MĚŘENÍ VLHKOSTI PŮDY - NA ZEMI I Z VESMÍRU

Copernicus forum 2023

Roman Bohovic, CTO

DYNA CROP SPACE

WORLD FROM SPACE

CÍLE TESTOVÁNÍ

- praktická stránka pozemních měření
  - jaké senzory?
  - kalibrace?
- je možné modelovat vlhkost půdy ve vysokém rozlišení (více zón v rámci jednoho pole) pomocí dat Sentinel-1 / Sentinel-2 ?

DYNA CROP SPACE

OBSAH

- měření ručními senzory
- měření IoT senzory
- meteorologická data
- Sentinel-1 - zpracování a validace
- Sentinel-2 - zpracování a validace
- terénní a půdní data + validace
- závěry

DYNA CROP SPACE

TESTOVACÍ POLE

Rašovice

Mouřínov

DYNA CROP SPACE

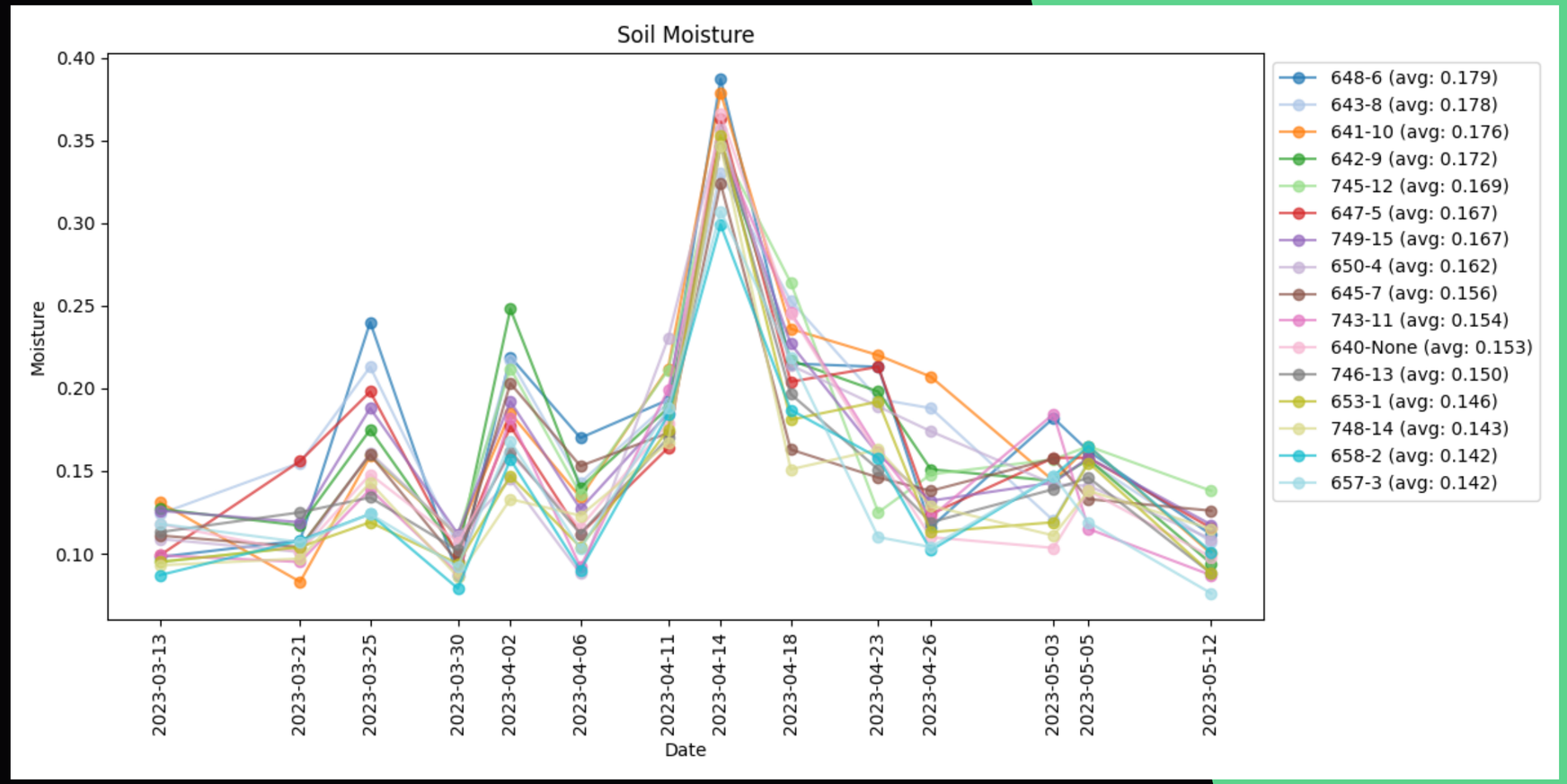
MĚŘENÍ RUČNÍMI SENZORY

- 13.3. - 12.5. (14 měření) - v době přeletu Sentinelu 1
- TEROS 12, univerzální kalibrace (přesnost ~3%)
- 16 bodů - 3 měření na bod
  - měření z povrchu
  - vysoká variabilita - závislá na utužení půdy
  - očištění
    - 1) modifikovaný z-test (identifikace outlierů)
    - 2) medián (průměr) ze tří (dvou) hodnot

DYNA CROP SPACE

DATA Z RUČNÍCH SENZORŮ

- podobný časový průběh
- pořadí se ale často mění

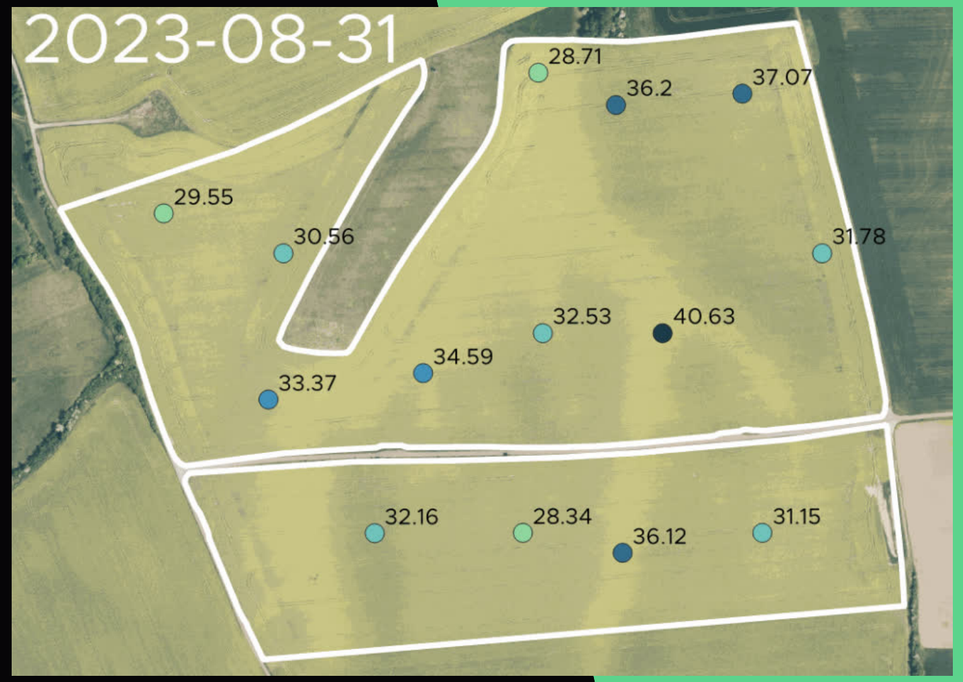


DYNA CROP SPACE

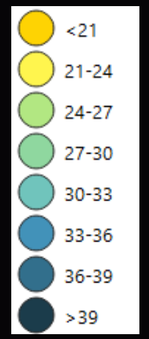
MĚŘENÍ IOT SENZORY

- 31.8.2023 - (měření pokračuje)
- Dragino soil moisture&EC sensor NSE01, univerzální kalibrace (přesnost ~3%)
- 15 bodů
  - poloha stejná nebo jen mírně upravená oproti ručním senzorům
  - měření v hĺbce cca 3-10 cm

- měření ve 30-minutových intervalech
  -> denní statistiky



vlhkost půdy (%):



NB-IoT

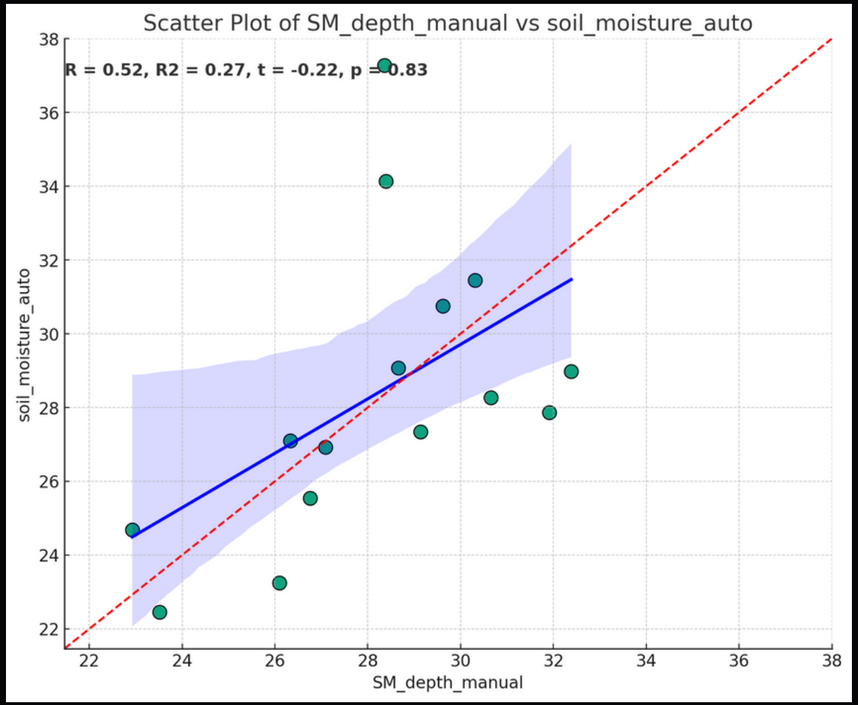
IOT VLHKOST PŮDY

- příprava půdy pro novou sezónu, sázení -> vykopání a opětovné zakopání senzorů -> změna pořadí podle vlhkosti půdy u většiny bodů
  - změna vlhkosti povrchové vrstvy?
  - vliv utužení?
- která data považovat za ground truth?

