

**České Vysoké Učení Technické v Praze  
Fakulta Stavební**

**Czech Technical University in Prague  
Faculty of Civil Engineering**

Ing. Josef Krása, Ph.D.

**Geoinformatika versus vodohospodářství a krajinné inženýrství**

**Geoinformatics vs. Water and Landscape Engineering**

## Summary

Mentioning the combination of water and landscape engineering lecture title suggests a very broad topic. Lecture will cover neither Geoinformatics nor engineering practice in its entirety. The article deals with applied science in farmland assessment issues, particularly with regard to problems with surface runoff and soil erosion.

In the first part the major principles of Geographic Information Systems are presented. The development of Geoinformatics as a discipline is directly related to the protection of nature and landscape. The next section describes the basic principles of landscape assessment and modeling of surface runoff and erosion. Then the benefits of analytical methods and GIS are presented.

Emphasis is put on a structured (top-down and bottom-up) approach to landscape assessment and modeling to present the risks we face if we do not use appropriate methods and data solutions for the appropriate scale.

## Souhrn

Zvolený titul přednášky naznačuje velmi široké téma, jež je dáno spojením vodohospodářství a krajinného inženýrství jako hodnoceného celku. Přednáška se ani geoinformatiky ani obou oborů inženýrské praxe netýká v plném rozsahu. Zabývá se aplikovanou geoinformatikou v problematice hodnocení zemědělské krajiny, zejména se zřetelem na řešení problémů s povrchovým odtokem a vodní erozí.

V první části jsou představeny základní principy geografických informačních systémů. Rozvoj geoinformatiky (např. první významný GIS – CGIS) jako vědní disciplíny je přímo spojen s ochranou přírody a krajiny. V další části jsou popsány základní principy hodnocení krajiny a modelování povrchového odtoku a eroze před využitím analytických metod GIS a konečně benefity, jež využití těchto systémů přináší.

Důraz je kladen na strukturovaný přístup k hodnocení krajiny a modelování, s cílem představit rizika, jimž jsme vystaveni, pokud nepoužíváme vhodné metody a data pro vhodná měřítka řešení.

**Klíčová slova:**

Geoinformatika, GIS, krajinné inženýrství, vodní eroze, transport splavenin, povrchový odtok, vývoj krajiny, stabilita krajiny

**Key words:**

Geoinformatics, GIS, landscape engineering, water erosion, sediment transport, surface runoff, landscape development, landscape stability

## Obsah

1	Úvod.....	6
2	Geografické informační systémy .....	7
3	Strukturovaný přístup hodnocení krajiny .....	10
4	Základní principy modelů vodní eroze a transportu splavenin.....	13
5	Modely pro globální, nadregionální až regionální úroveň.....	15
6	Modely pro regionální až lokální úroveň řešení .....	17
7	Modely pro lokální a detailní úroveň řešení .....	18
8	Geodata .....	18
9	Závěr .....	22
10	Poděkování.....	22
11	Literatura.....	22
	Ing. Josef Krása, Ph.D. ....	24

# 1 Úvod

Zvolený titul přednášky naznačuje velmi široké téma, jež je dáno především spojením vodohospodářství a krajinného inženýrství jako hodnoceného celku. Toto spojení si již v začátku zaslouží krátké zdůvodnění. Titul byl takto zvolen, protože vychází z mé pedagogické praxe. Ta se jednak věnuje studentům s výše uvedenými zaměřeními, jednak se problematika modelování jevů souvisejících s povrchovým odtokem na zemědělské půdě dotýká obou širokých oborů; krajinného plánování i vodohospodářských staveb v krajině. Mnohé z popisovaných problémů práce s prostorovými daty přitom platí obecně ve zmiňovaných oborech inženýrské činnosti.

Tímto vysvětlením bylo naznačeno i to, že ani geoinformatiky se přednáška nebude týkat v plném jejím rozsahu. Bude pojednávat zejména o aplikaci této disciplíny v problematice hodnocení zemědělské krajiny, se zřetelem na řešení problémů s povrchovým odtokem.

Informatika a geografické informační systémy (GIS) dnes nacházejí své široké uplatnění ve všech oborech vodohospodářství – při návrzích a dimenzování sítí vodovodů a kanalizací, při plánování nových významných vodních zdrojů, při plánování a posuzování vodních cest, v oblasti ochrany vodních zdrojů a protipovodňové ochrany, v oblasti vodního stavitelství a v ostatních oborech stavitelství, kde dochází k manipulaci s vodami, v oblasti správy vodních toků a správy povodí atd. Všude, kde k vyhodnocení jevů a k plánování je třeba znát informace o prostoru a prostorových souvislostech, lze uplatnit nástroje geoinformatiky.

Krajinné inženýrství neznamena jen projektování staveb a komplexů zasahujících do přírodního prostředí, nebo ovlivňujících průběh přírodních procesů. Nejedná se jen o návrhy řešení z oblastí vodohospodářství, odpadového hospodářství, zemědělství, protierozní ochrany nebo hydroopedologie. Základní součástí inženýrské gramotnosti v oblasti krajinného inženýrství je rovněž hodnocení dopadu všech navržených nebo již funkčních systémů na krajinný ekosystém i na další rozvoj lidské činnosti. Hodnotit krajinu je možno jednak v jejím detailu – z mnoha různých hledisek a úhlů pohledu, nebo jako komplexní systém vybraných krajinných složek a jejich spolupůsobení – v různých měřítcích a podrobnostech. Při tom je třeba pracovat s plány, mapami a jinými prostorovými daty – dnes (kromě přípravných skic nebo terénních záznamů) již téměř výhradně v digitální podobě. Do hodnocení je nutno zahrnout vývoj, pracovat s časově i prostorově proměnlivými jevy, jejich vzájemnými vazbami a odpovídajícími daty. K tomu všemu napomáhá geoinformatika a nástroje této vědní disciplíny, tedy GIS.

V oblasti krajinného inženýrství se vědecký tým Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství dlouhodobě zabývá krom dalších otázek také hodnocením srážkoodtokových procesů, povrchového odtoku a erozního procesu. Výzkumná práce a výuka jsou zde velmi úzce propojeny, protože modelování (alespoň v základní podobě) se dnes již stává součástí praxe – projekční činnosti, posuzování území z hledisek uvedených výše. A naším úkolem je studenty připravit pro práci na všech potřebných úrovních. V oblasti veřejné zprávy, projekce, státní správy, pro práci ve správě vodních toků a povodí, v oblastech speciální ochrany přírody i jinde. Ve všech těchto činnostech je třeba, aby naši absolventi byli nejen počítačově gramotní, ale vyznali se i v základních otázkách geoinformatiky a dokázali porozumět principům GIS a práce s nimi – bez ohledu na používanou platformu.

