

The background of the slide is a photograph of a modern, multi-story building with a complex glass and metal facade. The building is situated in a lush, green environment with tall evergreen trees and flowering plants in the foreground. The sky is blue with some light clouds.

CENTRUM VODA
***Digitální dvojče povodí Dyje, nástroj pro
posuzování vlivu adaptačního
opatření v kontextu změny klimatu***

25/11/2025

Jana Bernsteinová za tým ÚVGZ

- Klimatické scénáře – RCM vs. GCM – zařazení Aladin do ansámblu
- Postup práce se scénáři klimatické změny
- Technologie „River Basin Digital Twin (RBDT)“ = „Digitální dvojče povodí“
- Představení simulačního nástroje – digitální dvojče
- Kalibrace digitálního dvojčete
- Komplexní adaptační opatření – napříč celým systémem
- Posuzování účinnosti adaptačních opatření

Digital Twin (DT, RBDT, digitální dvojče povodí)

Proč a k čemu?

*Integrace interdisciplinárních
dat*

*Komplexní otázky
Klimatická změna*

Proč ne model?

*Model se vytvoří a je platný k
určitému datu x DT je „živý“
obraz povodí*

*Real time + Process based +
Data Science*

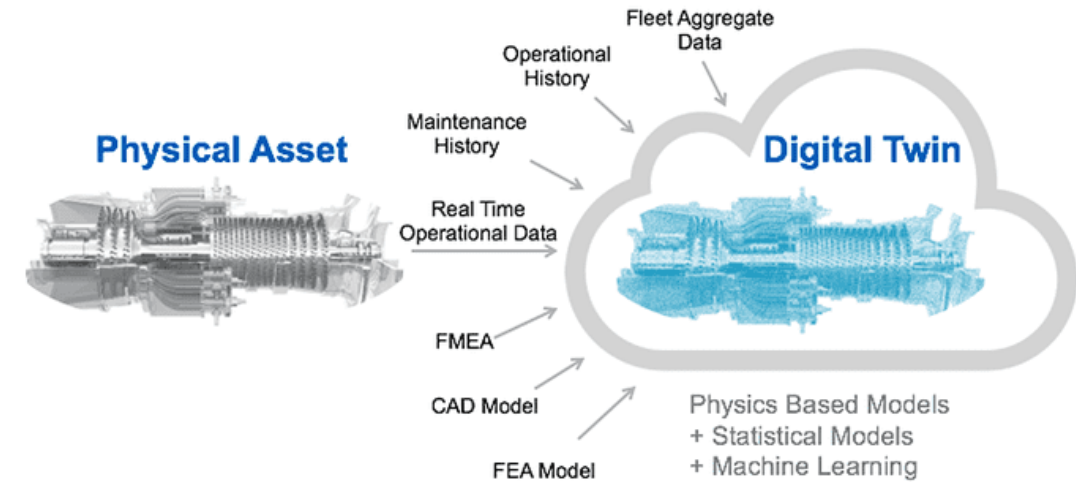
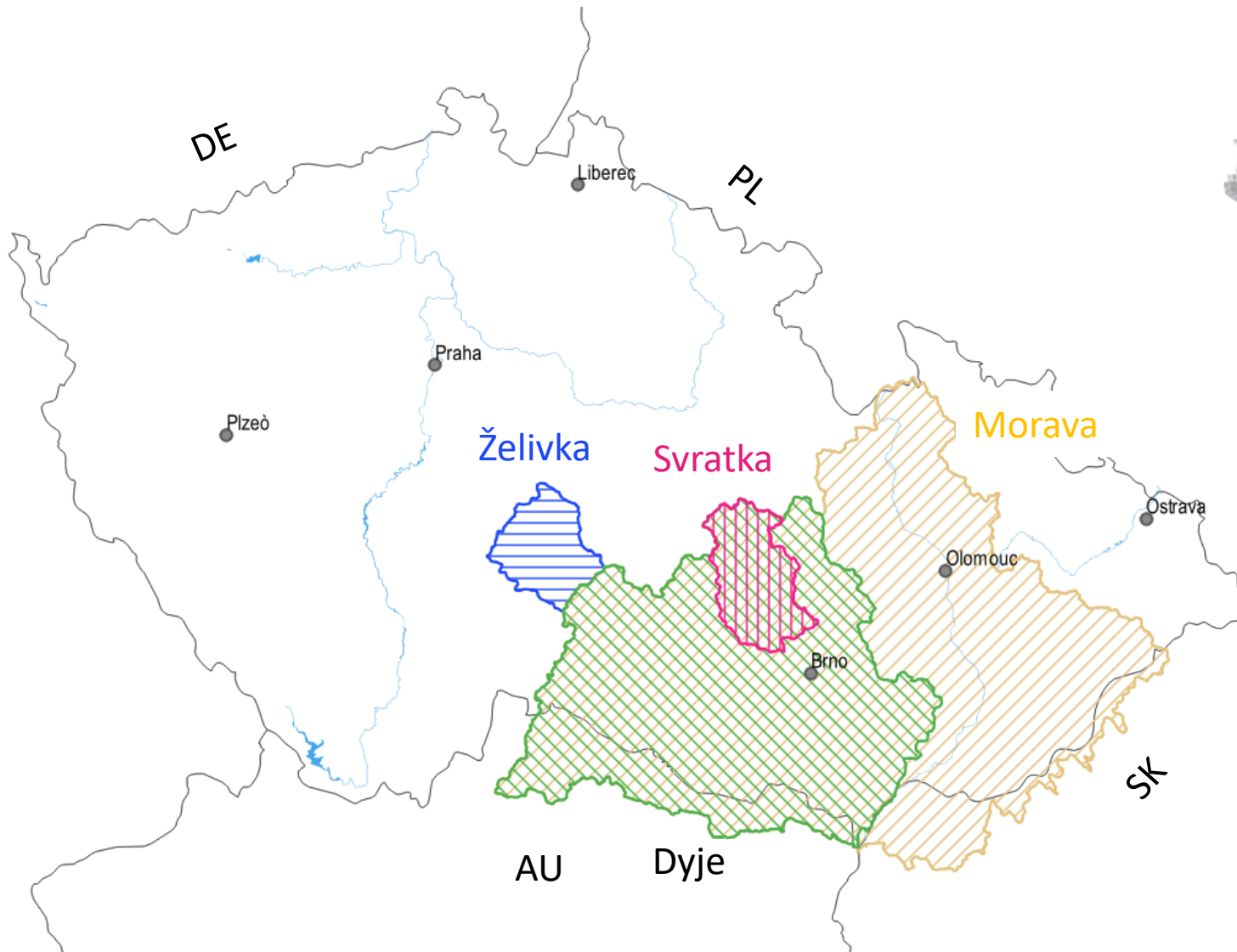
Proč ne Data assimilation?

*Základem je fyzikální model,
detailní pochopení procesů,
nikoliv ML či AI*

Digital Twin technologie

= „digitální replika fyzického objektu“

Digital Twin (DT, RBDT, digitální dvojče povodí)



Digital Twin technologie

= „digitální replika fyzického objektu“

Pro testování změn bez negativního vlivu

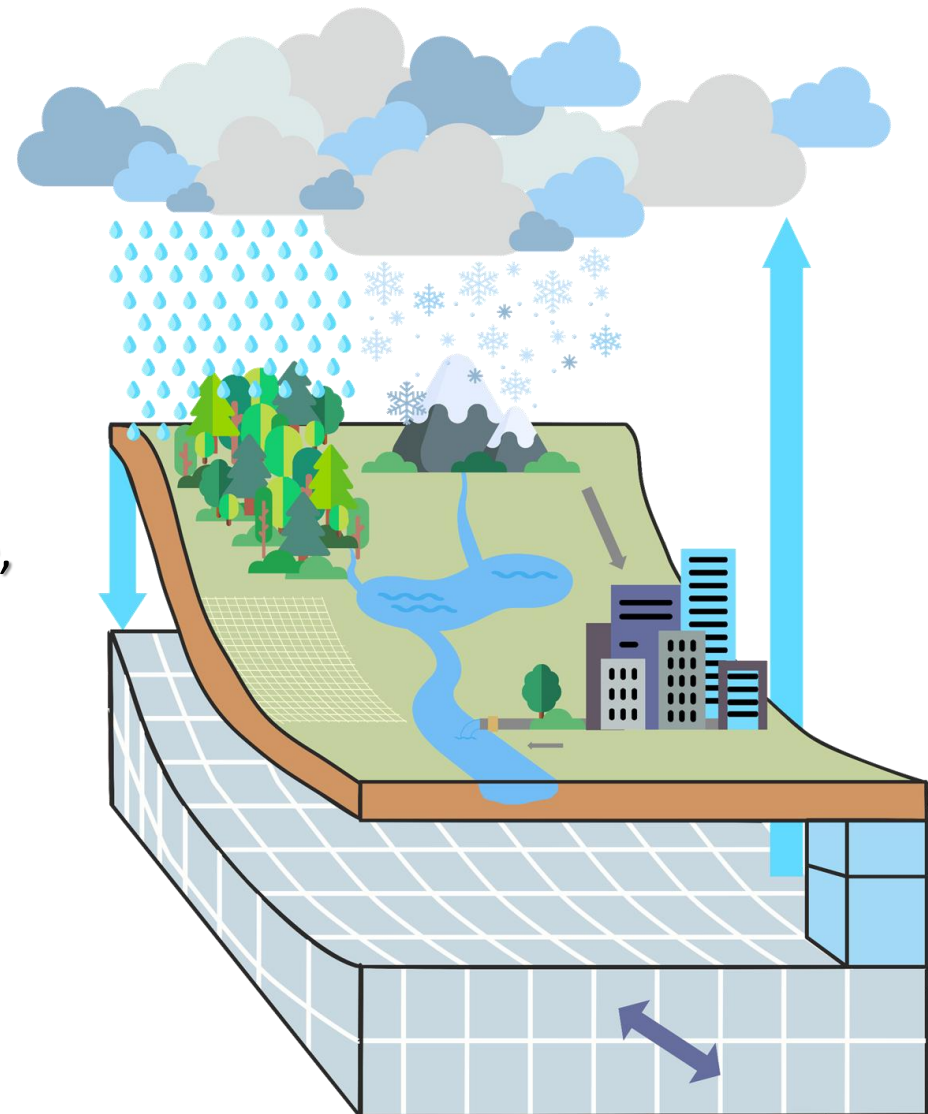
Digital twin povodí Dyje

Účel:

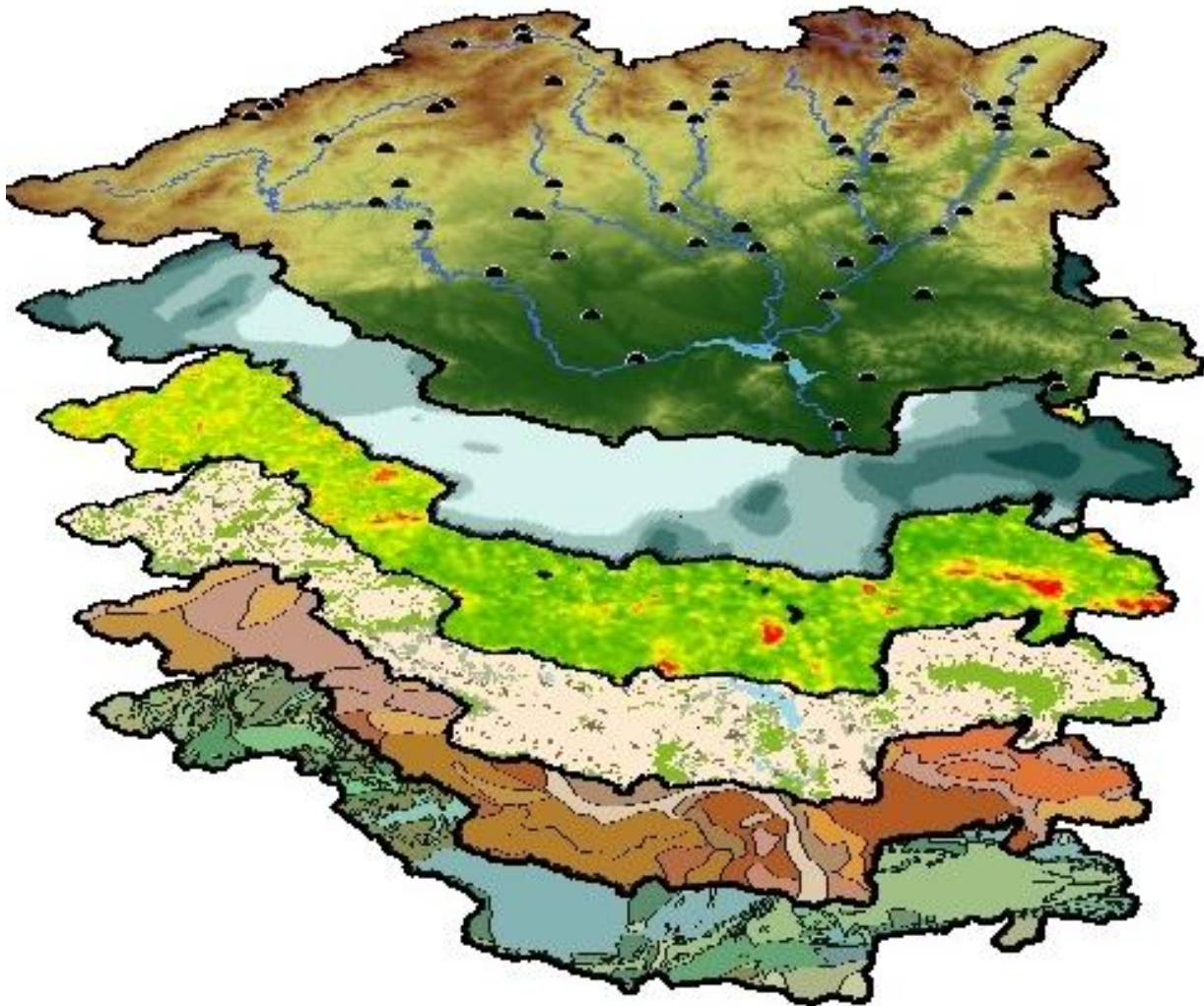
- Kvantitativní a kvalitativní zhodnocení povodí s napjatou vodní bilancí
- Pochopení vztahů a procesů v povodí
- Zhodnocení rizika pro vodní zdroje plynoucí z klimatické změny
- Navrhnutí a prověření potenciálu adaptačních opatření pro snížení těchto rizik
- Pochopení generace a pohybu látkového odnosu v povodí

