



Modelování pohybu vojenské techniky

Katedra vojenské geografie a meteorologie

Fakulta vojenských technologií

Univerzita obrany

<http://www.unob.cz>





Úvod





Přírodní prostředí

- **Přírodní prostředí** má výrazný **vliv na** vojenské i nevojenské **činnosti** ozbrojených sil, podobně jako na činnosti složek IZS
- Dobrá **znalost prostředí** v oblasti činnosti je jedním z **předpokladů úspěšnosti akce**
- Je nezbytné **hodnotit prostředí** z hlediska jeho vlivu na danou činnost nebo skupiny činností
- Papírové a digitální **modely** prostředí (mapy, digitální data, vizualizovaná geografická data) jsou **podkladem pro** všeobecné **porozumění** prostředí
- **Digitální** geografická **data** umožňují vytvářet i **komplexní analýzy** prostředí právě s ohledem na daný řešený problém nebo skupinu problémů (rozsáhlý zásah HZS, PCR a ZZS...)





Tvorba modelu průchodnosti terénu








Základní otázky průchodnosti terénu

- Je možné prostor **překonat** a pokud ano, **kde**?
- **Jak rychle** je možné jet?





Průchodnost terénu a geografické faktory

- Hlavní cíl **hodnocení průchodnosti terénu (CCM)** – vyhodnocení vlivu geografických faktorů na pohyb daného typu vozidla nebo skupiny vozidel v daném prostoru
- **Průchodnost** terénu je dána **technickými parametry** vozidel – rozměry, hmotnost, výkon, podvozek, kola, ..., **schopnosti** řidiče
- **Klasifikace** a kvantifikace **geografických faktorů** – určení:
 - dílčího stupně průchodnosti terénu
 - typologie terénu podle typu vojenského (civilního) vozidla
 - stanovení těch geografických faktorů, které mají rozhodující vliv na průchodnost terénu
- **Výsledek hodnocení** průchodnosti terénu – tři stupně:
 -  GO – průchodný terén
 -  SLOW GO – omezeně průchodný terén
 -  NO GO – neprůchodný terén





Průchodnost terénu a geografické a klimatické faktory

Průchodnost terénu ovlivňují následující **geografické a klimatické faktory**:

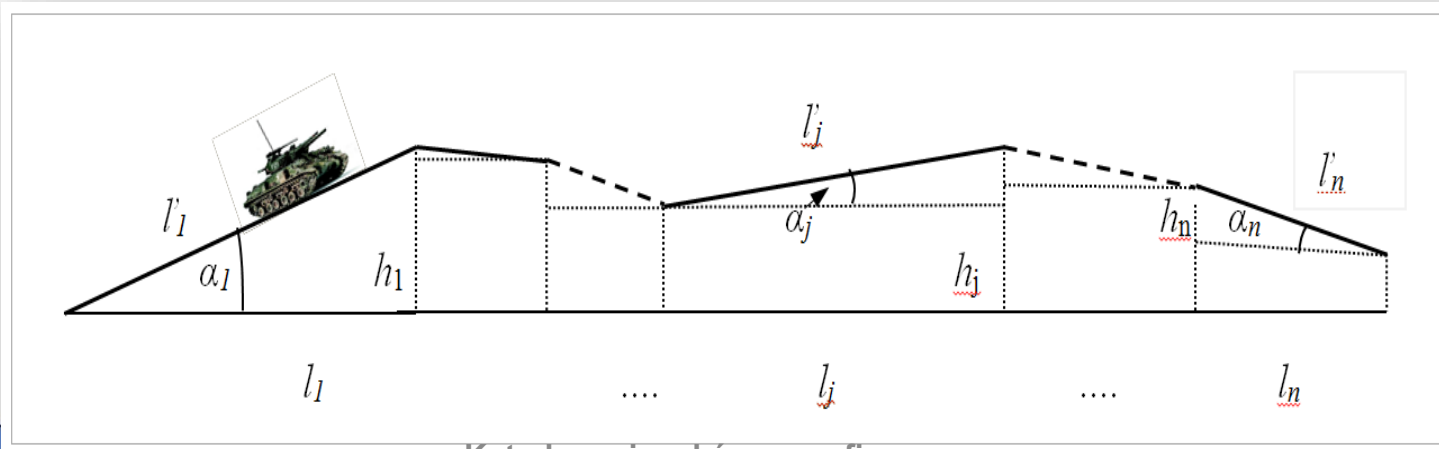
- sklon svahu a mikroreliefní tvary
- vegetační kryt
- půdní podmínky
- meteorologické podmínky
- vodní toky a vodní plochy, zamokřená území
- sídla
- komunikace
- jiné přírodní a umělé objekty





Vyhodnocení geografických faktorů

- **Vliv konkrétního geografického faktoru** lze určit jako koeficient zpomalení C_i a přiřadit mu hodnotu 0 až 1
- **Koeficient zpomalení** – „reálná“ simulovaná rychlost v_i vozidla v terénu ve vztahu k maximální rychlosti na silnici nebo v daném typu terénu podle TTD - V_{max}
- **Komplexní vliv** všech n geografických faktorů v daném hodnoceném úseku – „reálná rychlost“





Polní měření podkladů pro určení koeficientů zpomalení



Penetrometrická měření půd a
jejich vlastností



Tachymetrická měření
testovacích polygonů



Testy průchodivosti techniky





Dynamometrické testy okamžitého výkonu vozidla





Komplexní řešení (CCM)

- Výpočet podmínek podle více proměnných, například:

$$C_{11} = \frac{G_{rad}T_{max} - SH}{G_{rad}K_{max}}$$

kde

$G_{rad}T_{max}$ je vozidlem maximální překonatelný svah ve volném terénu

$G_{rad}K_{max}$ je vozidlem maximální překonatelný svah na zpevněné komunikaci

SH je střední hodnota sklonu svahu v daném pixelu

- Výpočet „reálné“ hodnoty rychlosti vozidla v daném pixelu

$$v_j = v_{max} \prod_{i=1}^n C_i, \quad n = 1, \dots, N$$

- Reklasifikace vypočtené rychlosti do dané stupnice 0 až 1
- Možnost využití crisp set přístupu nebo fuzzy logiky