## **2 Geografické informační systémy**

Zůstaneme-li např. u problematiky modelování erozních procesů, jako jedné z aplikací, pro řešení v úrovni celých povodí již v dnešní době nepřipadá v úvahu manuální výpočet pomocí modelu. Výpočty jsou vždy realizovány s podporou mapových dat zpracovávaných na počítačích. Proto je základní složkou přípravy vstupů do erozních modelů práce s geografickými informačními systémy.

Celý obor práce s GIS dnes zastřešuje nová vědní disciplína – geoinformatika. Jako odštěpený obor obecné informatiky je dnes geoinformatika vyučována na řadě (nejen technických) vysokých škol.

Základem GIS jsou mapy a informace o mapovaných místech. Odhlédneme-li od propojení s periferiemi, jako jsou skener, plotr, monitory atp., samotný software se dělí na dvě části: databázovou a vykreslovací. Bez obou částí se neobejde ani nejjednodušší GIS. Veškeré informace o prostorových objektech a prvcích mapy je třeba ukládat, zálohovat, organizovat, třídit, statisticky zpracovávat, vyhledávat, provádět s nimi matematické a jiné analytické operace, atd. O to vše se stará databázová část – DBMS. Vykreslovací část má poté na základě pokynů uživatele a výsledků z DBMS za úkol převést analyzovanou informaci do mapy, tu upravit a zobrazit přesně dle pokynů. Obsahuje rovněž rozhraní potřebné pro editaci mapy atd.

GIS jsou obvykle systémy modulárními. Moduly jsou samostatné programy a skupiny programů určené pro odlišné typy úloh – správu a organizaci dat, převody odlišných formátů (import-export) a datových typů (rastr vektor, binární, ASCII,...), kartografické operace, georeference, rastrové analýzy,

editace dat, klasifikace dat dálkového průzkumu Země (DPZ), mapovou algebru, prostorovou statistiku aj.

Součástí GIS jsou rovněž kompletní modely – tedy algoritmy sestavené z modulů a vstupních i výstupních rozhraní, vystupující jako integrovaná složka GIS. Řada erozních modelů (RUSLE, SEDIMENTATION, RUNOFF, HEC-HMS, aj.) je takto přímo integrována do některého z komerčních nebo nekomerčních GIS software.

GIS lze klasifikovat (třídít) podle účelu, datových formátů, velikosti, rozšířenosti apod. Dle účelu je možné mezi hlavními představiteli rozlišit tři základní skupiny: plně integrované software, s důrazem na mapové výstupy (typický představitel je ArcGIS); programy orientované na vyhodnocení dat dálkového průzkumu Země (DPZ) a obecně klasifikace „snímků“ všech typů (typický představitel je Geomatica); programy charakterizované jako vývojové prostředí pro environmentální modely (typickým představitelem jsou IDRISI).

Podle těchto účelů rovněž jsou programy rovněž odlišně datově orientovány. Programy zaměřené na práci s daty DPZ obsahují rozsáhlý aparát pro práci s rastrovým formátem dat. Programy určené pro přípravu působivých vizuálních výstupů a map a programy pro síťové analýzy pracují kvalitně především s vektorovým formátem dat. Všechny současné programy umožňují alespoň základní datové operace s oběma formáty a převody mezi nimi.

I v případě hodnocení erozních procesů je naprosto klíčovým parametrem pro dosažení potřebné přesnosti výstupu kvalita a podrobnost dat. Datům v České republice bude věnována samostatná kapitola.

V současné době je na trhu k dispozici při nejmenším několik set programů distribuovaných pod hlavičkou GIS. Řada z nich jsou specifické a jednoduché softwarové aplikace nebo modely určené pro konkrétní využití v různých oblastech mapování. Mnoho programů je distribuovaných zdarma jako freeware (např. prostřednictvím <http://freegis.org>), případně jako otevřený software. Asi v polovině 90. let všeobecně nastala přeměna – cílem je při bližení GIS k řadovému uživateli. Hlavní zákazník je prostý uživatel, ne vývojář. Softwary přecházejí na předdefinované funkce, příjemné rozhraní, zjednodušení ovládání. Za cenu zjednodušení už uživatel nemá v základních verzích programů plnou kontrolu nad procedurami – ty jsou předdefinovány napevno. U „velkých“ GIS je pak přípustné i vlastní programovací rozhraní.

Největší výrobci se zaměřují buď více na databázové analýzy, nebo na přípravu dat z DPZ a jiných zdrojů. Jsou to především:

Firma ESRI (skupina produktů ArcGIS). Profesionální, poměrně drahé, vektorové software. Rastry a konverze dat DPZ zajišťují nadstavby jiných firem



(Leica Geosystems – Erdas Imagine). U nás i v Evropě je velmi rozšířen, zejména v úřadech a organizacích státní správy. Asi nejrozšířenější vektorový formát SHAPEFILE.

Firma Bentley (Microstation – skupina vektorového GIS/CAD), hlavně pro infrastrukturu a výkresy i CAD systémy. U nás používán např. ČÚZK – data ZABAGED, většina geodetických aplikací.

Firma INTERGRAPH (MGE, Geomedia). Pro běžného uživatele je MGE poměrně složité. Skupina programů využívající rozhraní Microstation. Jednodušší verzí byla GeoMedia, která dnes již převzala vedoucí úlohu a v různých mutacích jsou hlavním GIS produktem firmy.

Firma PCI Geomatics (Geomatica). Především rastrový software určený k úpravám a vyhodnocování dat DPZ. Umožňuje i řadu vektorových operací a analýz. Zvládá velké množství zejména rastrových formátů, u řady z nich dokáže v nich přímo pracovat, nevyžaduje konverzi.

Clark Labs, USA (IDRISI). Asi nejrozšířenější školní software – levný, především rastrový, hodně rozšířený na univerzitách. Jako rastrový GIS má ve světě množství uživatelů a vývojových center (v cca 175 zemích).

Rozhraní GNU/GPL – GRASS – původně vyvinut v U.S. Army laboratořích. Freeware. GNU platforma pro Linux/UNIX, neměl centrálního správce, který by poskytoval podporu a garantoval správnost,... používán v NASA, USGS a dalších organizacích, velmi rozšířen (nejrozšířenější?), dnes ale vytlačován komerčními programy pro Windows. Pro práci s vektory jej dnes nahrazuje popularitou free software Q-GIS.

K dispozici je řada dalších účelových software (včetně českých), často specifických pro konkrétní úlohy – Atlas DMT (geodézie, geologie), TopoL (lesnictví). Od firmy GEPRO pak produkty MISYS (majetkoprávní vztahy, územní plánování), PROLAND (pozemkové úpravy), KOKEŠ (geodézie) aj.