Klíčové prvky systému:

- Interdisciplinarita (Hydrologie, Hydraulika, Pedologie, Hydrogeologie, Hydrochemie)
- Spolupráce (PMO, s.p., VÚV, ČHMI, VUT, VŠB, BRNO-VAS, VÚMOP...)
- Big Data (DPZ, senzory, GCM předpovědi...)
- Operativa (připraveno pro real-time běhy)
- Výzkum a inovace (Vývoj biofiltru pro zachycení znečištění)

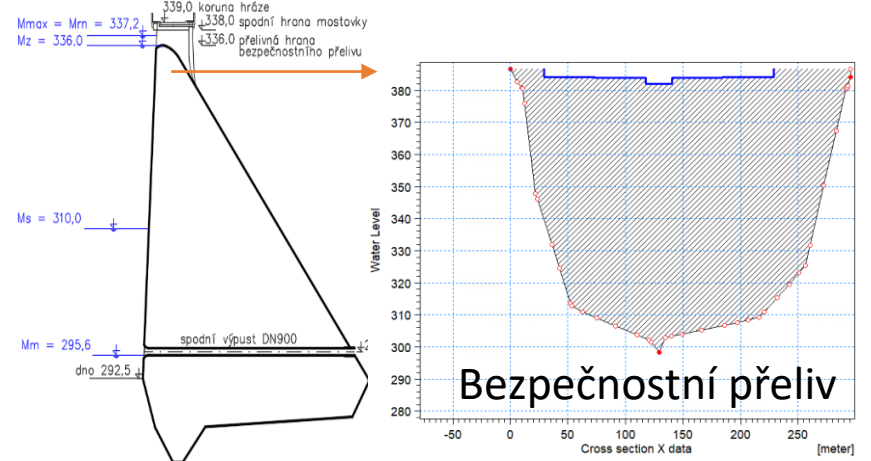
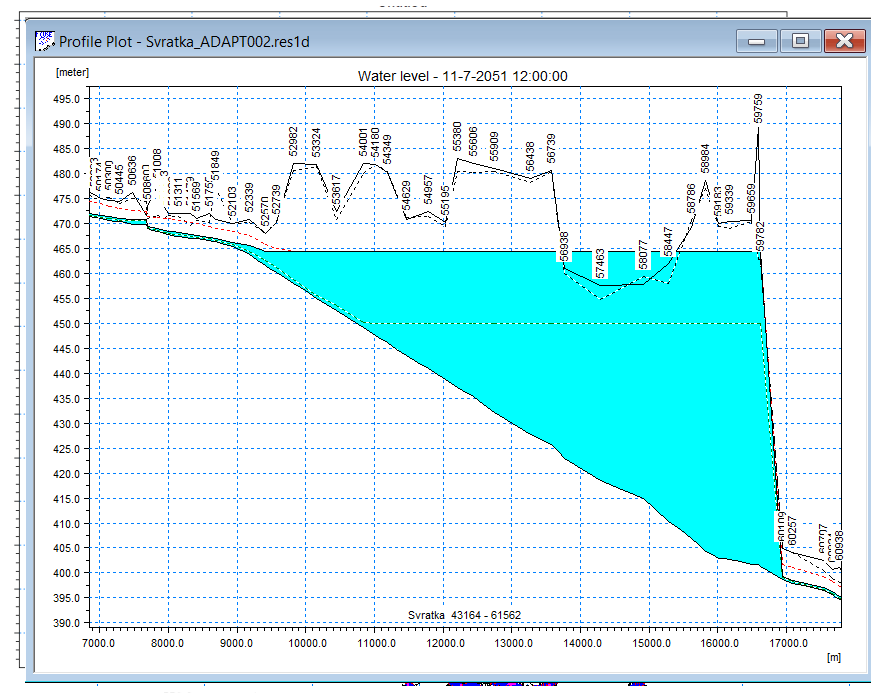
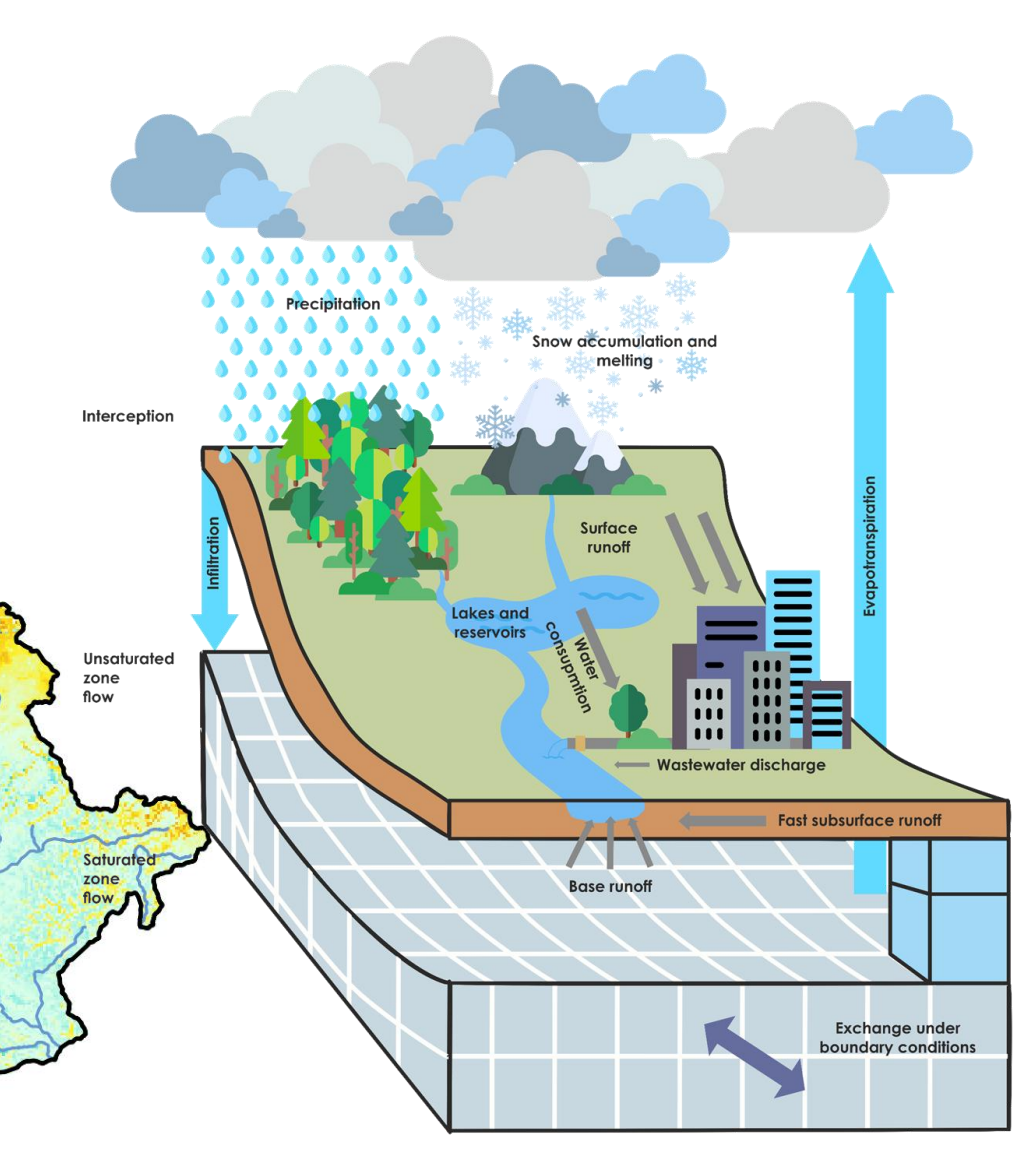
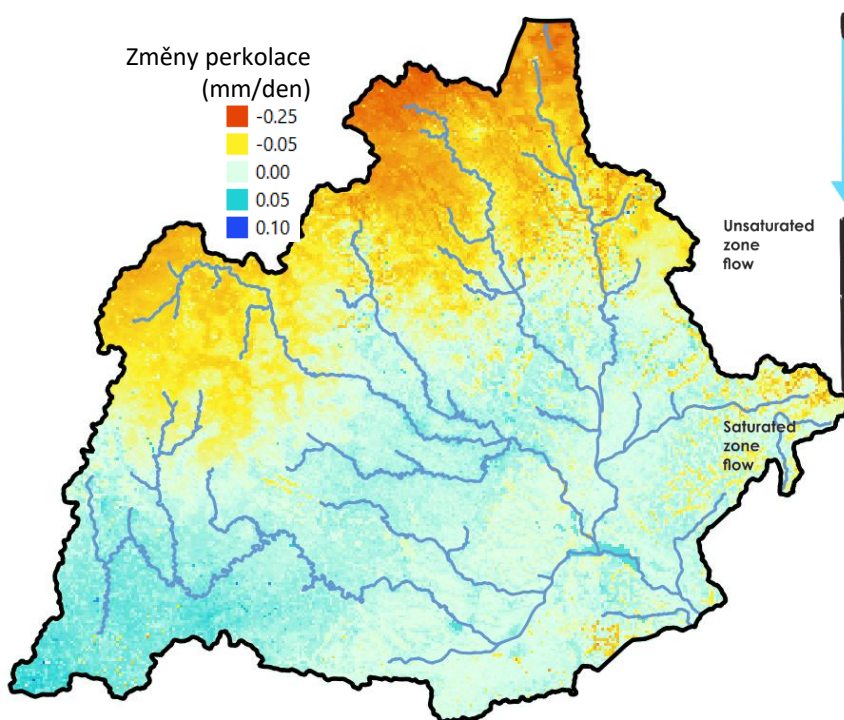
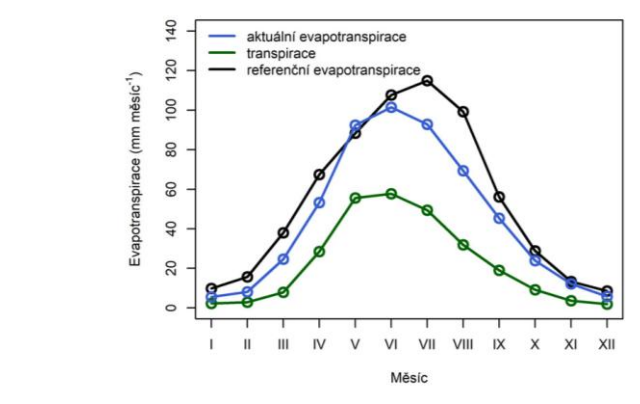


