

Drony, senzory, modely

...aneb jak geoinformační technologie mění hydrologii

doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta



Konference GIS Esri v ČR
22.–23. října 2014

Obsah

- I. Úvod – nové technologie pro experimentální hydrologický výzkum
- II. Případová studie – výzkum fluviální dynamiky horského toku
- III. Shrnutí – jak změnila geoinformatika hydrologii



K čemu potřebuje hydrologie geoinformatiku?

Hydrologie má vysoké nároky na data a metody,

- Vysoké prostorové rozlišení prostorových dat
- Vysoká frekvence pořizování a záznamu empirických dat dynamických procesů
- Hodnocení kvalitativních aspektů hydrologických a fluviálních procesů
- Netypické zdroje dat
- Flexibilita a operabilita při pořizování dat
- Finanční dostupnost

... které ale často narážejí na praktické problémy.

- Omezené zdroje dat
- Neexistující data a měření
- Data s nedostatečným prostorovým a časovým rozlišením
- Nedostatečná frekvence záznamu
- Zastaralá a nekvalitní data
- Finanční dostupnost

Prostor pro nové technologie a typy dat



Nové technologie pro experimentální hydrologii

Senzorové sítě

- Monitoring dynamických procesů
- Srážky, odtok, podzemní vody
- Hydrochemické parametry
- Automatické odběrové stanice
- Autonomní systémy

Pořizování přesných prostorových dat

- UAV fotogrammetrie
- Multispektrální senzory
- Pozemní LiDAR
- GNSS – přesné určení polohy
- Mobilní geodetické přístroje

Pořizování strukturálních a kvalitativních dat

- Optická granulometrie
- ERT profilování
- Georadar

Analytické a simulační nástroje

- Analýza prostorových dat – GIS, DPZ, fotogrammetrie
- Nástroje pro analýzu velkých dat
- Klimatické modely
- Modely pro simulaci dynamických procesů



Cíle výzkumu a zájmové území

Cíle výzkumu

- Poznání mechanismů změn dynamiky fluviálních procesů v horském prostředí ovlivněném disturbancí lesa a krajiny

Řešené úkoly

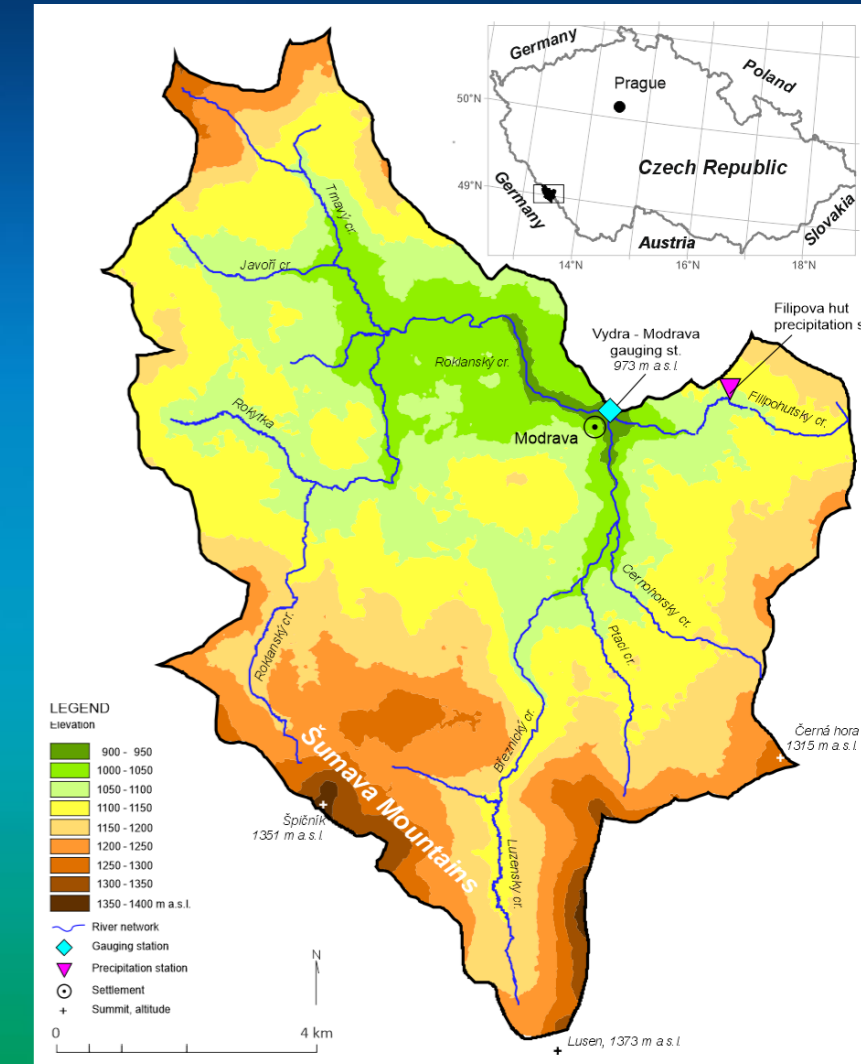
- Monitoring srážkoodtokových procesů
- Monitoring časového vývoje říčního systému
- Analýza dynamiky fluviálních procesů
- Struktura a prostorové rozložení erozních a akumulačních tvarů v nivě
- Simulace dynamiky fluviálních procesů