GIS však není pouze software. GIS jako systém znamená především způsob řešení problémů a rovněž propojení mnoha nástrojů a mnoha uživatelů různých úrovní. Manažerů, programátorů, pracovníků v terénu, geodetů a všech uživatelů – profesionálů i amatérů, např. obyčejných uživatelů mapových služeb na internetu. Proto i o problematice GIS v krajinném inženýrství a vodohospodářství lze uvažovat v mnoha souvislostech. Klíčem k řešení všech úloh plánování v krajině je však vědomí, že v případě GIS pracujeme s daty, jež byla někým a za určitým účelem pořízena. A tato data mají proto předem definovanou svoji přesnost a vypovídací schopnost. Té pak odpovídají naše výstupy. Výstupy GIS mají často impozantní přesvědčovací schopnost – současné programy automaticky nabízejí působivější a působivější vizualizace.

Ale to, jak jsou výstupy našich analýz prezentovány, ještě neříká nic o jejich skutečné kvalitě a o přesnosti prezentovaných hodnot. Proto je při posuzování výstupů GIS nutno zachovávat značnou opatrnost a nakládat s geodaty pravdivě a úměrně jejich kvalitě. S tím souvisí i vhodnost použití strukturovaného přístupu pro řešení krajinné problematiky.

### 3 Strukturovaný přístup hodnocení krajiny

Myšlenka strukturovaného přístupu je v podstatě velmi jednoduchá a konstatuje, že při řešení jakéhokoliv problému nebo modelování jevu v krajině je třeba postupovat systematicky směrem od velkých měřítek k malým. Nejdříve je třeba provést celkovou analýzu širší oblasti, definovat problémy a problémové lokality a teprve potom se zaměřit na detailní řešení problémů v jednotlivých lokalitách. Bohužel opak je často pravdou, neboť jsou často řešeny pouze problémy zjevné nebo jejich následky a jen málokdo považuje za účelné zabývat se širšími vztahy a příčinami těchto problémů.

Strukturovaný přístup k řešení libovolných úloh ve své podstatě znamená:

- vzhledem k rostoucí náročnosti řešení a objemu vstupů nelze zpracovávat velká území detailně,
- naopak hrubé řešení velkého území není v detailu využitelné z důvodu vysoké nepřesnosti,
- proto stejně jako se mění úroveň detailu se změnou měřítka mapy, bylo třeba vyvinout metodiku umožňující na základě řešení v generelu rozhodnout, která území jsou nutná propracovat detailně a s podstatně vyšší úrovní podrobnosti tak, aby celý postup byl dostatečně efektivní.

Metodika strukturovaného přístupu (v zahraniční literatuře označována jako „up and down-scaling“, případně „top-down structured approach“) není nová a je využívána v mnoha oborech výzkumu nejen při hodnocení krajiny. V krajinném inženýrství se s ní můžeme setkat například v následujících oblastech:

V krajinné ekologii a hodnocení heterogenity krajiny, kde rozlišujeme tři úrovně podrobnosti [1]:

- Alfa-heterogenita (konkrétní ekosystém)
- Beta-heterogenita (krajinná mozaika elementů lokálního významu)
- Gama-heterogenita (mozaika elementů regionálního významu)

V krajinotvorných programech ČR – definici územních systémů ekologické stability (ÚSES), § 3 písmene a) zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, je vymezeno dělení ÚSES dle významu:

- Nadregionální ÚSES (< 1000 ha)
- Regionální ÚSES (cca 50 – 100 ha)
- Lokální ÚSES (cca 5 – 10 ha)

Z evropských metodik je možno jmenovat GINIE (Geographic Information Network in Europe) – projekt stanovující si za cíl vytvořit evropskou databázi státních sdílených dat k různým výzkumným účelům se společným standardem a kvalitou v jednotlivých oblastech, s důrazem na unikátnost a vzájemné poskytování databází. Zde je podporován strukturovaný přístup k vytvoření sítě tvůrců, poskytovatelů i garantů dat, stejně jako k dosahované podrobnosti (zavedený termín SDI – spatial data infrastructure, s českým ekvivalentem NGII – národní geoinformační infrastruktura) (<http://www.ec-gis.org/ginie/>).

Bylo by možno nalézt celou řadu obdobných příkladů, dokumentujících potřebu řešit problémy komplexně a v několika úrovních podrobnosti. Obecně se jedná o následující úrovně s doporučeným návazným řešením [2, 3]:

- Globální, nadregionální až regionální úroveň (řešení pro celý zemský ekosystém nebo kontinentální systémy, pro povodí velkých toků, jednotlivé státy, velké správní celky) – generely, plošně tisíce km<sup>2</sup>.
- Regionální úroveň až lokální úroveň (podrobnější řešení, správní celky, v ČR např. povodí třetího řádu) – empirické modely a expertní systémy, plošně cca desítky až stovky km<sup>2</sup>.
- Lokální a detailní úroveň (povodí čtvrtého řádu až mikropovodí, katastry až jednotlivé pozemky) – detailní řešení a návrhy opatření, epizodní modely, plošně jednotky km<sup>2</sup> nebo hektary.

### **Globální, nadregionální až regionální úroveň**

V tomto měřítku jsou řešena území o rozloze řádově stovek až tisíců km<sup>2</sup>. Cílem řešení je jednoznačně posouzení území, specifikace problémů a jejich příčin, vyhledání vazeb v povodí a selekce oblastí, kde problémy vznikají a oblastí, kde dochází ke škodám. K tomu je třeba využívat metod, které jsou jednoduché, matematicky stabilní a nenáročné na vstupní data, protože je nezbytné využívat zásadně jen data standardně dostupná – tedy data, která jsou dostupná ve standardních formátech a v přibližně stejné přesnosti pro celé řešené území. Vzhledem k plošnému rozsahu je prakticky vyloučeno v této úrovni provádět jakékoliv významnější terénní průzkumy s cílem jiným než jen orientační kalibrace dat. Navíc je velmi žádoucí, aby všechny použité datové vrstvy měly srovnatelnou přesnost (rozlišení). Je zřejmé, že datových zdrojů, odpovídajících

uvedeným kritériím není mnoho. Především co se týče aktuálního stavu využití území (tzv. land-use) a půdních map je jejich dostupnost, přesnost a především vypovídací schopnost značně problematická. Co se týče vlastních metod, jednoznačně se ukazuje jako nezbytné, že budou využívány metody a možnosti GIS, většinou jako primární nástroje, sloužící k automatizaci výpočtů pro jednoduché metody. Tomu pak odpovídá i výstupní přesnost výpočtů, kde cílem rozhodně není získání absolutně správných charakteristik povrchového odtoku nebo erozních procesů, ale spíše kategorizace a vzájemné porovnání jednotlivých dílčích podpovodí z hlediska tvorby nebo transformace povrchového odtoku a procesů eroze.