Datové zdroje a programový systém

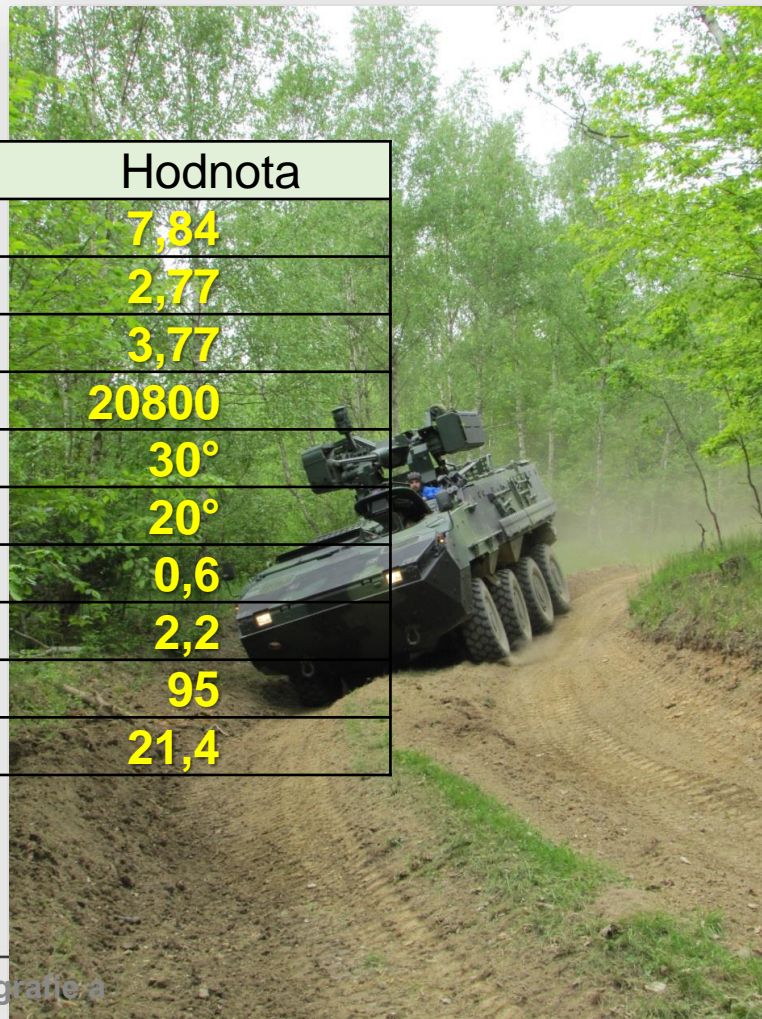
- Produkty Ministerstva obrany (Geografická služba) a ČÚZK:
 - DMU25 – MO
 - DMR3, DMR4, DMR5 – MO a ČÚZK
 - Ortogonalizované letecké snímky – MO nebo WMS ČÚZK
 - Syntetická databáze půdy - MO
 - TTD testovaných vozidel
- Meteorologické podmínky – ČHMÚ a vlastní měření
- ArcGIS 10.x – ESRI





Takticko technická data KOT Pandur II

Parametr	Hodnota
Délka (m)	7,84
Šířka (m)	2,77
Výška (m)	3,77
Celková hmotnost (kg)	20800
Maximální stoupavost	30°
Maximální boční náklon	20°
Výstupnost na překážku (m)	0,6
Překročivost překážky (m)	2,2
Maximální rychlost na silnici (kmh ⁻¹)	95
Průměr zatáčení (m)	21,4





CCM - Analýza s využitím Fuzzy logiky

- **Zahrnutí kvality dat:**

- různá lokalizační přesnost
- různá úroveň naplnění databáze
- atd.

- Využití funkcí Fuzzy Membership and Fuzzy Overlay

- Všechny koeficienty jsou počítány samostatně





CCM – Analýza s využitím Fuzzy logiky

- Fuzzyfikace pro všechny dílčí koeficienty na základě vlastností dat
- Pro výpočty vzdáleností pravděpodobných hodnot použita Euklidovská míra
- Výsledné zpomalení počítáno ze všech koeficientů pomocí nástroje *Fuzzy Overlay*
- Výsledek – **cenová mapa (cost map)**
- Cenová mapa je **využitelná** např. jako **podklad pro vyhledání optimální trasy** v procesu velení a řízení