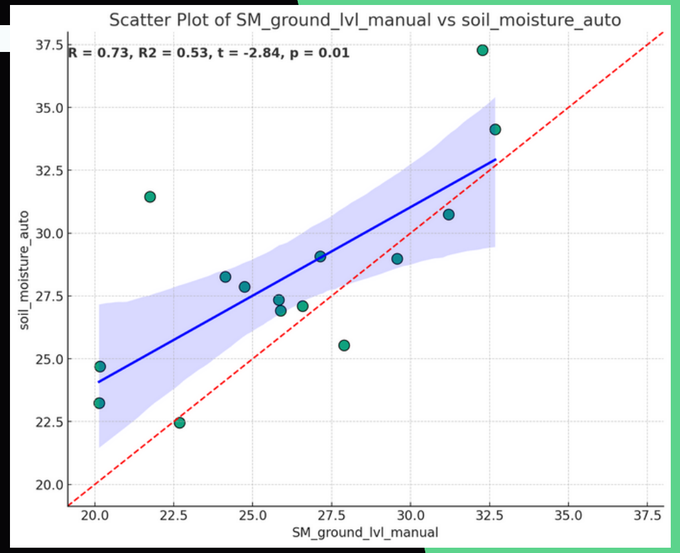
NB-IoT

DYNA CROP SPACE

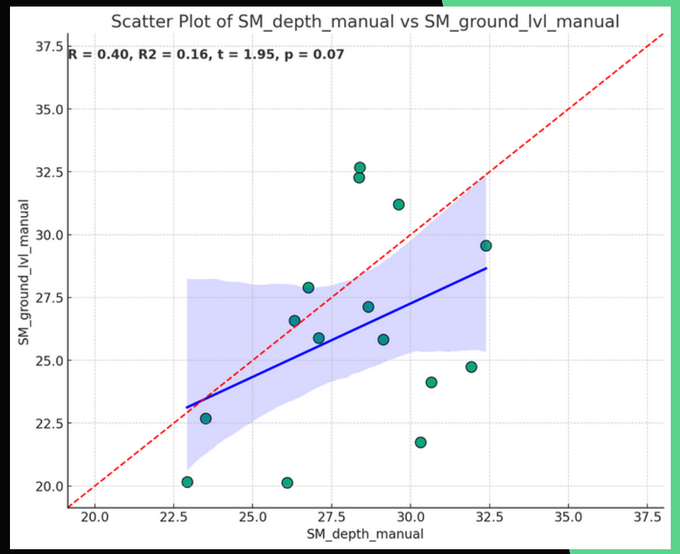
RUČNÍ VS IOT SENZORY



stejné místo, stejná hloubka
(R = 0.52)



ruční vs IoT měření
povrch vs 3–10 cm



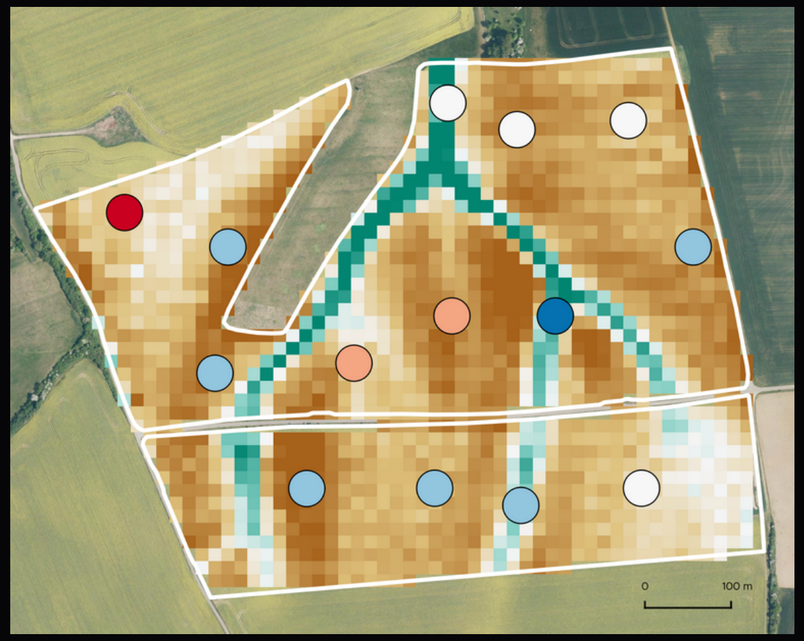
2 ruční měření –
povrch vs 3–10 cm

NB-IoT

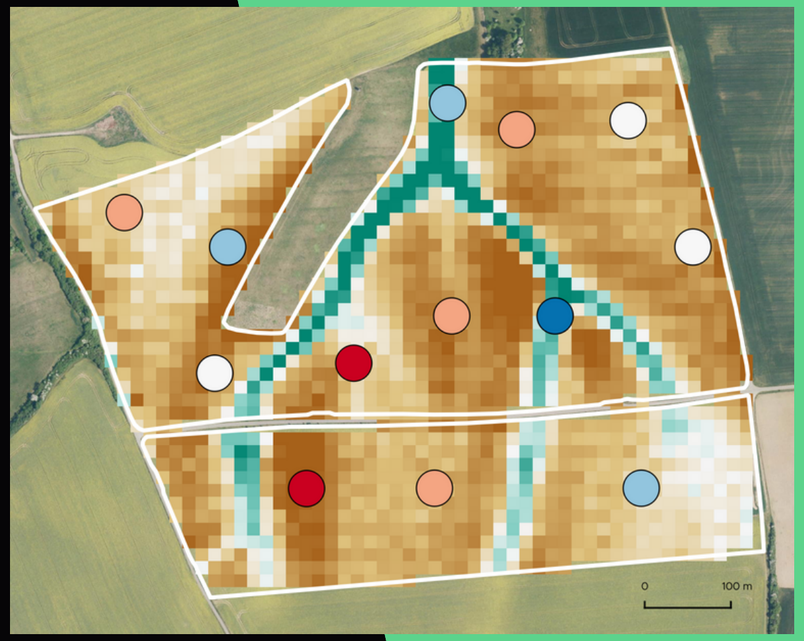
DYNA CROP SPACE

RUČNÍ VS IOT SENZORY

ruční senzory



IoT senzory
(10/2023, suchší období)



IoT senzory
(11/2023, vlhkejší období)

NB-IoT

DYNA CROP SPACE

IOT METEOROLOGICKÁ STANICE

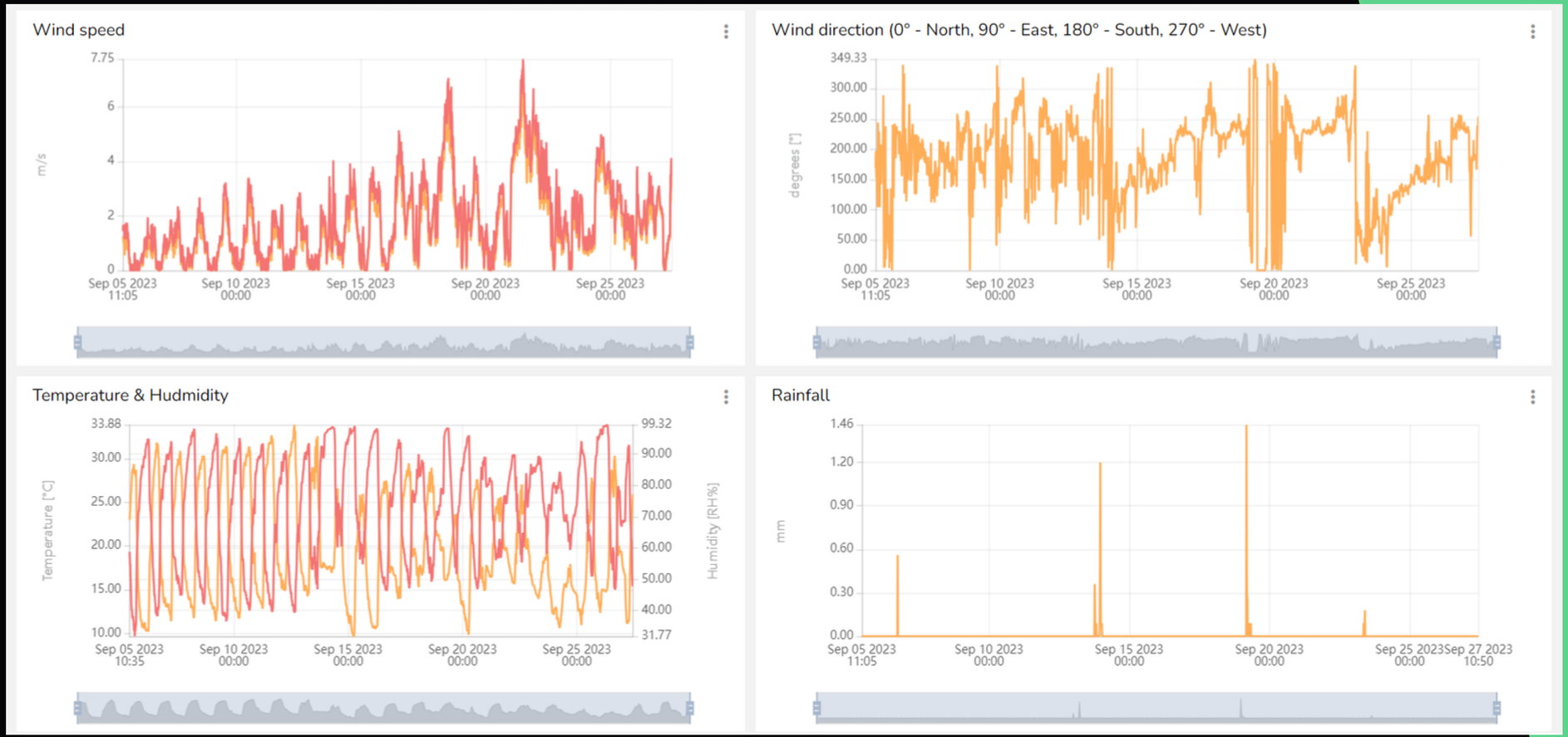
- 15.8.2023 – (měření pokračuje)
- 1x CHESTER Meteo
- srážky, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru)