### **Regionální až lokální úroveň**

Metody „regionální“ jsou co do řešeného měřítka o úroveň níže. Cílovou oblastí jsou střední až malá povodí o velikosti jednotek až desítek km<sup>2</sup>. Cílem výpočtů v této úrovni je zejména podrobná analýza odtokových charakteristik území, výpočet kulminačních průtoků, doby koncentrace a objemů odtoků s cílem posuzovat kapacitu stávajících koryt a objektů na tocích, případně dimenzování nových objektů. Při řešení erozních procesů je to vyhledání erozně náchylných povodí a povodí, které nejvíce přispívají k transportu půdních částic. K tomu jsou využívány většinou matematické simulační metody a modely, postavené na empirickém základu nebo fyzikálně založené. Tyto modely mohou být z časového hlediska jak epizodní, tak kontinuální (obvykle platí, že modely pro větší povodí bývají kontinuální, zatímco modely pro povodí menší naopak epizodní). Z hlediska diskretizace řešeného území existují jak modely na rastrové bázi (distributed), tak čistě celistvé (lumped), ale i řada přechodných fází (semidistributed). Prakticky všechny moderní simulační modely poskytují určitý uživatelský standard a převážná většina z nich je přímo propojena s nástroji GIS ať již zahrnutím některých GIS komponentů přímo do modelu nebo jen kompatibilitou datových formátů v rámci data pre- a post-processingu. Z hlediska datové náročnosti platí i v tomto měřítku, že základem používaných vstupních dat by měla být data standardní, v obvyklých a dostupných formátech z datových zdrojů, pokrývajících velká území. Na druhou stranu platí, že vzhledem k tomu, že výpočetní mechanismy jsou přesnější a složitější a vyžadují více vstupních parametrů, které nelze vždy získat prostým odvozením ze základních datových vrstev a řešené území bývá menší, přichází v tomto měřítku v úvahu provedení terénního průzkumu a na jeho podkladě zpřesnění vstupních dat. Týká se to především vrstev využití území, kde především osevní postupy, zatravněné pozemky a stav ladem ležících, případně zalesňovaných ploch je velmi vhodné doplnit terénním průzkumem a kombinovat se základními polohopisnými podklady (vektorové nebo rastrové mapy), leteckými snímky nebo snímky družic s vysokým rozlišením.

## **Lokální až detailní úroveň**

Jedná se o úroveň detailního řešení – modelování kapacity koryt a objektů a průběhu hladin v řešených úsecích, v erozních úlohách např. stanovení přípustné nepřerušené délky pozemku. Používané metody jsou již velmi detailní a většinou čistě hydraulické. Pro jednodušší úlohy s předpokladem ustáleného rovnoměrného proudění lze používat jednoduchá výpočetní schémata na bázi manuálního postupu. Pro složitější operace je možno využívat buď jen automatizované postupy v úrovni aplikací tabulkových procesorů, nebo jednoduchých hydraulických softwarů. Co se týče vstupních dat, používaných pro popisované měřítko, odpovídají účelu a přesnosti výpočtů. Odpadají data o půdách, a většinou i o způsobu využití území. Výškopisná i polohopisná data vyžadují přesnost v řádu centimetrů, proto musí být většinou pořizována na zakázku lokálním zaměřováním geodetickými metodami.

Konečně je třeba poznamenat, že v případě konkrétního řešení srážkotočkových problémů, erozní problematiky a transportu sedimentu v podmínkách České republiky se obvykle pohybujeme pouze ve dvou úrovních podrobnosti s dvěma jasnými cíli - definovat riziková území a poté řešit jejich konkrétní problémy a navrhovat protierozní opatření nebo opatření ke snížení potenciálního rizika povodní. Jedná se o úroveň regionální – pro nalezení problémových povodí, svahů a pozemků; lokální – pro fyzikální modelování a návrhy protierozních a protipovodňových opatření.

## **4 Základní principy modelů vodní eroze a transportu splavenin**

Jak již bylo naznačeno výše, našim cílem je především odhad transportu splavenin (případně fosforu – jako klíčového „spouštěče“ eutrofizačního procesu). Historicky zde byla vyvinuta řada modelů jako nástrojů výhradně protierozní ochrany, jejich výstupem jsou pak návrhy protierozních opatření bez kvantifikace erozního smyvu nebo množství splavenin. Prakticky žádný z modelů není stavěn přímo pro kvantifikaci vnosu fosforu do vodních útvarů. Tyto nástroje jsou odvozovány především pro popis vlastního procesu eroze, ty sofistikovanější z nich pak zahrnují přímo i transport sedimentu. Primární účel takových modelů je především ochrana kvality půdy, pokud je jím i ochrana vodních zdrojů, pak spíše v kvantitativním pohledu na vnos sedimentu z hlediska zanášení vodních nádrží. Využití erozních a transportních modelů pro odhad transportu fosforu je proto vždy do jisté míry překročením jejich původního účelu. S ohledem na to je třeba vždy s výsledky pracovat i je interpretovat.

Základní problém využití výsledků erozních a transportních modelů pro odhad transportu fosforu do vodních toků vyplývá již z celkové koncepce stavby těchto nástrojů. Ty, ať už jsou empirické nebo fyzikálně založené, popisují vždy tři na sebe navazující a sebe navzájem podmiňující procesy: V prvním kroku je vždy hydrologická část, která řeší vznik povrchového odtoku, bez nějž nemůže nastat transport sedimentu a částečně ani eroze. Druhým krokem je vlastní eroze, způsobená jednak dopadem dešťových kapek a jednak vlastním odtokem. Třetí částí je pak odhad transportní kapacity povrchového odtoku a z toho vyplývající transport splavenin. Část zabývající se chemickými procesy, obsahem fosforu v půdě, jeho vazbou na půdní částice a následně případně jeho dostupností pro využití organismy již v běžných modelech řešena není. Z uvedeného vyplývá komplikovanost celého procesu a náročnost na skloubení jednotlivých dílčích procesů a jejich submodelů. Pochopitelně, v případě jednodušších empirických modelů je proces chápán jako komplexní a jeho jednotlivé části jsou integrovány do jediného silně zjednodušeného celku.

V této souvislosti je třeba si připomenout další dvě základní charakteristiky modelů. A to na jakém principu je model sestaven a pro jaké prostorové a časové měřítko byl odvozen. Z hlediska popisu procesu se modely obecně dělí na modely empirické, které nepopisují proces jako takový v jeho fyzikální podstatě, ale byly odvozeny na základě statistické analýzy velkého množství naměřených dat. Takové modely jsou sice jednoduché z hlediska použití, ale jejich aplikace mimo meze dat, na kterých byly odvozeny, postrádá ospravedlnění. Vyšším stupněm jsou modely fyzikálně založené, které popisují skutečnou fyzikální podstatu procesu. U nich je možno s výsledky pracovat na podstatně vyšší úrovni, na druhou stranu bývají tyto modely podstatně náročnější jak na vstupní data, tak na výpočetní techniku a v neposlední řadě i na kvalifikaci uživatele. Příkladem empirického modelu je dále popisovaná metoda USLE [4] a všechny modely z této metody odvozené (RUSLE, WATEM/SEDEM, USPED, RUSLE2, aj.). Příklady fyzikálně založených modelů jsou EROSION3D, WEPP, SMODERP aj. [5].