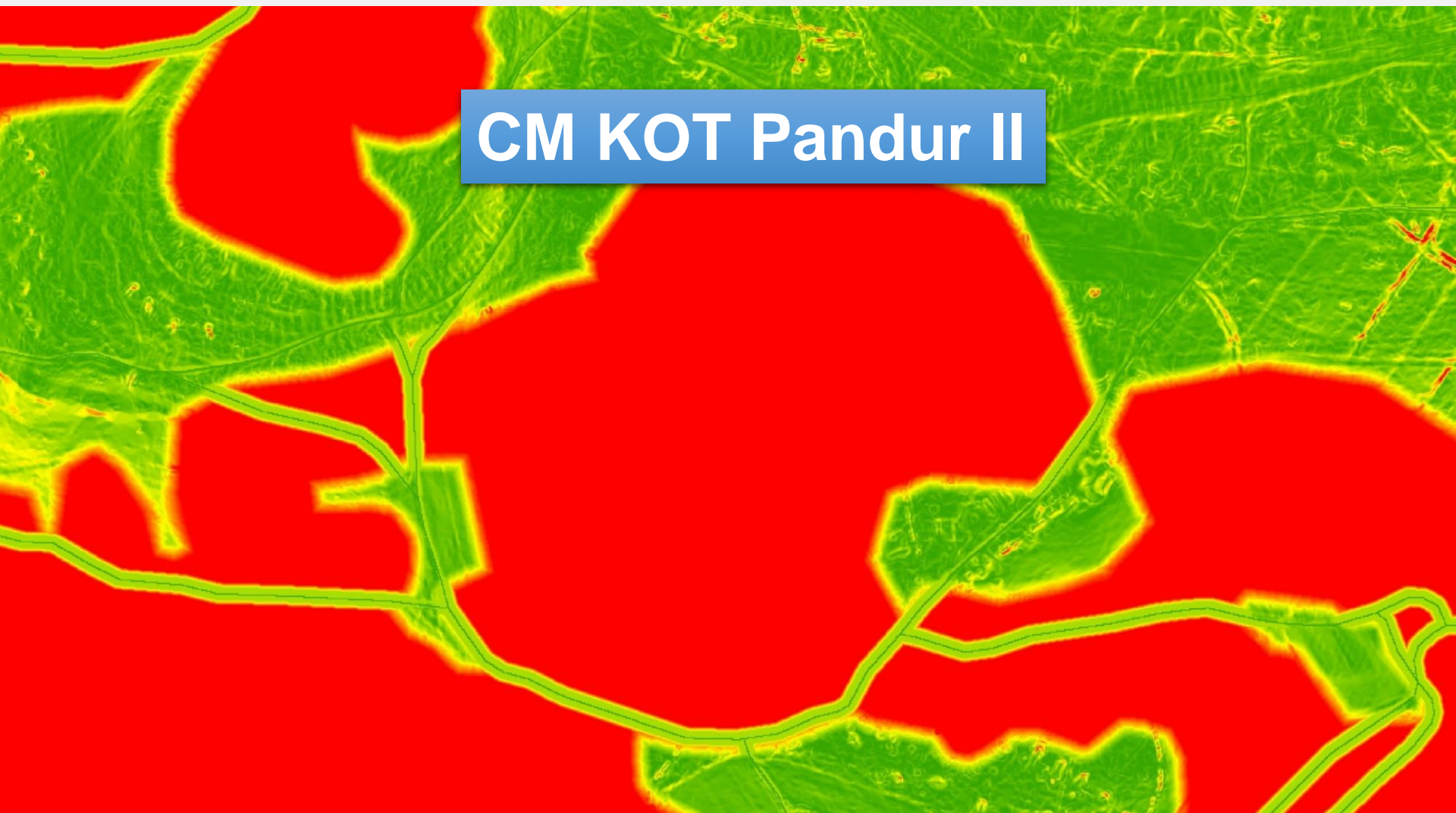


C7





CM KOT Pandur II



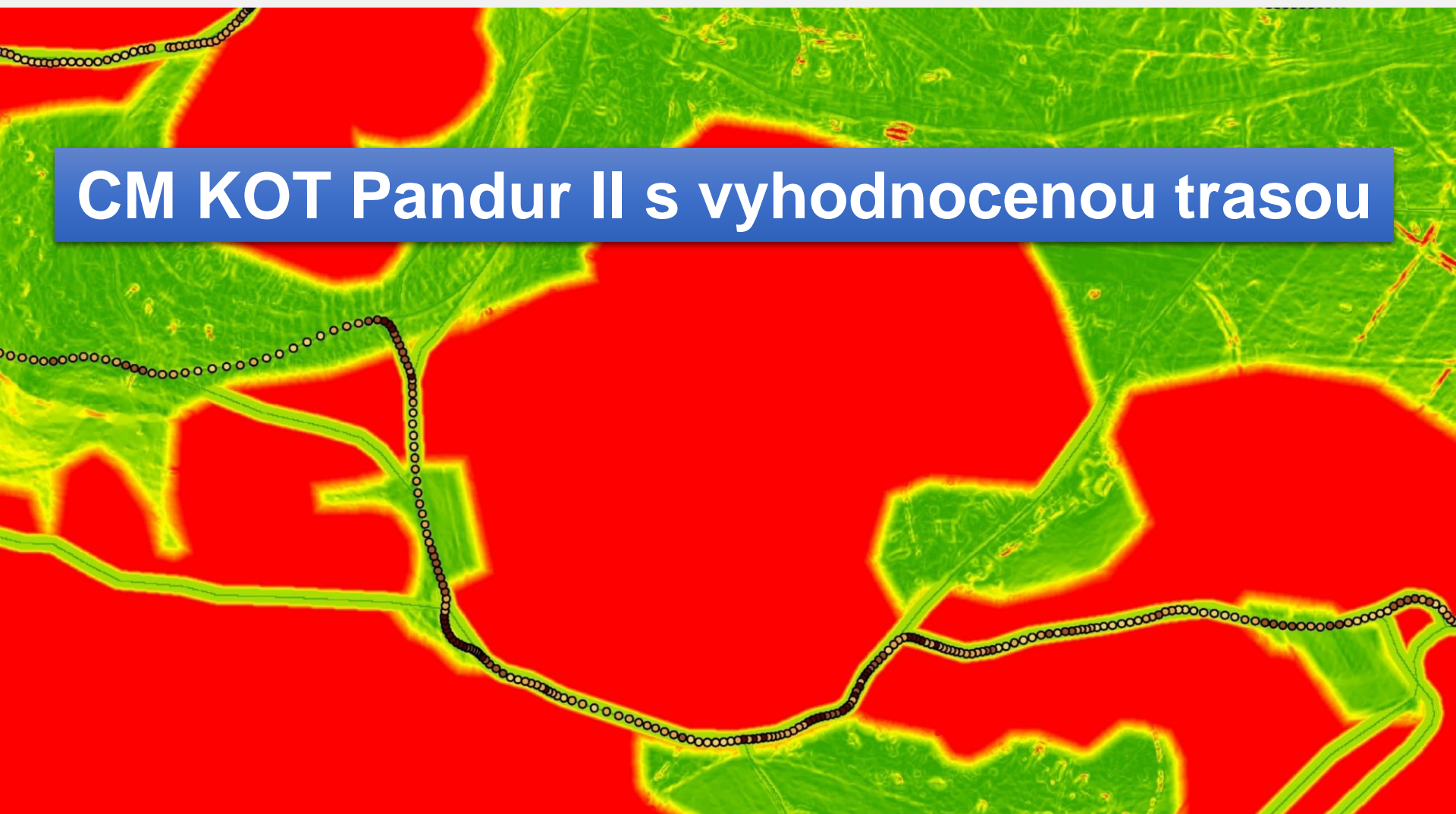


Digitální výškový model DMR5





CM KOT Pandur II s vyhodnocenou trasou

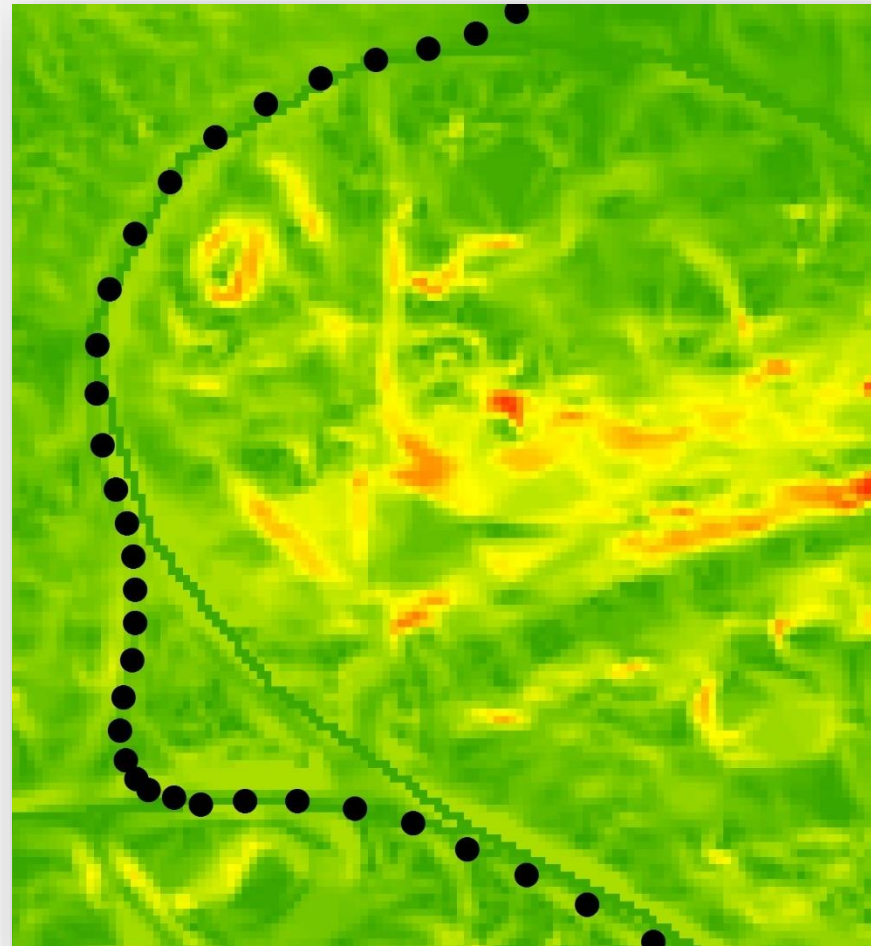




Význam cenové mapy

Odpovědi:

- Je **možné** daným úsekem terénu **projet** a **kde** je to možné?
- Jak **rychle** je možné daným úsekem projet?





Verifikace modelu





Polní testy s vojenskou technikou

1. test – Vojenský újezd Březina

- Termín: 6. - 7. května 2014
- **Cíl testu** – verifikace koeficientů, matematických a procesních modelů, zlepšení modelu
- **Použitá technika:**
 - UAZ 469
 - T810
 - KOT Pandur II
 - BMP 2
 - T72

2. test – Vojenský újezd Libavá

- Termín: 4. – 7. května 2015
- **Cíl testu** – verifikace koeficientů, matematických a procesních modelů, zlepšení modelu, testování výkonových parametrů vozidel
- **Použitá technika:**
 - UAZ 469
 - LR 110
 - T815
 - T810
 - KOT Pandur II
 - BMP 2
 - LOT IVECO
 - T72





