

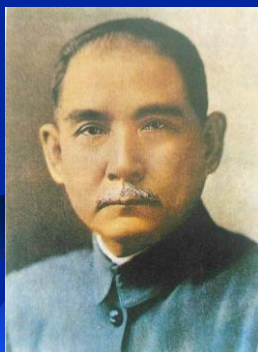
Hydrologické změny v povodí Lysina – monitoring a modelování

Pavel Krám^{1,2}, Anna Lamačová^{1,2} a Xuan Yu³

¹Česká geologická služba, Praha

²Ústav výzkumu globální změny, AV ČR, Brno

³Sunjatsenova univerzita, Kanton, Čína

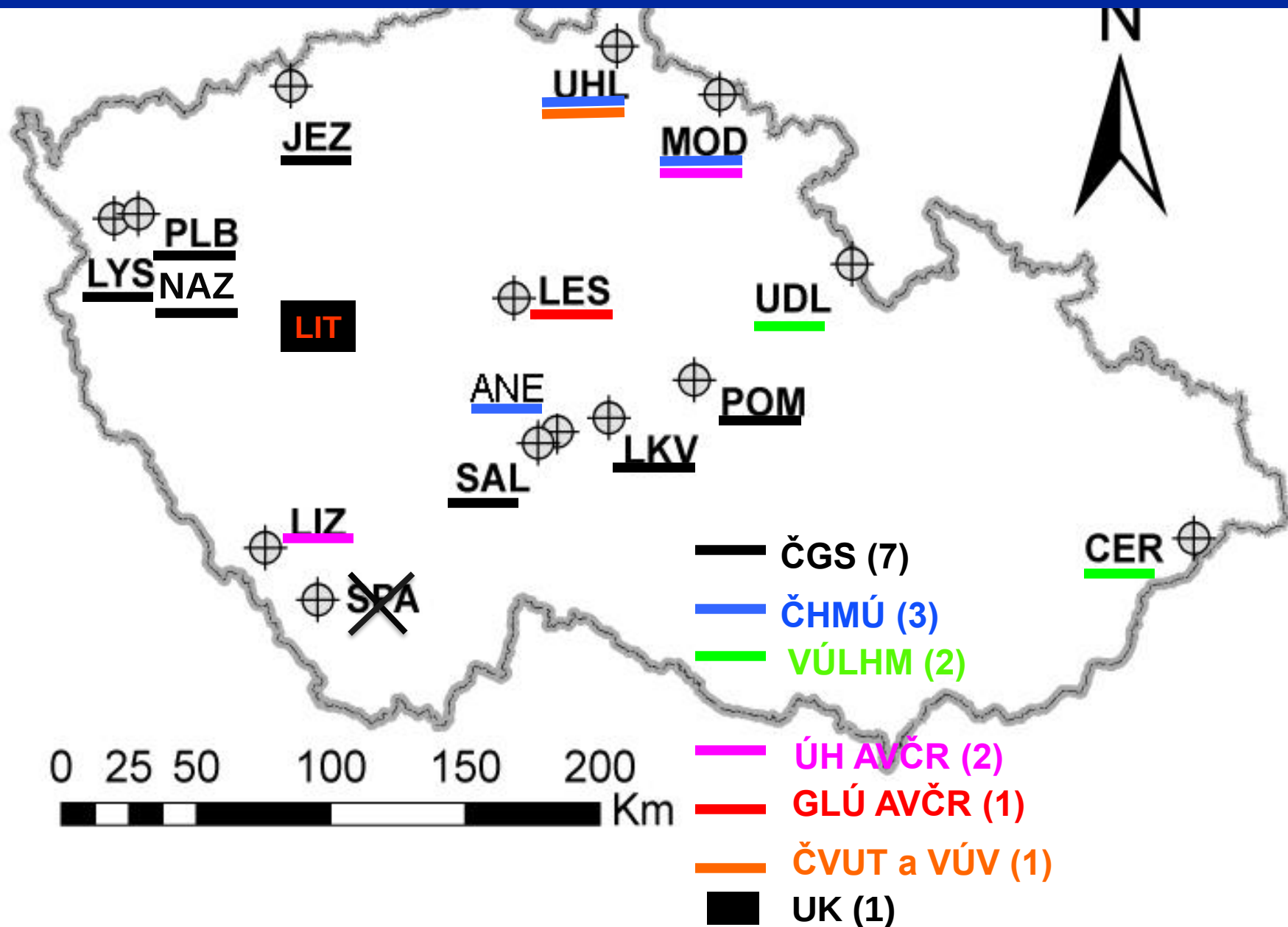


Nástin přednášky

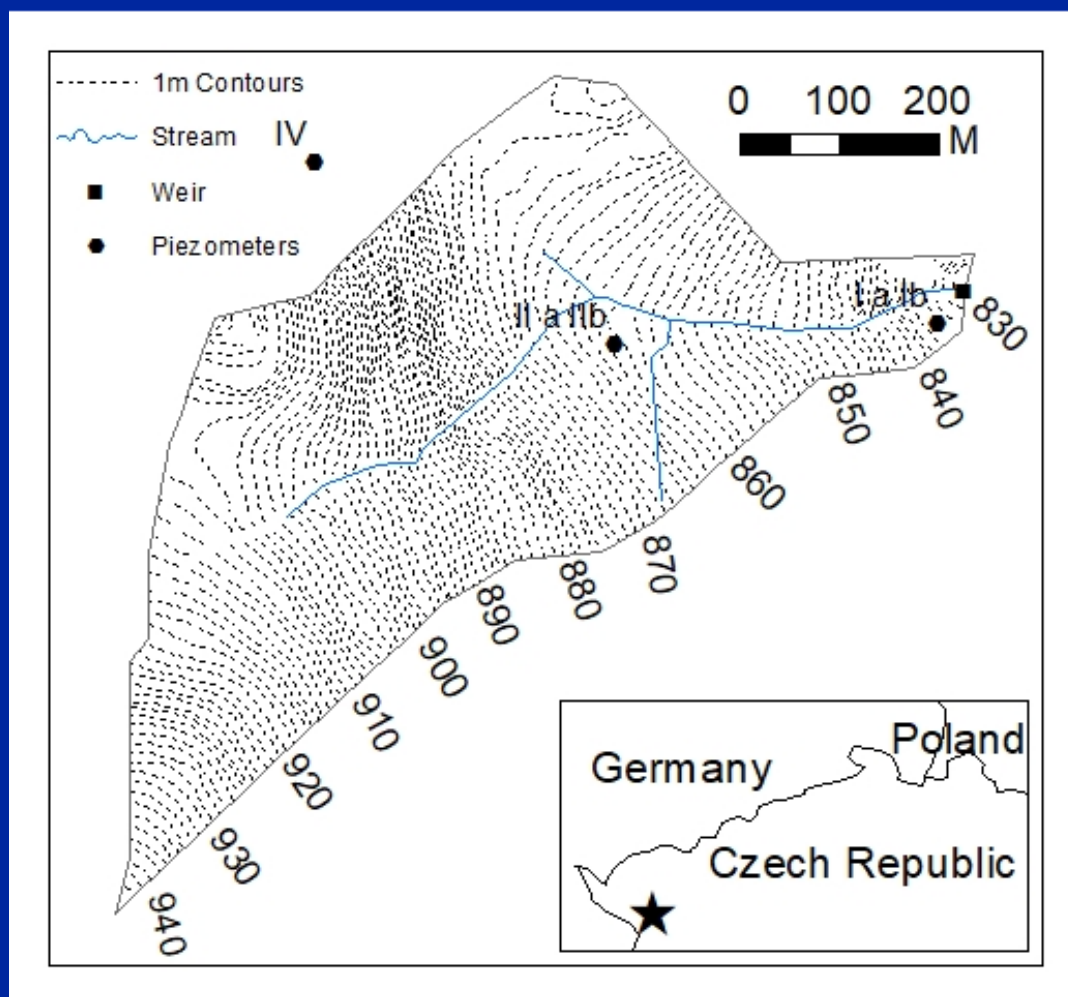
- Povodí Lysina v síti malých lesních povodí GEOMON
- Popis povodí