Druhou významnou charakteristikou je časové měřítko. Podle něj lze modely dělit na epizodní a kontinuální. Modely epizodní pracují v krátkém časovém kroku a řeší jedinou srážkovou epizodu. Výhodou je, že zpravidla je možno řešit konkrétní stav pozemku a průběh srážky, což oboje má zcela zásadní vliv na erozní proces, na druhou stranu lze jen velmi těžko výsledky využít k dlouhodobější bilanci. Výše uvedené fyzikálně založené modely patří obvykle do skupiny modelů epizodních. Naopak, empirické modely jsou zároveň velmi často modely kontinuální. Se srážkou pracují ve formě dlouhodobého indexu (obvykle v ročním kroku) a výstupem jsou hodnoty smyvu za celé hodnocené období.

Z pohledu prostorového členění se modely dělí na distribuované, které pokrývají popisované území sítí většinou pravidelných elementů, a celistvé, které ho popisují pomocí jediné sady parametrů, jejichž hodnoty představují průměry pro celou reprezentovanou oblast (obvykle povodí). Je jasné, že distribuovaný přístup poskytuje podstatně podrobnější popis území se zahrnutím lokálních nehomogenit. Z hlediska transportu sedimentu především u epizodních modelů je prakticky nezbytný, i když jednodušší modely, dosud v praxi hojně využívané jsou založené právě na celistvém přístupu. Mezi celistvými a distribuovanými modely existuje řada přechodných verzí, někdy jsou distribuované řešeny pouze určité části erozního procesu, nebo jsou distribuované parametry agregovány do celků proměnné velikosti podle rozsahu řešeného území apod.

Z výše uvedeného vcelku jasně vyplývá, že běžně dostupné, využívané a kalibrované modely a metody jsou schopné s větší či menší spolehlivostí popisovat procesy uvolnění částic na pozemku a jejich transport v rámci pozemku, případně ještě jejich transport v rámci různě velkých povodí. Neřešeny zůstávají otázky transportu chemických látek (výjimkou jsou některé verze novějších modelů – např. SWAT, nebo WATEM/SEDEM METALS, nicméně komponenty popisující transport prvků vázaných na splaveniny nejsou v ČR úspěšně kalibrovány). Zcela oddělenou otázkou je chování transportovaného sedimentu v korytech a vodních nádržích. 1-D modely popisující transport splavenin tokem (GSTARS, HEC-6, FLUVIAL, DREAM-1, TUG,...) nejsou v podmínkách ČR dosud kalibrovány, složitější 2-D a 3-D modely nejsou využitelné pro řešení transportu v komplexních povodích [6].

V případě, že cílem je skutečně odhad množství transportovaného fosforu (přičemž otázka jeho forem a dostupnosti, stejně jako dostupnost a uvolnitelnost fosforu ze sedimentů deponovaných na dně nádrže zůstává zcela stranou, protože to je již specifická hydrochemická a hydrobiologická záležitost, závisající na celé řadě dalších okrajových podmínek), je třeba v první řadě získat obsah fosforu v půdách v zájmovém území. Již tento údaj je poměrně těžko dostupný a v zásadě je možno ho zjistit pro menší oblasti vlastním rozbořením, pro oblasti rozsáhlejší pak z celostátně řešené databáze agrochemického zkoušení zemědělských půd, kterou spravuje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Tato data však nejsou zcela volně dostupná, hodnoty v nich uvedené nemusí vždy odrážet aktuální stav živin na daném pozemku a není dosud odvozena přesná metodika stanovení celkového fosforu z těchto hodnot.

## **5 Modely pro globální, nadregionální až regionální úroveň**

Jedná se o kategorii nástrojů vhodných pro odhad ztráty půdy a transportu sedimentu do vodních toků v delším časovém období a ve větších oblastech.

## **Kombinace USLE a GIS**

Dnes již standardně využívaná kombinace tradiční USLE [4], s nástroji GIS. Využití rastrového GIS pro stanovení hodnot jednotlivých faktorů v každém jednotlivém elementu umožňuje do výpočtu zahrnout prostorovou variabilitu parametrů. Nejvýznamněji se zpřesnění projevuje v popisu půdních vlastností a sklonitosti a délky svahu. Co se týče parametru délky svahu je možno různými způsoby zahrnout i konvergenci svahů, i když základní princip USLE procesy soustředěného odtoku nepopisuje. Transport sedimentu do vodních je pak řešen v rámci dílčích povodí – zpravidla povodí IV.řádu – metodou podle [7], která je sice rovněž čistě empirická (základní popis v předchozí kapitole), ale na rozdíl od distribuované aplikace USLE pracuje na „lumped“ principu a její popis procesů v řešeném území je silně zjednodušující. Zachycení sedimentu ve vodních nádržích se obvykle popisuje pro individuální nádrže nebo jejich celkový objem v rámci dílčího povodí pomocí metody Bruneho křivek [8],

Metoda je relativně jednoduchá a i přesto, že především v popisu morfologie a odtokových poměrů překračuje původní určení a limity aplikace USLE, je v celém světě velmi často využívána. Ve spojení s výše popsaným popisem transportu sedimentu a zachycení ve vodních nádržích byla v podmínkách ČR mnohokrát testována a obecně lze říci, že poskytuje poměrně spolehlivé výsledky pro transport sedimentu z větších povodí (cca nad 100 km<sup>2</sup>) a za delší časové období (alespoň 20 let). Celková deponovaná množství sedimentu v takových případech poměrně dobře korespondují s objemy naměřenými sondováním přímo v nádržích. Spolehlivost prostorového rozložení zdrojů sedimentu v zájmovém území nebyla ale nikdy přinejmenším v ČR experimentálně ověřována. Metoda neposkytuje žádné informace i zrnitostním složení erodovaného materiálu, ani zachyceného sedimentu.

## **Model WATEM/SEDEM**

Jedná se o jednoduchý, převážně empiricky orientovaný model, ve kterém je ztráta půdy na pozemcích počítána aplikací USLE, případně její modifikace RUSLE [9] obdobným způsobem jako ve výše popsané aplikaci USLE v kombinaci s rastrovým GIS. Model byl vyvinut a je i poskytován Katolickou univerzitou Leuven v Belgii [10]. Doporučován i prakticky využíván byl pro povodí o velikosti desítek i stovek km<sup>2</sup>, ale nasazení v povodích větších než cca 2 000 km<sup>2</sup> bylo limitováno obtížnou dostupností vstupních dat, týkajících se struktury hydrografické sítě a jejích parametrů, stejně jako vstupních parametrů jednotlivých vodních nádrží. Největší předností modelu oproti výše popsané variantě je popis transportu sedimentu mezi jednotlivými buňkami pomocí porovnávání transportní kapacity povrchového odtoku s množstvím disponibilního sedimentu. Model pak ve zjednodušené podobě zahrnuje i transport sedimentu hydrografickou sítí a přímo zahrnuje i submodel depozice



sedimentu ve vodních nádržích. Jedná se tedy o plně distribuovaný, volně dostupný a v podmínkách ČR přinejmenším autory prezentovaného příspěvku několikrát úspěšně testovaný.