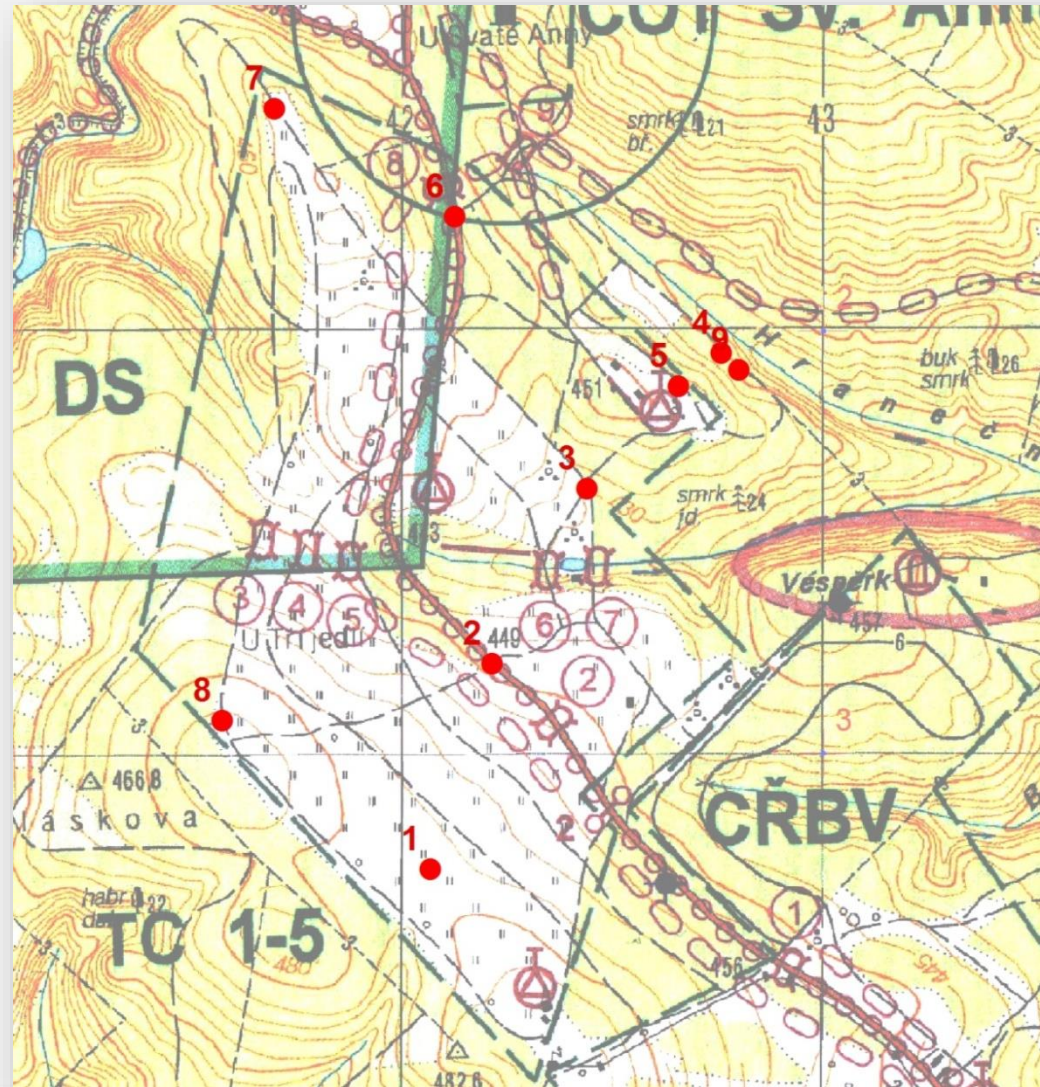
Polní testy ve VÚj Březina

- Datové modely:
 - DMÚ25, ed. 2010
 - DMR3
 - DMR4
 - DMR5
 - ÚDP
- Kombinace datových modelů pro výpočet CM:
 - K3 – DMÚ25, DMR3, ÚDP
 - K4 – DMÚ25, DMR4, ÚDP
 - K5 – DMÚ25, DMR5, ÚDP