- měření ve 30minutových intervalech
- denní úhrn srážek
- maximální, minimální denní teplota

NB-IoT

DYNA CROP SPACE

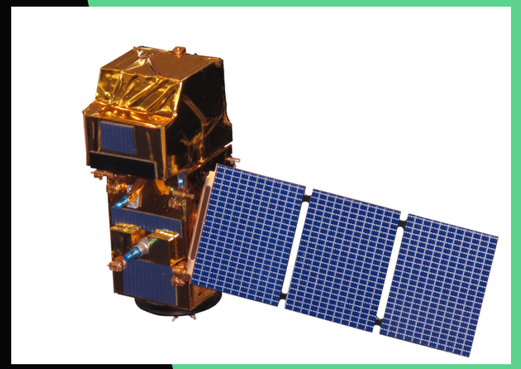
METEOROLOGICKÁ DATA



DYNA CROP SPACE

SATELITNÍ DATA

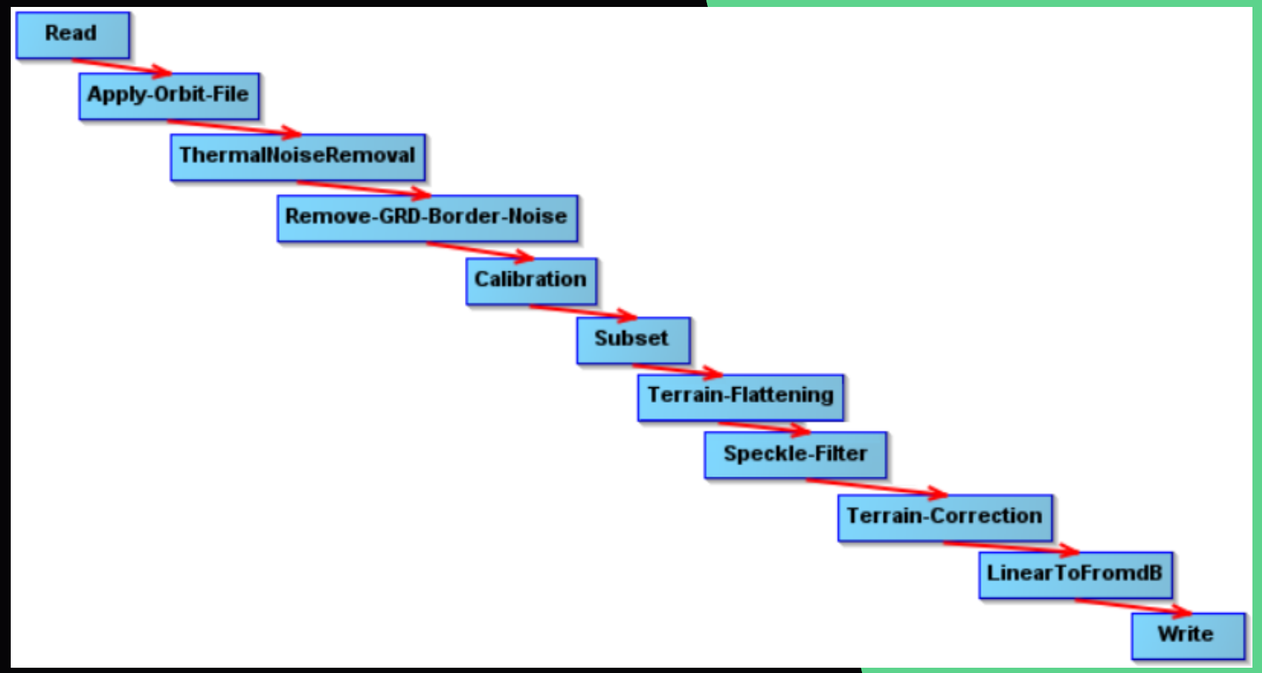
- Sentinel-1
  - VV backscatter, VH backscatter
  - Soil Moisture Index (SMI)
- Sentinel-2
  - 10 pásem (B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11, B12)
  - 33 indexů (vlhkost půdy, vlhkost vegetace, objem, obsah chlorofylu, obsah pigmentů, fotosyntetická aktivita)
  - 4 biofyzikální parametry (LAI, CWC, CCC, FAPAR)
  - OPTRAM (Optical Trapezoid Model)



DYNA CROP SPACE

SENTINEL-1 PREPROCESSING

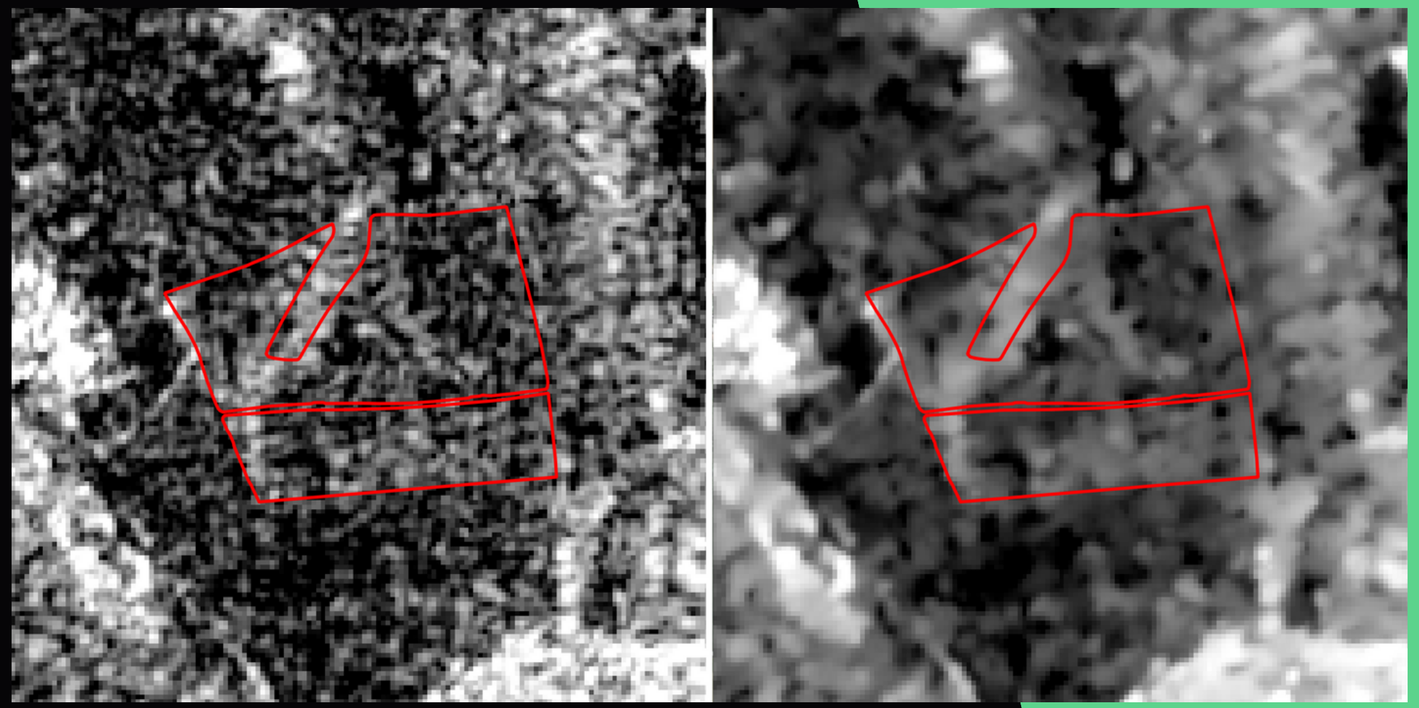
- šum speckle - zásadní omezení pro mapování ve vysokém rozlišení
- terénní nerovnosti - často větší vliv na sílu zpětného odrazu než rozdíly ve vlhkosti