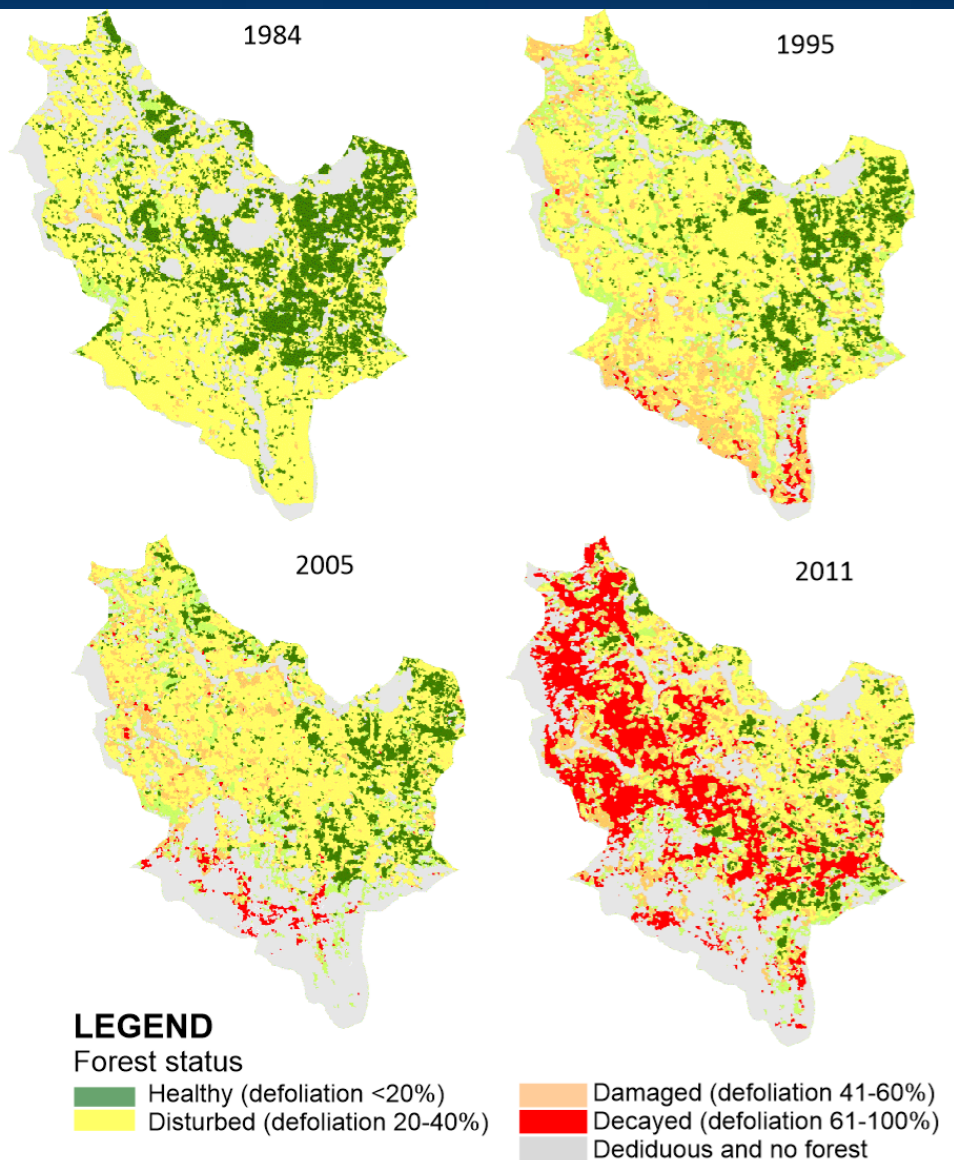
Zájmové území

Pramenná oblast Šumavy

- Horní Vydra
- 90 km²

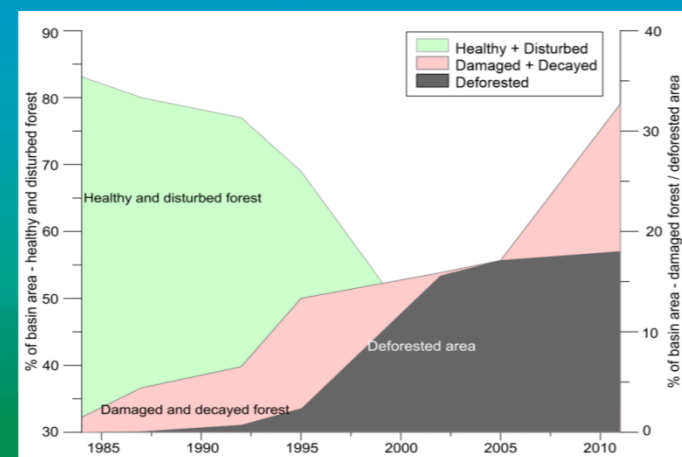


Hnací síly dynamiky systému – disturbance a klimatické změny



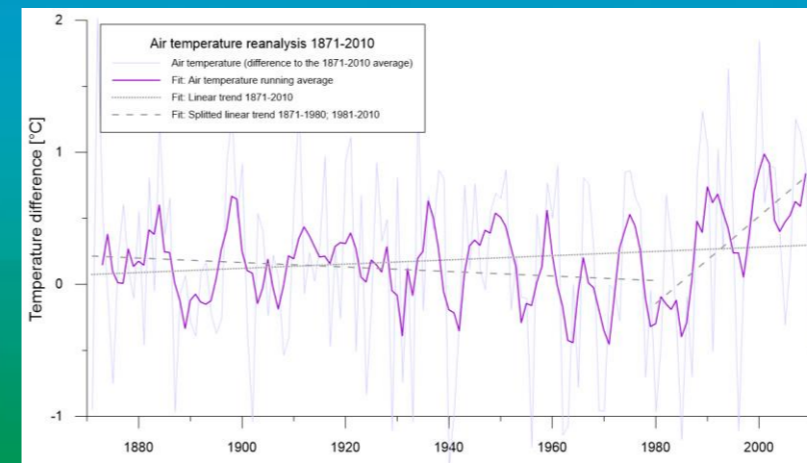
Dynamický systém

- Disturbance lesa
- Vichřice v Bavorském lese 1984
- Kůrovcová kalamita
- Od poloviny 90. let na české straně
- Disturbance lesa na více než 30 % povodí
- Rozpad lesa na více než 20 % povodí

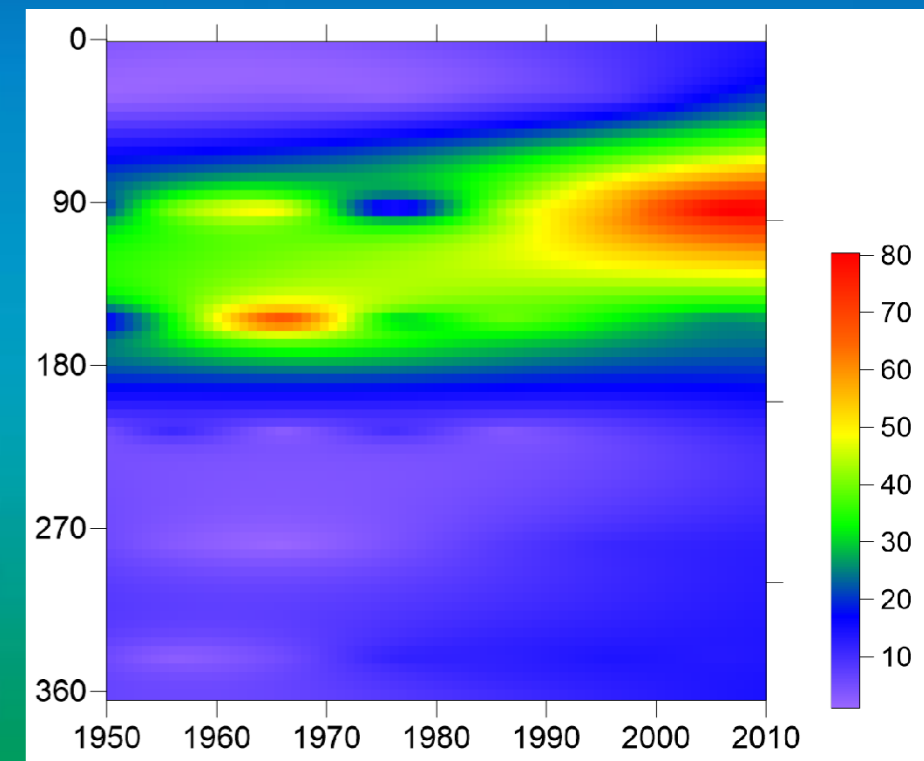


- Rychlý nárůst teplot vzduchu od 80. let
- Růst teplot především v jarním období
- Změna distribuce a extremity odtoku
- Posun období tání do konce zimy
- Růst frekvence výskytu extrémních situací

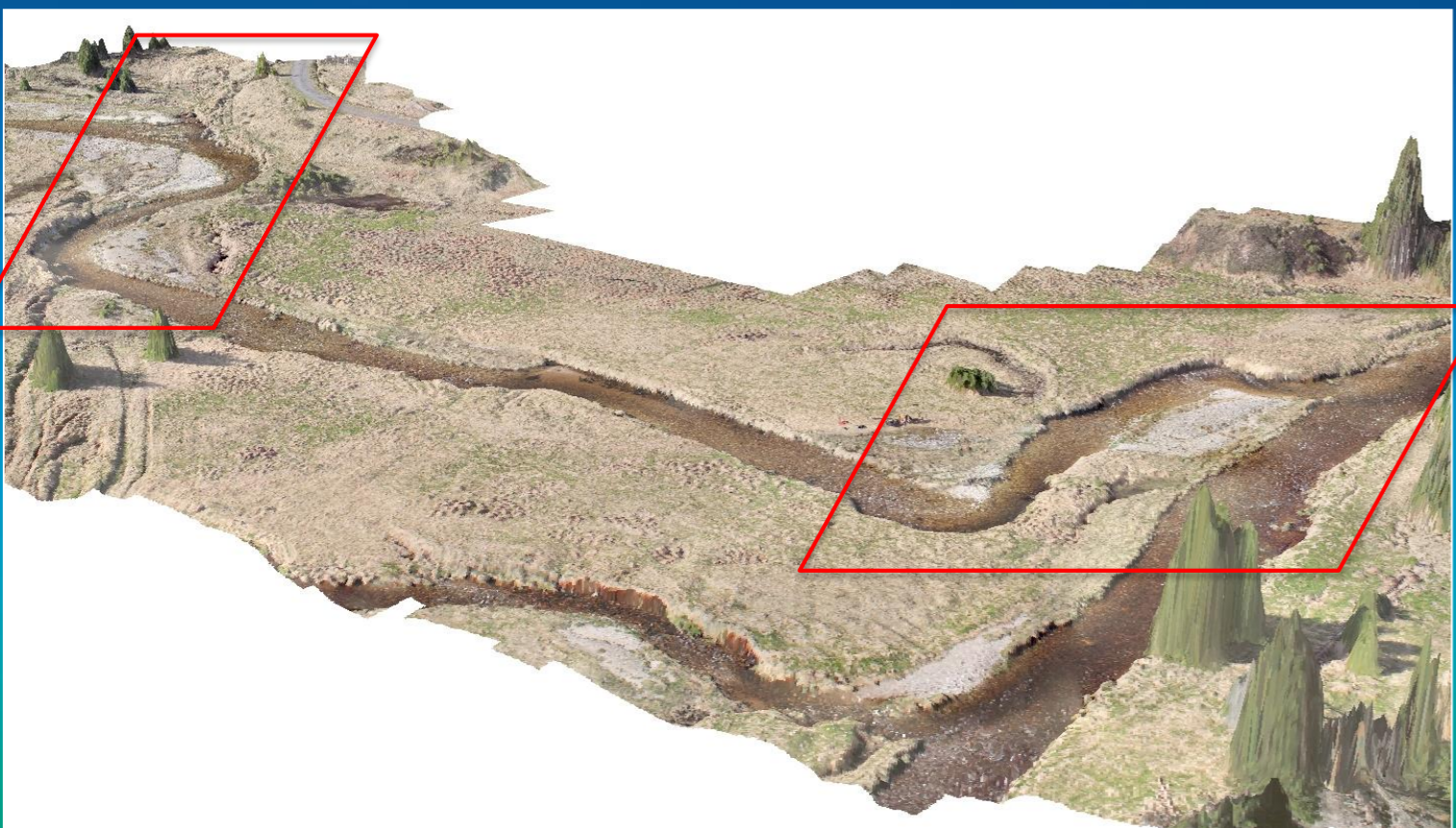
Vliv na dynamiku fluviálních procesů?



POT events - minimal value of yearly maximum discharge in the time series of 1951-2010 ($POT=12.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), which secured a selection of at least one event per year in the time series.



Javoří potok – analýza dynamiky fluviálních procesů



Javoří potok

- Experimentální území PŘF UK Praha
- I. Zóna NP Šumava
- Zachovalé přírodní území
- Historické zásahy do říční sítě
- Současná dynamika fluviálních procesů

Případová studie

- Povodeň v červnu 2013

Vstupní data

- Průtok, struktura akumulací, DEM, změny koryta
- Kalibrační data pro model
- Vhodná konvenční data neexistují



Použité metody a technologie

I. Dynamika srážkootkového procesu

- Senzorová síť pro automatizovaný monitoring
 - Klimatických prvků
 - Výška hladiny
 - Vybrané hydrochemické ukazatele