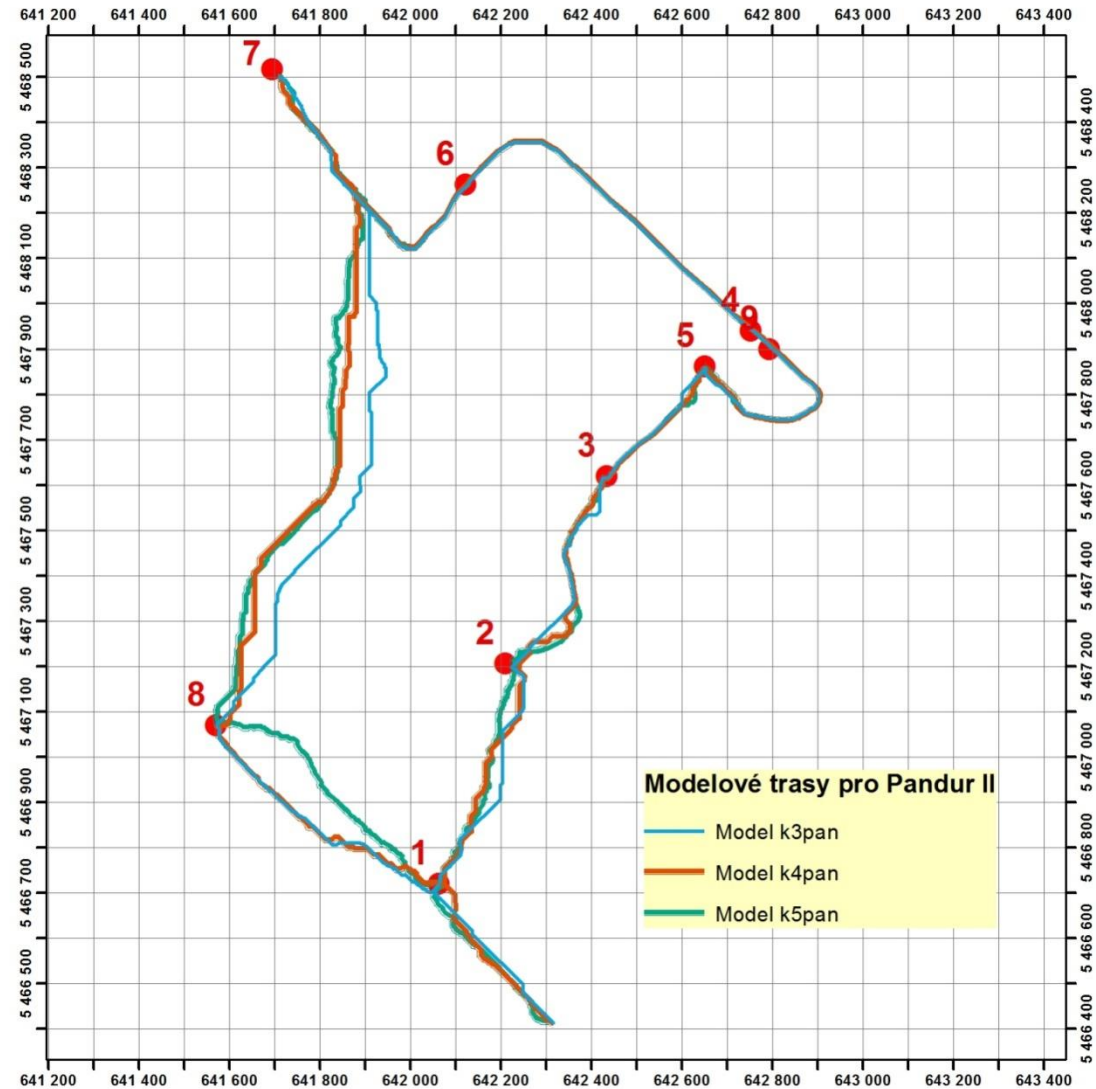


Prostor testování



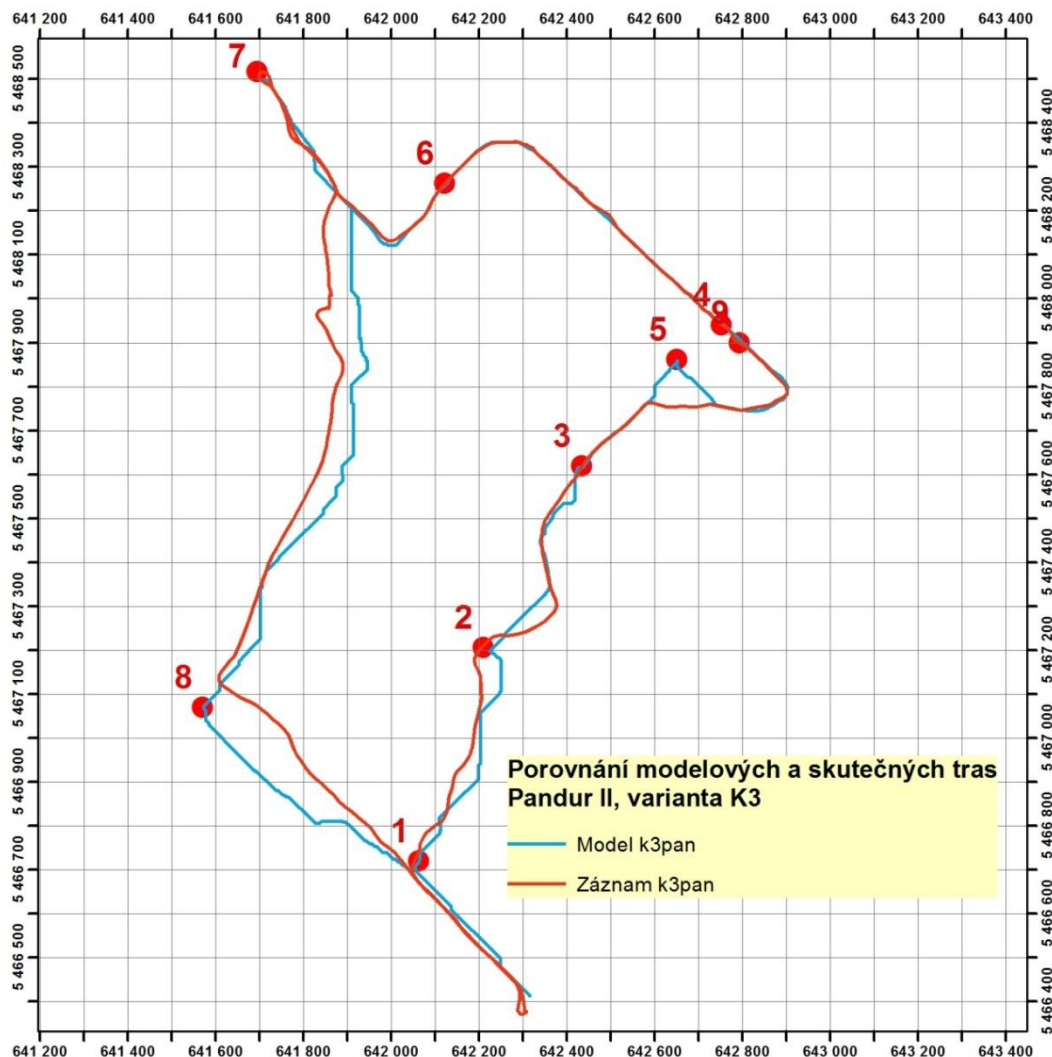


KOT Pandur II Optimalizované a modelované trasy z různých podkladů



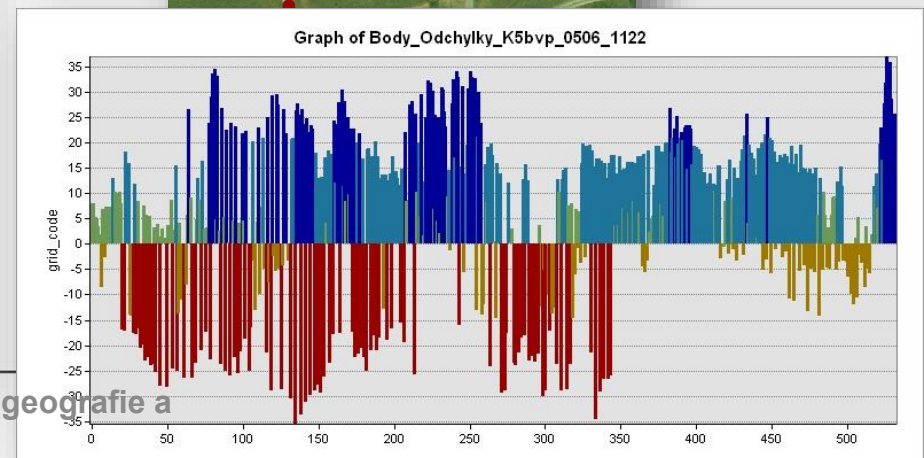


Porovnání optimalizované a zaznamenané trasy – KOT Pandur II, kombinace dat K3