DYNA CROP SPACE

SPECKLE FILTERING

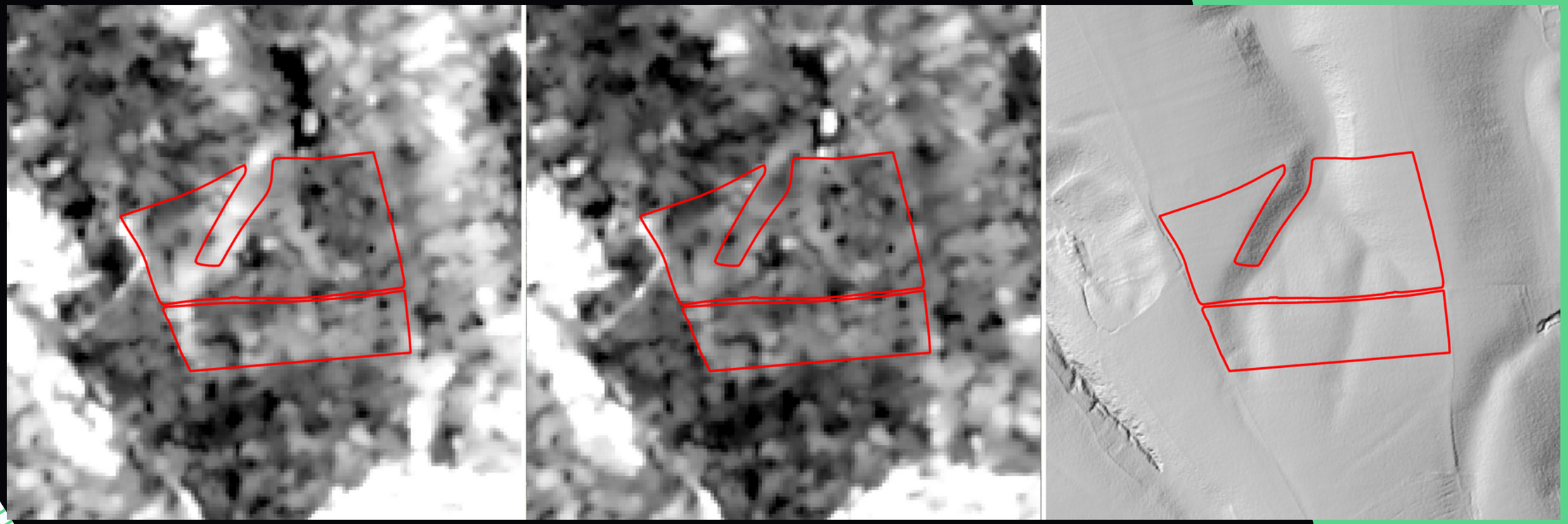
- single date / multitemporal
- multitemporální přístup v případě monitoringu vlhkosti půdy nepřináší lepší výsledky (prudký nárůst vlhkosti může být identifikován jako speckle)



DYNA CROP SPACE

TERRAIN FLATTENING

- minimalizace vlivu terénu na odrazivost



BEZ FLATTENINGU | S FLATTENINGEM | DMR 5G

DYNA CROP SPACE

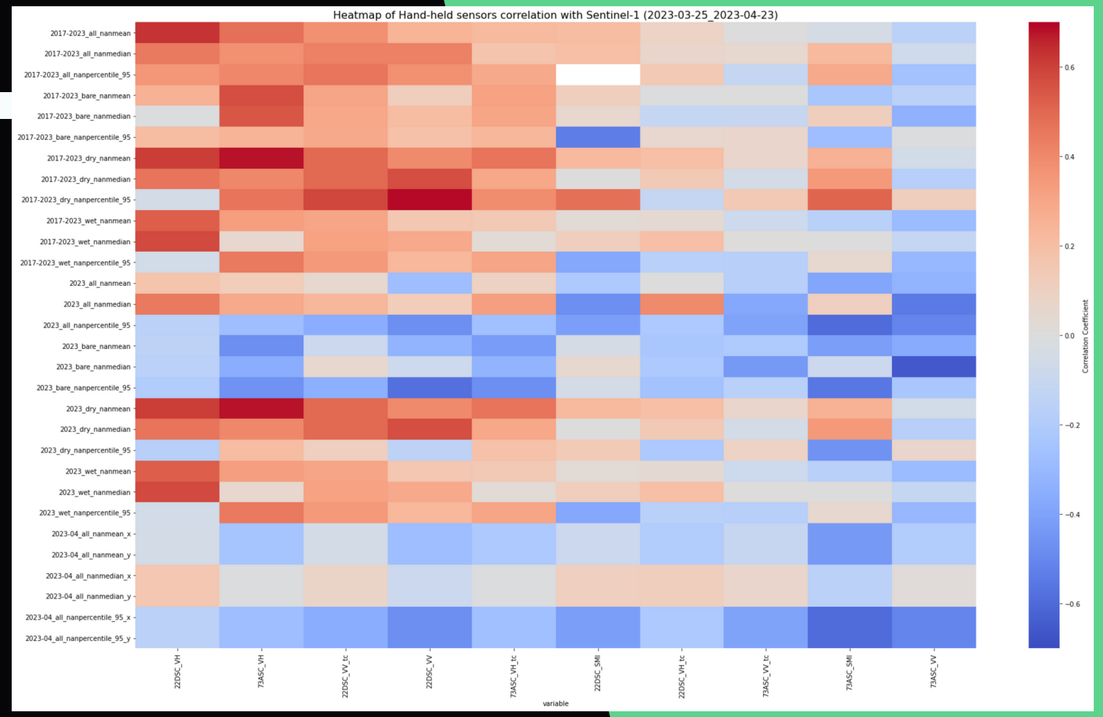
SOIL MOISTURE INDEX

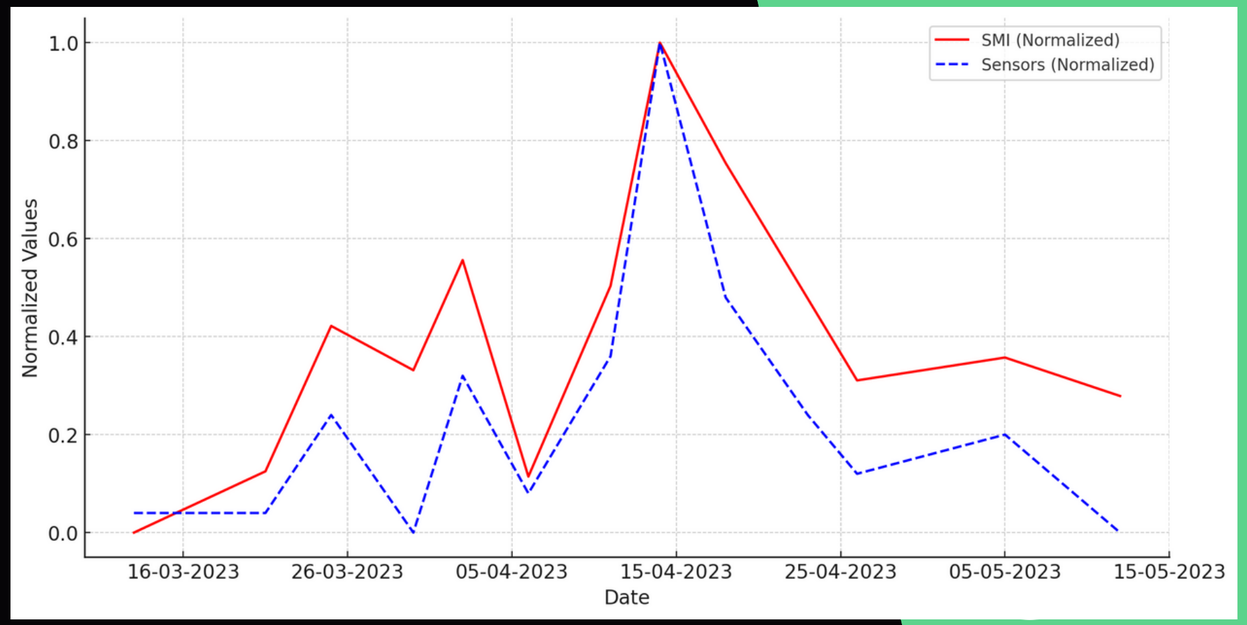
- relativní index
- aktuální stav mezi bodem vadnutí a plným nasycením půdy
- částečně eliminuje vliv terénu a drsnosti povrchu
- neeliminuje speckle, změny vegetace

DYNA CROP SPACE

VALIDACE

- ruční senzory vs Sentinel-1
- nejvyšší korelace odrazivost VH (vegetace?)
- vyšší korelace statistiky ze suchých období – pravděpodobně výraznější vliv jiných faktorů než vlhkosti půdy

