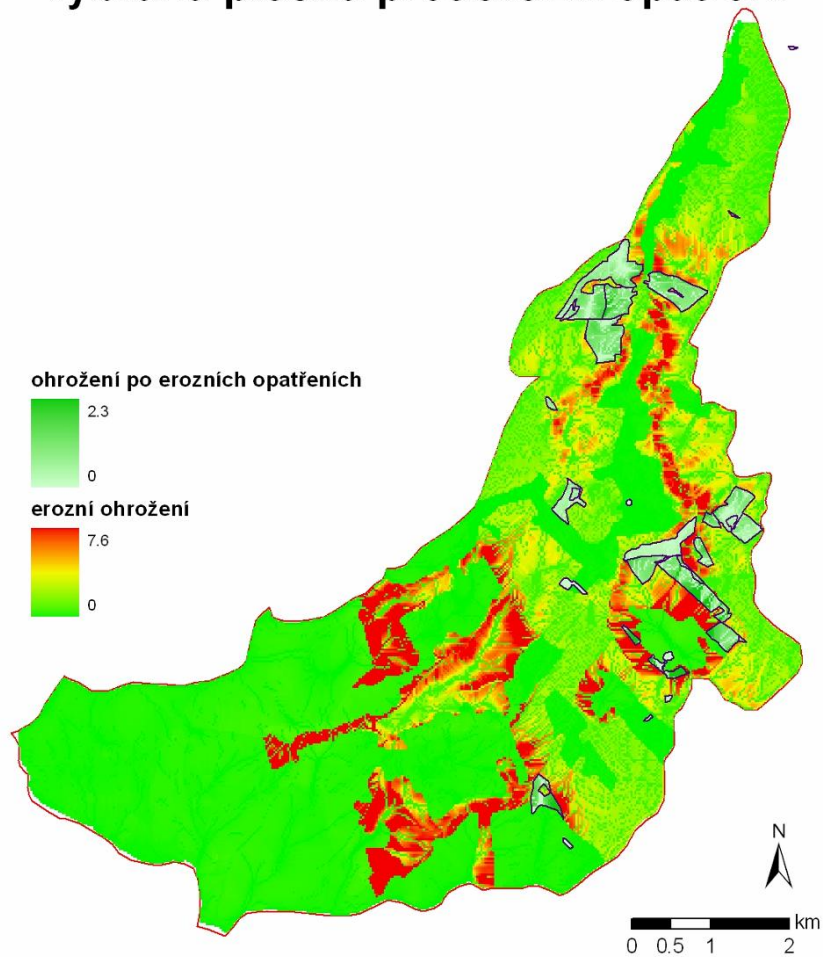
Přítok do poldru



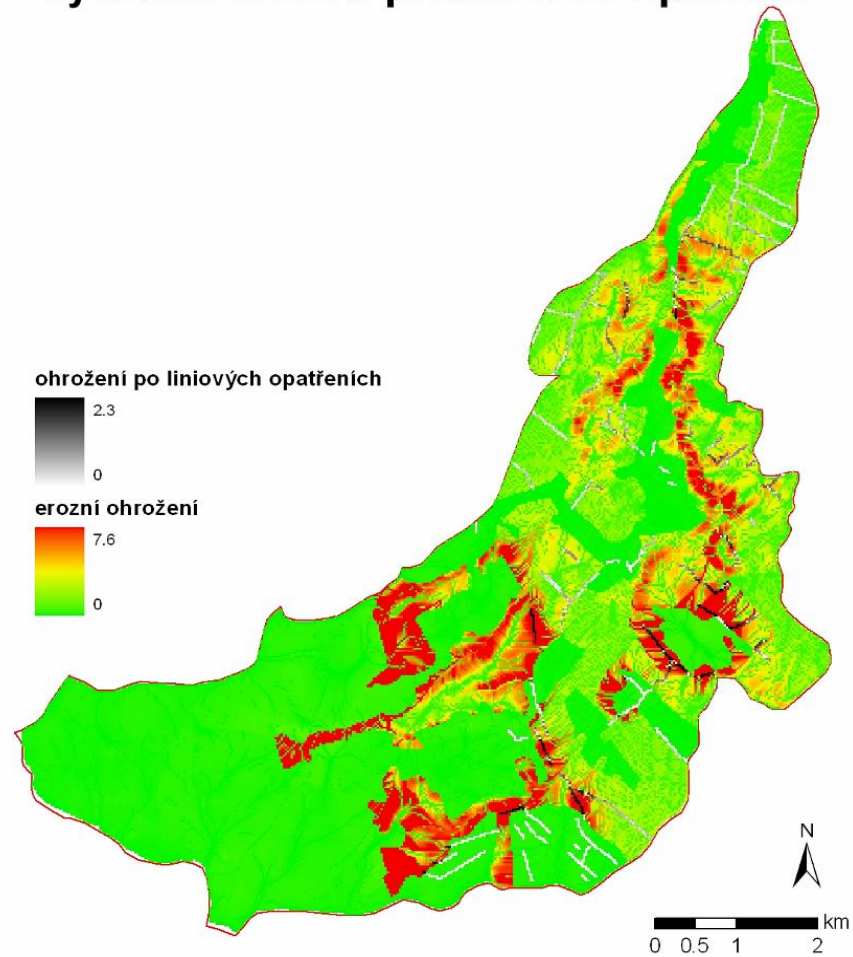