Fyzikálně založené modely MIKE SHE + MIKE 3 = tělo Digital Twin

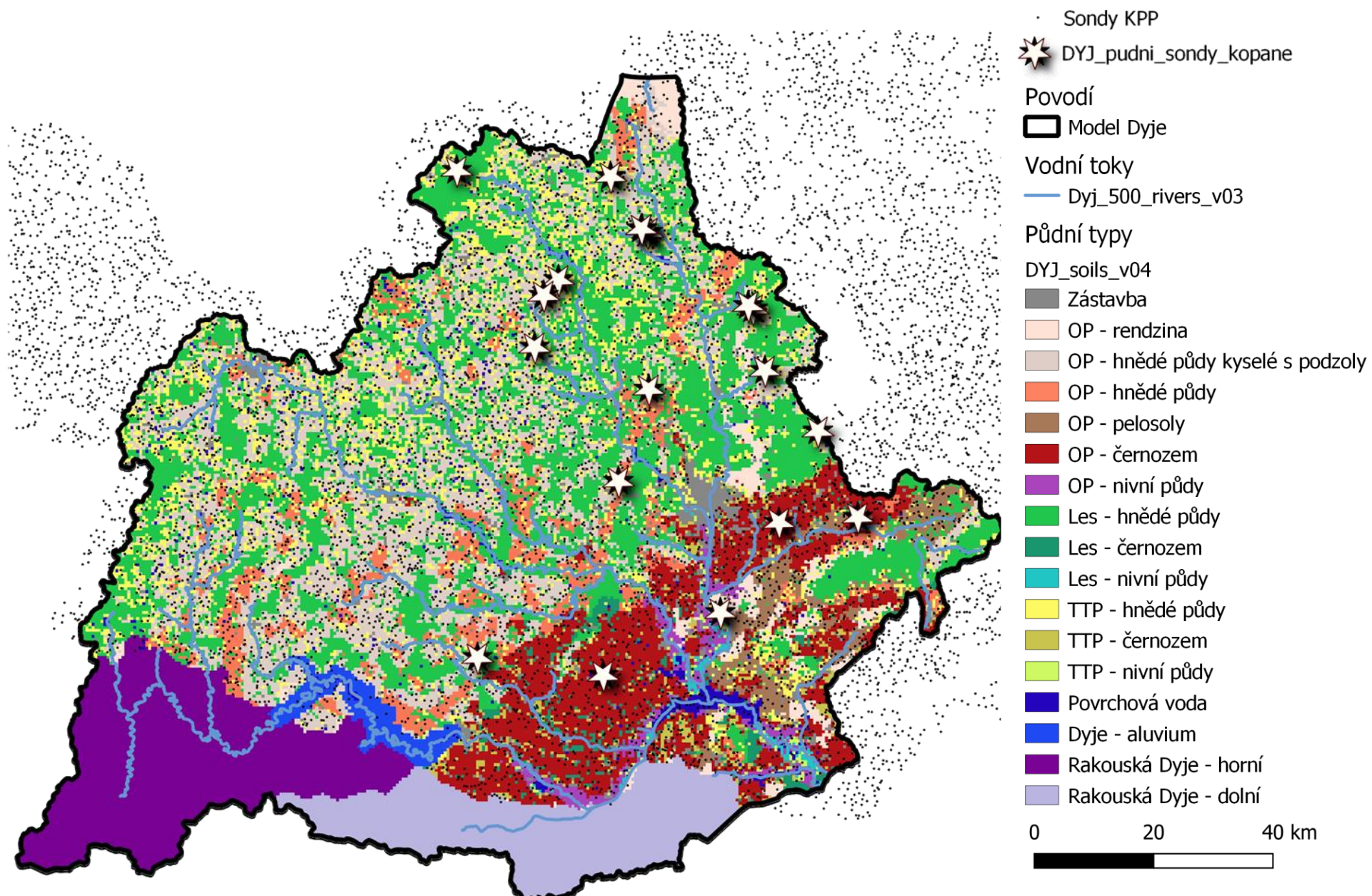


- Fyzikálně založený, prostorově distribuovaný integrovaný model umožňuje detailní 3D simulace všech významných hydrologických procesů.
- Integrace dat o nakládání s vodami
- Testování a komplexní posuzování širokého spektra adaptačních opatření
- Hydrodynamická simulace všech hlavních vodních toků v povodí
- Transport znečištění napříč povodím
- 3D simulace proudění a šíření znečištění v nádrži Vír

MIKE SHE Fyzikálně založený distribuovaný hydrologický model zahrnuje všechny důležité prvky vodní bilance

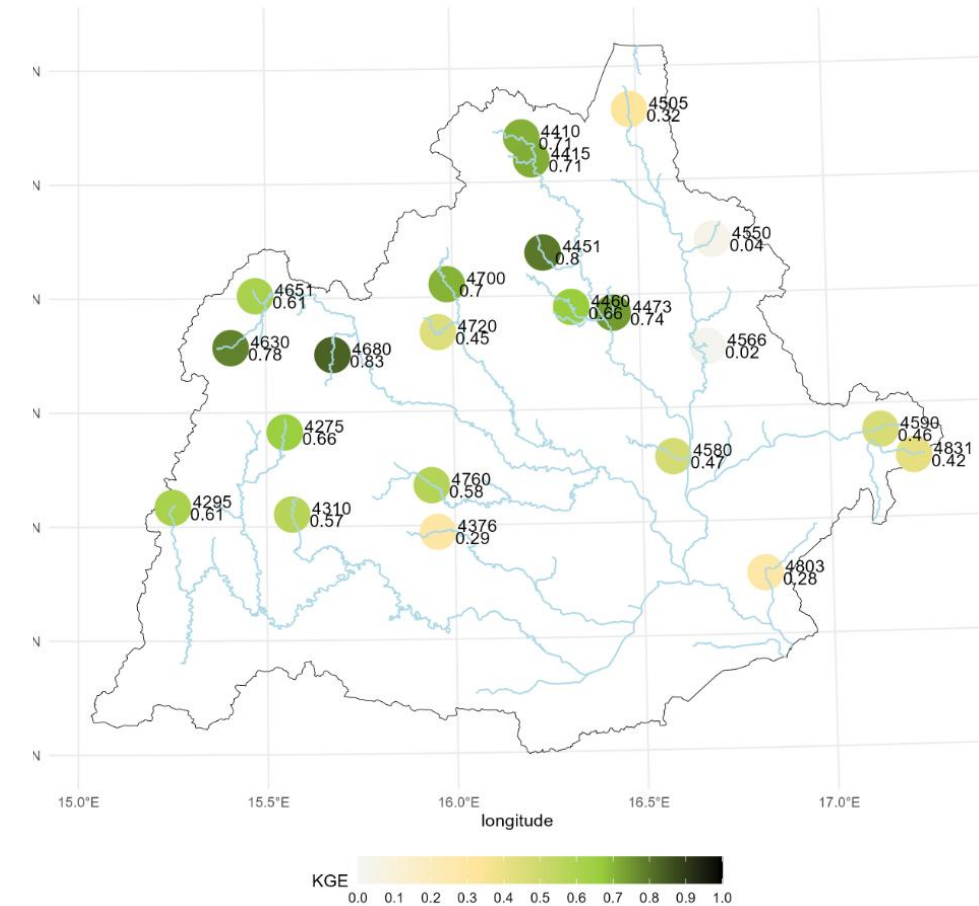
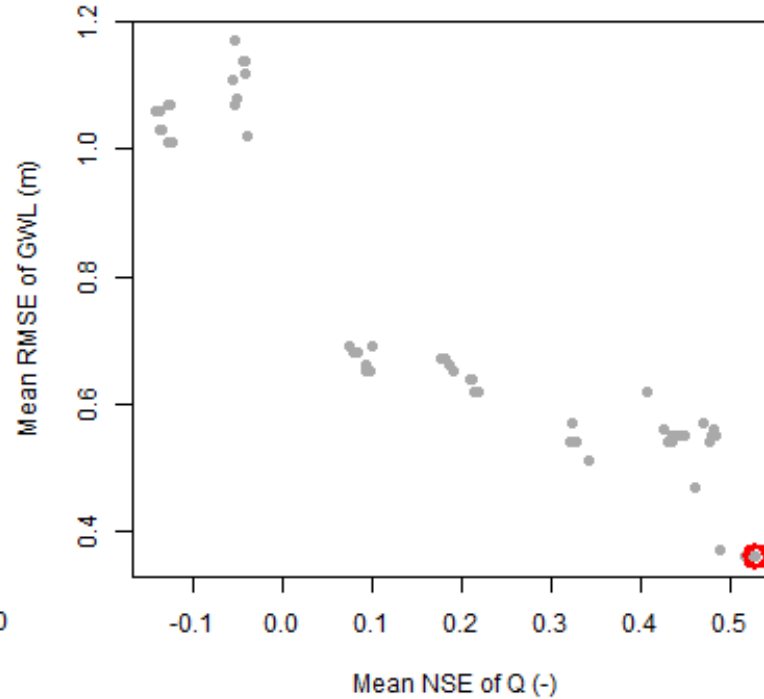
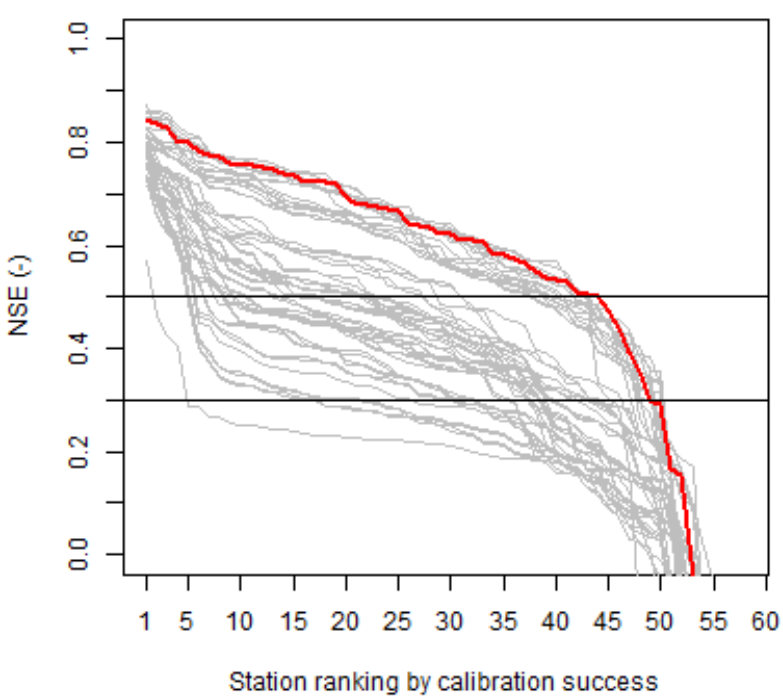