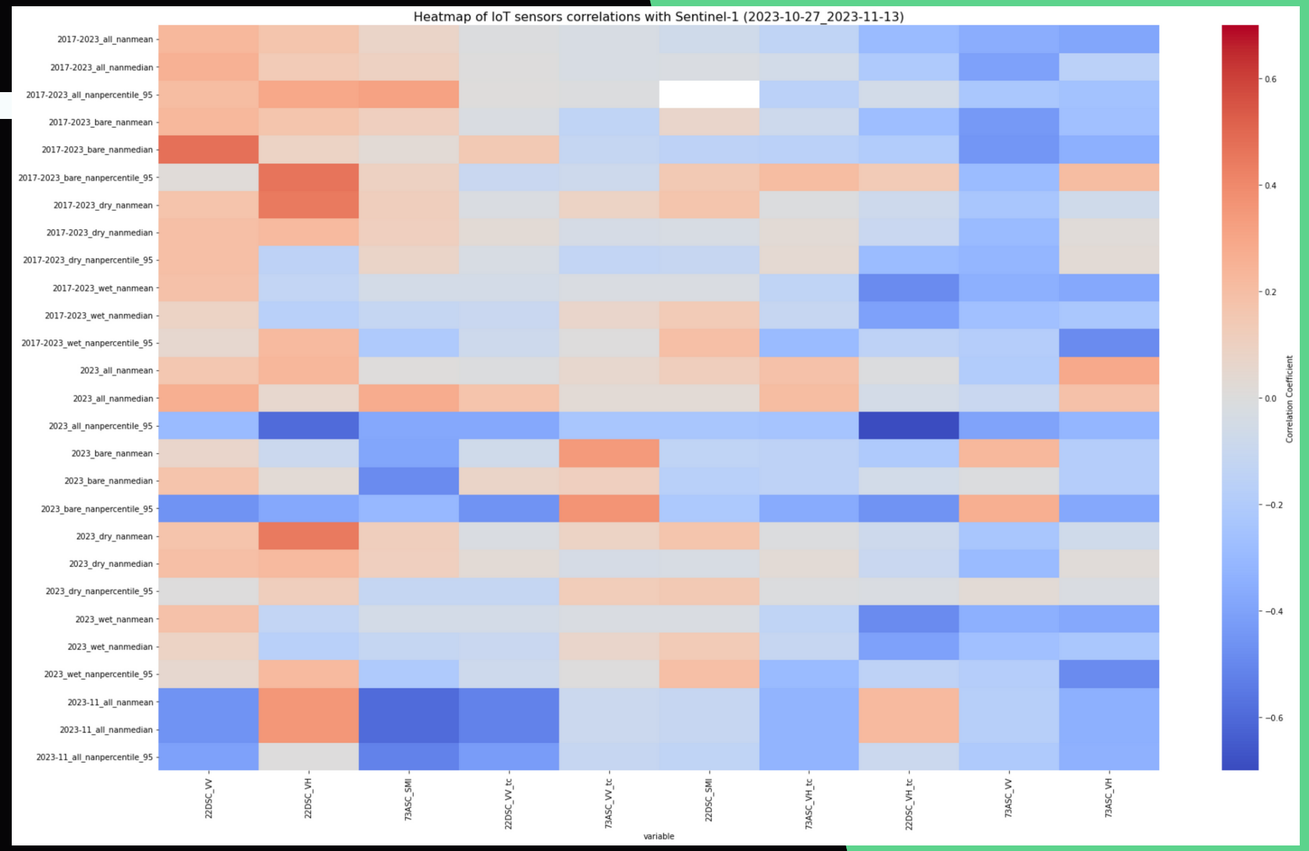


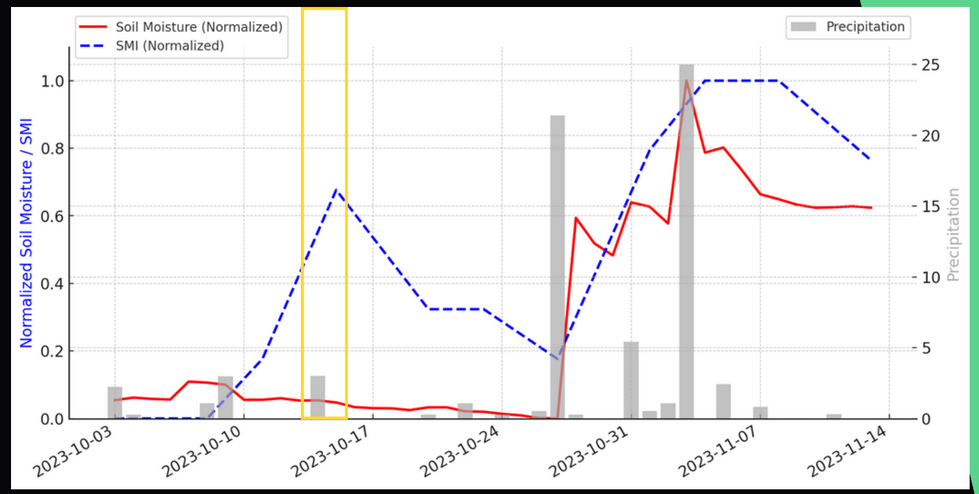


SMI vs in-situ

VALIDACE

- IoT senzory vs Sentinel-1
- nízká korelace se všemi metrikami
  - rozdílná hloubka měření? (~3-10 cm)?



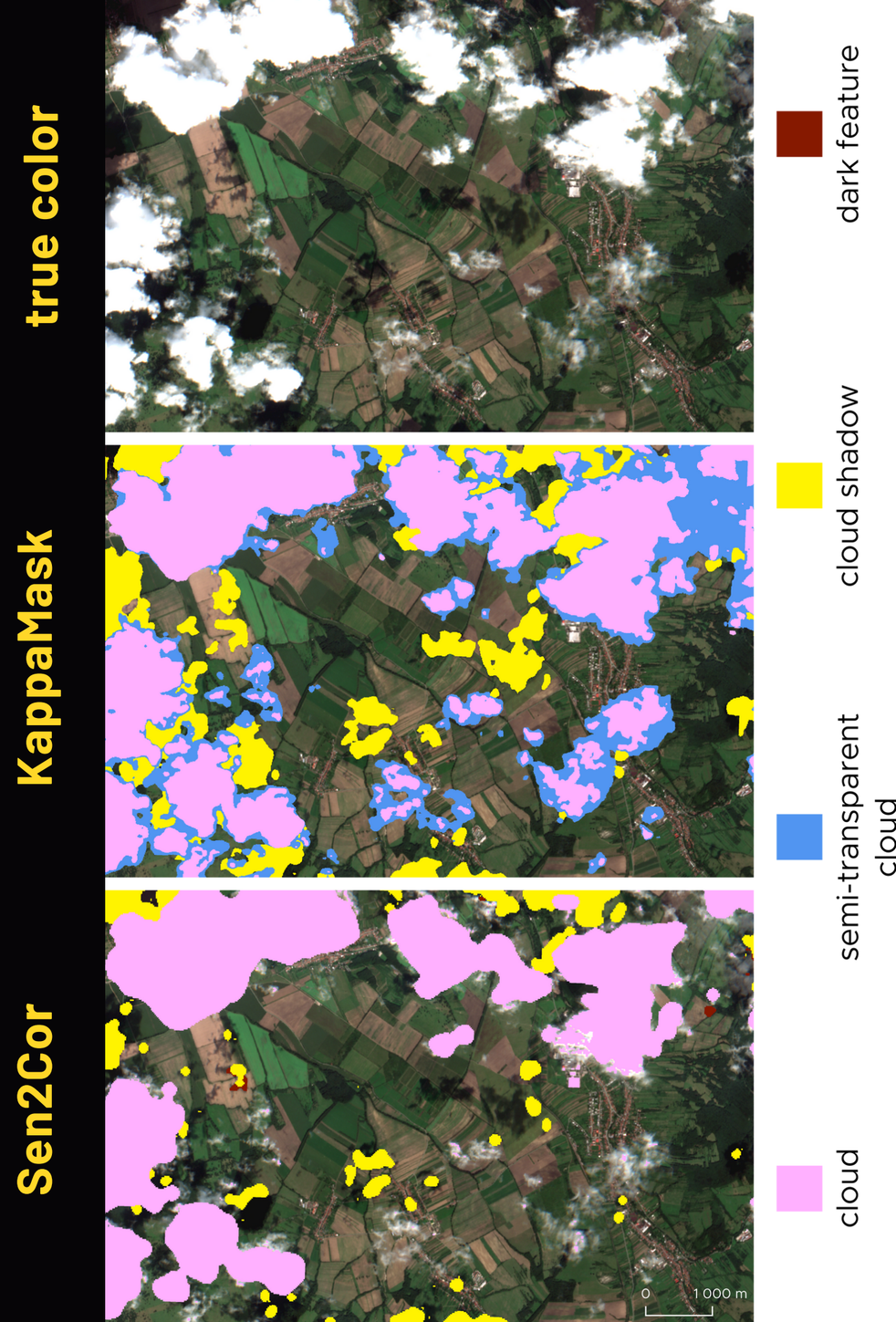


SMI vs in-situ

DYNA CROP SPACE

S2 PREPROCESSING

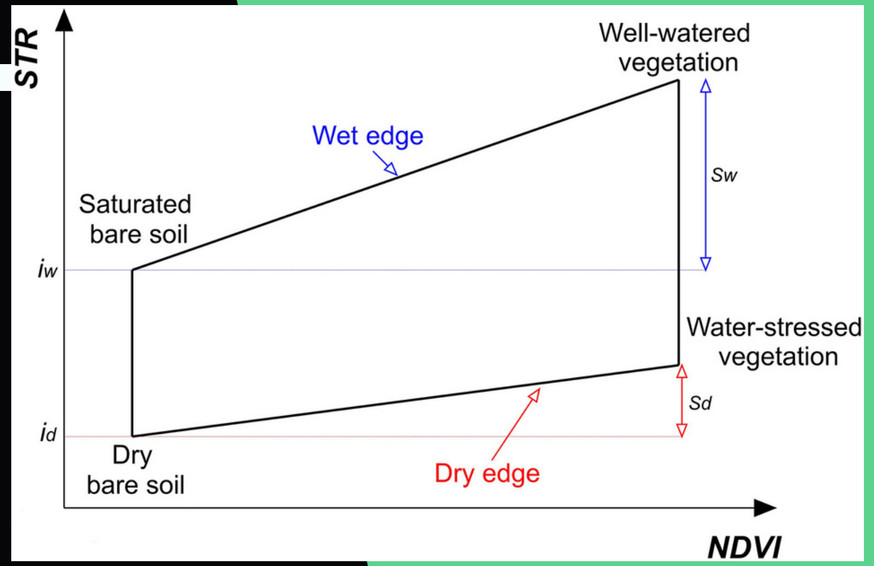
- maskování oblačnosti (KappaMask)
- indexy, biofyzikální parametry
- OPTRAM (Optical Trapezoid Model)
- temporální statistiky
  - dlouhodobé statistiky (2017-2023)
  - období sběru in-situ (2023)
  - suchá období (dle EDO)
  - vlhká období (dle EDO)