II. Přesný DEM

- UAV fotogrammetrie

III. Změny objemu tvarů v korytě a nivě

- Pozemní LiDAR

IV. Struktura akumulací

- Optická granulometrie
- ERT profilování

V. Simulace dynamiky

- Hydrodynamické modelování
- Modelování transportu sedimentů

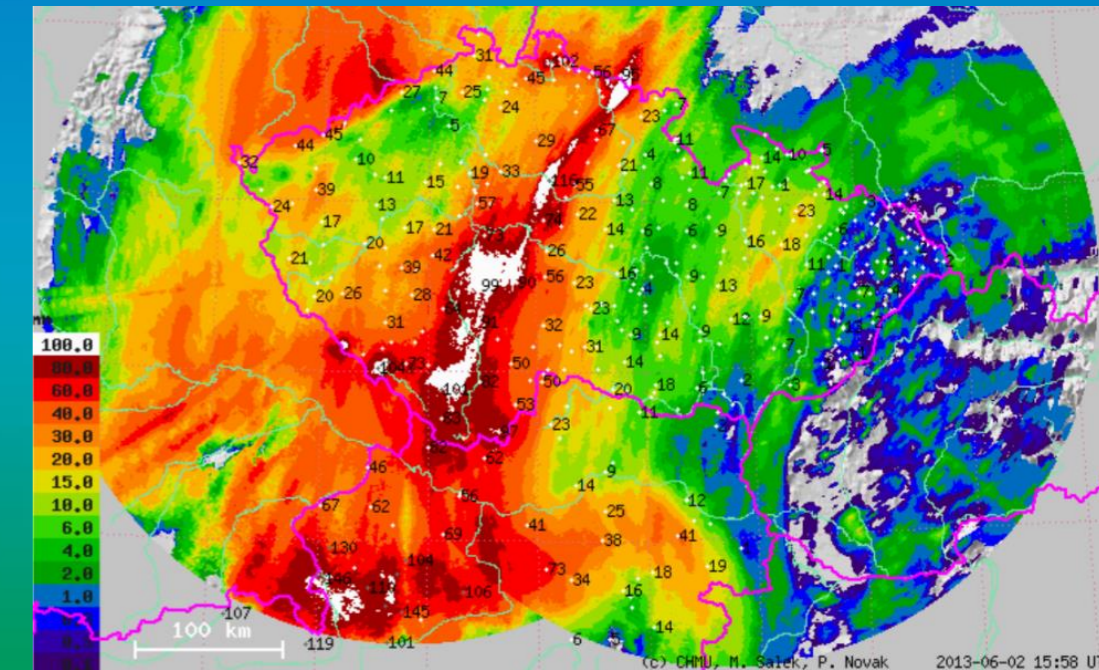
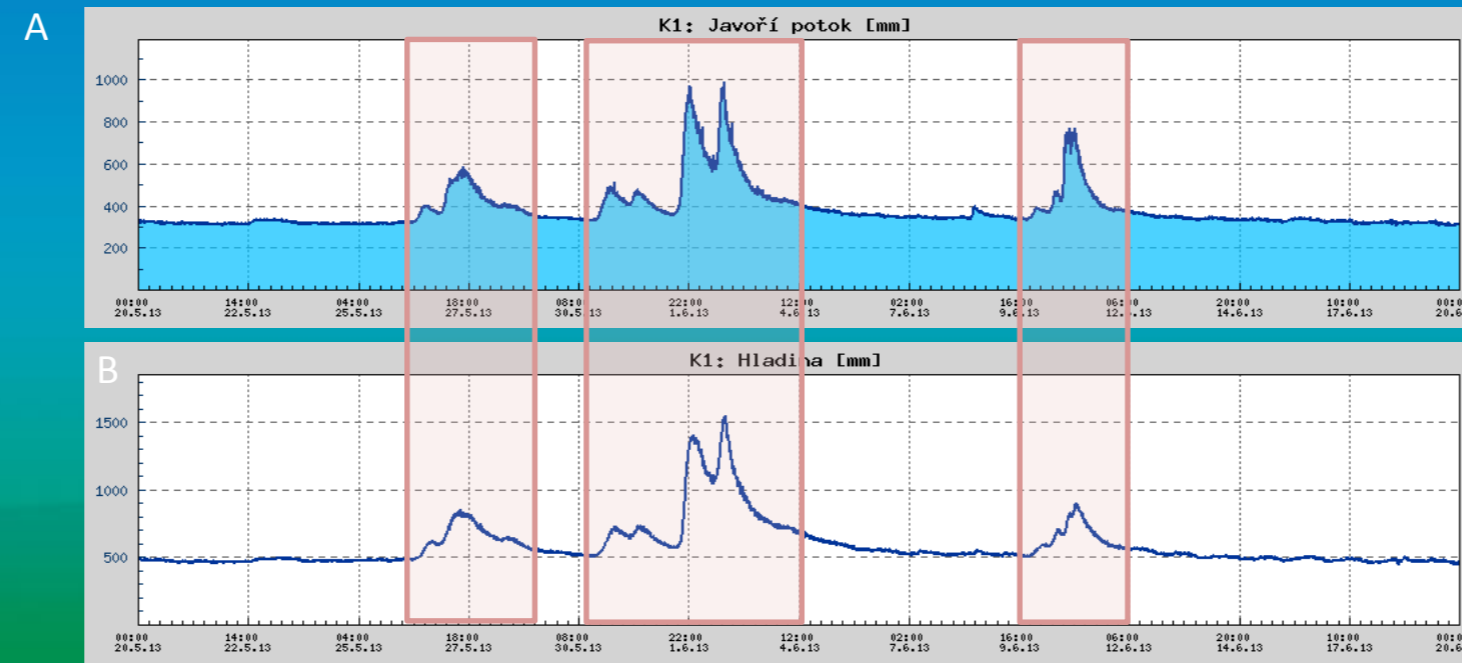
Specializované techniky, nutnost mezioborové spolupráce



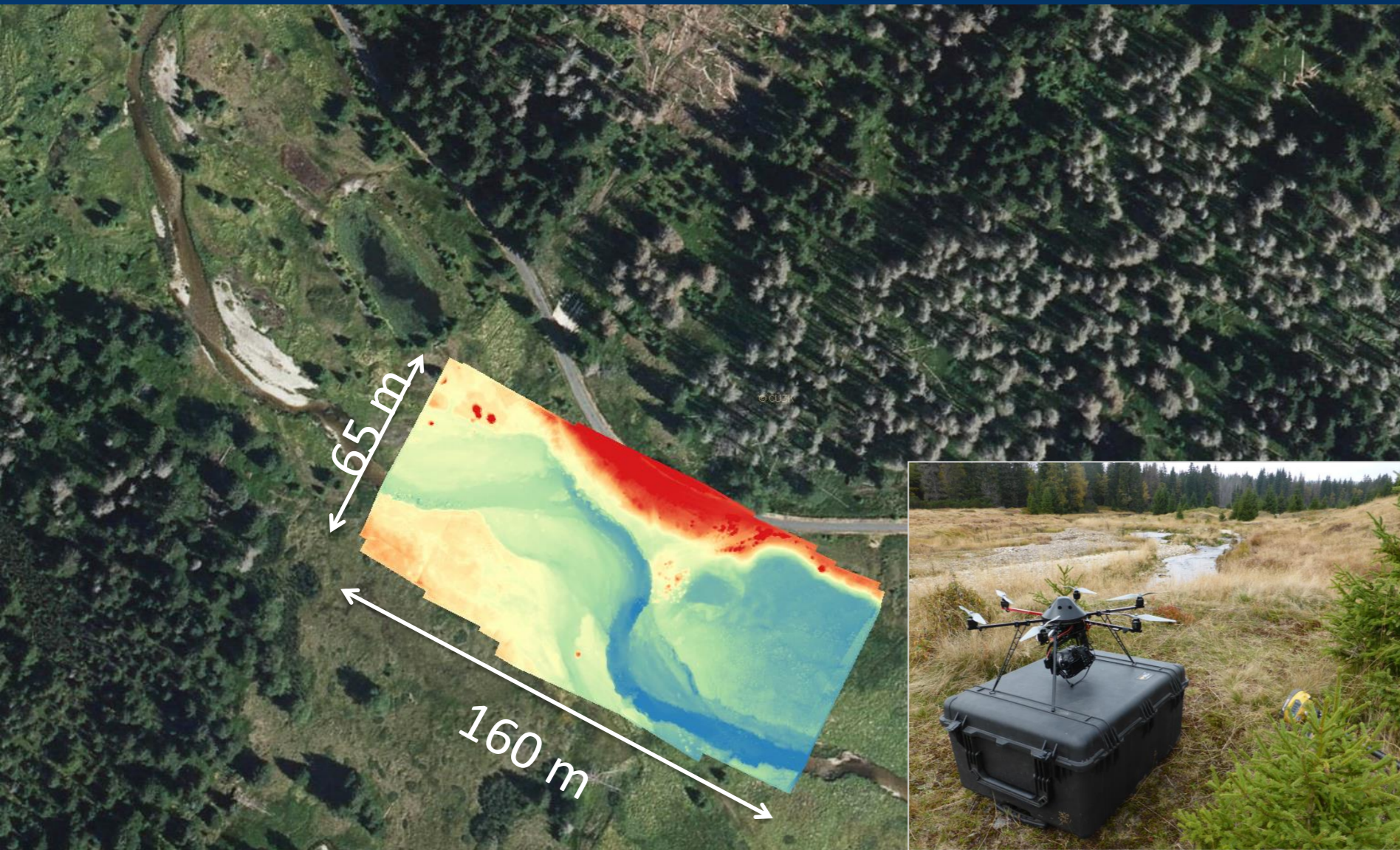
Senzorová síť

- PŘF UK – senzorová síť pro monitoring S-O procesů v pramenné oblasti Vydry
- Od 2006 v povodí Vydry 11 stanic pro monitoring hladiny vody a hydrochem. parametrů
- 3 klimatické stanice, piezometry, automatický vzorkovač
- Vzorkovací frekvence 10 min, telemetrický přenos, on-line přístup k datům
- Zdroj dat pro analýzu procesů a pro kalibraci modelů