- Popisné hydrologické charakteristiky pozorovaného období 1990-2021
- Predikce klimatických a hydrologických poměrů na Lysině do konce století (2071-2100)

Institute provádějící výzkum v síti 15 lesních povodí GEOMON

(koordinace ČGS, Daniela Fottová 1994-2013, Filip Oulehle 2013-2022)



Mapa povodí Lysina v CHKO Slavkovský les



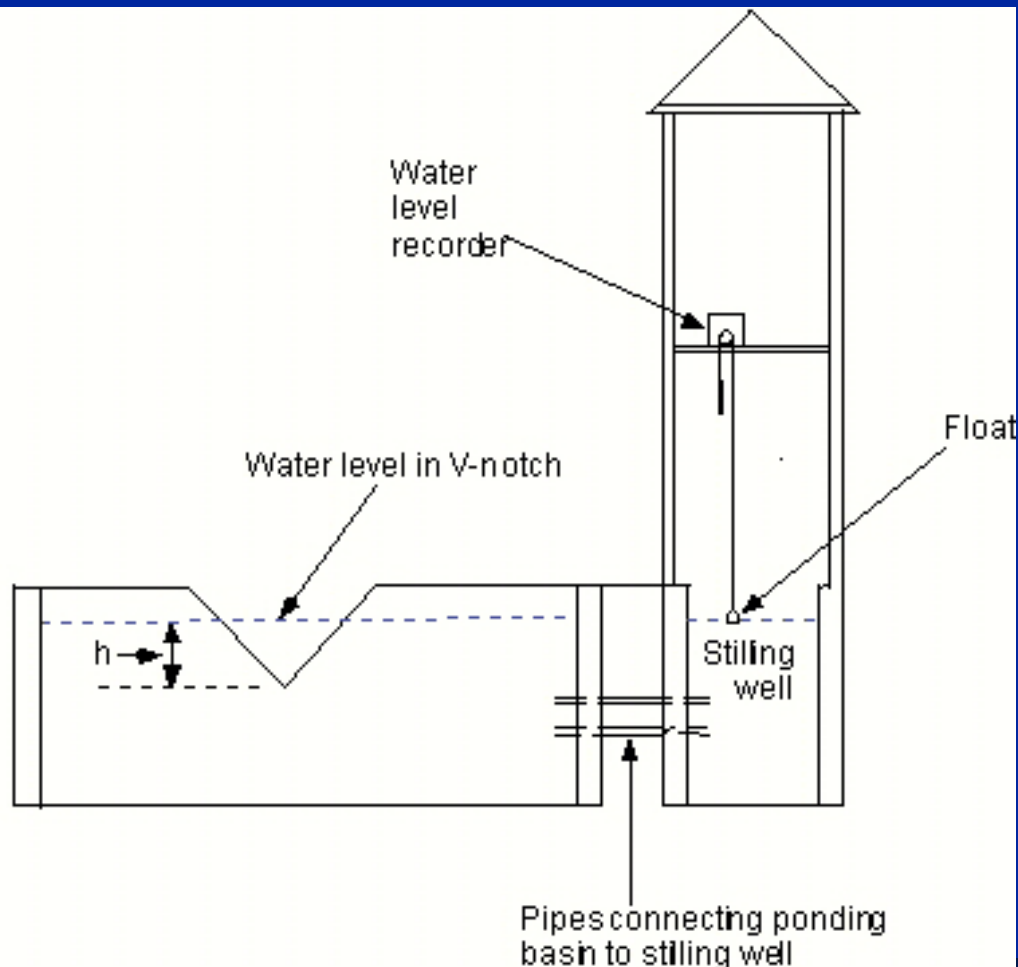
plocha 27,3 ha; nadmořská výška 829-949 m n.m.; smrky >99%