Půdy – databáze

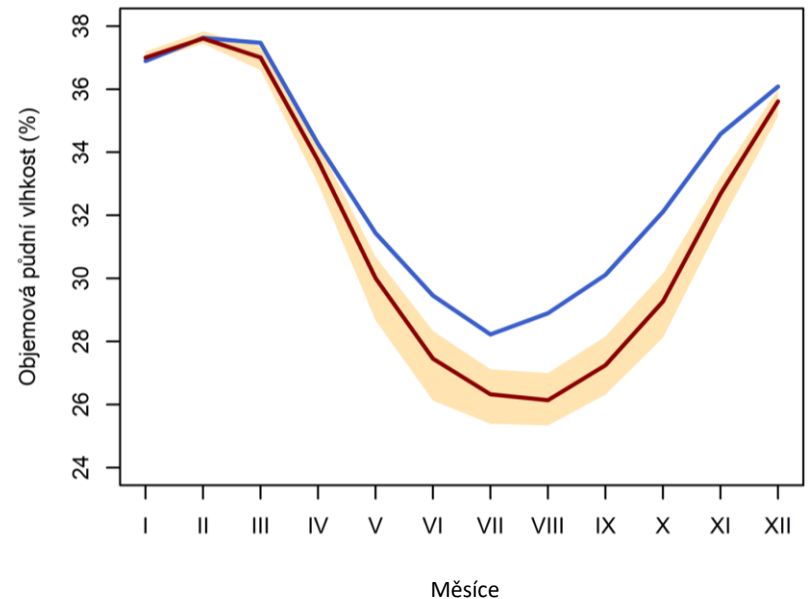
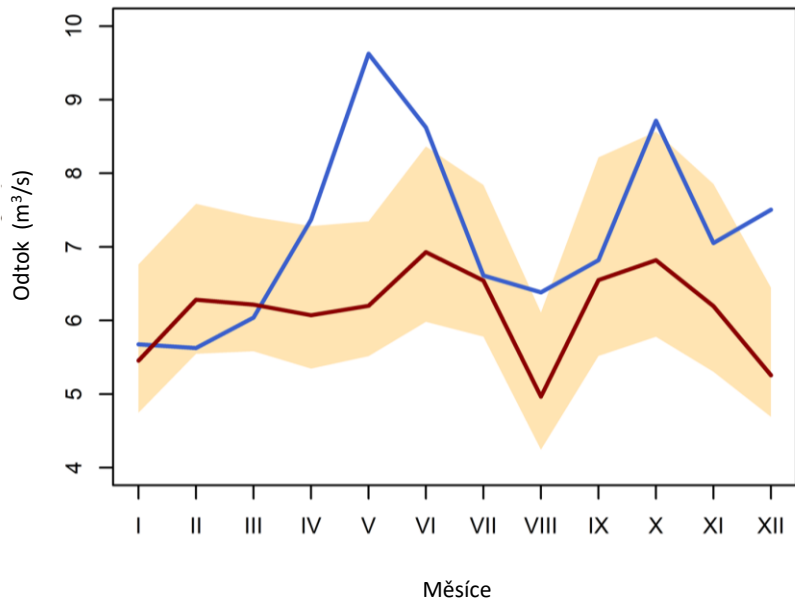
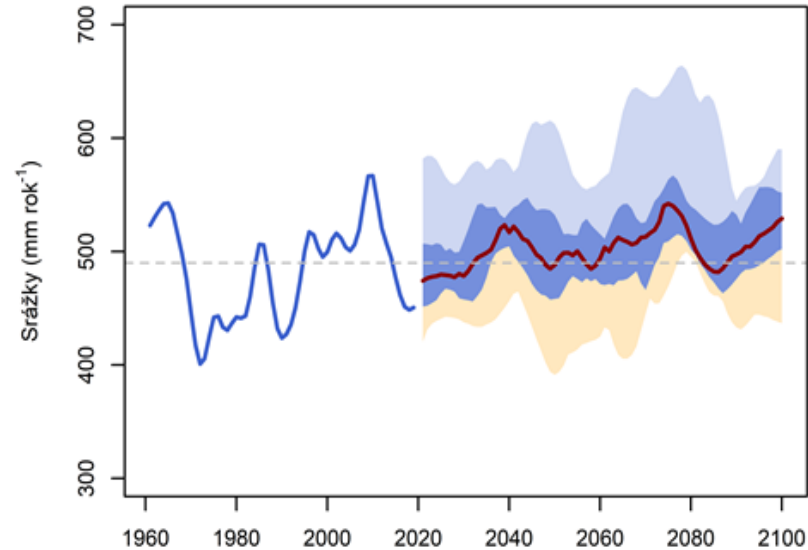
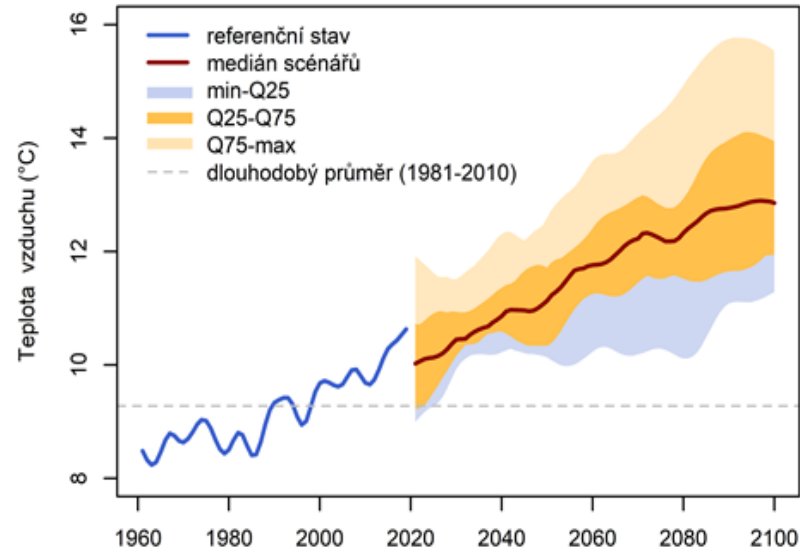


Digitální dvojče povodí Dyje – kalibrace – hledání kompromisu

Jasně definovaná kalibrační kritéria a objektivní funkce



Klimatické scénáře a jejich variabilita



Scénáře Socioekonomického vývoje (4):

SSP126

SSP245

SSP370

SSP585



Globální klimatické scénáře (7):

CMCC-ESM2

CNRM-CM6-1-HR

EC-EARTH3

GFDL-ESM4

MPI-ESM1-2-HR

MRI-ESM2-0

TaiESM1

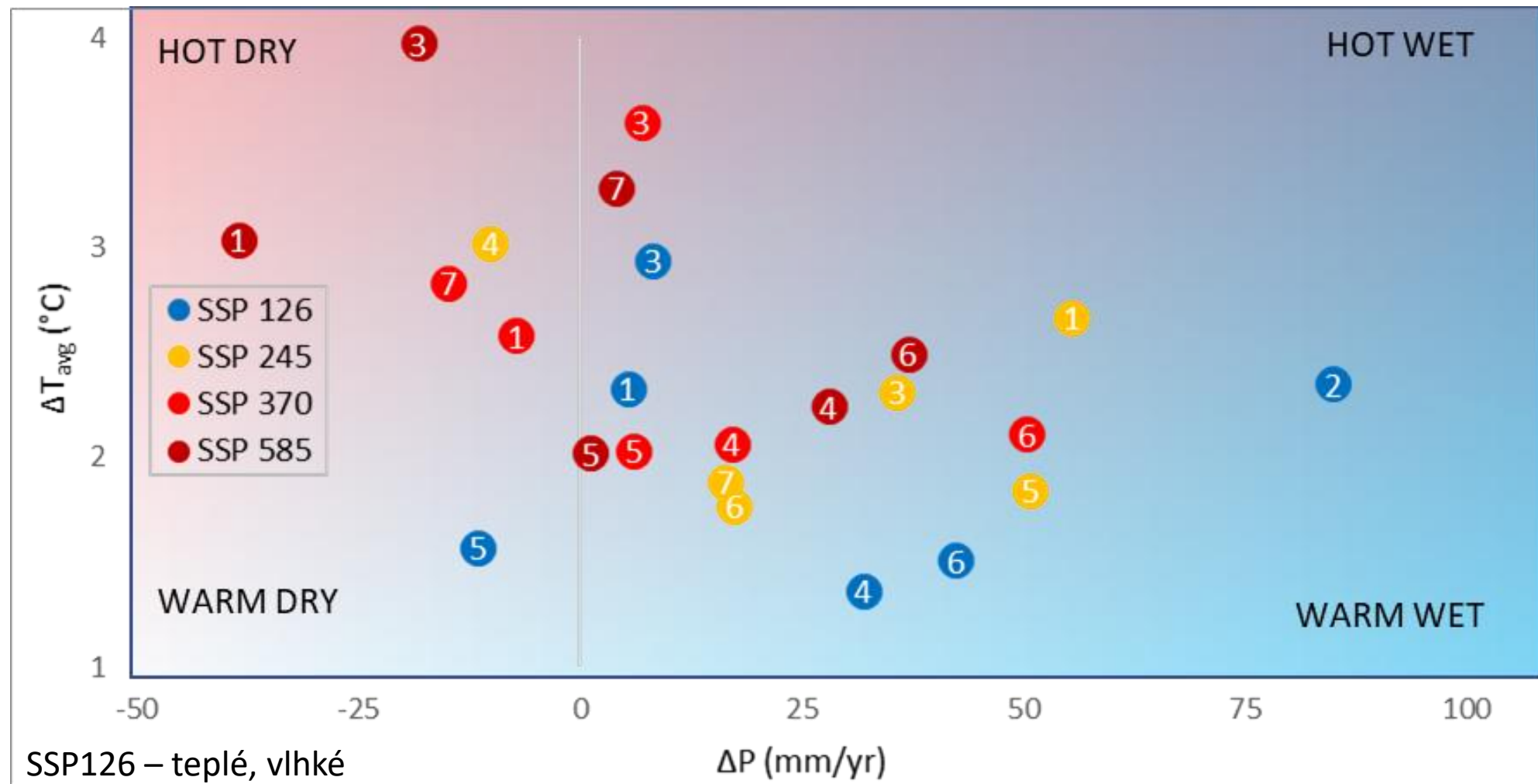
Časové periody (4) se středy v letech:

2030, 2050, 2070, 2085

CELKEM ~ 100 CC scénářů *
jednotlivá adaptační opatření = tisíce
potřebných simulací

Střední klimatický scénář??? NE

- 1 CMCC-ESM2
- 2 CNRM-CM6-1-HR
- 3 EC-EARTH3
- 4 GFDL-ESM4
- 5 MPI-ESM1-2-HR
- 6 MRI-ESM2-0
- 7 TaiESM1



SSP126 – teplé, vlhké

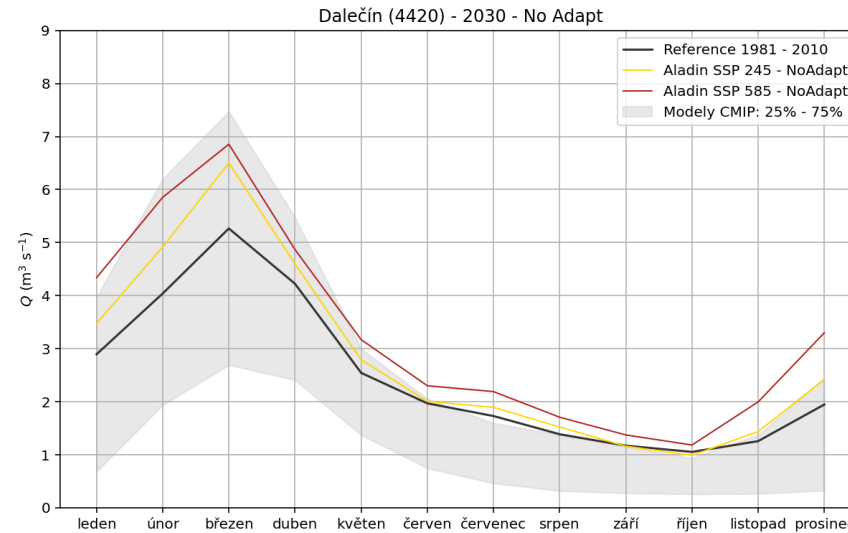
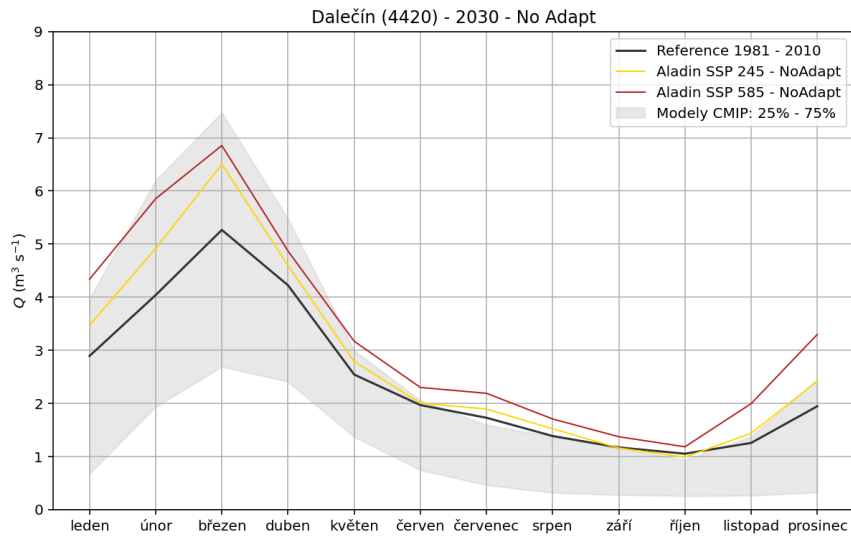
SSP245 – teplejší než 126

SSP370 – horké vlhké

SSP585 – horké suché

Nejsou žádné jasné prostorové vzorce ve vývoji modelu a SSPs → Důležitost posuzování celého ansámblu modelů