Příklad – povodeň 2013/06



UAV fotogrammetrie

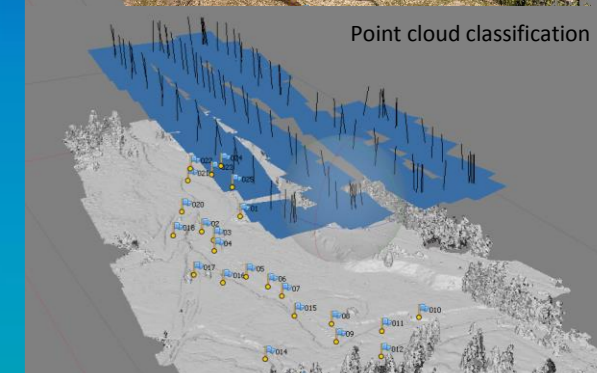
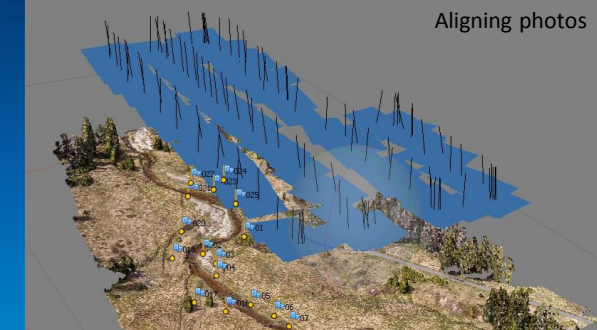
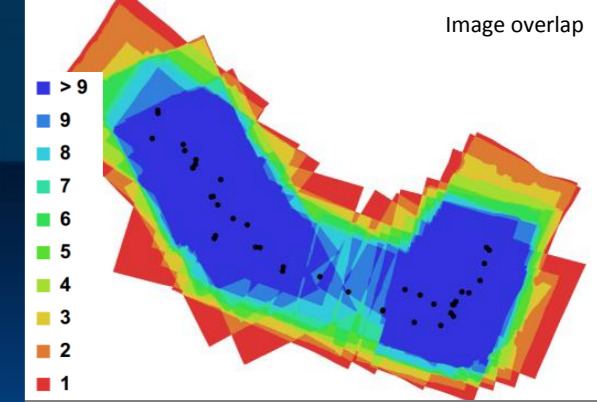


Snímání

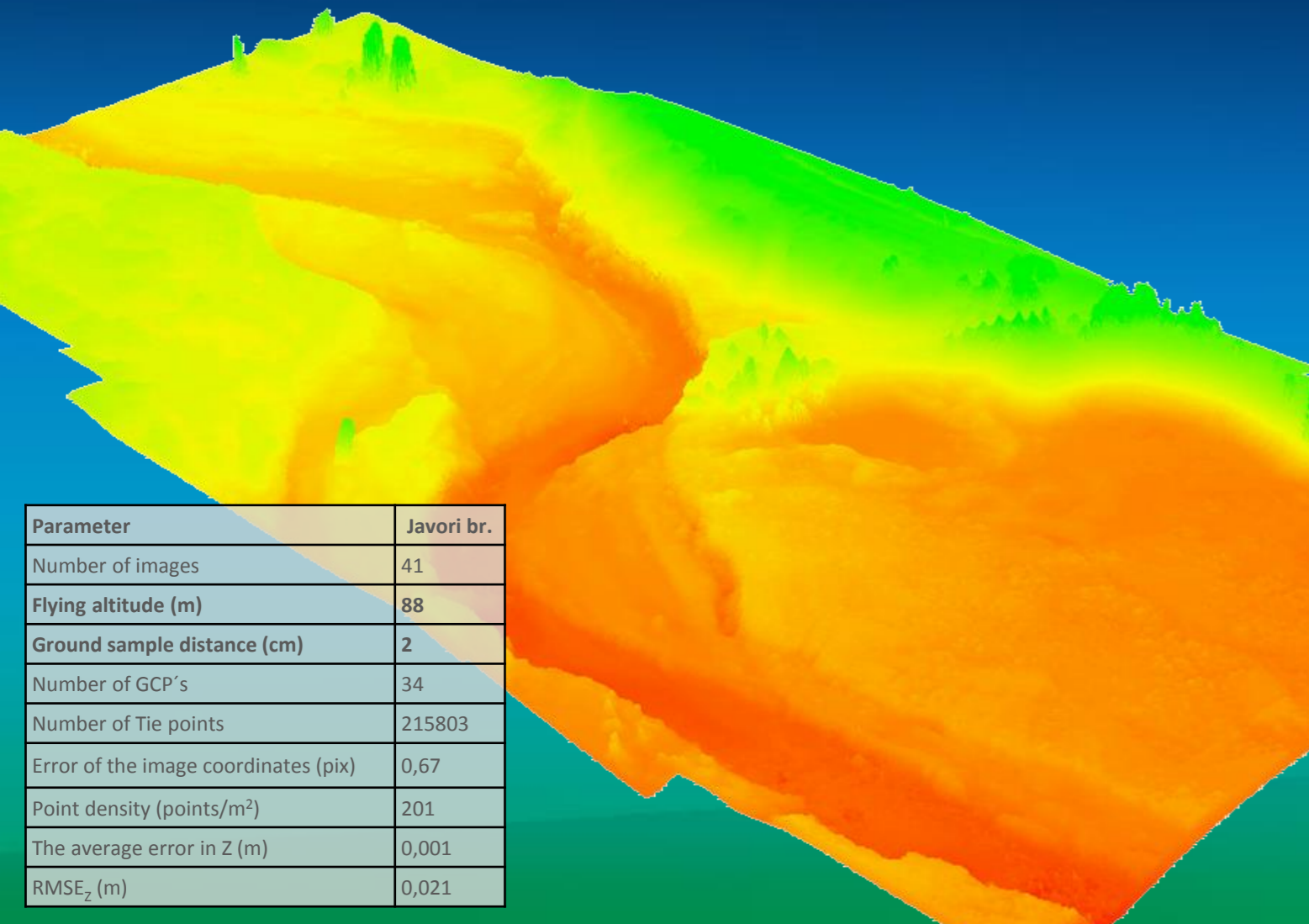
- Platforma MikroKopter
- Výška letu cca 90 m
- Opakované snímání - sledování dynamiky vývoje

Zpracování

- UAV fotogrammetrie
- Agisoft Photoscan
- Ortofoto
- 3D model



DEM a ortofoto z UAV



Operabilita

- Flexibilita, opakovatelnost
- Snímání odlehlých lokalit
- Cenová dostupnost

Velmi vysoká přesnost

- 1 px = 2 cm
- 200 bodů / m²
- LLS = 1 bod / m²

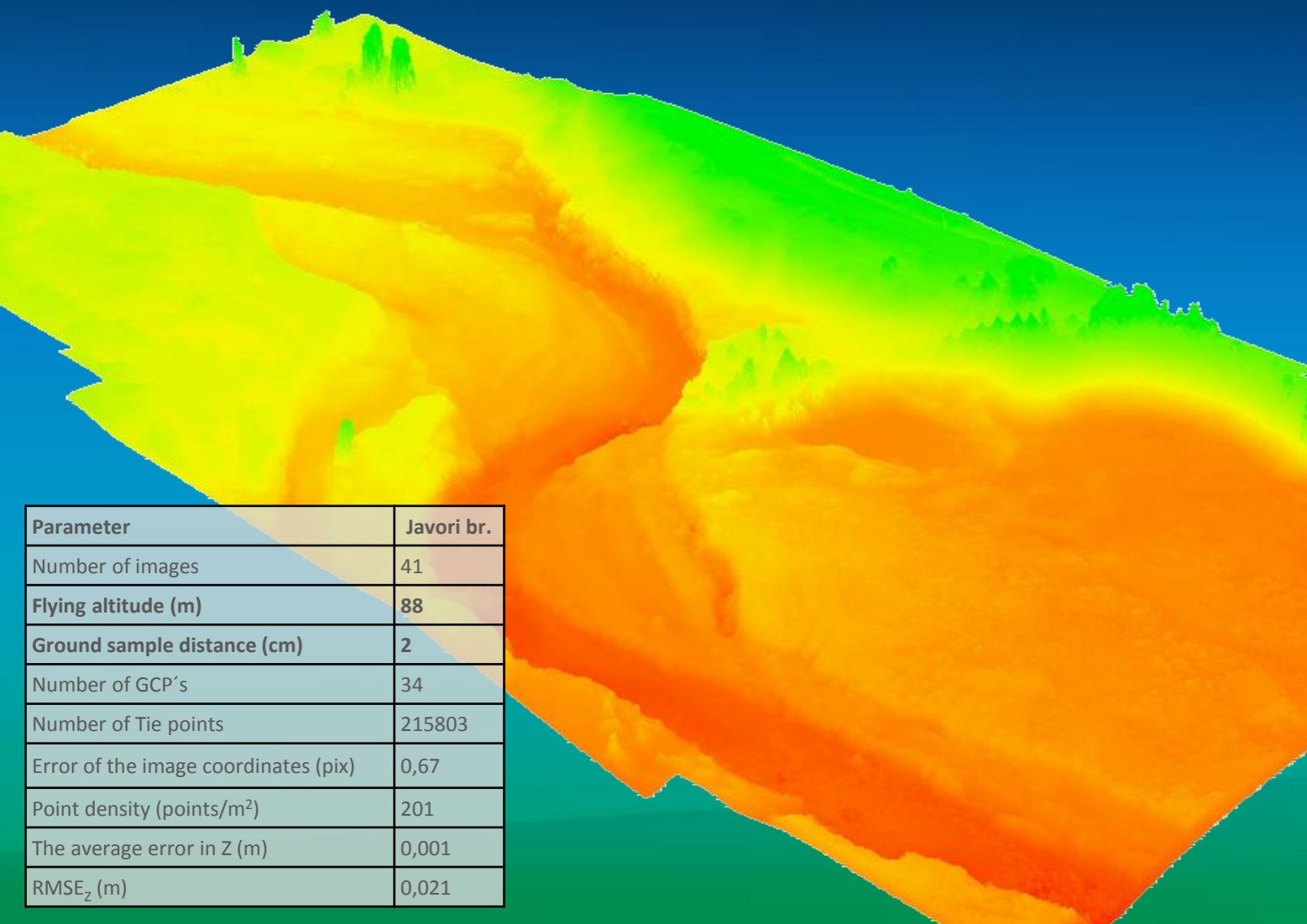
Dostatečná podrobnost pro:

- Rozlišení tvarů v korytě a příbřežní zóně
- Analýzu morfologie koryta a nivy
- Modelování fluviálních procesů



Parameter	Javori br.
Number of images	41
Flying altitude (m)	88
Ground sample distance (cm)	2
Number of GCP's	34
Number of Tie points	215803
Error of the image coordinates (pix)	0,67
Point density (points/m ²)	201
The average error in Z (m)	0,001
RMSE _Z (m)	0,021