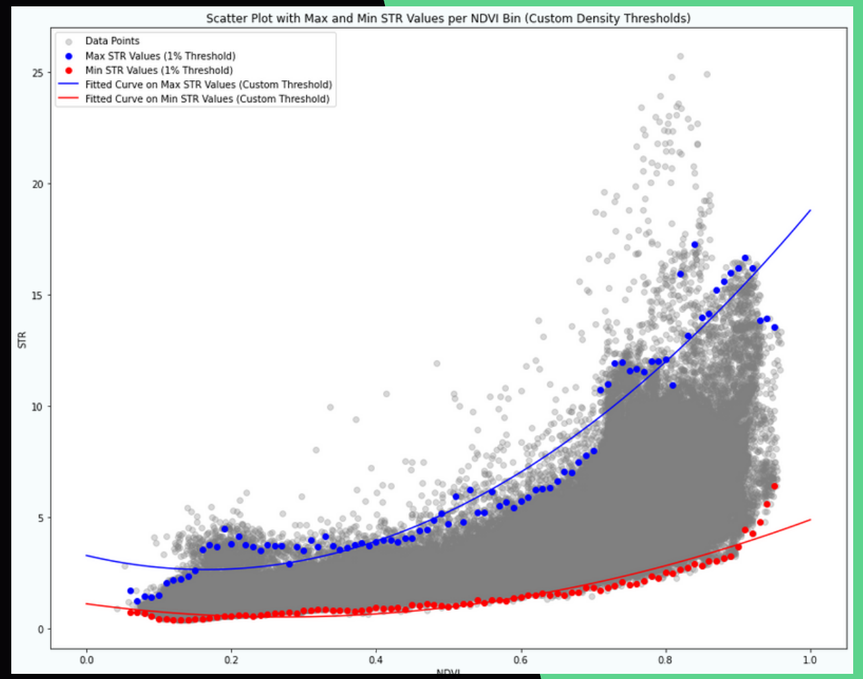
OPTRAM

- využívá vztah mezi transformovanou odrazivostí v pásmu B12 (STR) a vlhkostí půdy
- vztah závislý na aktuálním množství vegetace (NDVI)
- potřeba správně parametrizovat!

teorie

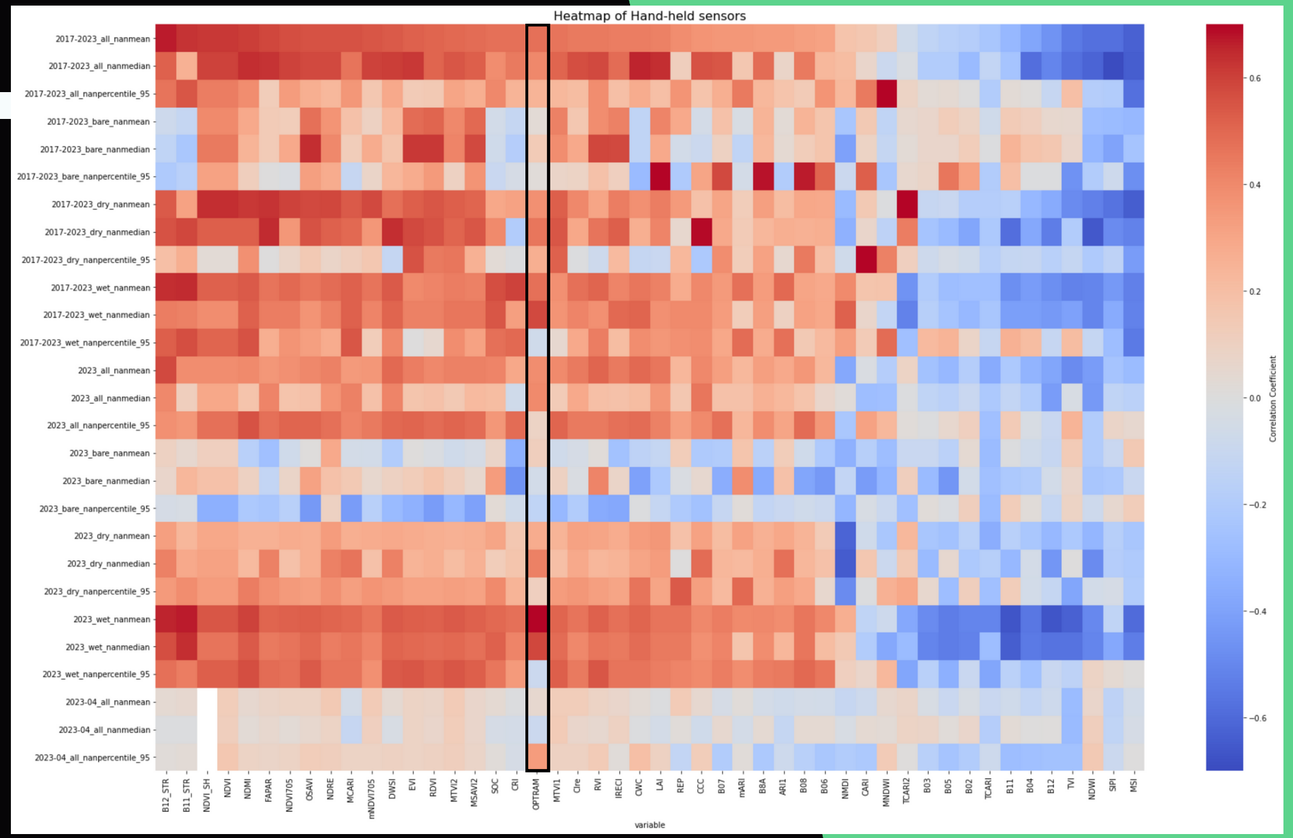


realita



VALIDACE

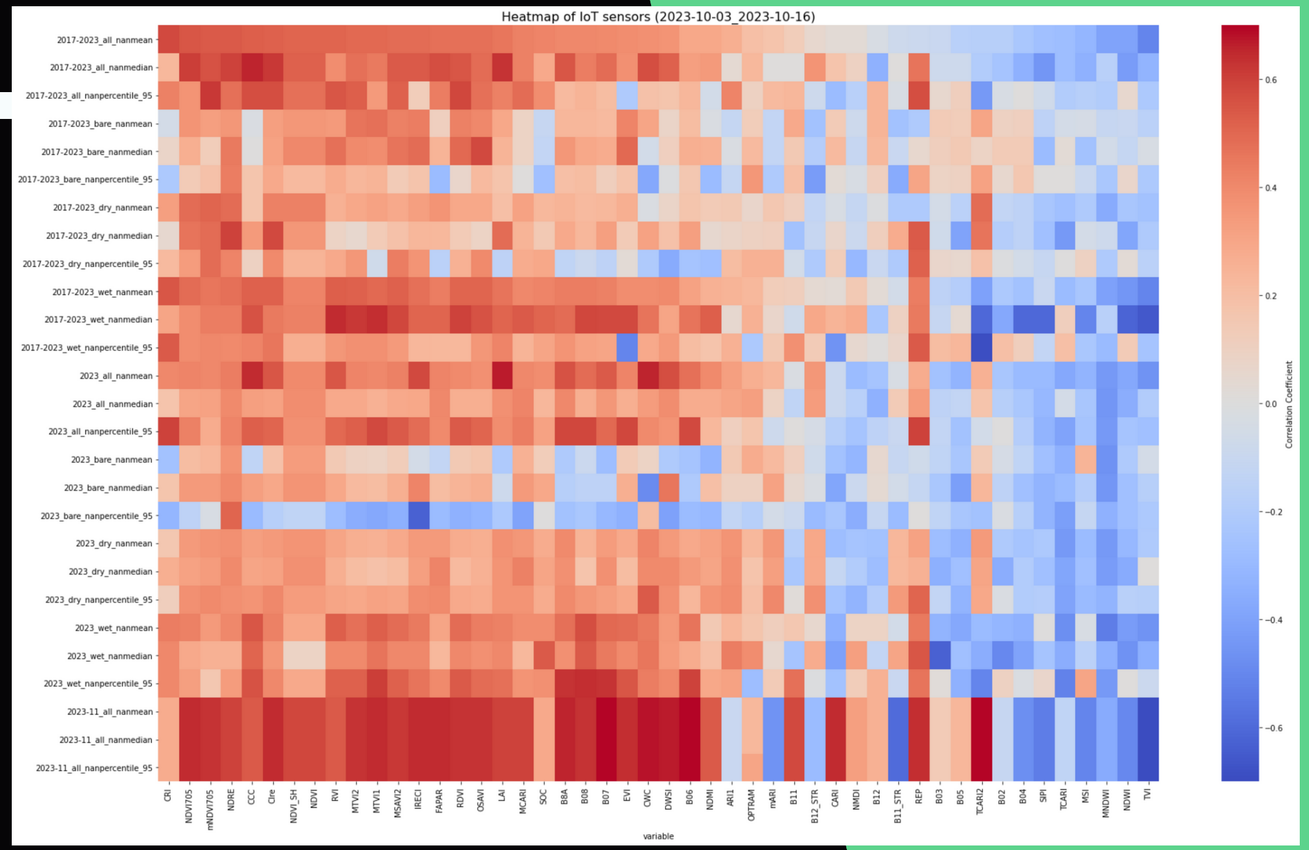
- ruční senzory vs Sentinel-2
- transformovaná odrazivost B12 a B11 nejlepší výsledky
- OPTRAM nejlepší pro rok 2023
- srovnání s aktuální vlhkostí (4/2023) - slabé výsledky (oblačnost + zpožděný projev na vegetaci)