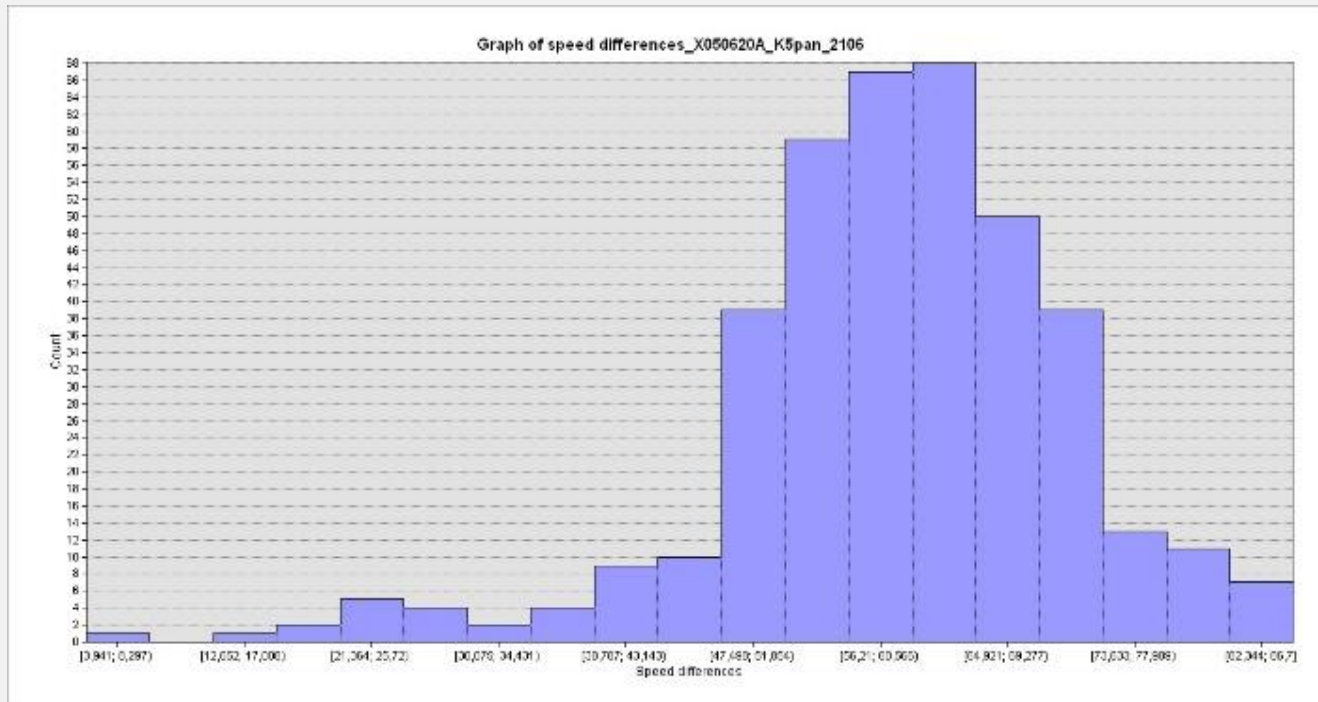


Vyhodnocená trasa BMP 2 – K5 kombinace



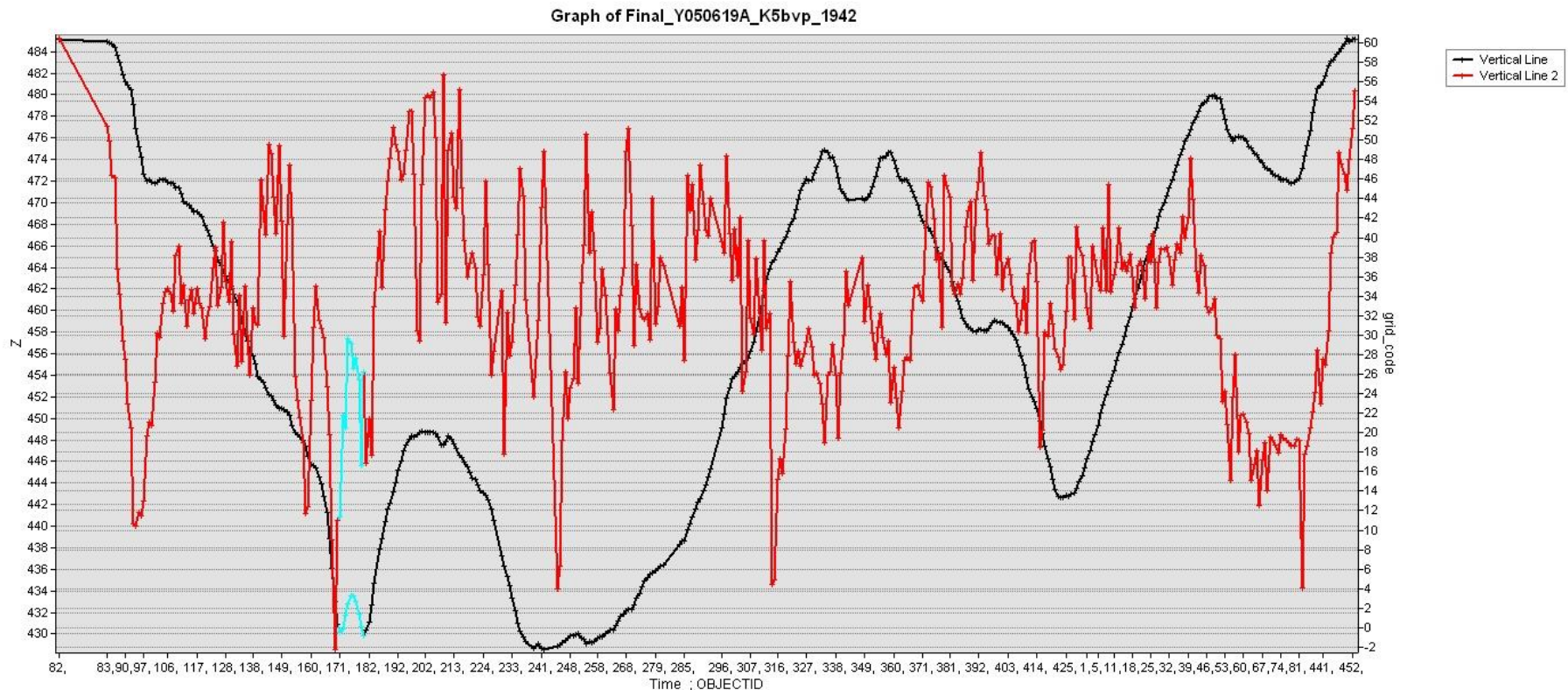


Histogram četnosti rozdílů modelové a skutečné rychlosti vozidla (KOT Pandur II)



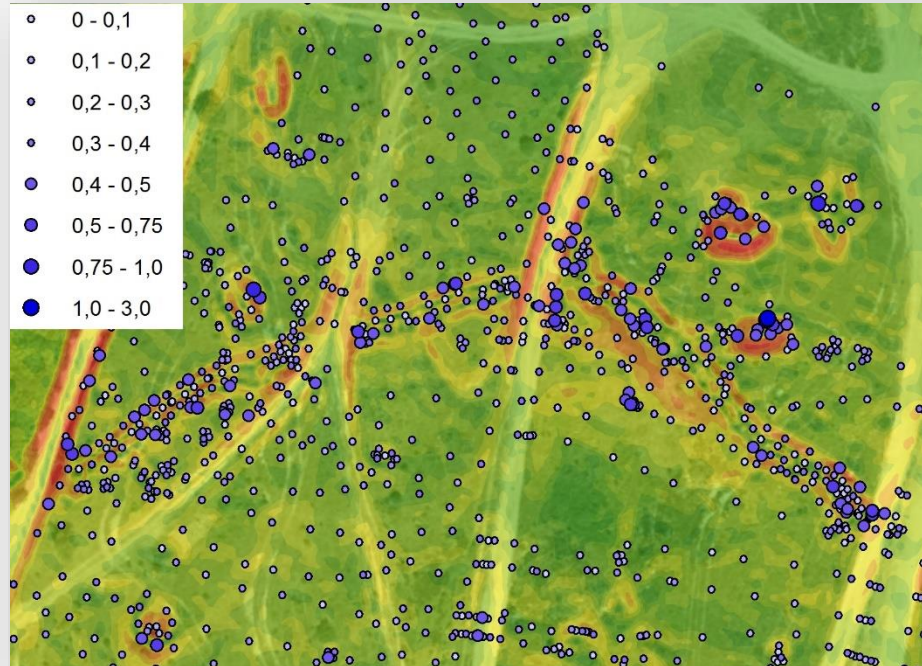
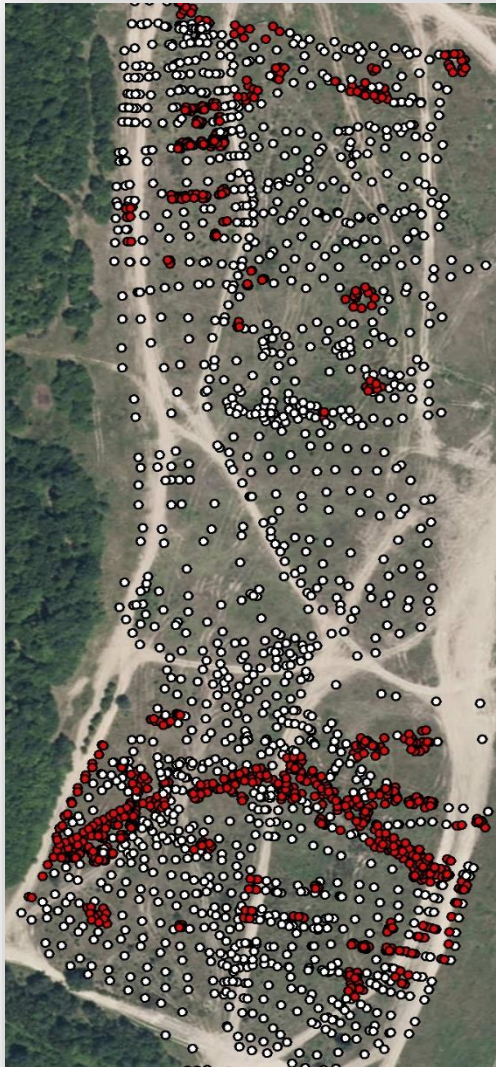