DEM a ortofoto z UAV



Operabilita

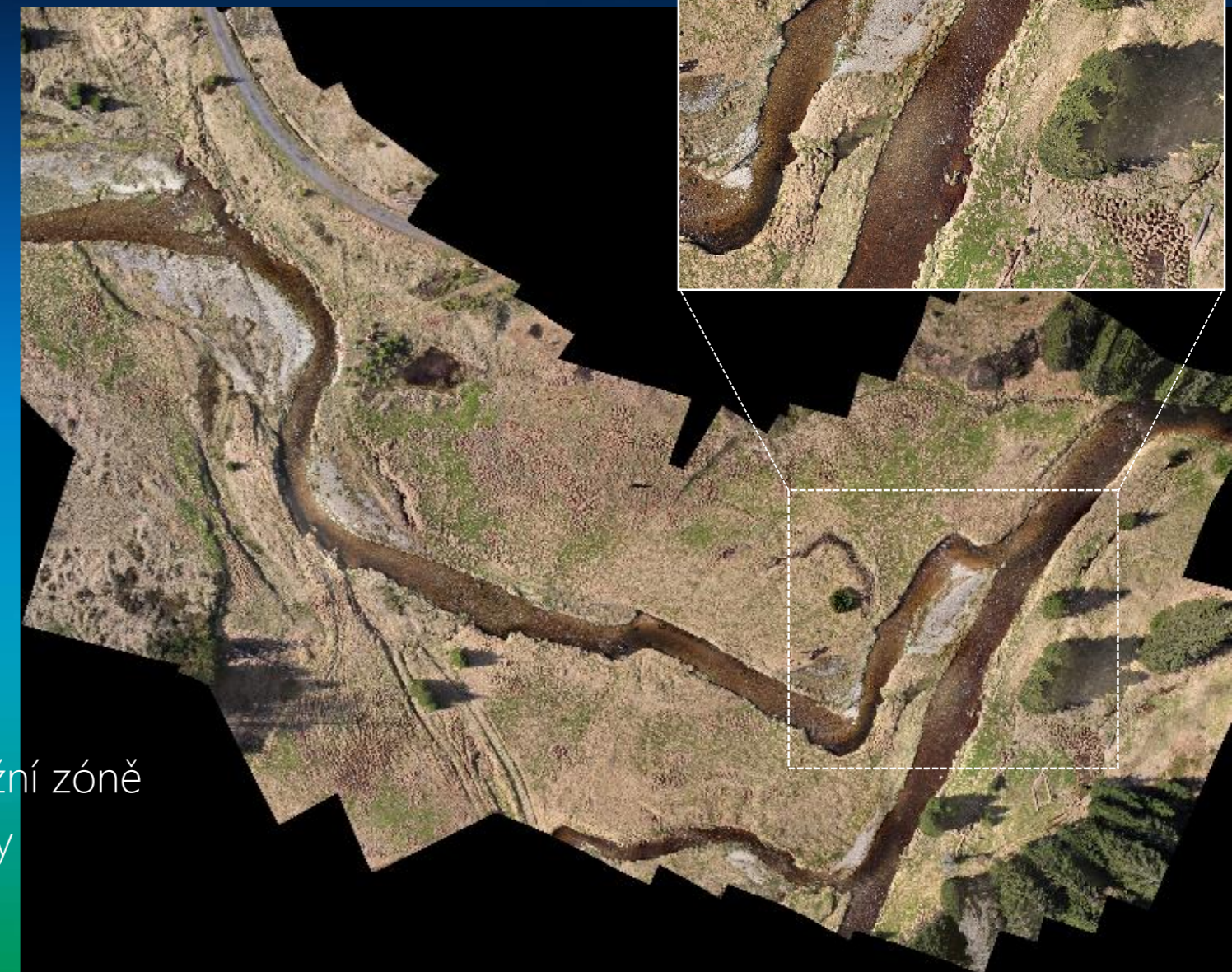
- Flexibilita, opakovatelnost
- Snímání odlehlých lokalit
- Cenová dostupnost

Velmi vysoká přesnost

- 1 px = 2 cm
- 200 bodů / m²
- LLS = 1 bod / m²

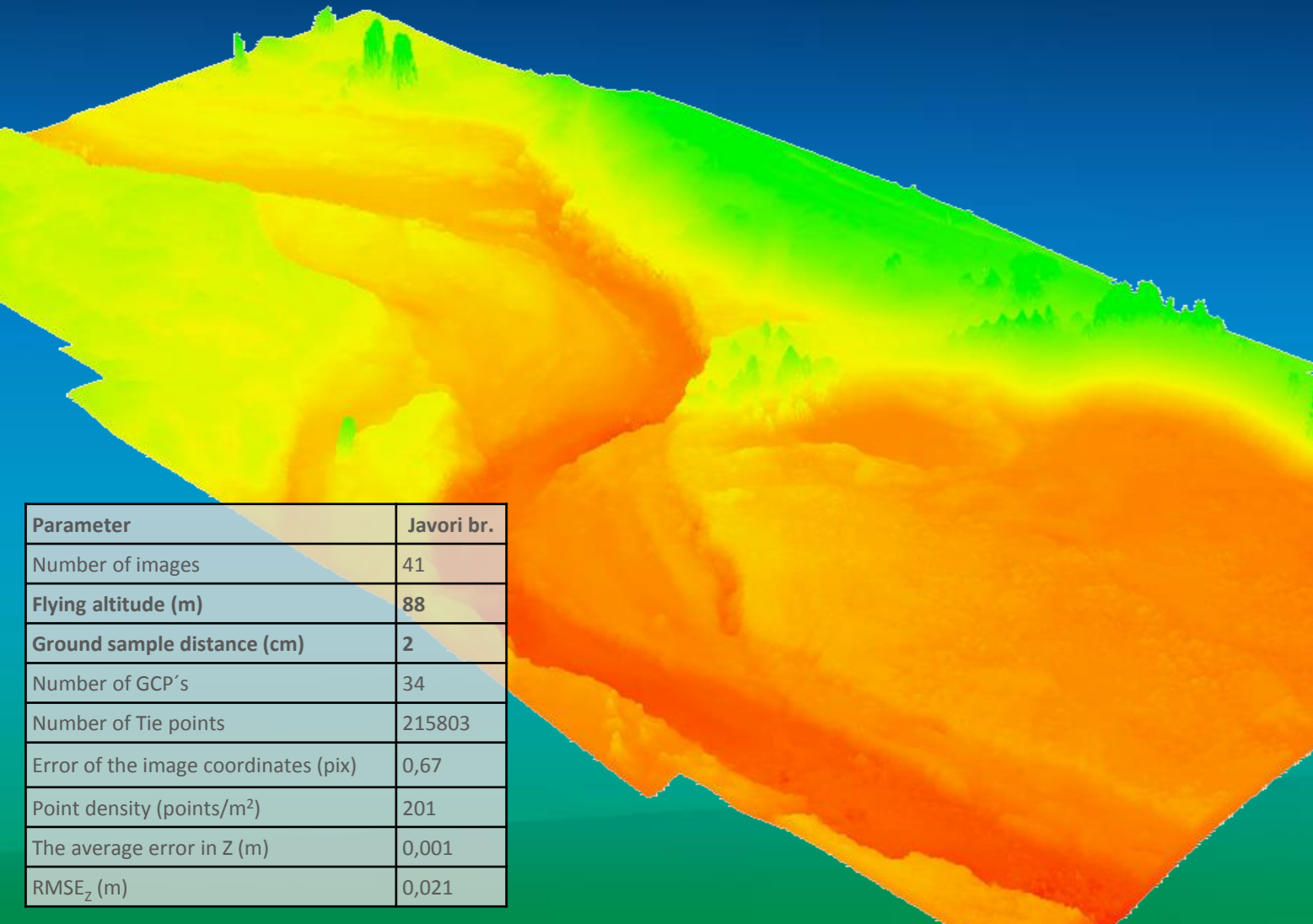
Dostatečná podrobnost pro:

- Rozlišení tvarů v korytě a příbřežní zóně
- Analýzu morfologie koryta a nivy
- Modelování fluviálních procesů



Parameter	Javori br.
Number of images	41
Flying altitude (m)	88
Ground sample distance (cm)	2
Number of GCP's	34
Number of Tie points	215803
Error of the image coordinates (pix)	0,67
Point density (points/m ²)	201
The average error in Z (m)	0,001
RMSE _Z (m)	0,021