DYNA CROP SPACE

VALIDACE

- IoT senzory vs Sentinel-2
- transformovaná odrazivosť B12 a B11 bez korelace
- OPTRAM bez korelace

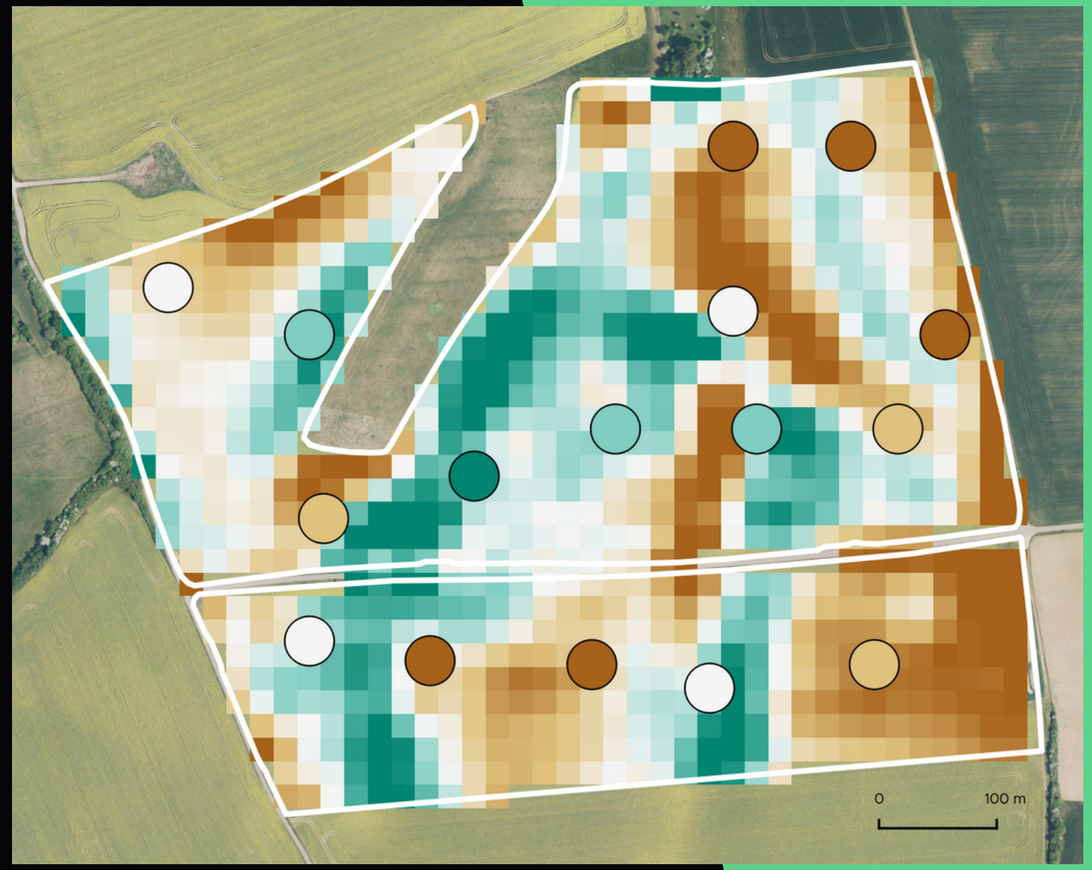


- nejlepší chlorofylové a pigmentové indexy (CRI, NDVI705, mND705, NDRE, CCC)
- srovnání s aktuální vlhkostí (11/2023) - dobré výsledky (vlhkost závislá na přítomnosti vegetace)

DYNA CROP SPACE

OPTRAM

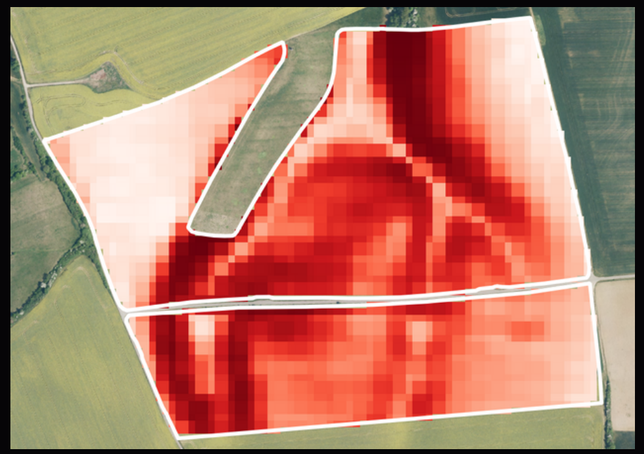
- aplikován na dlouhodobé statistiky (průměr/medián) vrací prostorově uvěřitelné výsledky
- problém s bodovou validací (body často na hranici tříd)
    - potřeba ověřit husťejší sítí měření
    - měřeními a na jiných lokalitách
- testování správné parametrizace



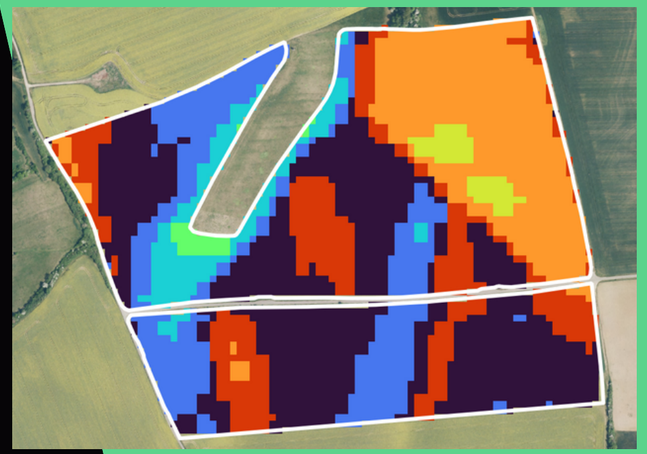
DYNA CROP SPACE

TERÉNNÍ DATA

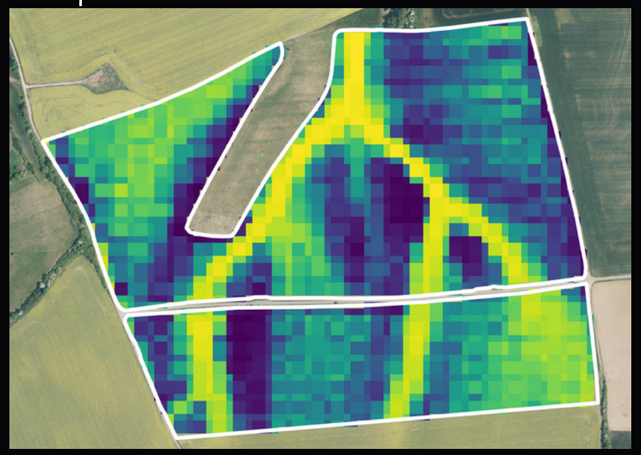
- Digitální model reliéfu 5G
  - sklon
  - aspekt
  - topographic wetness index (TWI)
  - flow accumulation



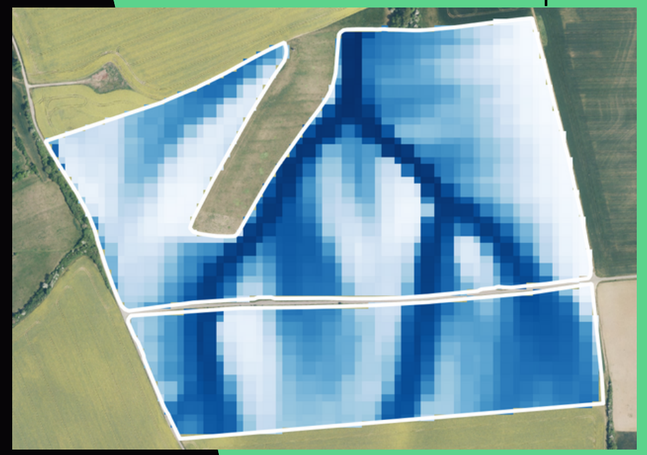
Slope



Aspect



TWI

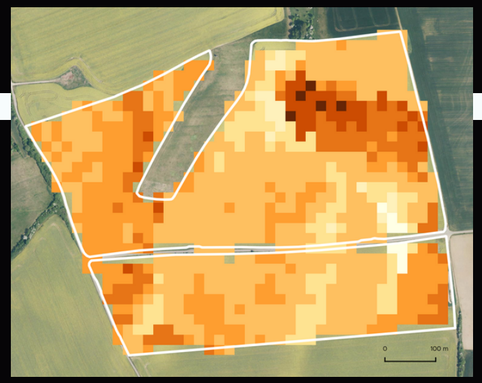


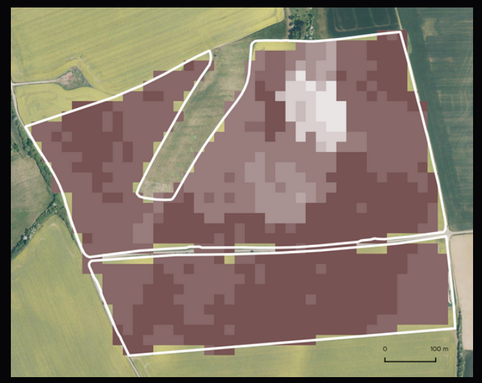
Flow accumulation

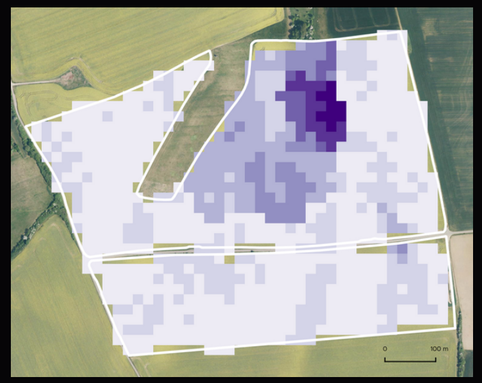
DYNA CROP SPACE

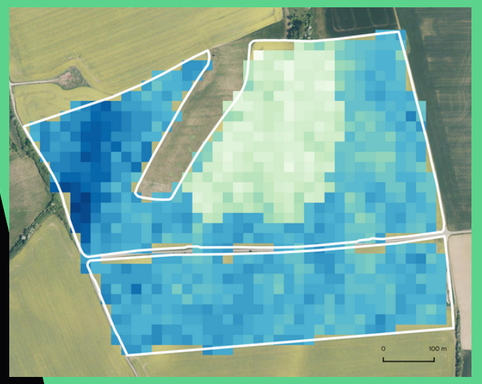
PŮDNÍ DATA

- VÚMOP
  - obsah jílu
  - obsah prachu
  - obsah písku
  - retence
  - skeletovitost