Lysina (monitoring listopad 1989-současnost, >32 let),
podzol modální s nízkou bazickou saturací na leukogranitu
s velmi nízkým obsahem Mg, monokultury *Picea abies*



Povrchová voda je velmi kyselá, s vysokou koncentrací rozpuštěného
organického uhlíku a dusíku (DOC a DON) a toxických forem hliníku (Al)

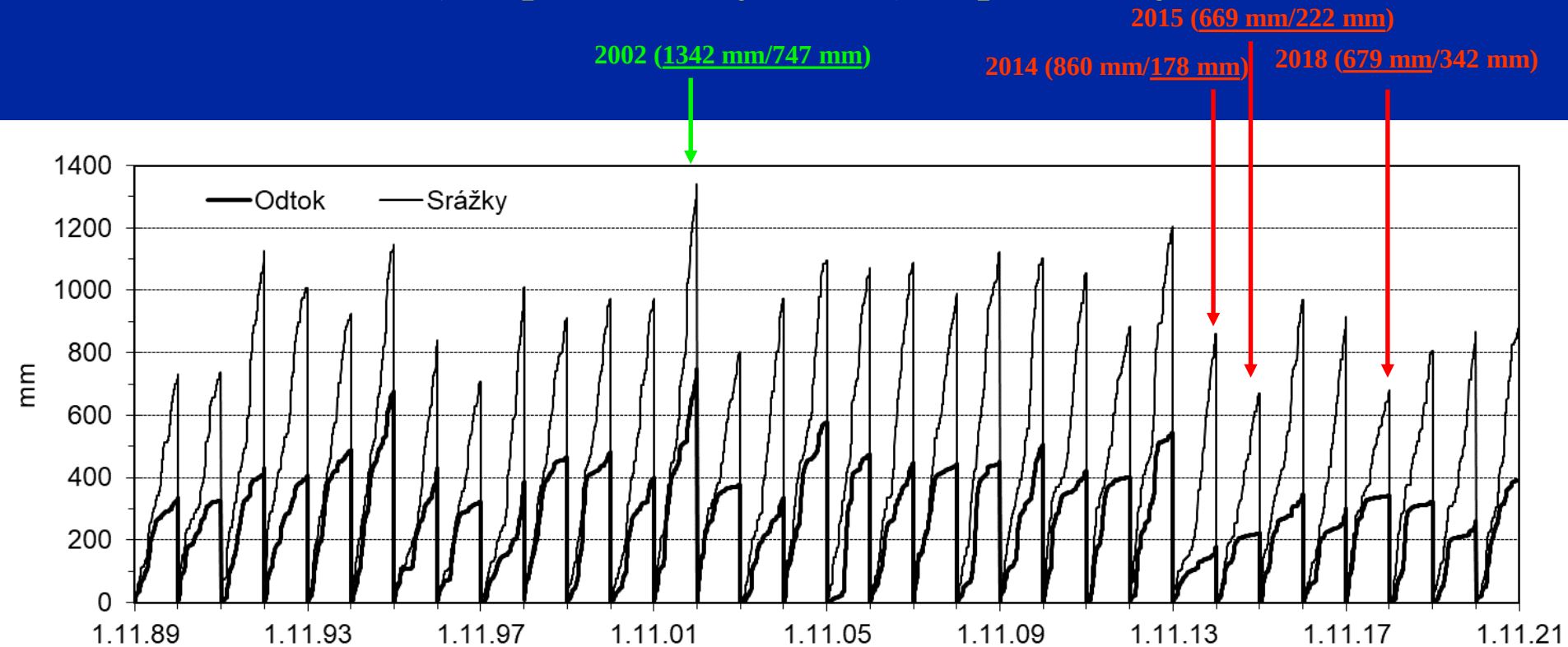
**Kontinuální měření povrchového odtoku z malých povodí:
klasický 90° ostrohranný měrný přeliv s plovákovým hladinoměrem
ve studni propojené potrubím s nádrží nad přelivem**