DEM a ortofoto z UAV



Operabilita

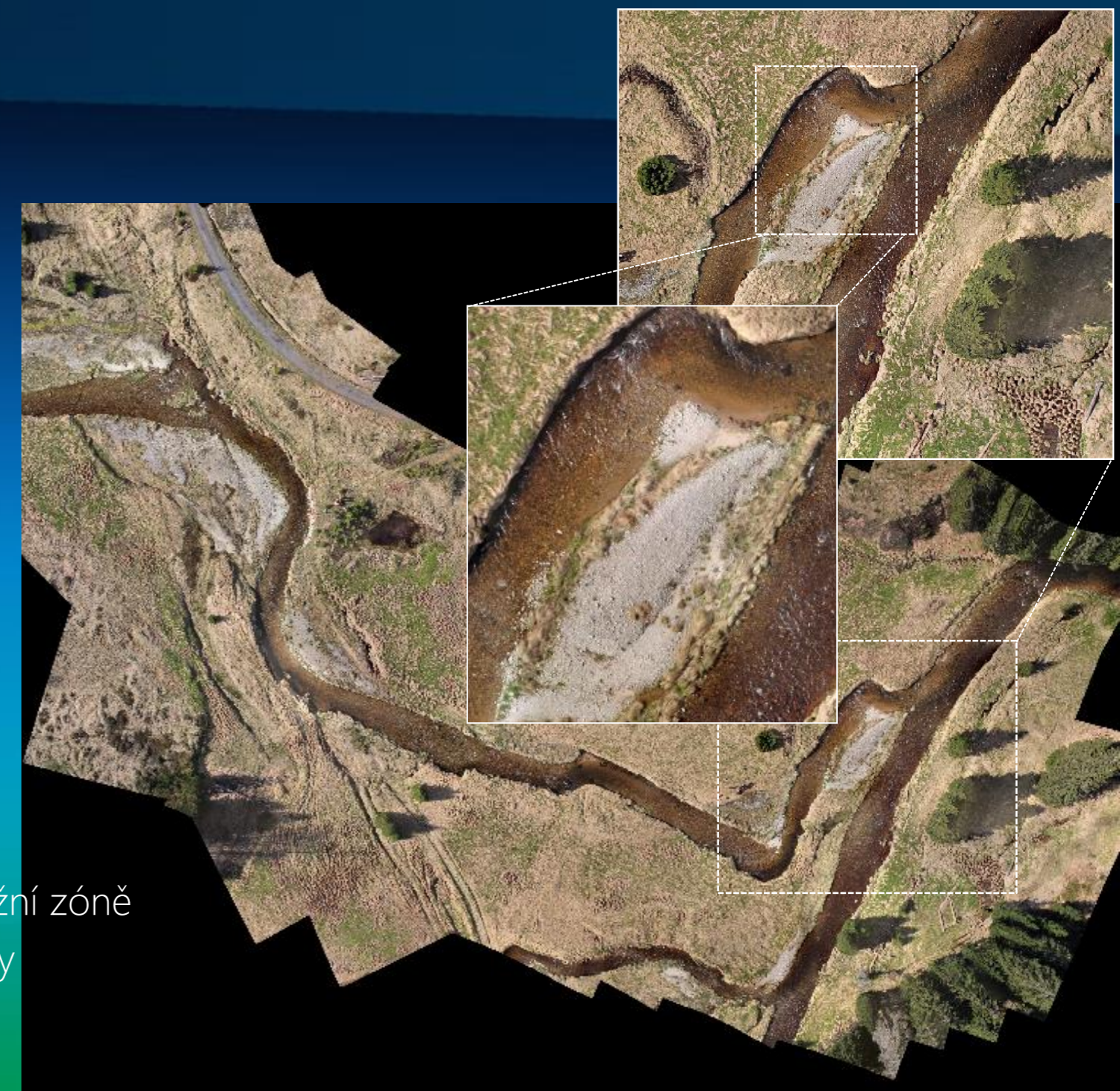
- Flexibilita, opakovatelnost
- Snímání odlehlých lokalit
- Cenová dostupnost

Velmi vysoká přesnost

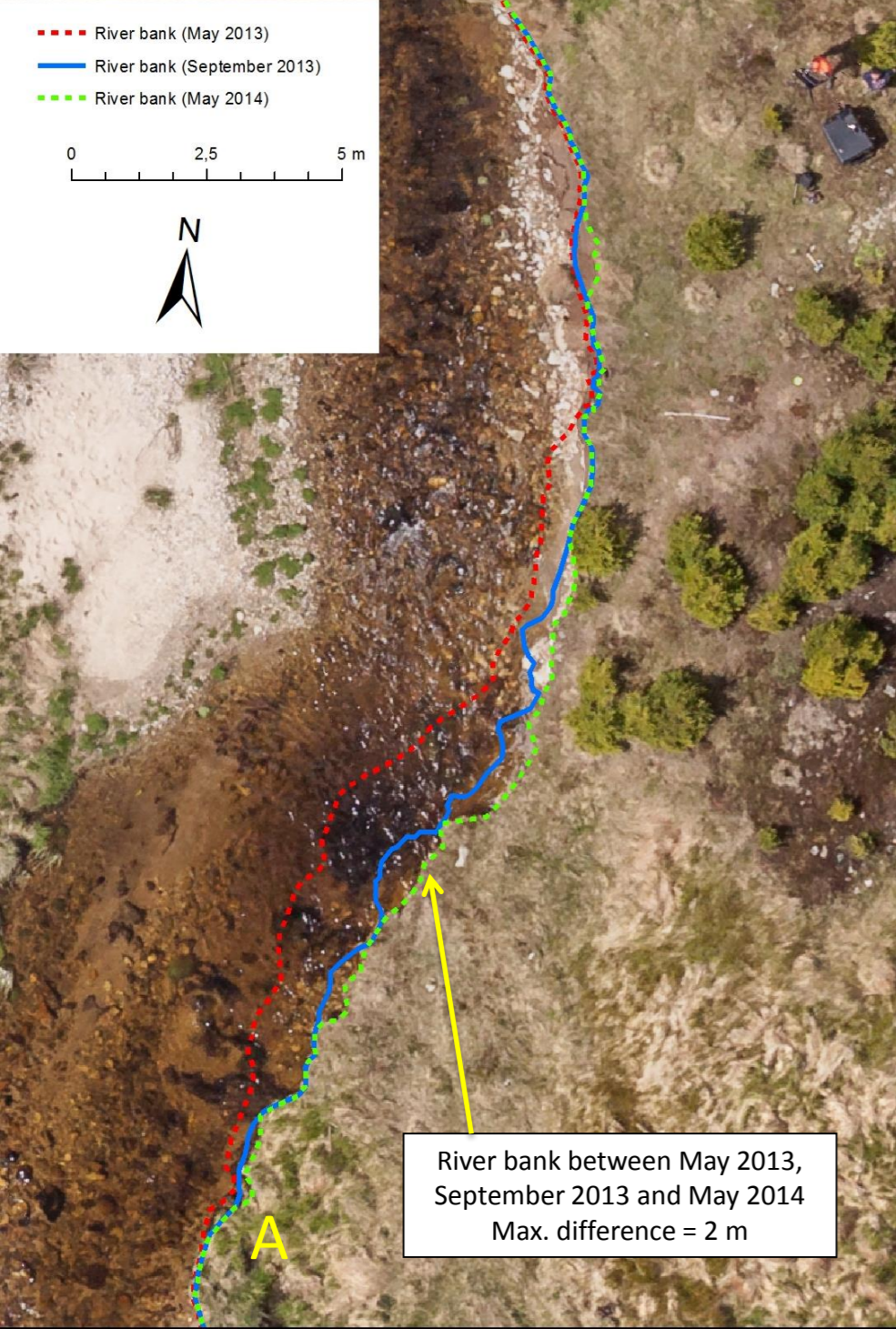
- 1 px = 2 cm
- 200 bodů / m²
- LLS = 1 bod / m²

Dostatečná podrobnost pro:

- Rozlišení tvarů v korytě a příbřežní zóně
- Analýzu morfologie koryta a nivy
- Modelování fluviálních procesů



Parameter	Javori br.
Number of images	41
Flying altitude (m)	88
Ground sample distance (cm)	2
Number of GCP's	34
Number of Tie points	215803
Error of the image coordinates (pix)	0,67
Point density (points/m ²)	201
The average error in Z (m)	0,001
RMSE _Z (m)	0,021



Kvantifikace břehové eroze

Opakované snímkování od 2013

- Vybrané aktivní meandry

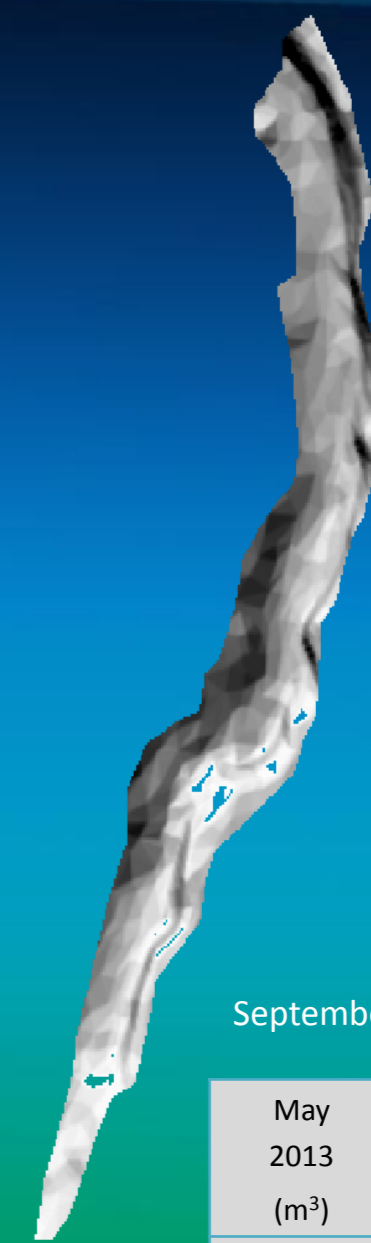
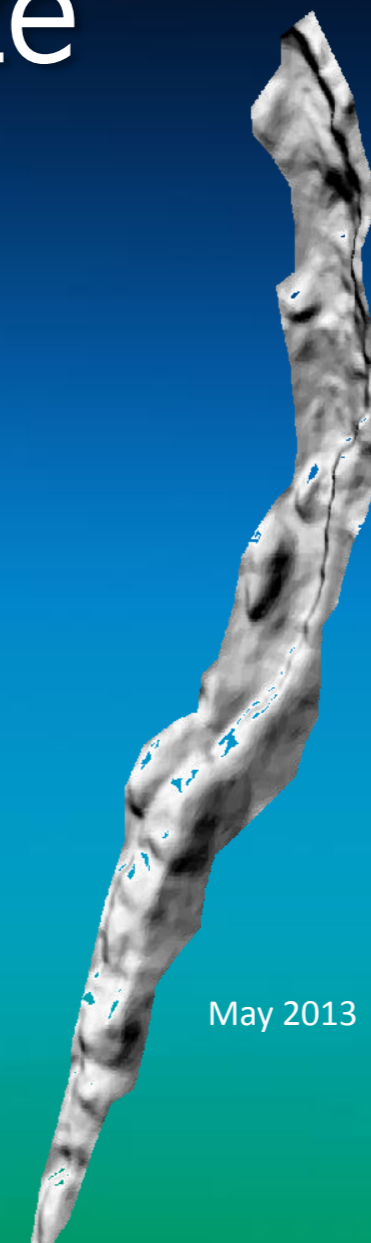
Identifikace rozsahu břehové eroze