Průtok závěrovým profilem povodí



RUSLE - erozní ohrožení vybraná plošná protierozní opatření



RUSLE - erozní ohrožení vybraná liniová protierozní opatření

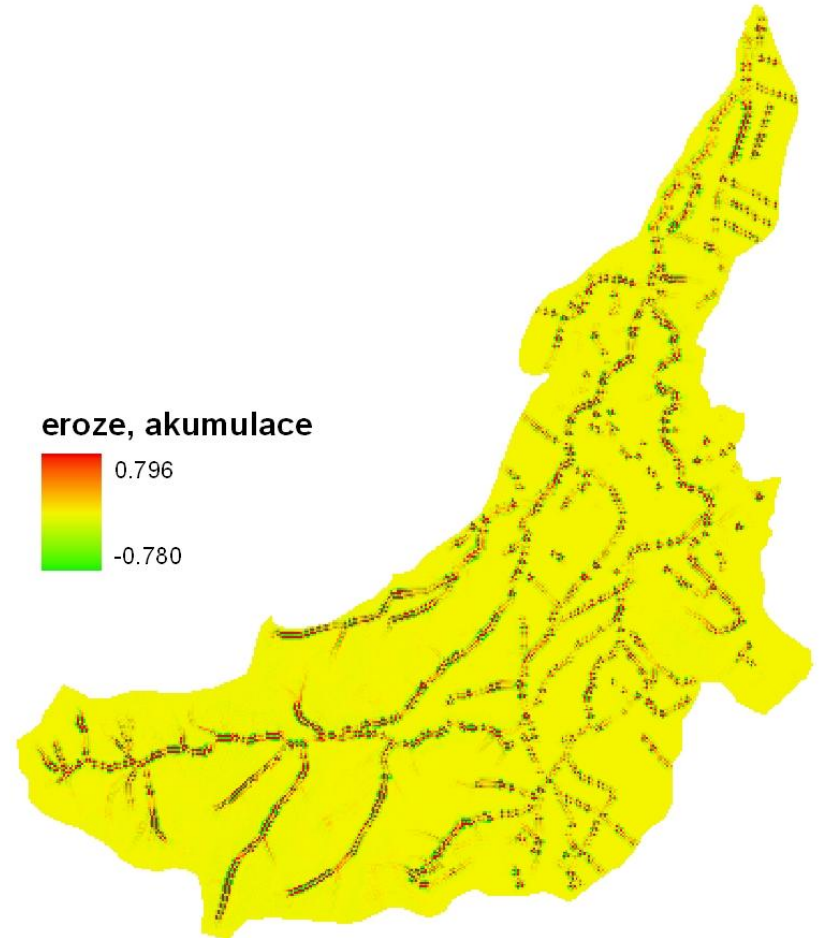
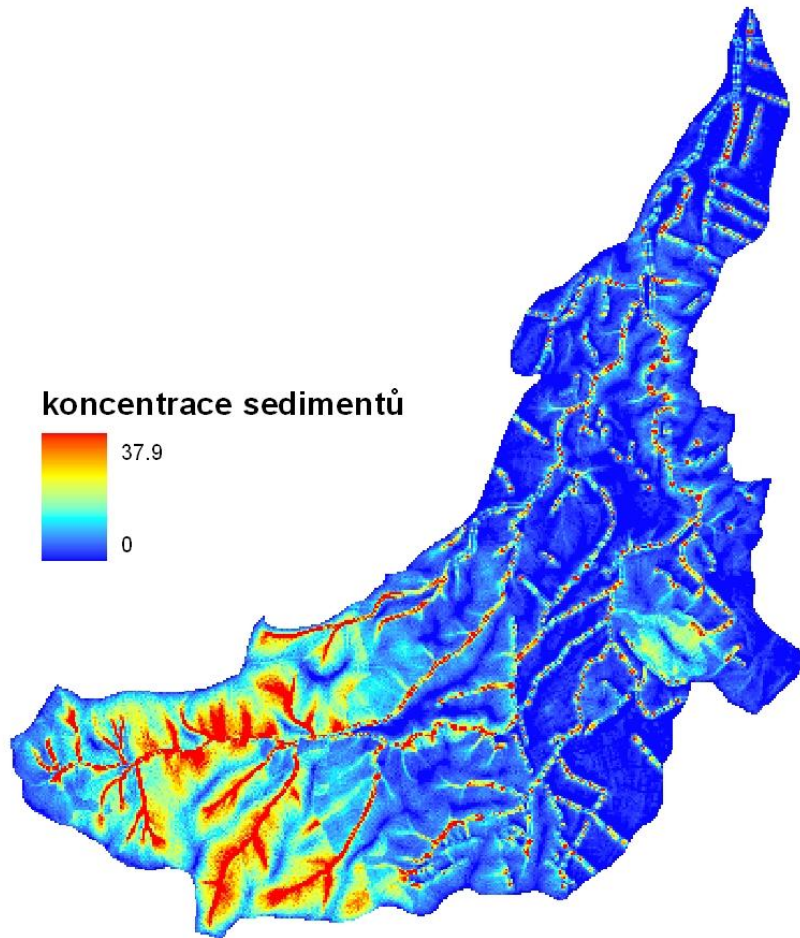