**Na povodí Lysina –
plovákový hladinoměr
Thalimedes (OTT) a
tlakový hladinoměr Fiedler s
dálkovým přenosem dat**

<http://www.hubbardbrook.org/>

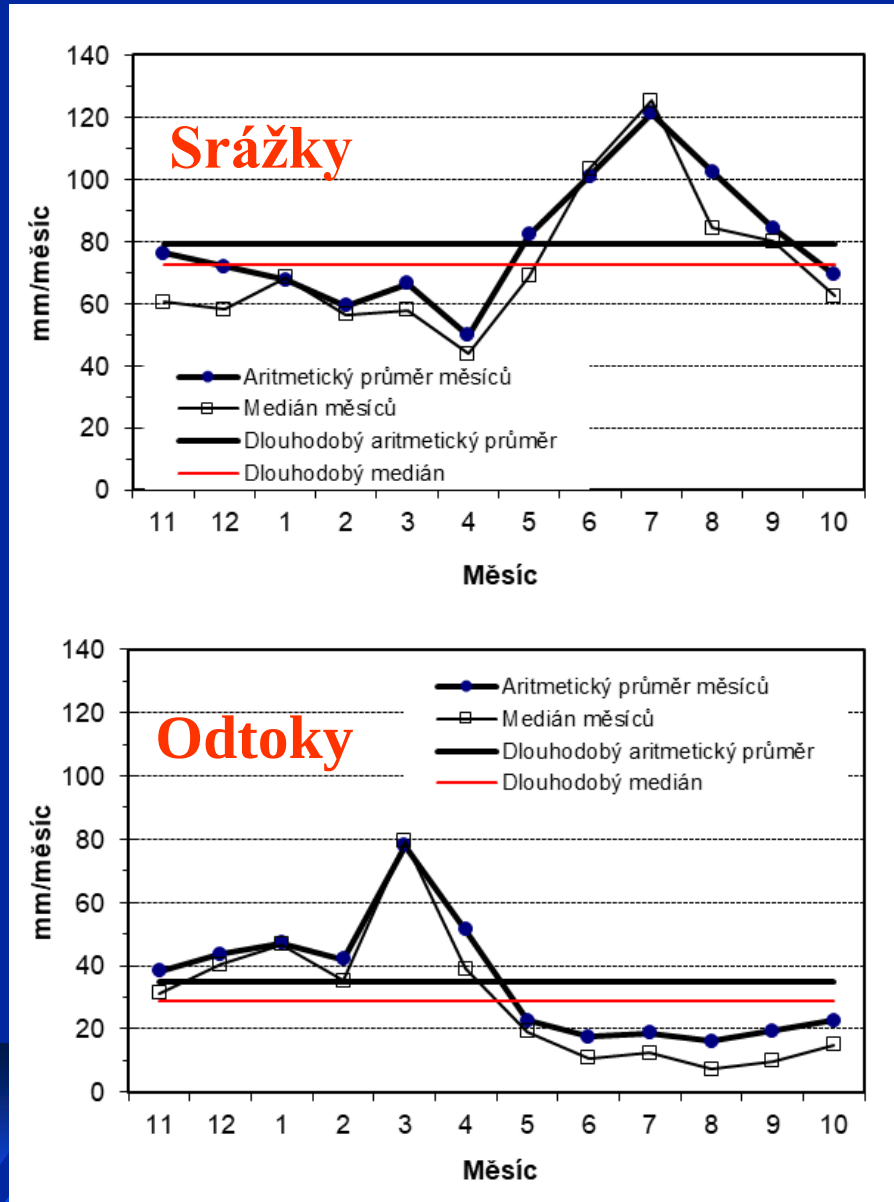
Kumulativní srážky a odtok v denním časovém kroku pro 32 hydrologických roků (listopad 1990-říjen 2021) na povodí Lysina



Průměry: srážky 953 mm yr⁻¹, odtok 414 mm yr⁻¹ (43% srážek), bilanční výpar 539 mm

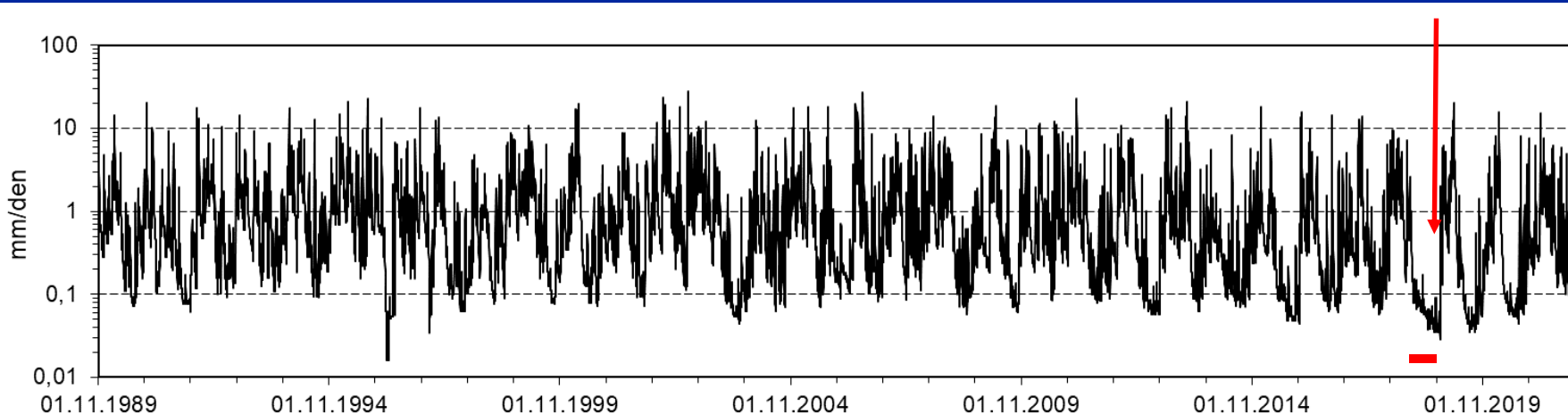
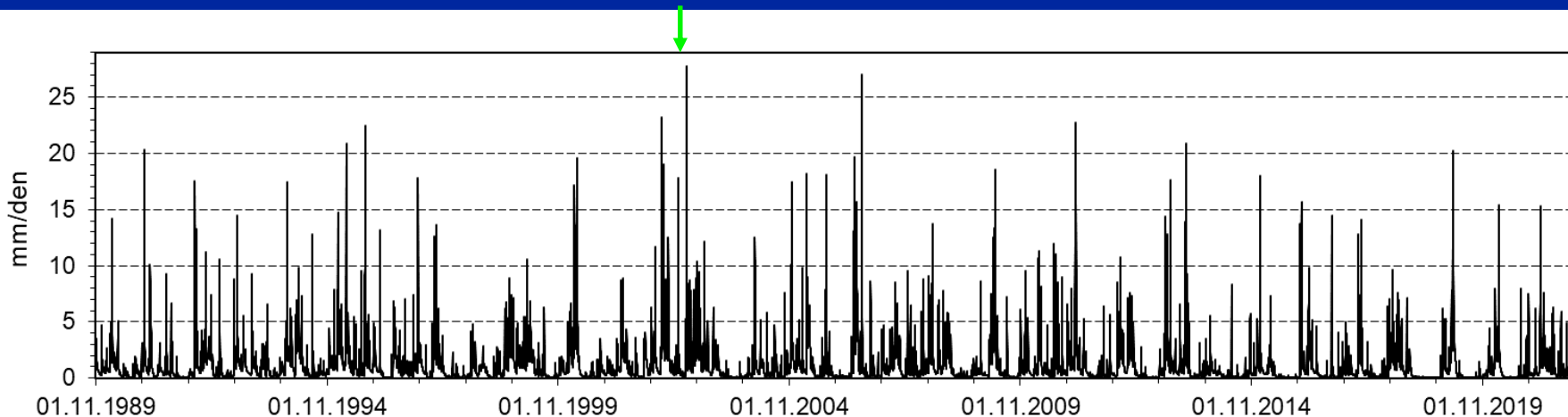
Průměr 5,8°C; statisticky významný vzrůst teplot o 0,39°C za 10 let (p<0,01)