- Ústup hrany břehu až o 2 m během roku

Výpočet objemu erodovaného materiálu

- 3D model meandru
- Objemové změny nad referenční plochou

16



May 2013 (m ³)	September 2013 (m ³)	Difference (m ³)
8.984	5.841	3.143

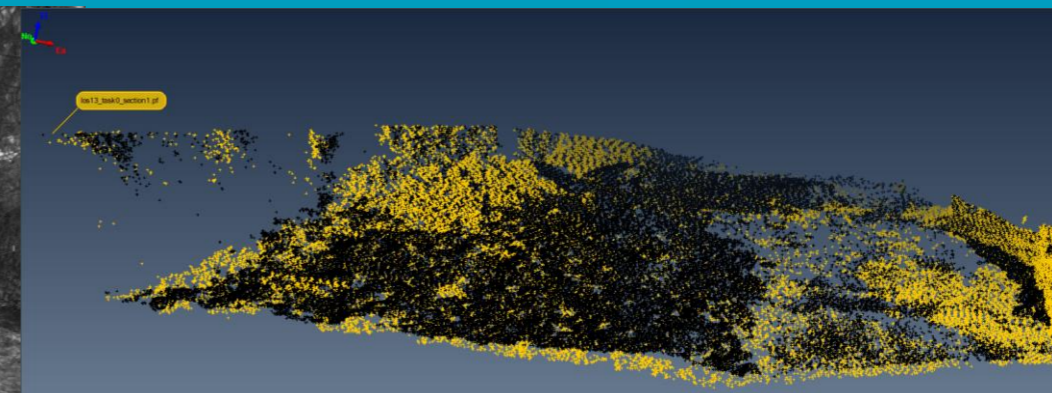
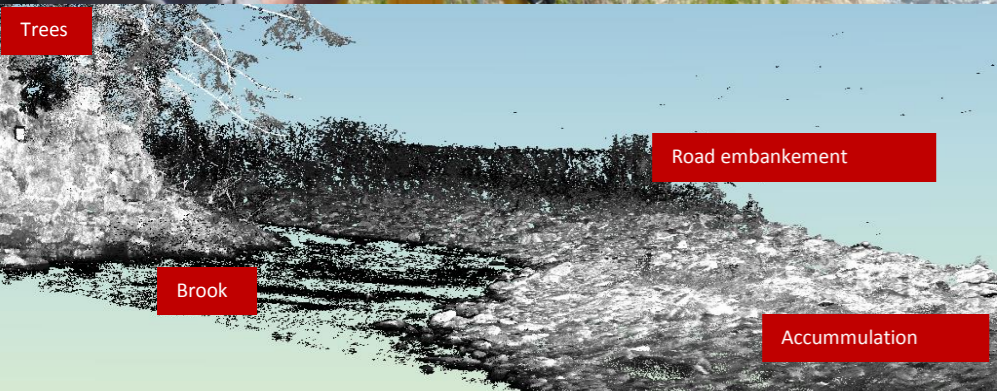
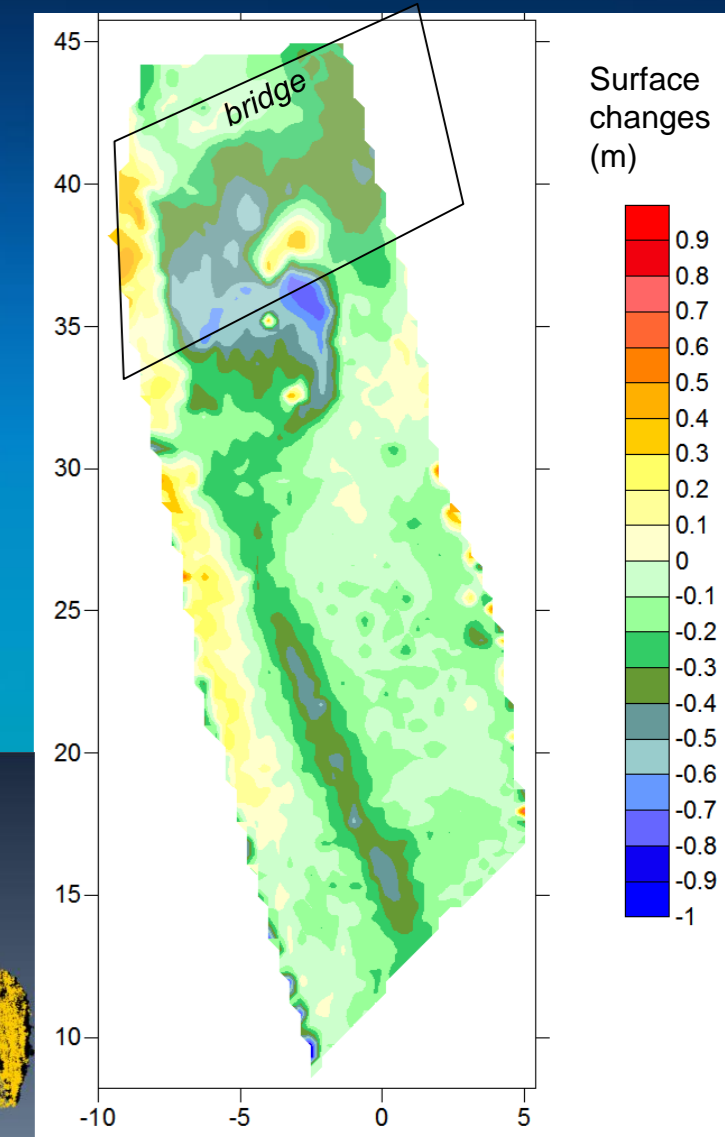
Pozemní LiDAR



Detailní model koryta

- Vybrané tvary
- Submilimetrová přesnost
- Extrémně jemný DMP
- Fluviální akumulace
- Břehová eroze

- Přesná objemová kvantifikace změn koryta
- Sledování vývoje tvarů ve vazbě na hydrologické události



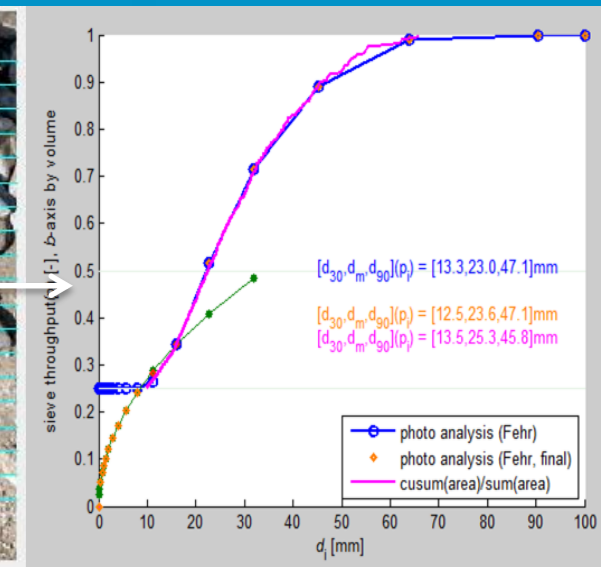
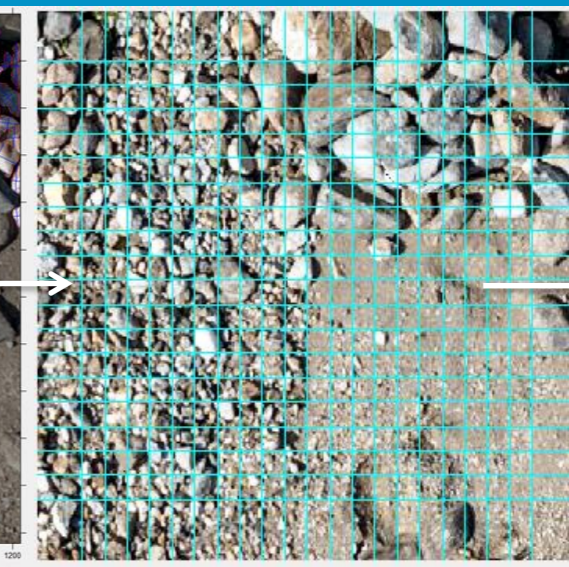
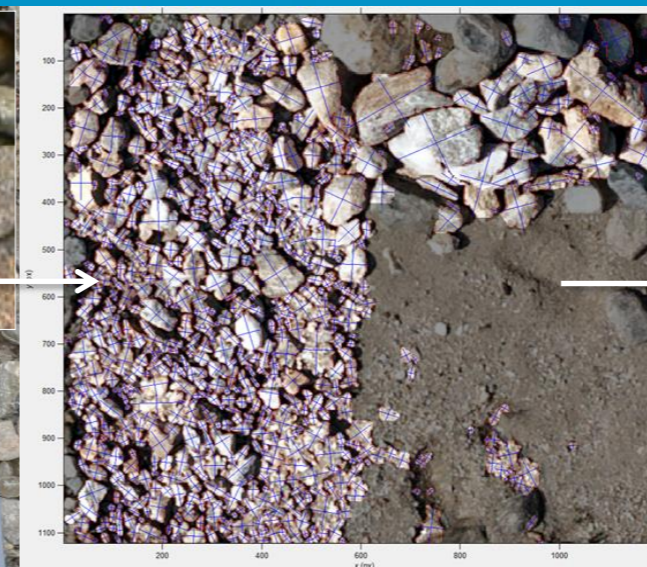
Optická granulometrie

Granulometrická analýza hrubozrnných sedimentů

- Kalibrovaný digitální snímek
- Objektově orientovaná analýza obrazu
- Automatická identifikace klastů
- Kalibrace
- Výpočet granulometrické křivky

Využití

- Analýza distribuce sedimentů v příbřežní zóně a nivě
- Kalibrační data pro modelování transportu sedimentů