jíl


prách


písek

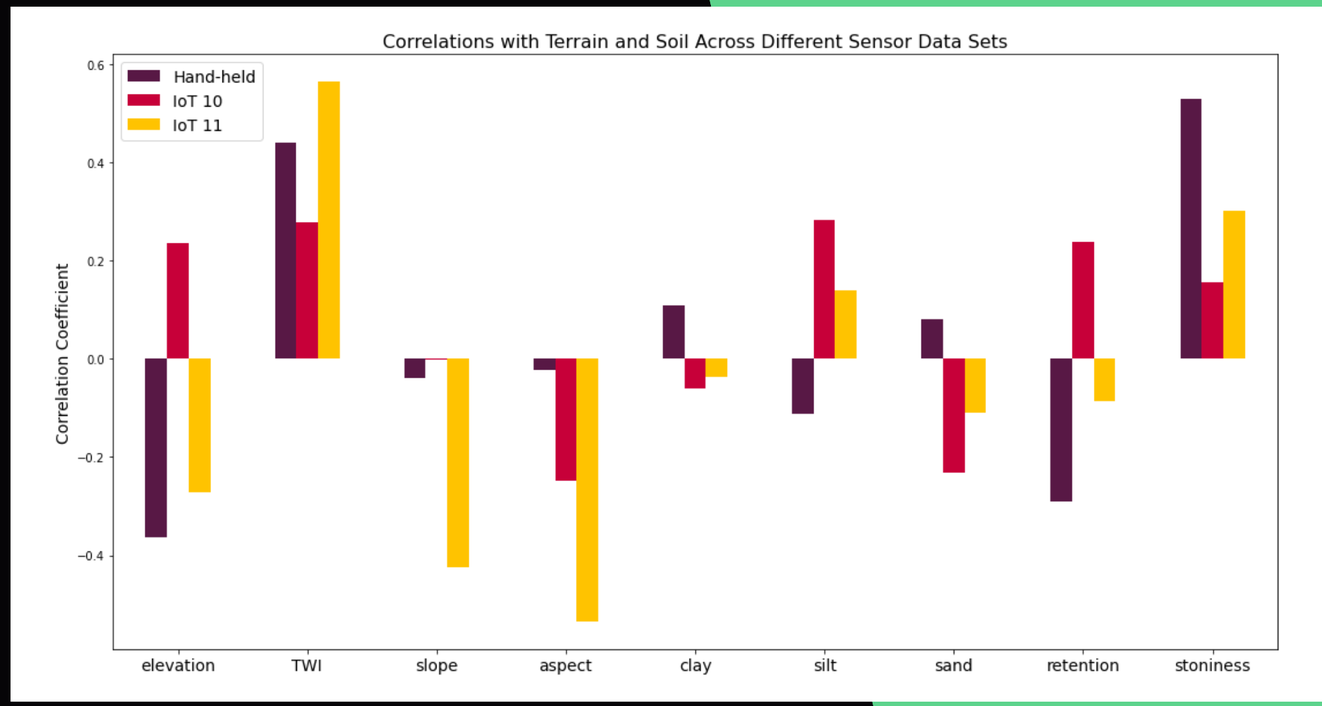

retence

skeletovitost

DYNA CROP SPACE

VALIDACE

- ruční a IoT senzory (osobitně měření z října (nižší vlhkost) a měření z listopadu (vyšší vlhkost) vs terén a půda
- jednoznačná se jeví jen korelace s TWI



DYNA CROP SPACE

SHRNUTÍ

- měřící kampaň s ručními senzory (jaro)
- instalace 15 IoT senzorů půdní vlhkosti (podzim)
- instalace IoT meteostanice
- srovnání ručních a IoT senzorů
- srovnání s meteorologickou stanicí
- srovnání s terénními a půdními charakterisikami
- testování polarizací a indexů Sentinel-1 + SMI
- testování pásem a indexů Sentinel-2 + OPTRAM

DYNA CROP SPACE

VÝSTUPY

- získané know-how v IoT
  - umístění senzorů, konektivita, sběr dat, analýza dat, modelování, verifikace
- problémy:
  - konektivita, sběr dat, životnost IoT senzorů
- poučení:
  - umístnění na základě pojezdových drah
  - travní pásy

DYNA CROP SPACE

DALŠÍ KROKY

- pokračování měření (+ měřící kampaň s hustější sítí)
- porovnání s měřeními z jiných polí
- vytvoření a validace lokálního modelu vlhkosti
- aplikace modelu na jiné území
  - Jsou výsledky přenositelné?
- testování v terénu
  - Přinášejí zonační mapy upravené vstupem vlhkosti půdy lepší výsledky?

DYNA CROP SPACE

Let's talk!

WAYS TO REACH US

ROMAN BOHOVIC

linkedin.com/in/bohovic/

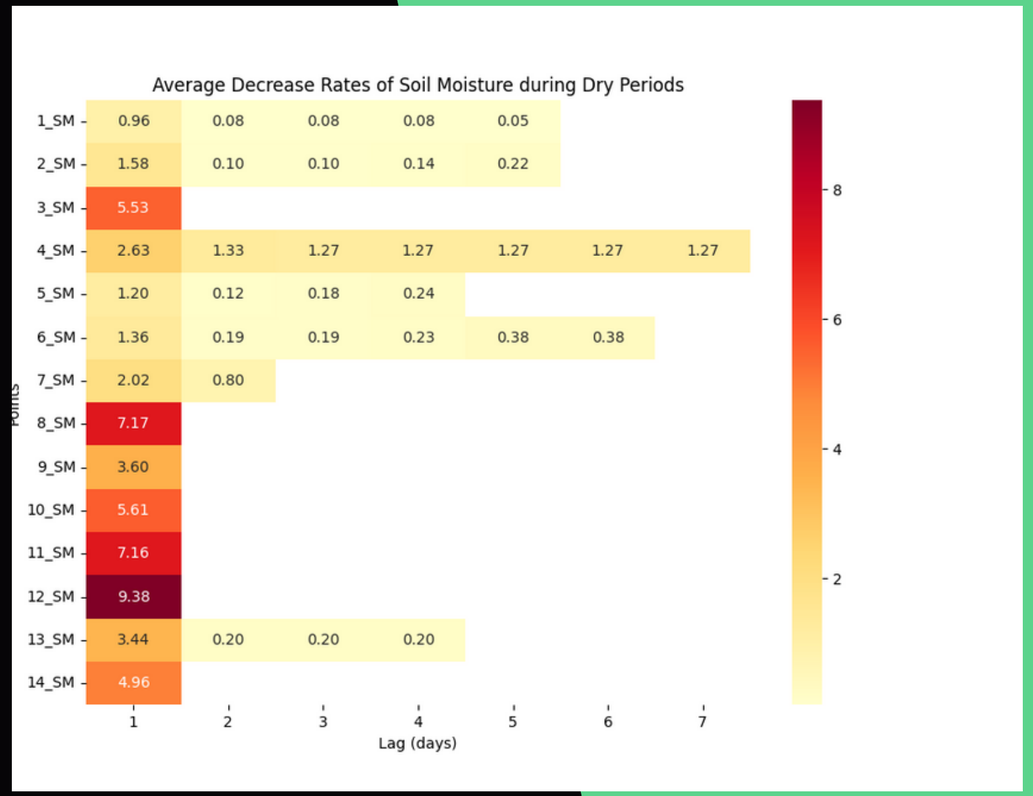
bohovic@dynacrop.space

WWW.DYNACROP.SPACE

Řešeno v rámci projektu *QK21010247: Optimalizace hospodaření na nevyrovnaných pozemcích využitím efektivního mapování půdních podmínek a zohlednění změn vláhových poměrů s cílem stabilizace dosahovaných výnosových úrovní.*
Projekt je řešen s finanční podporou Ministerstva zemědělství, Národní agentury pro zemědělský výzkum.

EXPLORACE DAT

- zrážky vs vlhkost půdy
  - různá místa schnou různou rychlostí
  - všechny body vysoce korelují se srážkami za posledních 7 dní



DYNA CROP SPACE

MINIMÁLNÍ POČET SENZORŮ?

- decision tree model
- leave-multiple-out
- podobná přesnost modelu se 3 body
  - 4, 5, 6
  - 12 ha/bod

DYNA CROP SPACE