Měsíční charakteristiky srážek a odtoků ve srovnání s dlouhodobými hodnotami na Lysině z hydrologických roků 1990-2021.



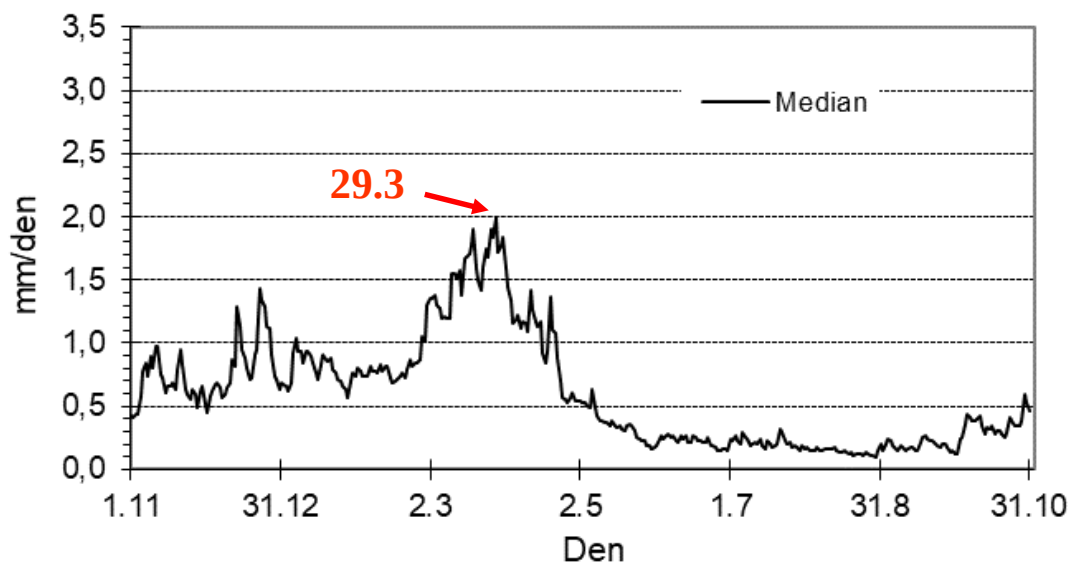
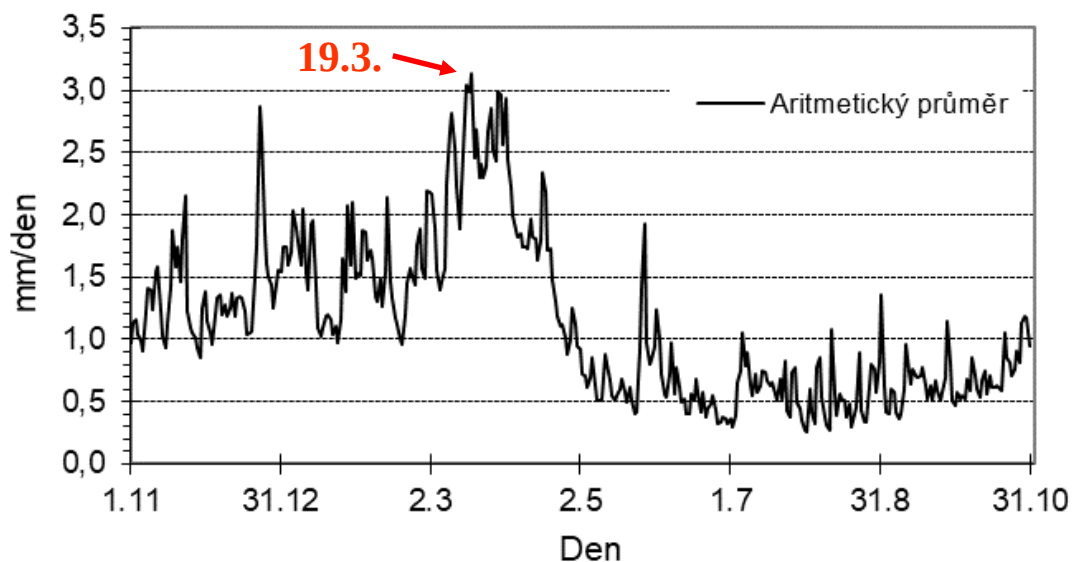
Denní průměrné odtoky zaznamenané v závěrovém profilu povodí Lysina během 32 hydrologických roků (1990-2021)

$Q_{d_{\max}}$ 12.8. 2002 27,7 mm den⁻¹ (88 l s⁻¹; 321 l s⁻¹ km⁻²)