Hydrodynamické modelování

Vstupní data

Hydrologie

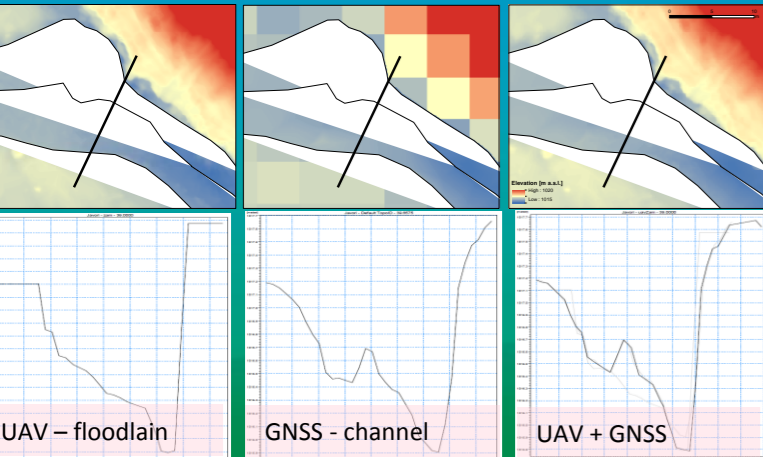
- Senzorová síť

Korytový model

- kombinace UAV fotogrammetrie a batymetrie koryta GNSS

Drsnostní parametry

- Břeh a niva – optická granulometrie
- Dno – klasická granulometrie



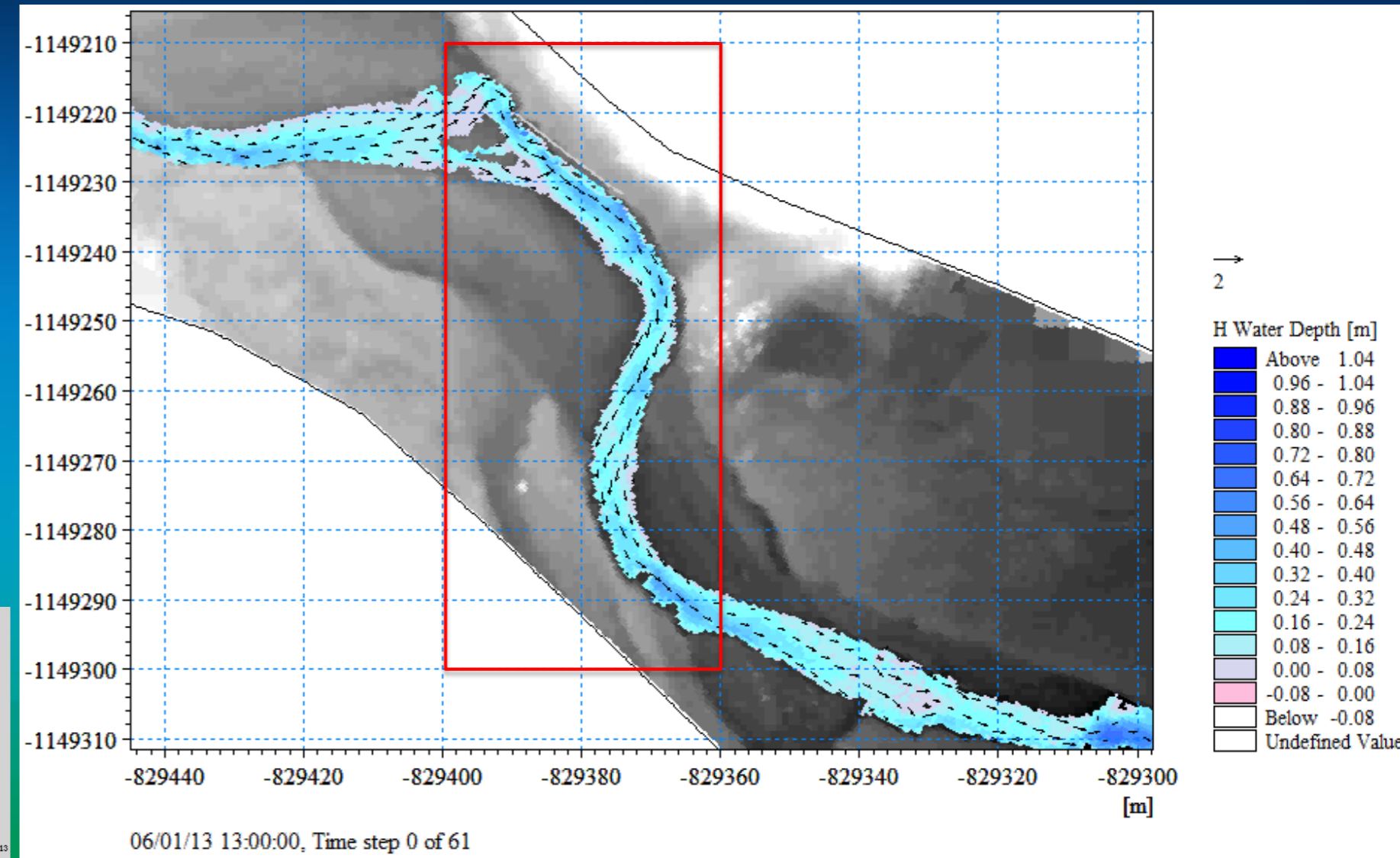
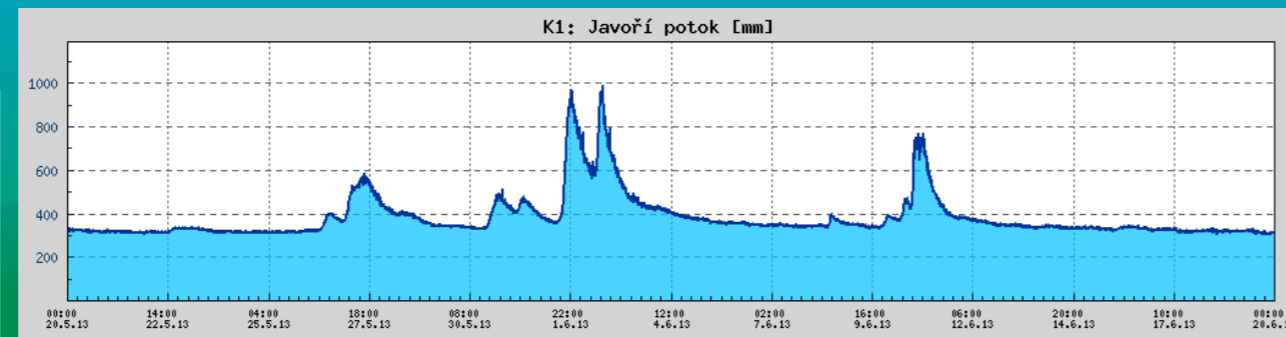
Model

MIKE 21

- Flexible mesh
- Sediment transport
- Kalibrace - povodeň 2013/06

Výstupy

- Dynamika proudění
- Mezní podmínky pro erozi a akumulaci
- Transport sedimentu
- Kalibrace - změny detekované UAV



III. Shrnutí, závěr

Jak se změnily technologie využívané v hydrologii?



Co měl hydrolog k dispozici před 20 lety?

Neúplná, nepřesná, neaktuální a nedostupná data

- Hydrologické poměry
- Záznamy z limnigrafu nebo vodočtu
- Data z klimatických stanic
- Papírové mapy
- ...

Omezené vybavení a analytické nástroje

- Hydrometrickou vrtuli
- Laboratoř se zastaralým vybavením
- Nevýkonné PC
- Základní GIS - zpravidla bez podrobných dat

Co má dnes?

Kvalitní a aktuální a dostupná konvenční data

- Časové řady empirických dat
- Prostorová data – GIS, DMT, DPZ

Uživatelsky pořizovaná přesná data

- Přesná a aktuální data o procesech v zájmové oblasti
- Přesná prostorová data v časovém vývoji
- Podrobný digitální model reliéfu
- Kvalitativní a strukturní data o materiálu v korytě a nivě

Pokročilé a dostupné analytické nástroje

- Pokročilý GIS
- Analytické nástroje
- Simulační modely

Jak změnily geoinformační technologie hydrologii?

Přenesení laboratoře do přírody

- Možnost realizovat experimenty, dostupné dříve pouze v laboratorních podmínkách, přímo v přírodě
- Možnost studovat přírodní procesy tam, kde se odehrávají
- Pokrok v poznání mechanismů

Nové metody monitoringu

- Vysoká přesnost a frekvence monitoringu
- Nové typy senzorů a snímání procesů
- Automatický záznam a distanční přístup k datům
- Monitoring oblastí nepokrytých daty

Specializace a týmová práce

- Potřeba specialistů pro zajištění monitoringu a zpracování dat
- Spolupráce specialistů napříč obory
 - Hydrologie
 - Geomorfologie
 - Geofyzika
 - GIS
 - DPZ
 - Fotogrammetrie
 - Modelování
- Týmová práce při pořizování, zpracování i interpretaci dat
- Vysoké nároky na integraci výsledků z různých disciplín



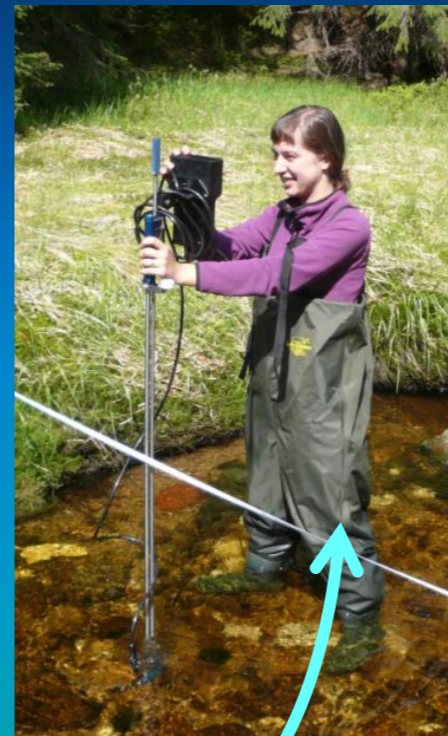
Děkujeme za pozornost!



Jakub Langhammer
PřF UK Praha



Filip Hartvich
ÚSMH AV ČR



Jana Kaiglová
DHI, UK Praha



Jakub Miřijovský
UPOL Olomouc, PřF



Konference GIS Esri v ČR

22.–23. října 2014