Rozdíly rychlostí v závislosti na profilu trasy



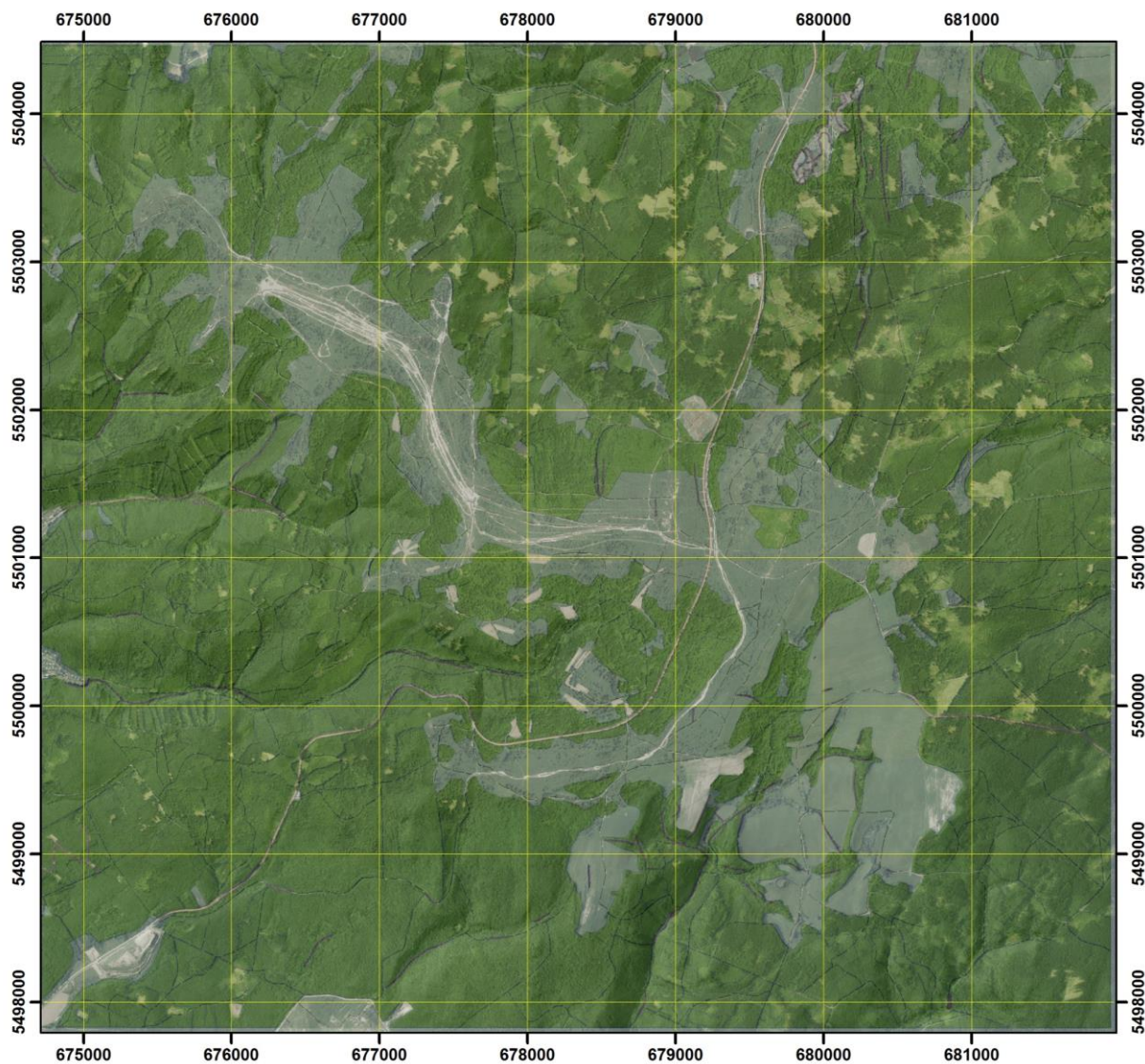


Test vlivu mikroreliefních tvarů na přesnost výškových modelů (zde DMR5)





Prostor 2. testu ve VÚj Libavá



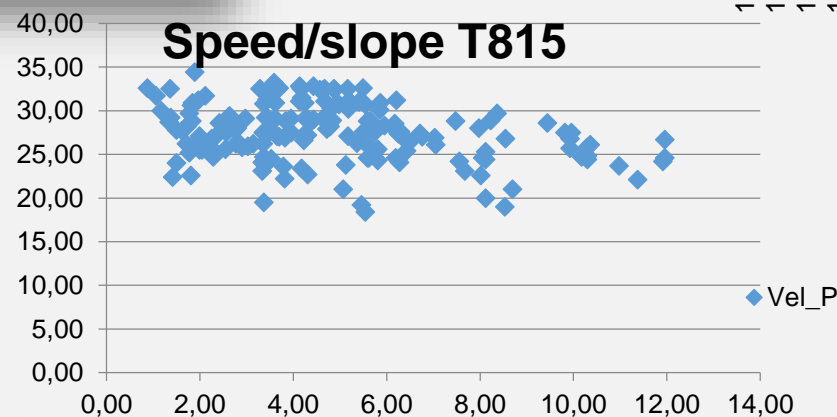
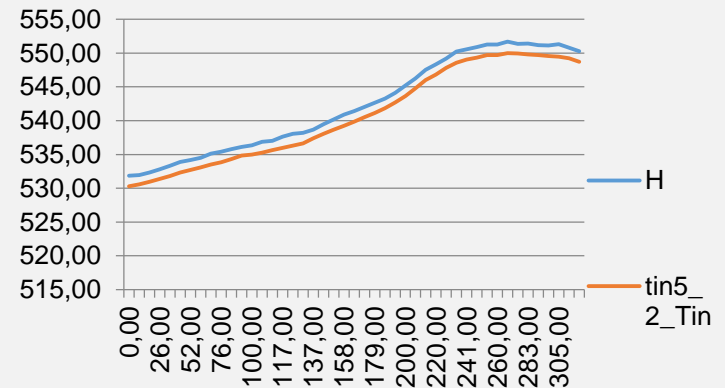