Klimatické scénáře – zahrnutí RCM Aladin do ansámblu

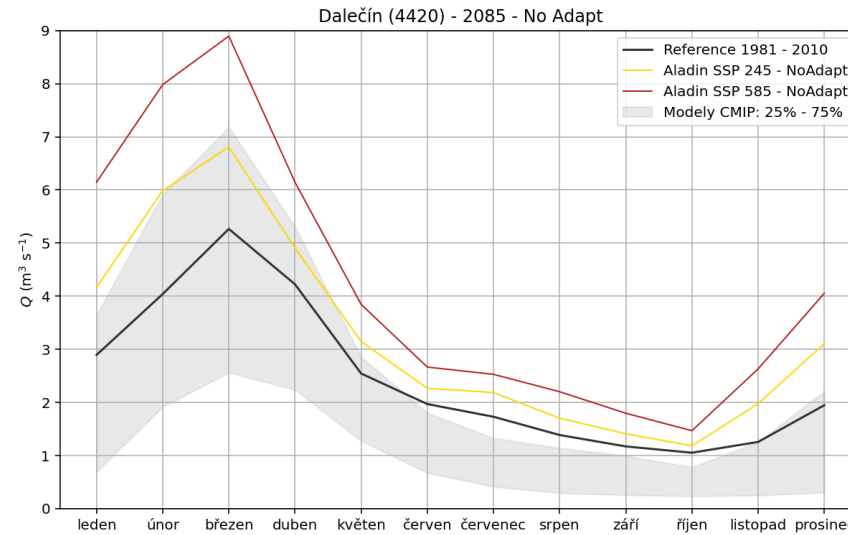
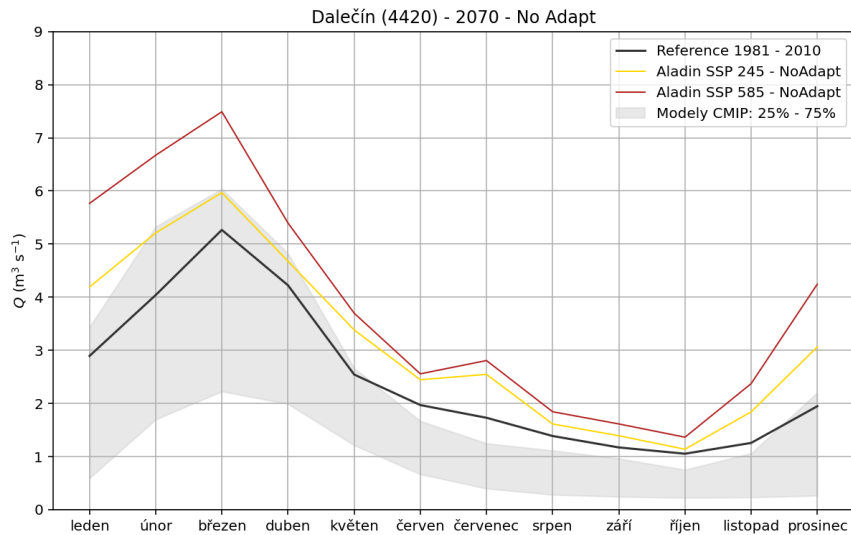


RCM Aladin – regionální
prognóza

SSP 2-4.5 a
SSP 5-8.5

Vlhčí scénáře

Rozšíření ansámblu 26 GCM

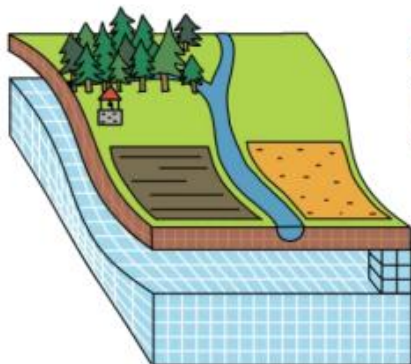


→ 26 GCM + 2RCM

→ 28 modelových běhů

Digitální dvojče povodí Dyje – Scénářové modelování

a) Referenční stav povodí



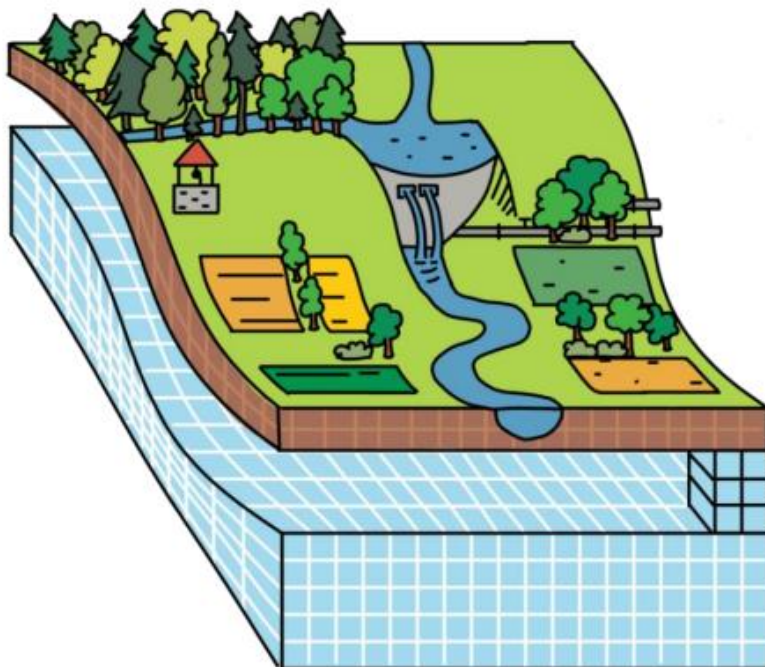
b) Jedno adaptační opatření v jednom segmentu



c) Více adaptačních opatření v jednom segmentu



d) Kombinace adaptačních opatření napříč segmenty



Nástroj umožňuje definovat změny libovolných procesů v povodí:

Lokalizace
Čas realizace
Parametrizace

Změny je možné zadávat:

Jednotlivě
Kombinovaně

A hodnotit jejich následky z různých hledisek:

Povrchové vody
Perkolace do saturované zóny
Vlhkost kořenové zóny
Transpirace
...

Adaptační opatření – Komplexní návrhy

Cíl opatření – **posílení základního odtoku**

Testy opatření – Vegetační kryt

Využití území

Dřevinná skladba lesa

Osevní postupy

Retenční kapacity půd

Agrotechnické postupy

Melioračních soustavách

Vodohospodářské soustavy

Vodní díla

Revitalizace vodních toků

Výsledky testů potvrdily – **Nutné komplexní návrhy opatření**



Komplexní opatření – Adaptace zemědělské půdy

1. Návrh opatření podle zkušeností a možností v reálném světě

2. Konceptualizace v logice modelu

3. Lokalizace

4. Zavedení do všech dotčených modulů

5. Verifikace

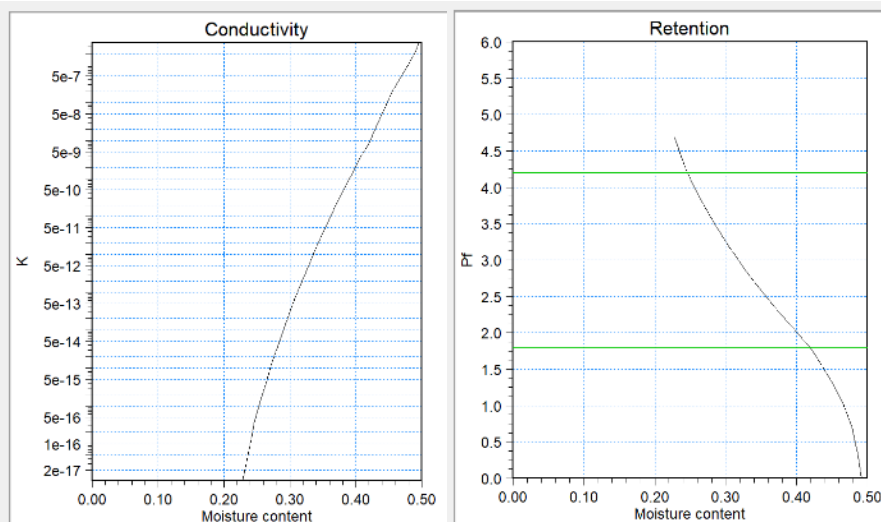
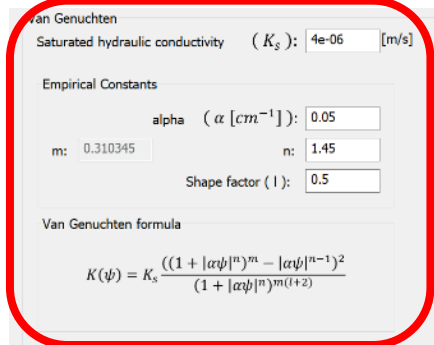
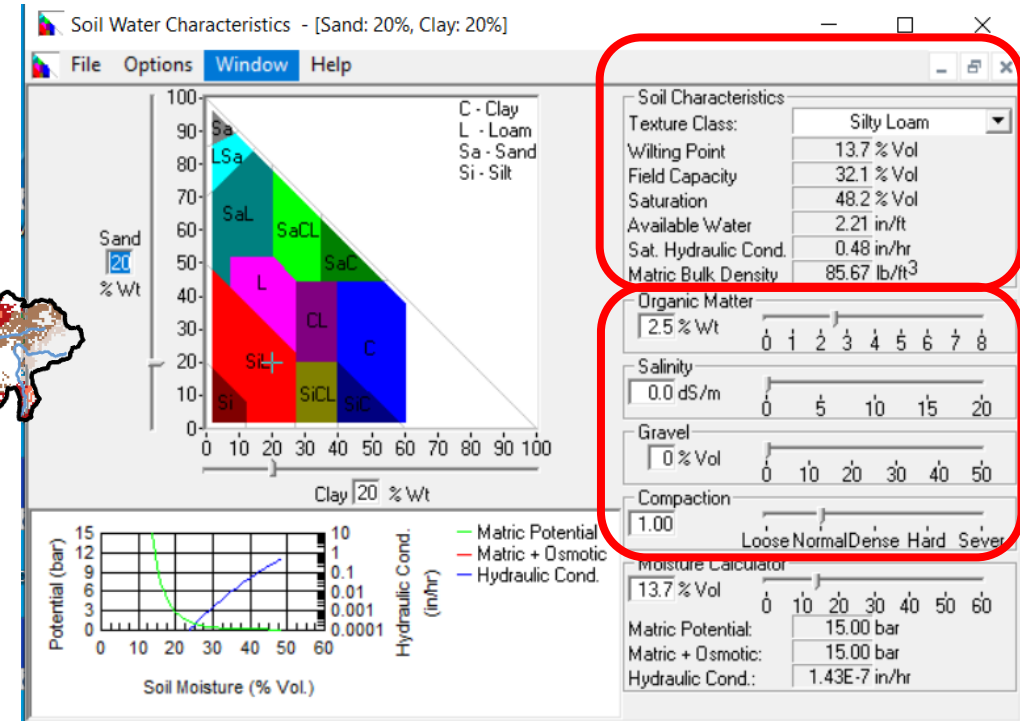
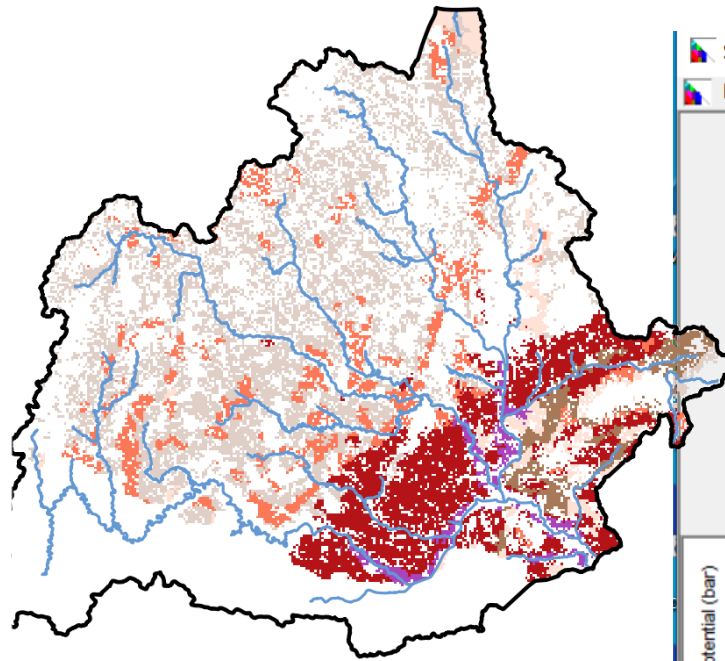
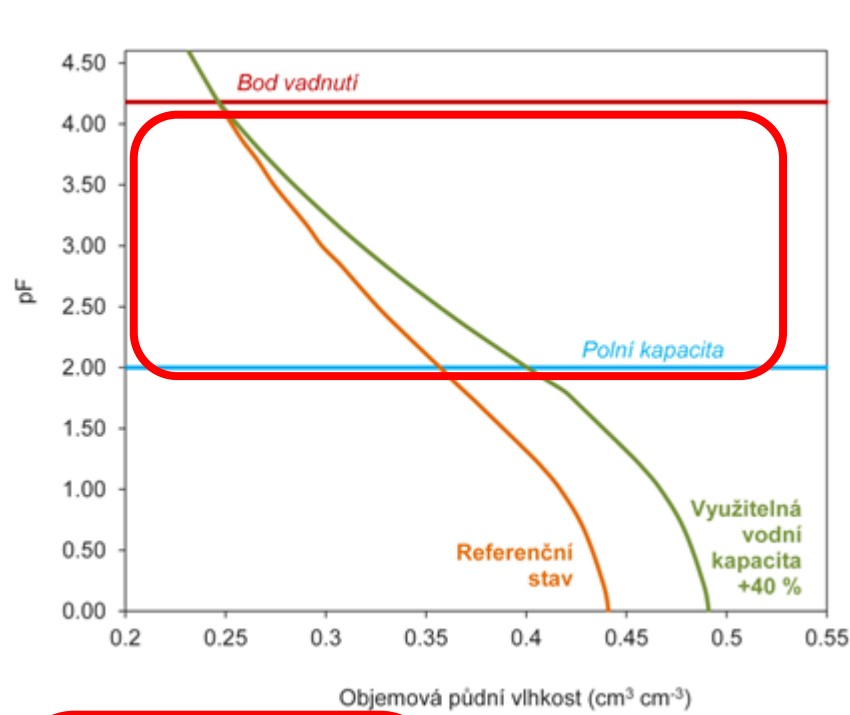