$Q_{d_{\min}}$ PODZIM 2018

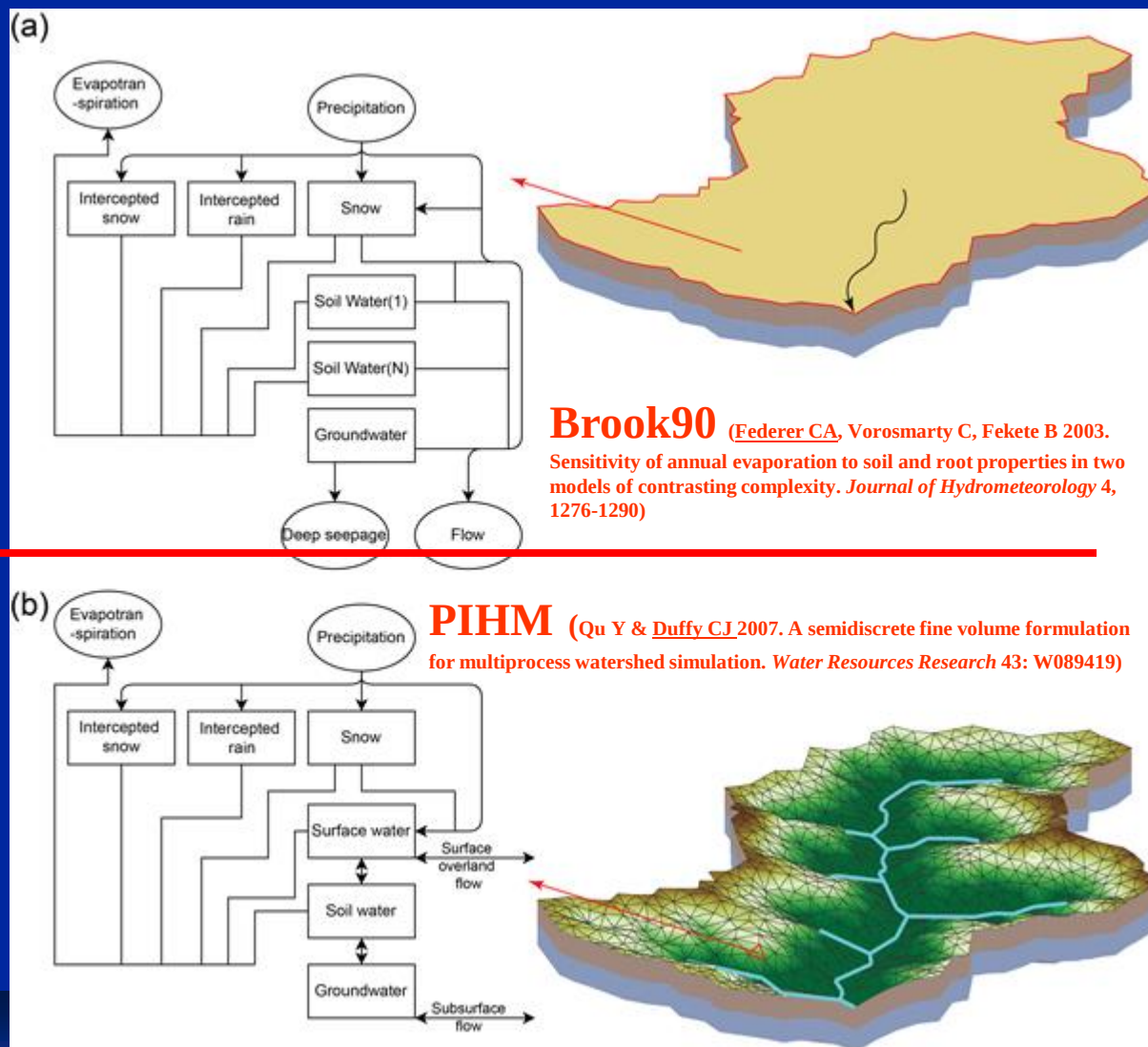
Aritmetické průměry a mediány denních odtoků pro období hydrologických roků 1990-2021 na Lysině