Test vlivu půd a meteorologických podmínek



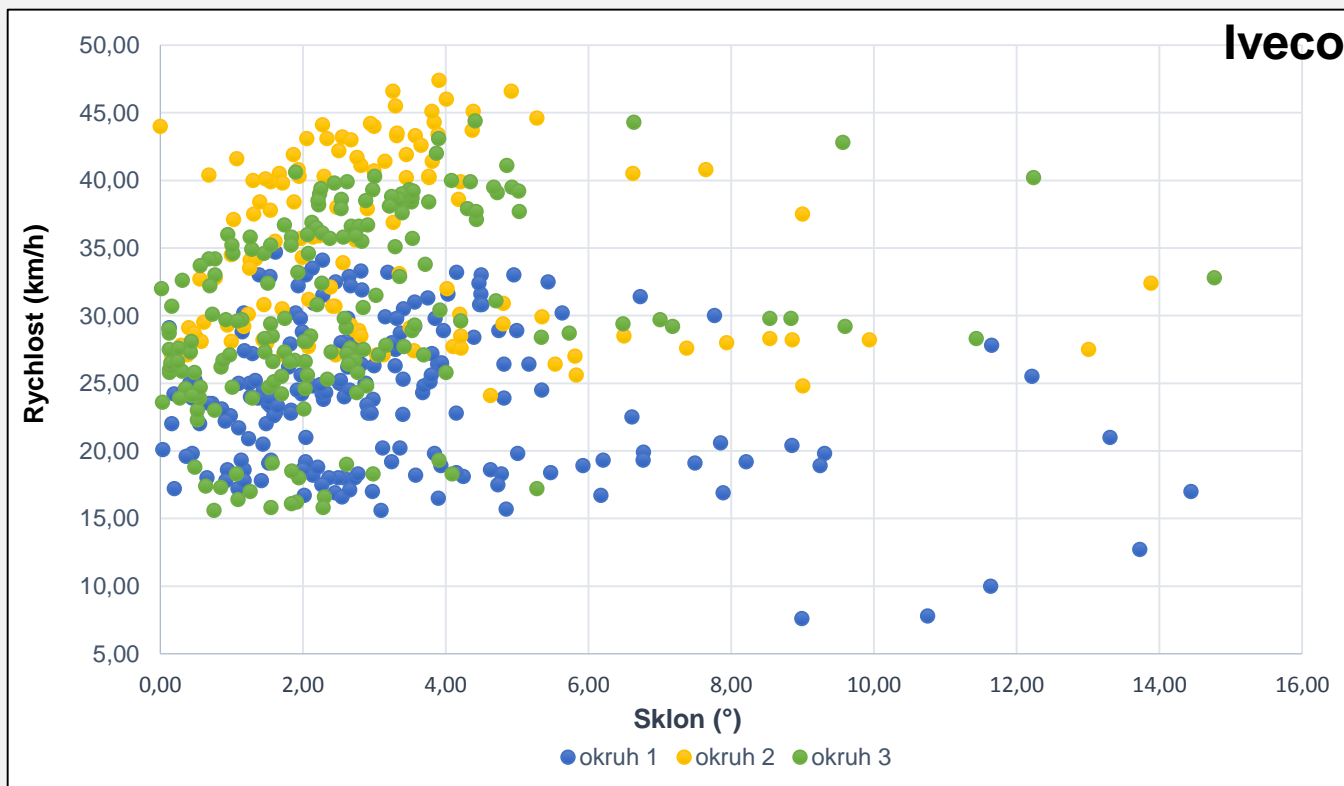


Precizace vztahu rychlosti a sklonu svahu



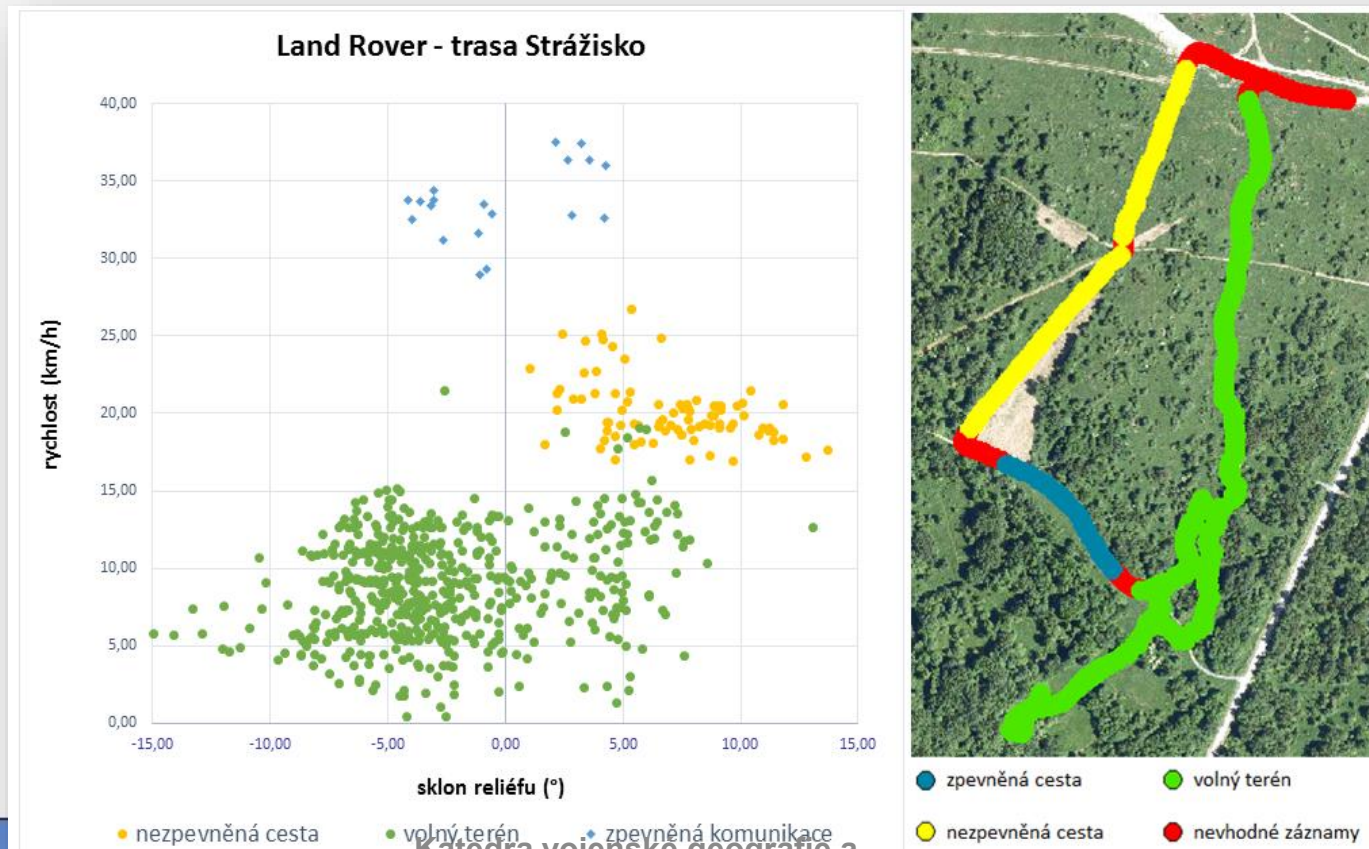


Precizace vztahu rychlosti a sklonu svahu





Precizace vztahu rychlosti a povrchu





Závěr

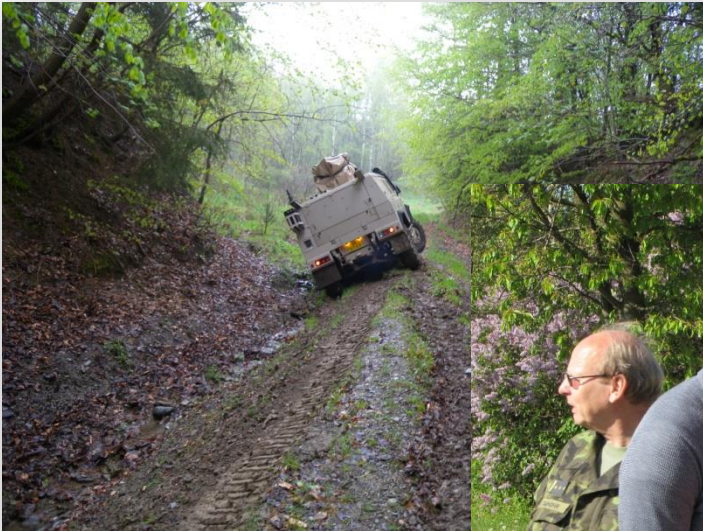




Dílčí výsledky projektu

- Existuje ***silná závislost*** mezi ***kvalitou*** dat a výsledky analýz
- Jako vhodné se jeví ***hodnocení kvality dat*** jako ***součást celého procesu*** užití dat
- Je podstatný rozdíl ve výsledcích modelovaných se zahrnutím ***neurčitosti dat***
- Analýzy s využitím ***fuzzy logiky*** jsou výhodnější pro rozhodovací procesy
- Analýzy s využitím fuzzy logiky jsou někdy hůře interpretovatelné
- ***Naměřená data*** je nutné důkladně ***analyzovat***
- ***Postupy*** je možné využít ***i pro záchrannou techniku IZS***







Za celý tým
děkuji za pozornost