1) Návrh opatření v reálném světě

- **Zvýšení retenční kapacity půdy**
 - Biouhel
 - Bezorební hospodaření
 - Mulčování
- **Zpomalení epizodického odtoku**
 - Úprava meliorací
 - Snížení K_s
 - Meziplodiny
- **Snížení ETa**
 - Mulčování
 - Plodiny s menšími nároky na vodu (např. proso, žito)



2) Konceptualizace v logice modelu - příklad

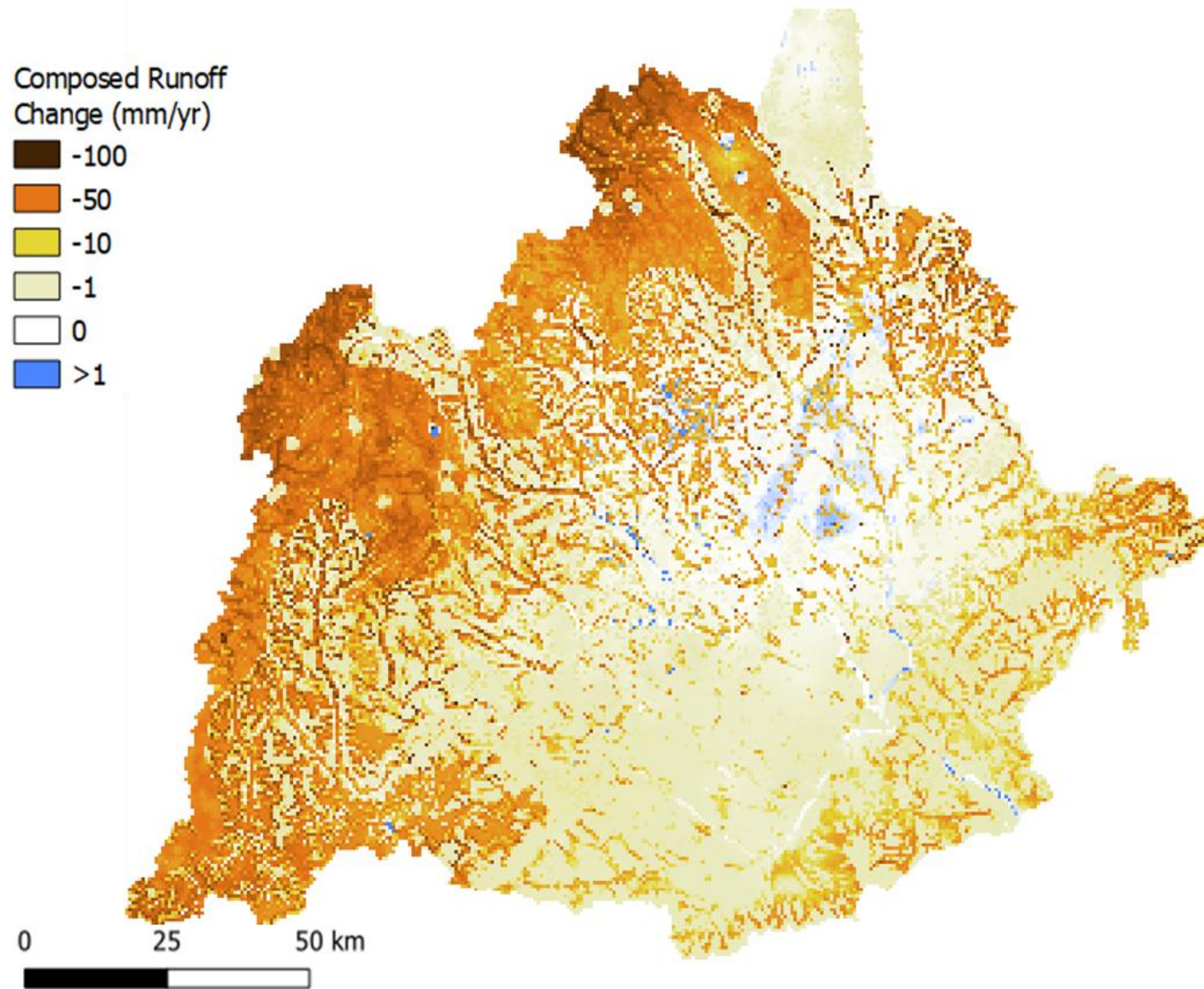


Jak?

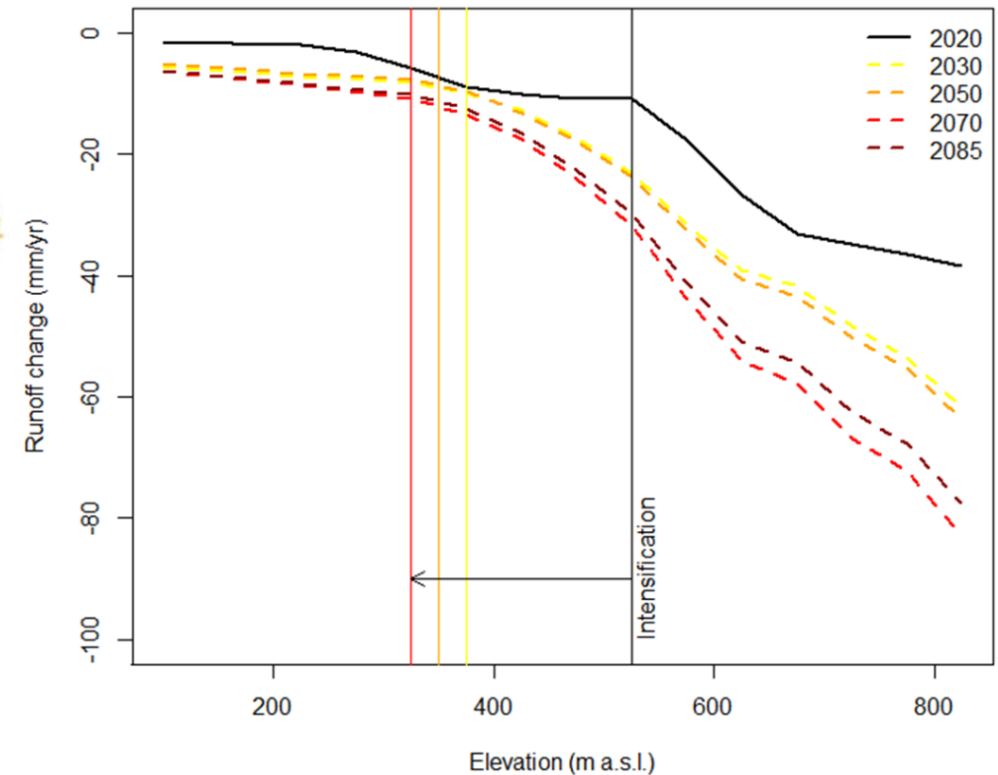
Snížení kompaktace, aplikace biouhlu, zvýšení organického materiálu, mulčování

- 1) Návrh nového tvaru **retenční křivky**
- 2) Hledání hodnoty **K_s**
- 3) Posílení toku makropóry

3) Lokalizace opatření



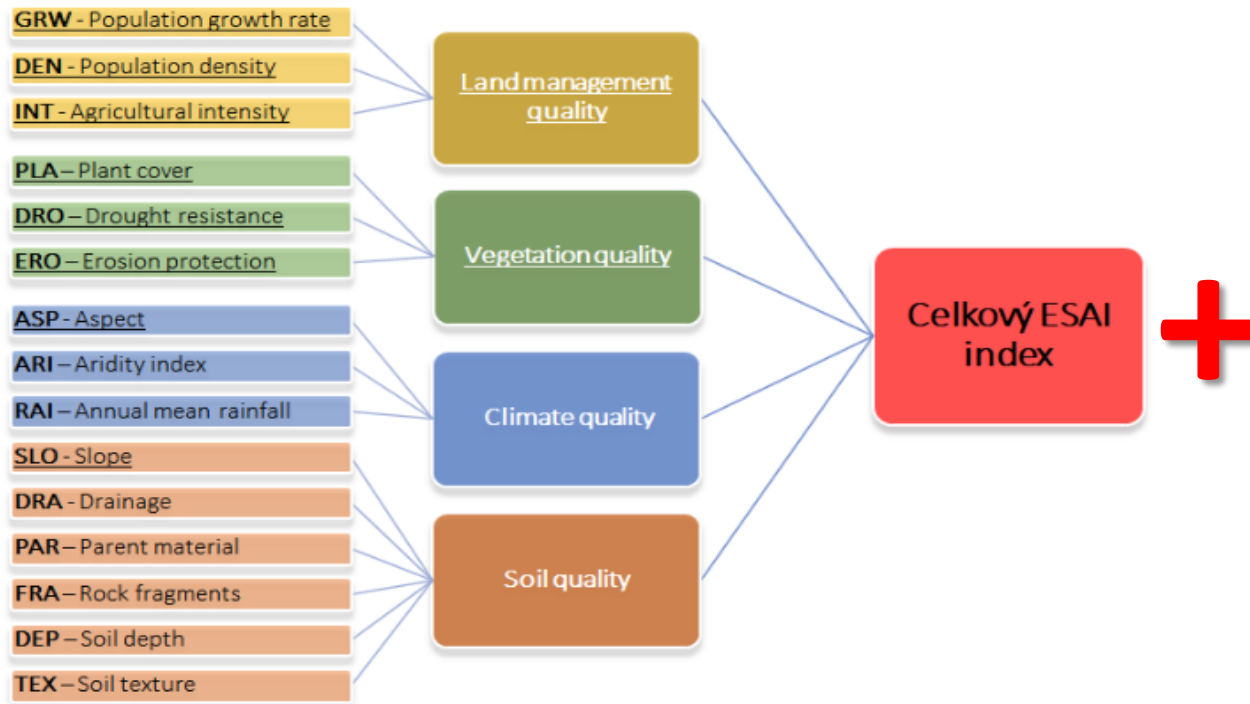
- Hledáme nejvíce zranitelné oblasti z hlediska vodní bilance (Statistické vyhodnocení ansámblu)
- Největší poklesy odtoků ve vrchovinách



3) Lokalizace opatření

Scénář ekosystémových změn (Oddělení analýzy ekosystémových změn)