Modelovací publikace o hydrologii povodí Lysina

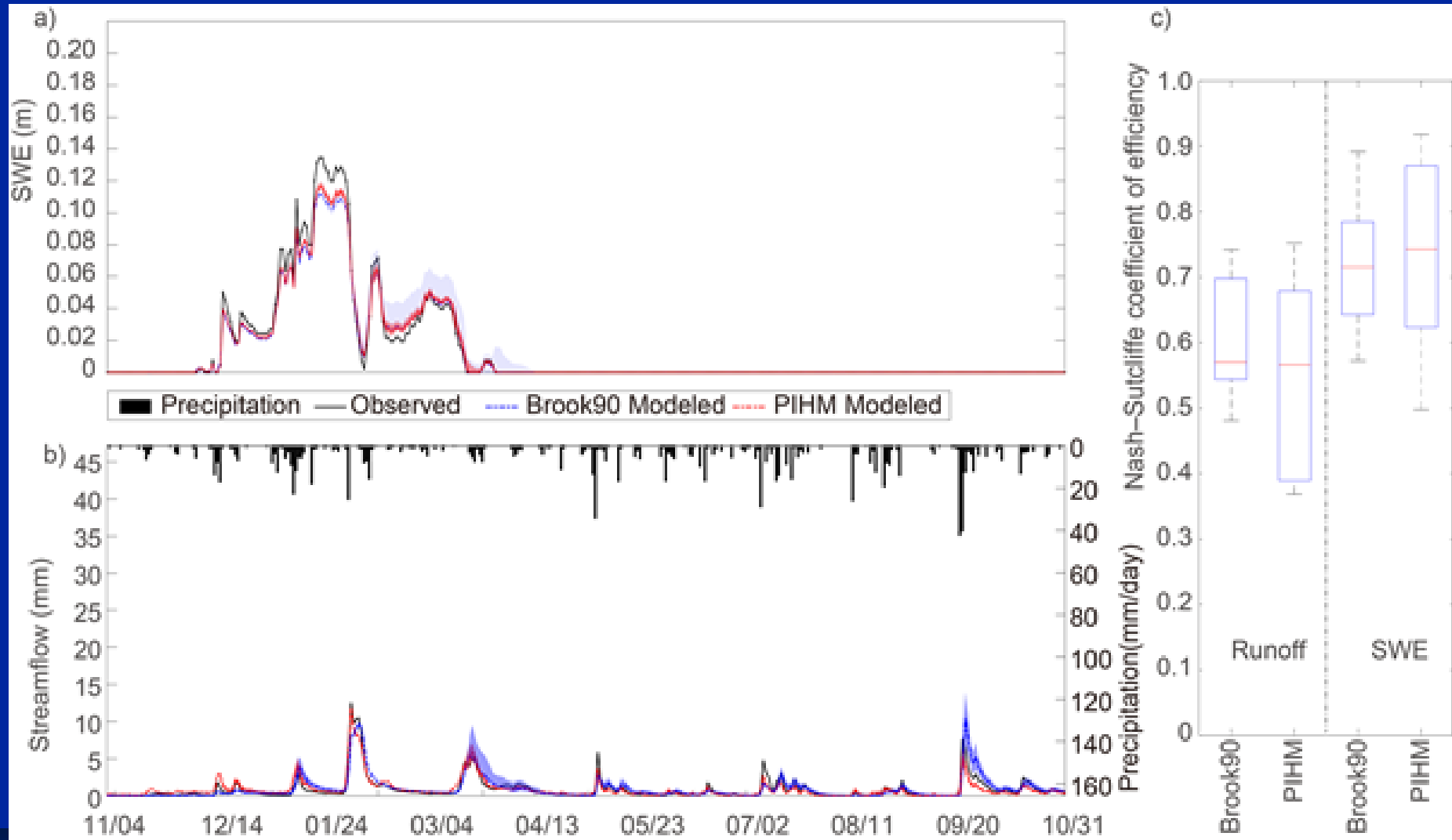
- Benčoková A., Krám P., Hruška J. **2011**. Future climate and changes in flow patterns in Czech headwater catchments. *Climate Research* 49: 1-15.
(model Brook90 na povodí LYS a PLB)
- Lamačová A., Hruška J., Krám P., Stuchlík E., Farda A., Chuman T., Fottová D. **2014**. Runoff trends analysis and future projections of hydrological patterns in small forested catchments. *Soil and Water Research* 9: 169-181
(model Brook90 na povodí sítě GEOMON)
- Yu X., Lamačová A., Duffy C., Krám P., Hruška J., White T., Bhatt G. **2015**. Modeling long term water yield effects of forest management in a Norway spruce forest. *Hydrological Sciences Journal* 60: 174-191.
(modely Brook90 a PIHM na povodí LYS)
- Yu X., Lamačová A., Duffy C., Krám P., Hruška J. **2016**. Hydrological model uncertainty to spatial evapotranspiration estimation method. *Computers and Geosciences* 90: 90-101.
(modely Brook90 a PIHM na povodí LYS)
- Zheng W., Lamačová A., Yu X., Krám P., Hruška J., Zahradníček P., Štěpánek P., Farda A. **2021**. Assess hydrological responses to a warming climate at the Lysina Critical Zone Observatory in Central Europe. *Hydrological Processes* 35: e14281, 1-17.
(modely Brook90 a PIHM na povodí LYS)

Hydrologické procesy řešené celistvým (lumped) modelem Brook90 a distribuovaným modelem PIHM (Penn State Integrated Hydrological Model)



Simulace odtoku a vodního ekvivalentu sněhu (SWE) na povodí Lysina v kalibračním roce 2004

Krabicové grafy ukazují variabilitu NSE (Nash-Sutcliffůva koeficientu efektivity) pro každý rok v období 1990-2019.



Zheng, Lamačová, Yu, Krám, Hruška, Zahradníček, Štěpánek, Farda (2021)

Validace hydrologických parametrů na povodí Lysina

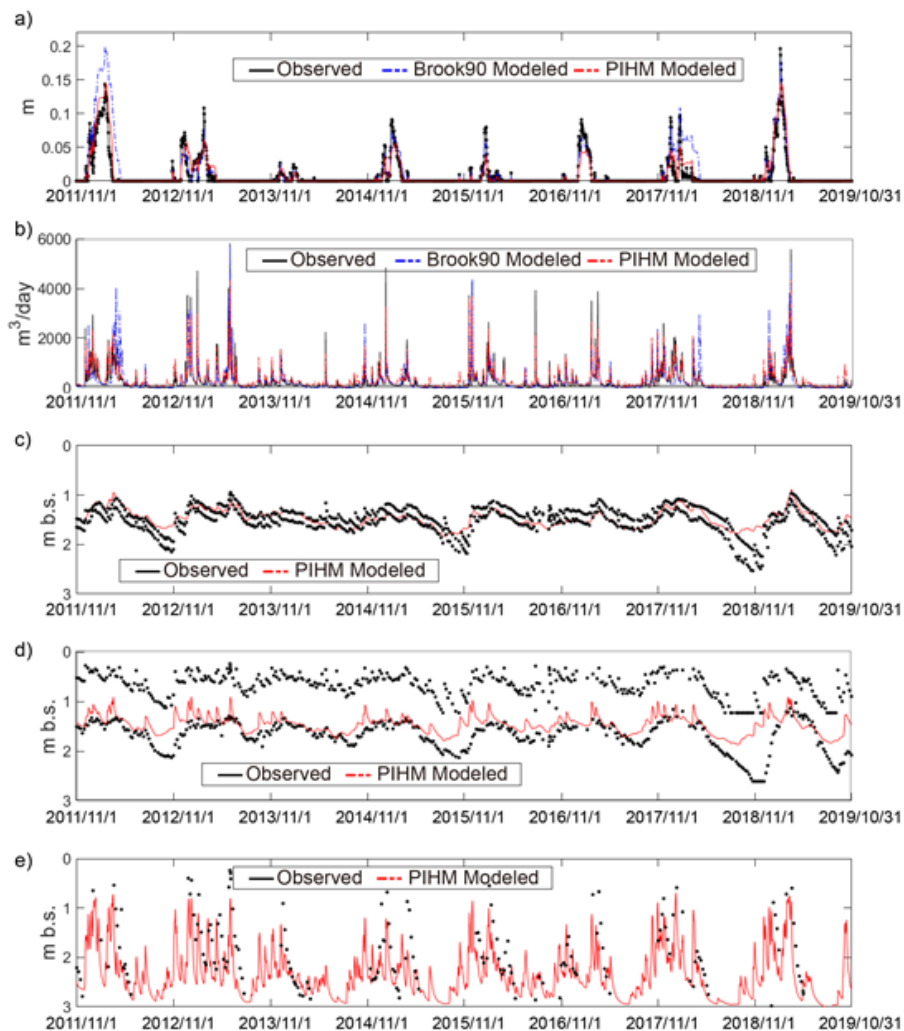
Vodní hodnota sněhu (SWE)