Koncentrace sedimentů

liniová opatření (výstup z modelu SIMWE)

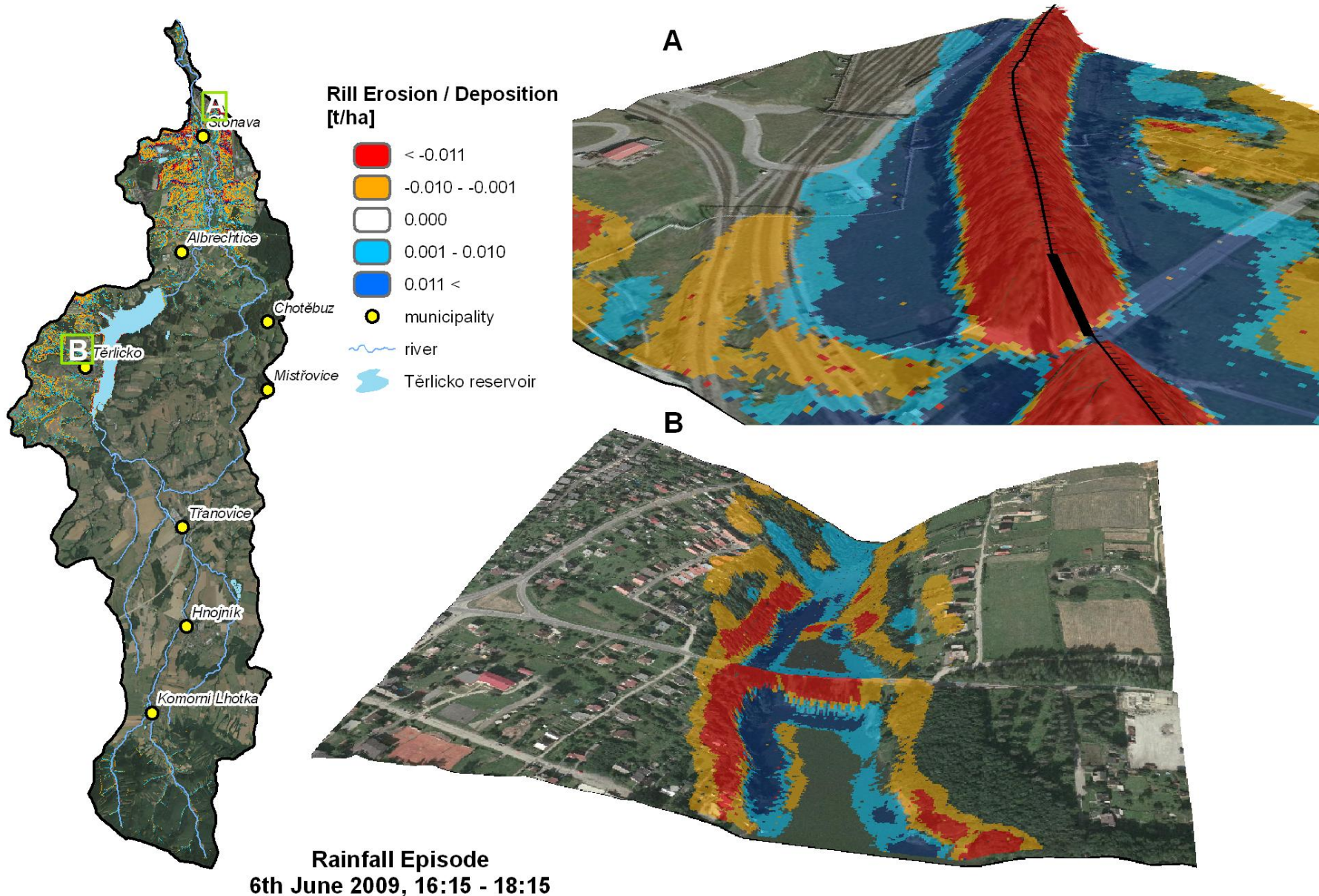
Poměr eroze a akumulace

liniová opatření (výstup z modelu SIMWE)