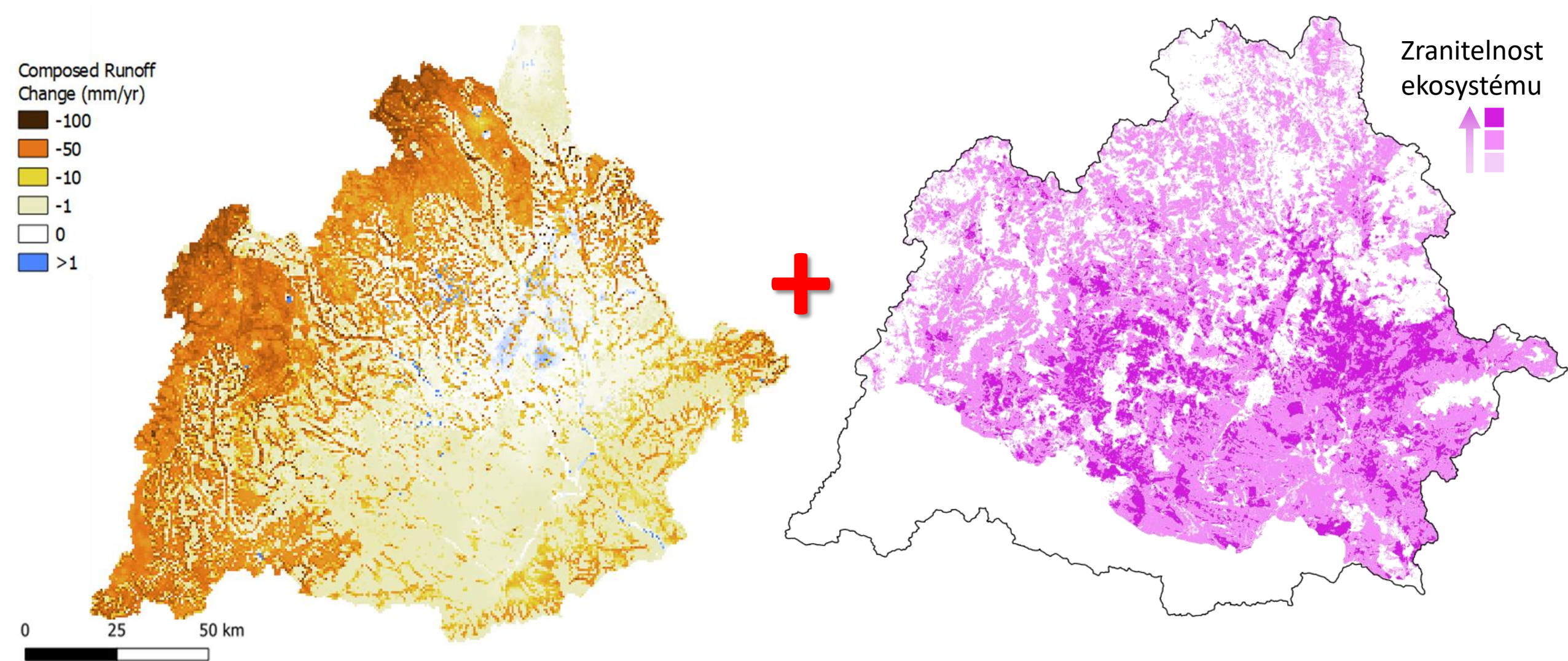
- Hledáme nejvíce zranitelné oblasti z hlediska LandUse
- Navrženy 2 scénáře pro horizont 2050
 - BaU- vychází z přístupu srovnatelného k současnému vývoji
 - MaO – Mitigační a adaptační opatření, metodika ESAI+



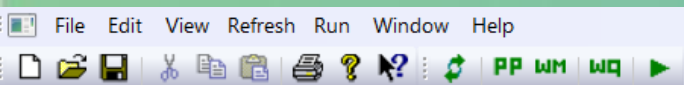
ID	navržený landuse	použité kategorie z aktual stavu	označení v mapě
1	les	LU9	LU9
2	sad	LU6	LU6
3	agrolesnictví	40% LU6, 60% LU5	N1
4	zatravnění	LU7	LU7
5	remízy	85%LU5, 15%LU12	N2
6	Liniové dřeviny/aleje	95%LU5, 5%LU12	N3
7	zatravnění	LU7	LU7
8	travnaté pásy	95%LU5, 5% LU7	N4

3) Lokalizace opatření

= Průnik klimatických a ekosystémových prognóz



4) Změna všech dotčených modulů



MIKE SHE Flow Model

- ☐ Display
- ☒ Simulation specification
- ☒ Model Domain and Grid
- ☒ Topography
- ☒ Climate
- ☒ Land Use
 - ☒ Vegetation
 - Leaf Area Index
 - Root Depth
 - Crop Coefficient
 - Canopy Interception
 - C1
 - C2
 - C3
 - A_root
- ☒ Rivers and Lakes
- ☒ Overland Flow
 - ☒ Manning Number (M)
 - ☒ Detention Storage
 - ☒ Initial Water Depth
 - ☒ Ponded Drainage
- ☒ Unsaturated Flow
 - ☒ Soil Profile Definitions
- ☒ Saturated Zone
 - ☒ Geological units
 - ☒ Geological Layers
 - ☒ Geological Lenses
 - ☒ Computational Layers
 - ☒ Drainage
 - ☒ Pumping Wells
- ☒ Storing of results
- ☒ Extra Parameters

Setup Data | Processed Data | Results

Veg. Parametry pro transpiraci

Veg. Parametry pro intercepci

Redukce povrchového odtoku

Změna půdních parametrů

Redukce hypodermického odtoku

Topography

Spatial Distribution:

Grid file (.dfs2)

Filename:

ate_DoNotChange\01_DTM\DYJ_topo_v04_1.dfs2

Attribute:

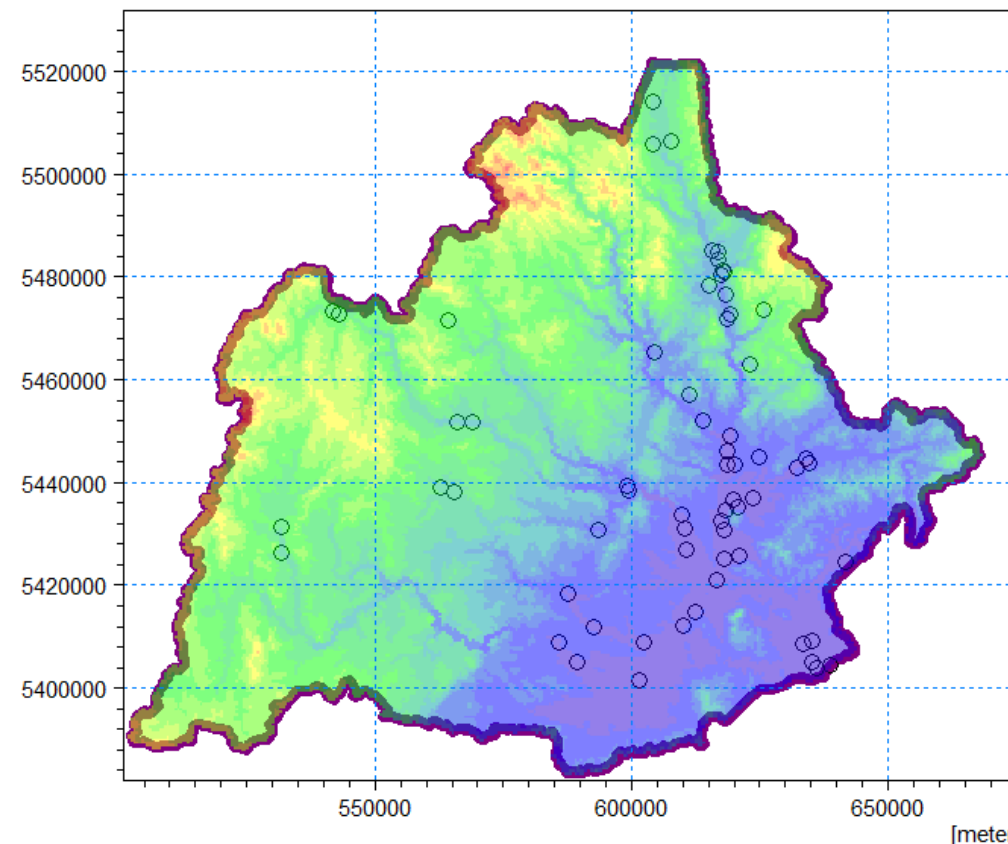
Topography

Edit...

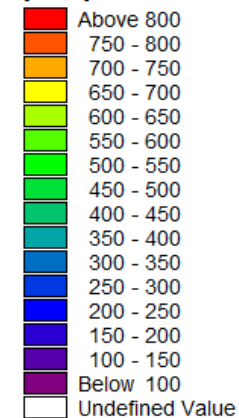
Create...

☒ Show grid data

[meter]

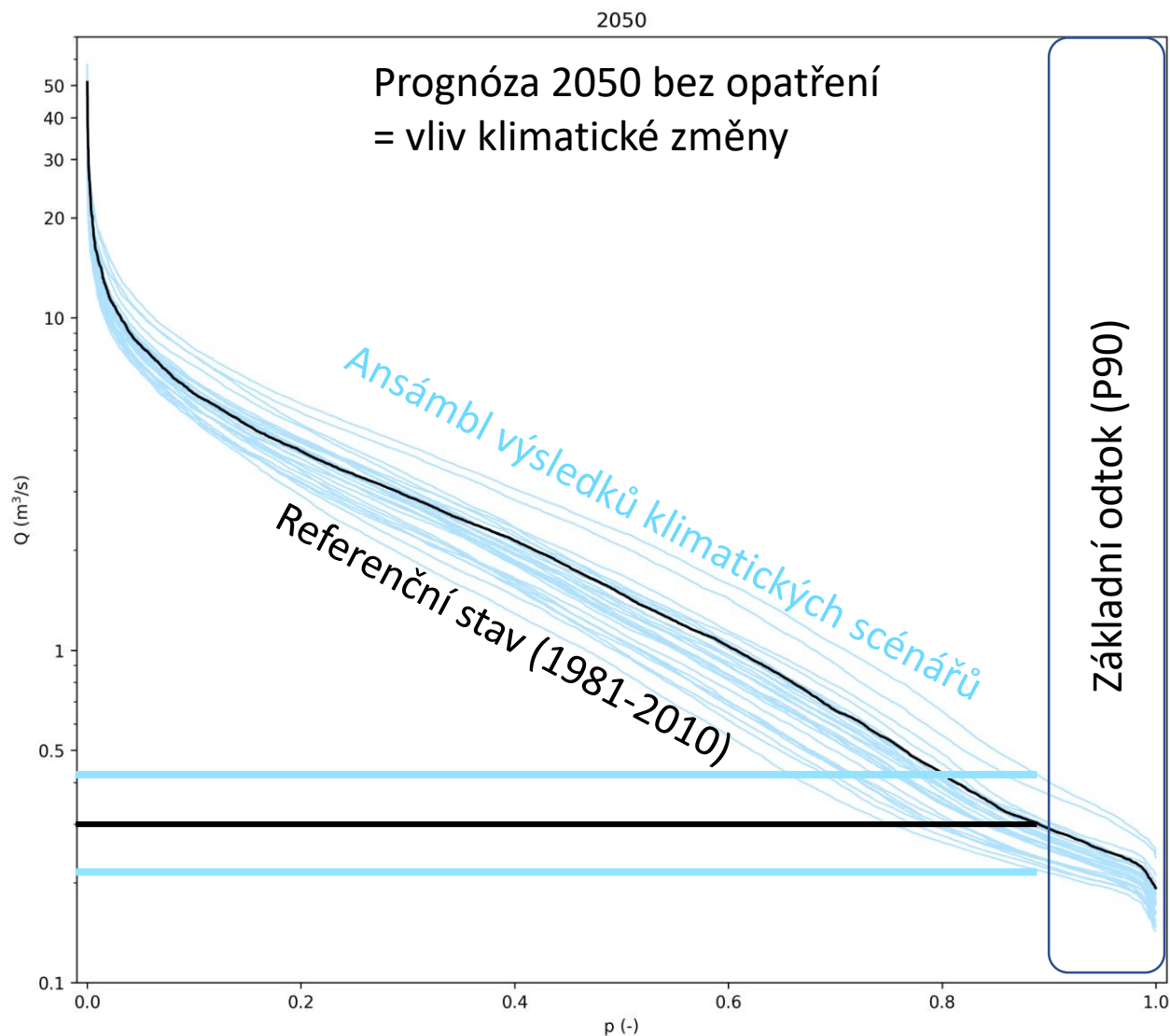


[meter]