## **6 Modely pro regionální až lokální úroveň řešení**

V kategorii pro střední měřítko se jedná již o skutečné simulační modely fyzikálně založené, nebo alespoň semiempirické. Střední měřítko se týká velikostí povodí přibližně od 5 do 100 km<sup>2</sup>, případně i více, podle dostupnosti vhodných vstupních dat a podrobnosti řešení.

### **Simulační model EROSION 3D**

Matematický simulační model EROSION 3D [11] je plně distribuovaný, fyzikálně založený, epizodní model srážkoodtokových procesů, eroze a transportu sedimentu, odvozený v SRN. Model v sobě zahrnuje všechny hlavní komponenty hydrologického procesu a z hlediska eroze pak uvolnění částic deštěm, povrchovým plošným i soustředěným odtokem, jejich transport a depozici jak v ploše povodí, tak i ve vodních tocích. Model v běžné verzi pracuje se srážkou proměnné intenzity, ale obsahuje modul, který umožňuje simulovat delší období spuštěním sekvence erozně účinných srážek. Poslední verze modelu obsahují i model, simulující tání sněhu a povrchový odtok na zmrzlé půdě. Model dosud uspokoivým způsobem není schopen zahrnout sedimentaci ve vodních nádržích.

Model byl testován v podmínkách ČR pracovištěm autora na řadě povodí o ploše od 10 do 100 km<sup>2</sup> s dobrými výsledky při simulaci dlouhodobého transportu. Epizodní simulace nebylo možno experimentálně verifikovat. Pro přípravu vstupních dat je model plně kompatibilní se prostředím ArcGIS. Model je dosti citlivý na prostorové rozlišení, za optimální se považuje rozlišení kolem 10 m, 20 m je pak autory uváděno jako největší možné. Výstupem modelu je jak kvalitní grafická prezentace, tak tabulární údaje, uvádějící erozi, transport i depozici pro každý z elementů. Sediment je kvantifikován ve třech zrnitostních kategoriích.

### **Simulační model AGNPS**

Model, vyvinutý v USA [12] ve své první verzi kolem roku 1990. V té době se jednalo o semidistribuovaný, epizodní model srážko odtokových procesů, erozních a transportních procesů. Model byl jako jeden z mála vybaven i submodely, řešícími transport chemických látek povrchovým odtokem i ve vazbě na sediment. Řešení zahrnovalo BSK a CHSK a ze živin celkový N a P. Model byl testován na pracovišti autora se střídavými úspěchy a nikdy se

nepodařilo ho plně kalibrovat. V následujících letech, s rozvojem GIS, model přešel k plně distribuované podobě a objevil se jak ve verzi epizodní, tak kontinuální. Jeho vývoj však probíhal ve vlnách a v současné době není autorovi známo, že by model v ČR v jeho posledních verzích vážně testoval či používal.

## **7 Modely pro lokální a detailní úroveň řešení**

Za modely pro malá měřítka jsou obecně považovány nástroje vhodné pro řešení jednoho či několika zemědělských pozemků. Cílem řešení v tomto případě bývá již konkrétní návrh ochranných opatření a nástroje v dnešní době by měly zahrnovat především modely fyzikálně založené. I v tomto měřítku však dodnes má své významné místo aplikace USLE, která je sice po technické stránce daleko překonaná, ale díky své jednoduchosti a tradici je stále zejména praktickou veřejností hojně využívána.

### **Simulační model SMODERP**

Zřejmě nejrozšířenějším moderním nástrojem pro řešení v detailním měřítku v podmínkách ČR je matematický simulační model SMODERP [13]. Jedná se o epizodní model, zahrnující srážko-odtokové vztahy, erozi a transport sedimentu v rámci pozemku. Zájmové území je popisováno pomocí charakteristických profilů, podobně jako v případě USLE. Model ale umožňuje rozdělení každého profilu na větší počet úseků, které jsou pak uvažovány jako homogenní z hlediska půdních, vegetačních i sklonitostních parametrů. Zkoumaný pozemek je zatěžován návrhovou srážkou proměnné intenzity. Z hlediska vstupních parametrů, zejména co se týká půdních charakteristik, je pro spolehlivé výsledky nezbytné počítat s nutností provedení vlastních odběrů a fyzikálních rozborů.

Model je volně ke stažení na autorských www stránkách a v základní verzi poskytuje návrhové informace o přípustných délkách svahu – tedy místě na svahu, kde při dané srážce a plodině se dává do pohybu střední zrno půdy a v podstatě dochází k masivnějšímu rozvoji erozních procesů. V rozšířené verzi pak model poskytuje i údaje o časovém průběhu povrchového odtoku.

## **8 Geodata**

Kvalitní geodata jsou klíčovou podmínkou úspěšného modelování libovolného jevu v oblasti KI nebo vodohospodářství [14]. Zjednodušeně řečeno se příprava vrstev GIS v dnešní době může ubírat dvěma směry:

- Nákup a konverze hotových komerčních mapových vrstev GIS

- Vlastní tvorba potřebných vrstev na základě dostupných digitálních (případně analogových) dat.

Pokud se týká modelování srážkoodtokových procesů, erozních procesů, vývoje území, ekologické stability, do výpočtu vstupují v různých podobách a variantách zejména následující vrstvy:

- Výškopis – digitální model terénu (DMT)
- Mapa využití území (land-use) a mapa vegetačního krytu (Land Cover)
- Půdní mapy a charakteristiky
- Srážková data a mapy.

### **Digitální model terénu**

Digitální model terénu (DMT) je klíčovou informační vrstvou téměř ve všech krajinných analýzách. Přitom je třeba rozlišovat mezi digitálním modelem terénu a digitálním modelem povrchu (včetně vegetačního pokryvu, zástavby, atp.).

Příprava rastrového DMT je dnes možná (obdobně jako u ostatních vrstev) několika způsoby. (1) Nákupem komerčních vektorových DMT a jejich převodem na rastr, nebo přímo rastrových vrstev, případě dat pořízených LIDARem. (2) Digitalizací mapových podkladů, jež vede k získání vektorové vrstevnicové mapy – další postup je obdobný jako v prvním případě. (3) Přímou tvorbou rastrového DMT na základě stereoskopické fotogrammetrie – párových leteckých (a dnes již i družicových) snímků. (4) Generováním DMT na základě bodového skutečného zaměření povrchu (v podobě triangulační bodové sítě, nebo záměrných profilů).

Každá ze zmíněných metod má dnes své opodstatnění a své výhody i nevýhody vzhledem k požadovanému účelu DMT. Mnohdy není vyloučeno ani použití kombinace uvedených metod pro tvorbu výsledného modelu. Záleží na následujících požadavcích: přesnosti, ceně, velikosti řešeného území, aktuálnosti.