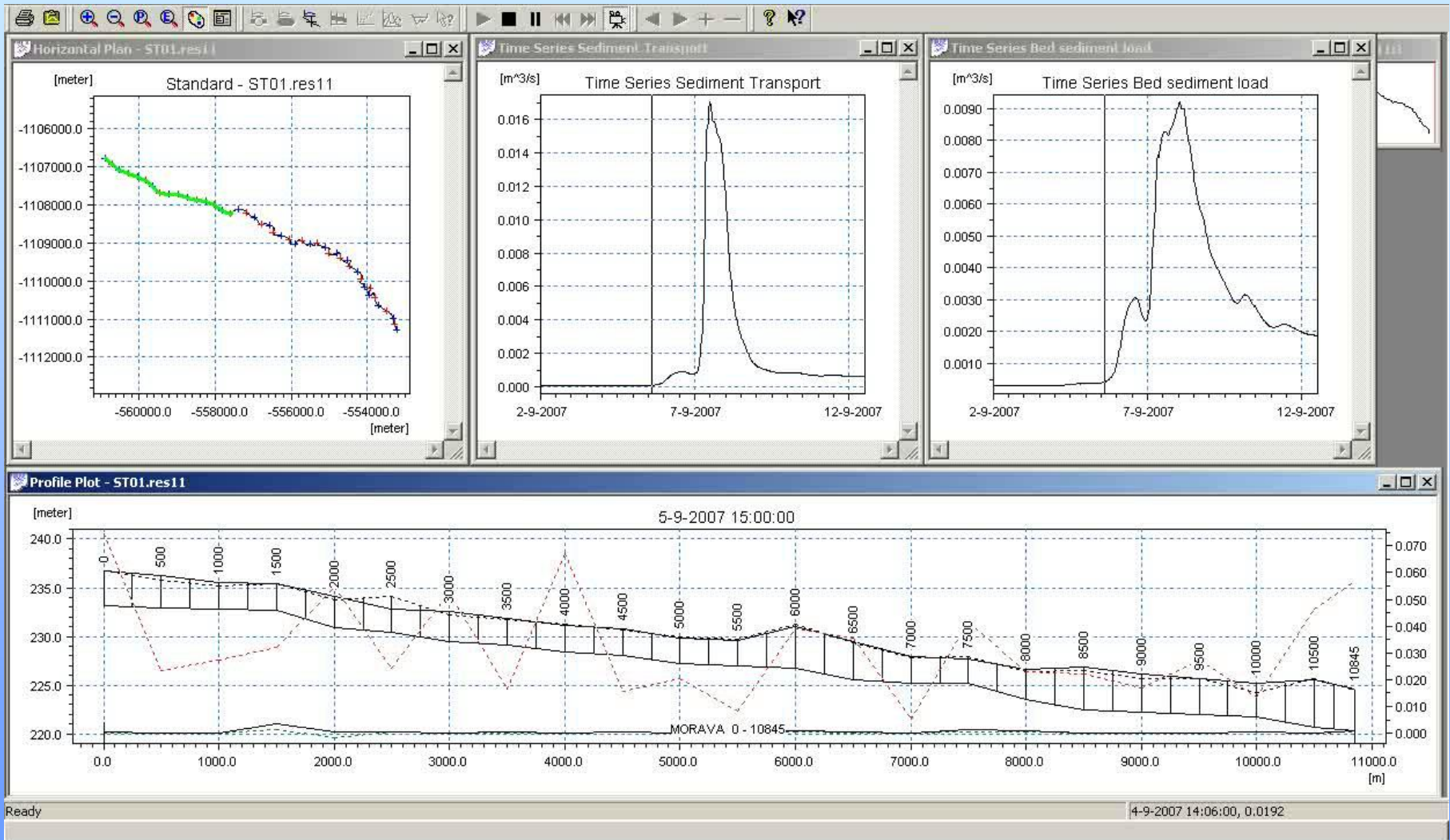


Jan Unucka a kol.
Ostrava 2011
Souř. systém: S-JTSK
Zdroj dat: ČHMÚ, DIBAVOD

Výsledky simulací – fluviaální eroze

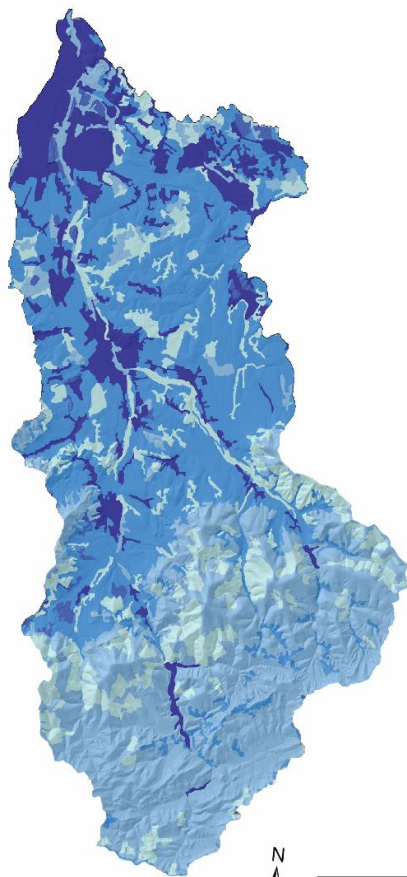


MIKE 11 – transport sedimentů

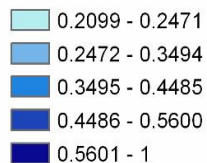


MIKE SHE – povrchový odtok a transpirace

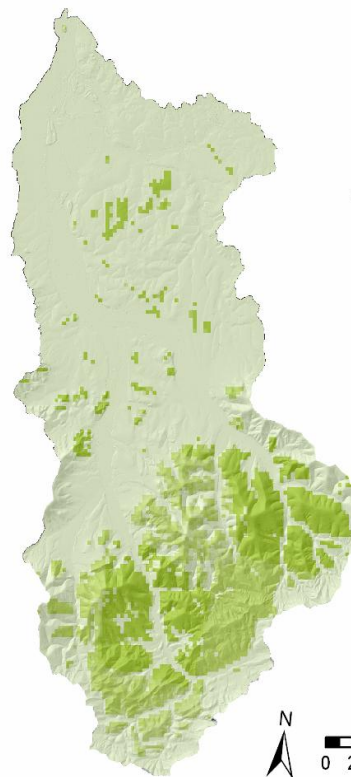
POVRCHOVÝ ODTOK povodí Ostravice



povrchový odtok