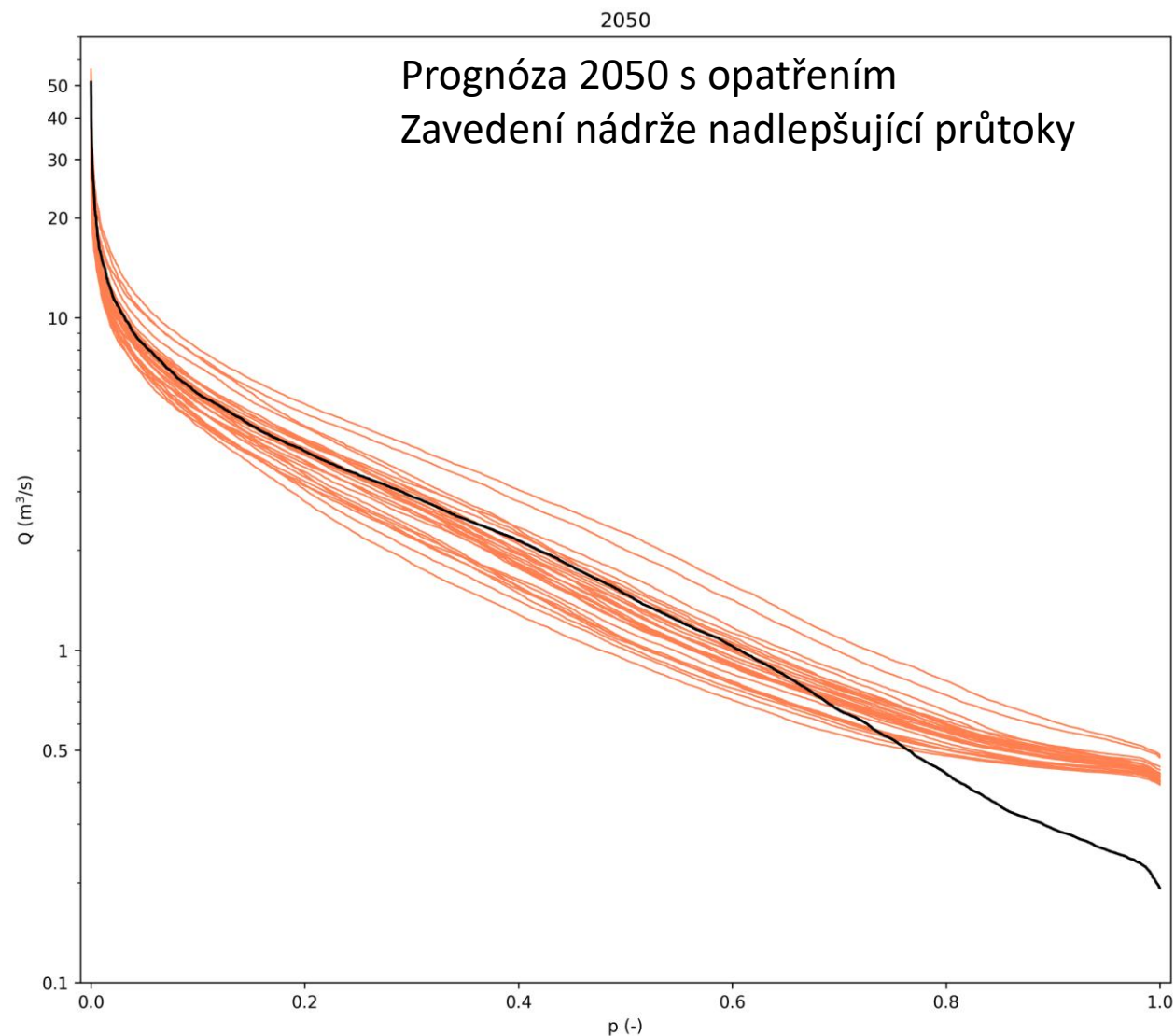


Výsledky – přítok do VD Vír

Dalečín (4420) - 2050 001_NoAdapt

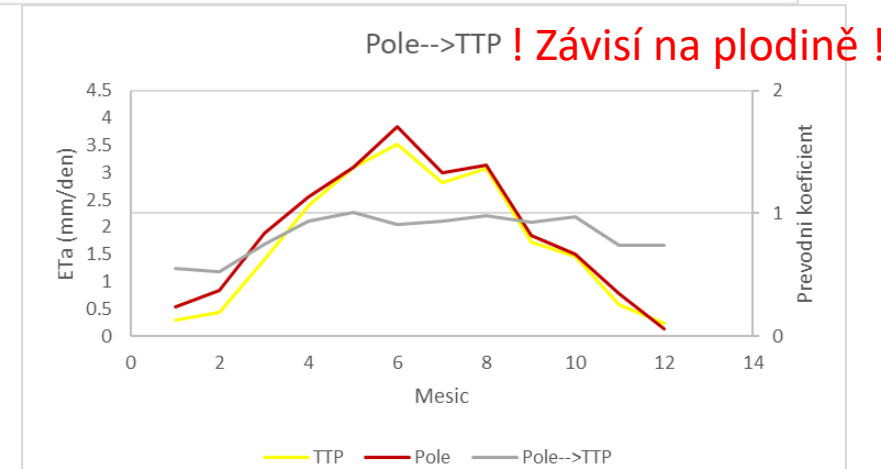
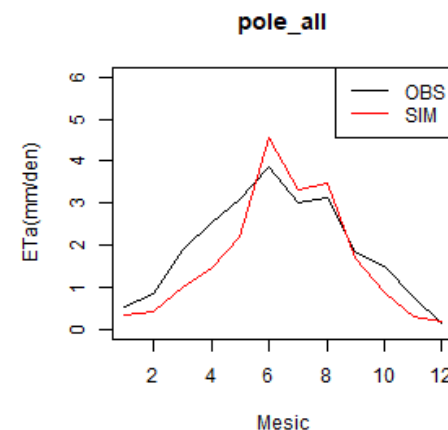
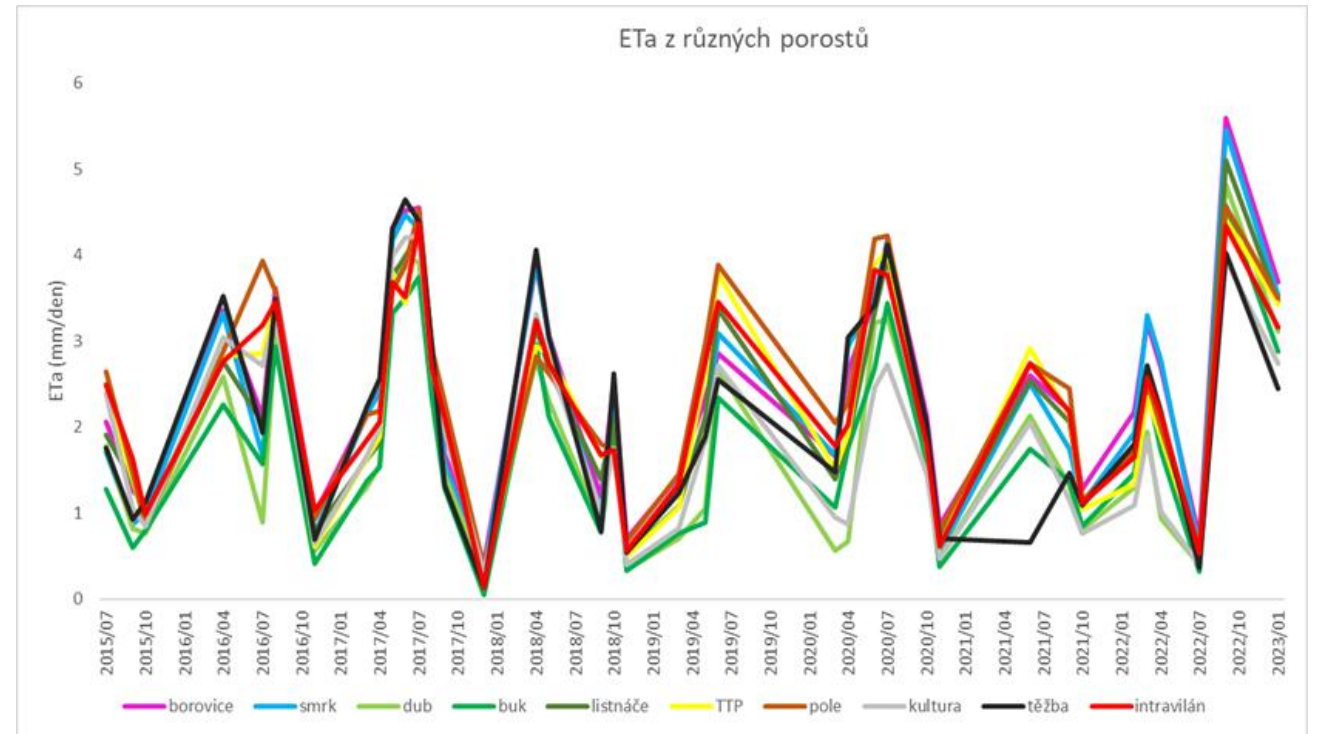
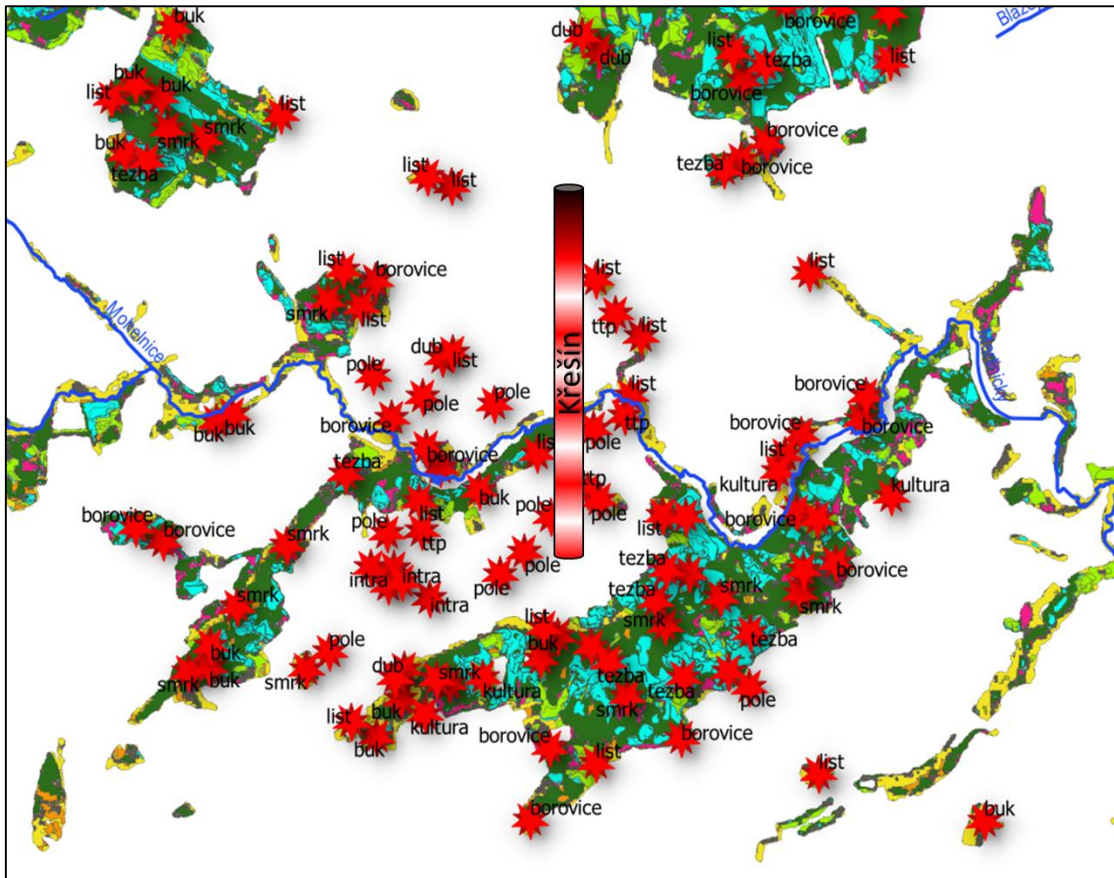


Dalečín (4420) - 2050 034_Adapt

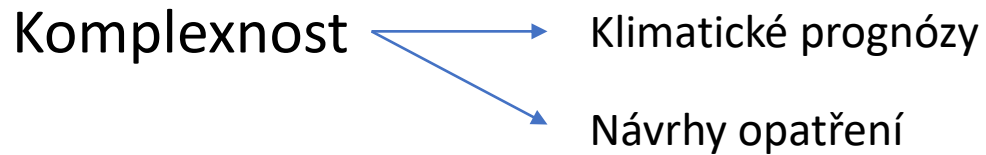


Verifikace – Měřená vs. Simulovaná evapotranspirace - probíhá

Snaha o pochopení prostorových vazeb ETa v okolí atmosférické věže Křešín



Digitální dvojče je technologie, která umožňuje komplexní posuzování opatření



Navržená opatření mohou vést k posílení základního odtoku

Věnujeme se verifikaci → jsou změny realistické?