V současné době je k dispozici několik komerčních databází (vektorových topografických map) pokrývajících celé území České republiky, jež mohou sloužit jako zdroj pro vytvoření rastrového DMT. Tyto zdroje se výrazně liší svou podrobností, kvalitou i cenou. Záleží na řešiteli každého konkrétního

projektu, jaký zdroj s ohledem na požadovanou přesnost a finanční dostupnost zvolí. I ty nejpřesnější podklady však obsahují chybové partie a při manipulaci s daty je třeba je stále kontrolovat (Krása, 2010).

### **Land Cover - kategorie povrchu, využití půdy, vegetace**

Tématické mapy Land Use a Land Cover (využití území a stav vegetace) jsou druhým hlavním podkladem při všech krajinných analýzách. Doposud nejsou většinou zohledňovány proměny rostlinného krytu (vegetační stav) v kratších než základních ročních obdobích.

Tuto tématickou vrstvu je možno získat v zásadě trojím způsobem: (1) Digitalizací pozemků nad vhodnou mapou nebo převzetím z digitální mapové databáze a přiřazením plodin pozemkům na základě konkrétních osevních postupů získaných průzkumem, nebo od hospodařících subjektů. V posledních letech se zde klíčovým doplňujícím zdrojem v ČR stává databáze LPIS MZE. (2) Ruční digitalizací pozemků nad ortofotomapou – rozpoznání plodin je velmi obtížné, obvykle je třeba rovněž zjistit přesný osevní postup. (3) Automatickou klasifikací dat DPZ (např. rektifikovaných snímků Landsat TM) ve spolupráci s terénním průzkumem, případně získáním konkrétního osevního postupu ze snímaného období. Případně objektovou klasifikací dat DPZ s velmi vysokým rozlišením.

### **Půdní data**

Pro hodnocení stability krajiny, její retenční schopnosti, srážkoodtokových poměrů, erozní ohroženosti aj. je třeba znát základní informace o půdách v hodnocených územích. Zejména je třeba znát tzv. hydrologickou skupinu půd v hodnoceném území. Ta je charakterizována zrnitostním složením půd, tedy půdní texturou, případně půdními druhy. Lze vycházet z komerčních mapových podkladů, ovšem s rizikem že aktuální stav půdy je odlišný od původního mapovaného. Při detailním řešení je třeba odebírat a vyhodnocovat půdní vzorky pro stanovení fyzikálních vlastností i chemismu půd. Pokud je to nutné, je třeba se zaměřit i na zjištění hydrogeologických charakteristik a stanovení hloubky jednotlivých horizontů.

### **Srážky, klimatické vlivy**

Klimatické faktory jsou nezbytným podkladem pro hodnocení dynamických jevů v krajině a jejího vývoje, stejně jako pro řešení povodňových situací a

naopak potřebných závlah. Důležité jsou i pro hodnocení změn ve vegetačním pokryvu a pro kvantifikaci erozních procesů. Cílem je popsat prostorovou variabilitu ve výskytu příčinných srážek o různé periodicitě pomocí potřebných informačních vrstev GIS. Takovou mapu je schopen přímo poskytnout ČHMÚ, nicméně cena takové informační vrstvy je pro zpracování jedné studie obvykle neúměrně vysoká. Dále je možno vycházet z dat srážkoměrů ČHMÚ, podniků povodí, VÚV TGM, nebo vlastního monitoringu, a v posledních letech rovněž z přepracovaných radarových záznamů. Návrhové srážky jsou oficiálně dostupné pro celou ČR pouze ve straších publikacích (Trupl, 1958).

### **Tématické mapy na internetových portálech**

Data je možno získat také přímo na příslušných internetových portálech určených ke sdílení geografických dat. Zahraniční zdroje úmyslně vynecháme – nicméně doporučujeme je k prozkoumání a otestování, obsahují řadu užitečných dat, zejména družicových, i pro území ČR. Řada užitečných datových nebo přímo aplikovaných vrstev je však k dispozici ke stažení na mapových portálech – jako vektorová data (služba WFS), nebo jako georeferencované rastrové obrázky (služba WMS) – oba typy dat lze zobrazit jak přímo na internetu – prostřednictvím geoportálů, nebo si je načíst do vlastních desktop GIS aplikací. Vrstvy odvozené v sektoru veřejné správy (zejména pro turismus, cestovní ruch, dopravu a územní plánování) je možné nalézt na stránkách jednotlivých krajů ČR.

Dalším velmi užitečným zdrojem pro vyhledání map je Národní metadatový portál agentury CENIA a Ministerstva životního prostředí <http://mis.cenia.cz>. Zde jsou data vyhledávána pomocí klíčových slov jednak v sektoru MŽP, ale i mimo něj. Kromě řady dalších jsou v ČR k dispozici zejména následující geoportály.

- Portál veřejné správy ČR – CENIA (<http://geoportal.cenia.cz>)
- HELP SERVIS – REMOTE SENSING (<http://www.bnhelp.cz/>)
- GEOPORTÁL ČUZK (<http://geoportal.cuzk.cz/wmsportal/>)
- PORTÁL VÚMOP ([www.sowac-gis.cz](http://www.sowac-gis.cz))

Další zajímavé informace je možno najít například na webových stránkách Výzkumného ústavu vodního hospodářství VÚV TGM v Praze ([www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)), Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů ÚHUL ([www.uhul.cz](http://www.uhul.cz)) nebo Českého

hydrometeorologického ústavu ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)). Až na výjimky nejsou ke stažení přímo zdrojová data.

## 9 Závěr

V tomto textu nebyly přímo představeny výstupy žádného krajinného hodnocení ani modelu. Cílem bylo nastínit potenciál a problémy se kterými se v obecné rovině setkáváme při střetu krajinného inženýrství a geoinformatiky. Problémy modelování souvisejí především s našimi omezenými možnostmi plně reprezentovat přírodní procesy v prostředí tak komplexním, jakým krajina je. V České republice se výstupy modelů začínají prosazovat nejen v projekční praxi, ale i v dotační politice státu s ohledem na ochranu přírodních zdrojů (např. zemědělské půdy). Zde je třeba dbát na to, aby bez znalosti místních podmínek nebyla prosazována opatření v lokalitách, kde se realita od modelových výsledků může značně lišit vlivem chybných (nepřesných) geodat nebo nevhodně použitých modelů. Ale to už je téma na další přednášku.

## 10 Poděkování

Text byl připraven s podporou projektu NAZV s názvem „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“, ev. č. QI102A265. Samotná habilitační práce byla podpořena rozvojovým projektem MŠMT 2010 „Podpora profesorských a habilitačních řízení“. Za podporu děkuji.