 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

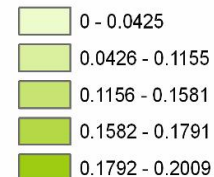


TRANSPIRACE vegetace

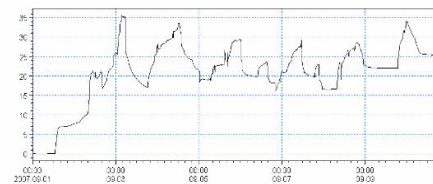


transpirace

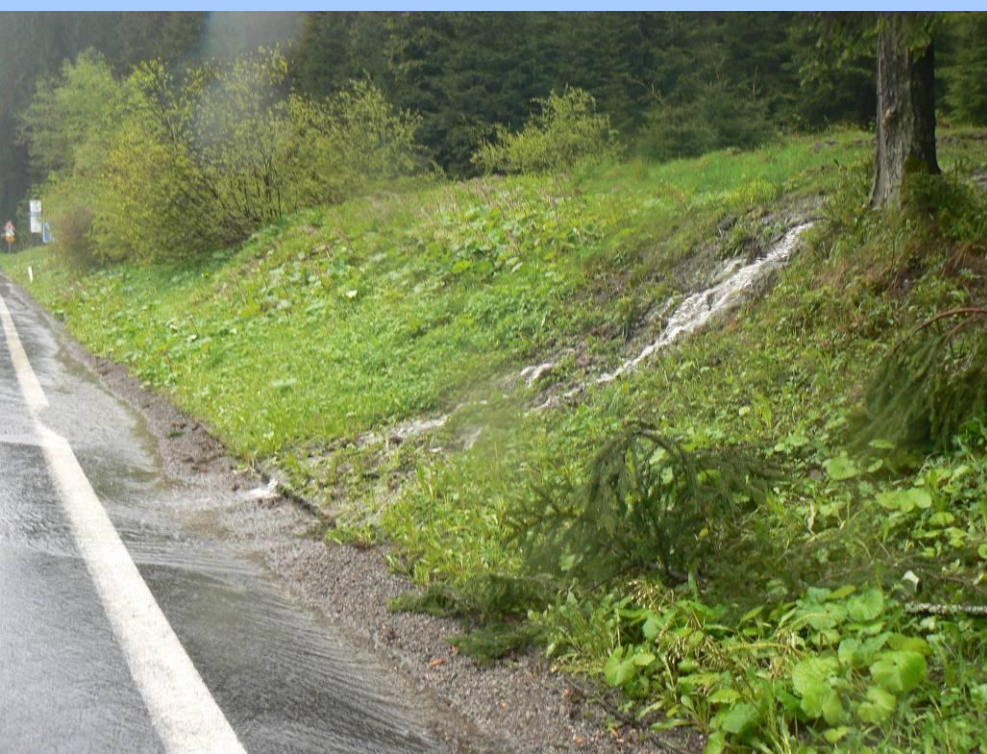
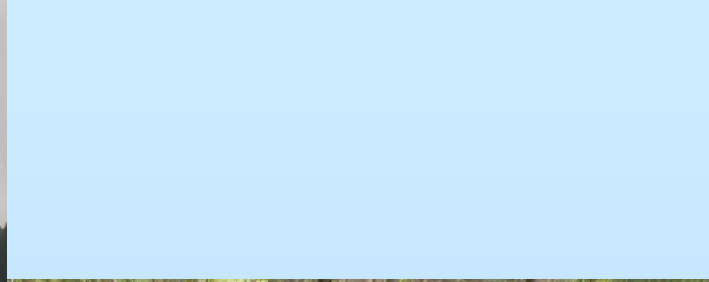
mm



Výška povrchového odtoku v mm



Jan Unucka
Ostrava 2009
zdroj dat : ČHMÚ a KÚ MSK
souřadnicový systém S- JTSK





Děkuji za pozornost



E-mail: jan.unucka@vsb.cz