## 11 Literatura

- [1] SKLENIČKA P.: Základy krajinného plánování, ISBN 80-903206-1-9, Praha, 2003
- [2] DAVID V., DOSTÁL T., V., NOVÁKOVÁ H., VRÁNA K.: Structured approach to estimation of surface runoff production from small catchments; EMTAL workshop, Freiberg, 2005
- [3] DOSTÁL, T., DAVID, V., KRÁSA, J., NYKL, J., NOVÁKOVÁ, H., UHLÍŘOVÁ, K., VÁŠKA, J., VRÁNA, K.: Strukturovaný přístup k odhadu povrchového odtoku z území, kapitola závěrečné monografie ke grantu GAČR č.103/99/1470 – Extrémní hydrologické jevy v povodí s pracovním názvem: Povodně - prognózy, vodní toky a krajina, ČVUT v Praze, 80-01-02511, 2002

- [4] WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D.: Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland east Rocky Mountains, Agricultural Handbook 282, Agric. Research Service, US Department of Agriculture, 1965
- [5] KRÁSA, J.: Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS. [Doktorská práce (Ph.D.)]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2004. 175 s.
- [6] YANG C.T. et al.: RECLAMATION – managing water in the west / Erosion and Sedimentation Manual, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Sedimentation and River Hydraulics Group, Denver, Colorado, 2006
- [7] WILLIAMS J.R. (1977) Sediment Delivery Ratios Determined with Sediment and Runoff Models. In: Erosion and Solid Matter Transport in Inland. International Association of hydrological sciences, Paris, 1977
- [8] DENDY, F.E., CHAMPION, W.A. (1978). Sediment Deposition in U.S. Reservoirs. MP-1362. U.S. Dept. Agr., Agr. Res. Serv.,
- [9] RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K. AND YODER, D.C. (1993) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Draft August 1993.
- [10] VAN ROMPAEY A.J.J., VERSTRAETEN G., VAN OOST K., GOVERS G., POESEN J. (2000). Modelling Mean Annual Sediment Yield Using a Distributed Approach, KU Leuven, Belgium, 2000
- [11] WERNER, M. V., SCHMIDT, J. (1996) EROSION 3D, BAND III, Modellgrundlagen – Bedienungsanleitung, Freiberg, manuál k programu, angl. verze, 1996
- [12] BINGNER, R. L., THEURER, F.D. (2009). AGNPS Web Site. Internetat <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=5199>
- [13] VRÁNA K., VÁŠKA J., DOSTÁL T., STEHNO D. (2001) SMODERP (Simulační model povrchového odtoku a erozních procesů), WinSMODERP, verze 2.20, Uživatelský manuál, ČVUT v Praze, Praha, 2001
- [14] DOSTÁL, T. - KRÁSA, J.: GIS a životní prostředí. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného hospodářství, 2009. 43 s.

## **Ing. Josef Krása, Ph.D.**

Narozen: 5. května 1975 v Benešově, ČR

E-mail: josef.krasa@fsv.cvut.cz

- 2004 – 2010      **odborný asistent**, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, ČVUT v Praze, fakulta stavební
- 2000 – 2004      **doktorské studium**, ČVUT v Praze, fakulta stavební  
Studijní Obor: Vodní hospodářství a vodní stavby  
Dizertační práce: Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS
- 1993 – 2000      **inženýrské studium**, ČVUT v Praze, fakulta stavební  
Studijní Obor: Inženýrství životního prostředí  
Diplomová práce: Testování různých algoritmů pro výpočet transportu sedimentu z povodí za podpory GIS

### **Odborné zaměření**

Vodní eroze a transport splavenin, zanášení vodních nádrží, využití GIS a dat DPZ pro studium krajinných systémů, sledování vývoje zemědělské krajiny a jeho dopadů na životní prostředí.

### **Vědecké a odborné granty – účast na řešení**

- 2010 – 2013      **hlavní řešitel**. Projekt NAZV QI102265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod
- 2009 – 2012      Projekt NAZV QI91C008 „Optimalizace postupu navrhování technických protierozních opatření
- 2008 – 2010      Program přeshraniční spolupráce Cíl 3 - Přeshraniční ochrana vod v povodí Drachensee
- 2002 – 2010      bilaterální projekty AKTION zaměřené na přípravu a realizaci mezinárodních výukových kurzů, každoročně
- 2005 – 2007      CZ.04.3.07/3.1.01.2/2014 – projekty EU- JPD – Příprava a realizace výukových kurzů GIS, opakovaně
- 2008              **spoluřešitel**. projekt FRVŠ 1387/2008 Zařízení a modernizace počítačových učeben pro výuku geografických informačních systémů



2004 – 2012	výzkumný záměr - VZ 684077000002 – „Revitalizace vodního systému krajiny a měst zatíženého významnými antropogenními změnami“.
2007 – 2009	projekt COST OC 22 Urban Flood Management
2004 – 2008	projekt COST OC 634 – On- and Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion
2003	projekt COST OC 623 – Soil Erosion and Global Change
2002 – 2003	projekt VaV/630/4/02 – Výzkum sedimentů přehrad, nádrží a jezer – zhodnocení rizik a návrhy opatření, ČGS Brno
2002	grant GA ČR č. 103/00/0384 – Interakce vodních cest a objektů na vodním toku s okolním prostředím, ČVUT, Praha
2001 – 2002	projekt VaV/510/4/98 – Omezování plošných zdrojů znečištění vody v ČR, VÚV TGM Praha
2000 – 2002	grant GA ČR 103/99/1470 – Extrémní hydrologické jevy v povodích, ČVUT, Praha
2000 – 2001	projekt NAZV QC 0235 – Protierozní a protipovodňová opatření v malých zemědělských a lesních povodích, podklady pro regionální kategorizaci protierozních opatření na území České republiky, VÚMOP, Praha

**Jazyky:**                    **Angličtina**                    pokročilá úroveň (všeobecná státní z.)  
                                       **Francouzština**                základní úroveň

### **Vybrané významné publikace za posledních 5 let**

- Dostál, T. - **Krása, J.** - Janeček, M. - Kliment, Z. - Langhammer, J. - et al. Soil Erosion in the Czech Republic In: Soil Erosion in Europe. Chichester: John Wiley, 2006, s. 107-117.
- **Krása, J.** - Dostál, T. - Vrána, K. - Plocek, J.: Predicting spatial patterns of sediment delivery and impacts of land-use scenarios on sediment transport in Czech catchments. *Land Degradation and Development*. 2010, vol. 21, no. 4, p. 367-375. ISSN 1085-3278. IF = 1,326.
- Van Rompaey, A. - **Krása, J.** - Dostál, T.: Modelling the Impact of Land Cover Changes in the Czech Republic on Sediment Delivery. *Land Use Policy*. 2007, vol. 24, no. 3, p. 576-583. ISSN 0264-8377. IF = 2,355.
- Janeček, M. - Bečvář, M. – Dostál, T. - **Krása, J.** - Dumbrovský, M. - et al.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika VÚMOP – MZe ČR. VÚMOP v.v.i., Praha, 2007. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2