Povrchový odtok

Hladina podzemní vody (piezometry Ia, Ib)

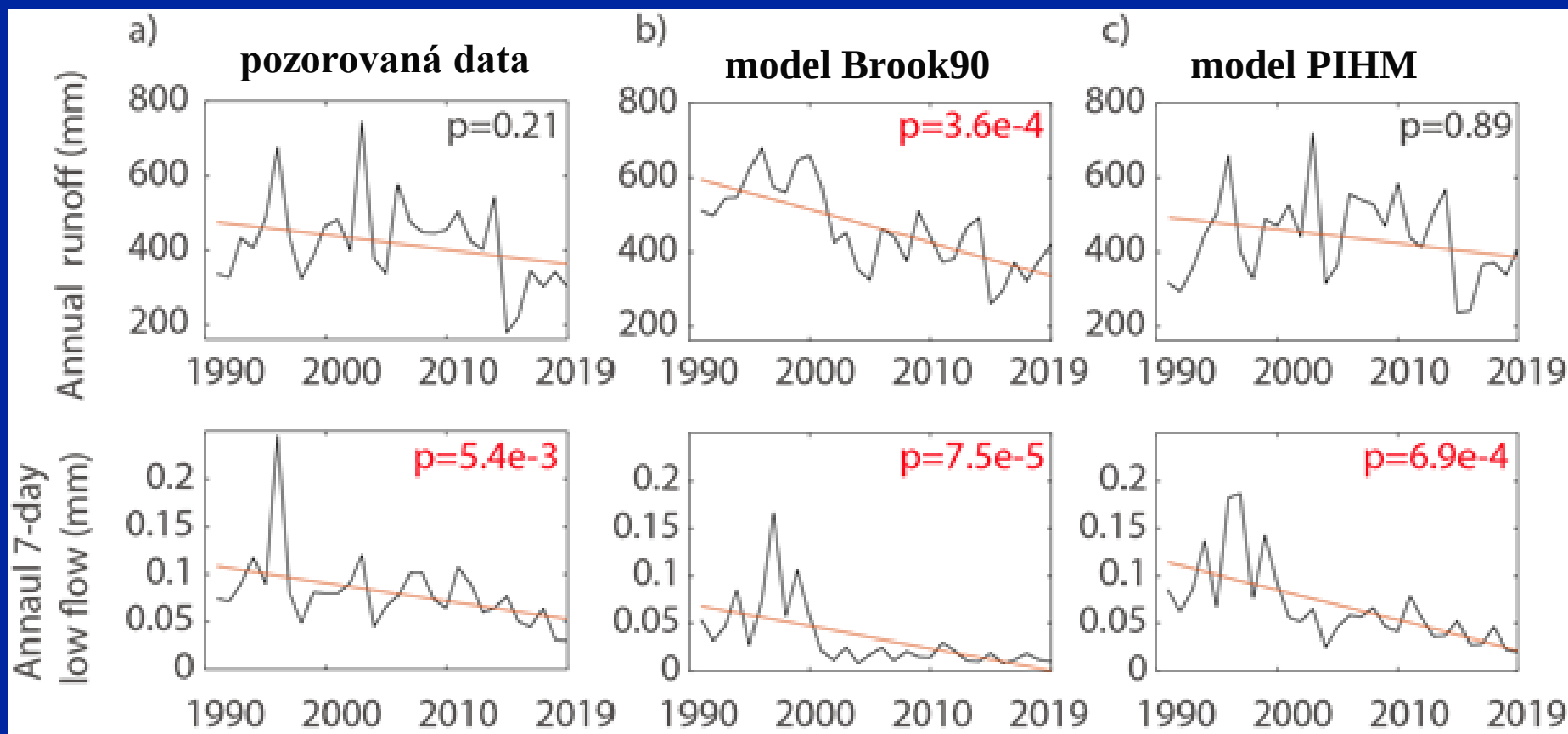
Hladina podzemní vody (piezometry Iia, Iib)

Hladina podzemní vody (piezometr IV)



Trendy povrchového odtoku na povodí Lysina (celkový roční odtok a minimální sedmidenní roční odtok)

p-hodnota (hladina významnosti) byla počítána Mann-Kendallovým testem: (p červeně jsou statisticky významné)



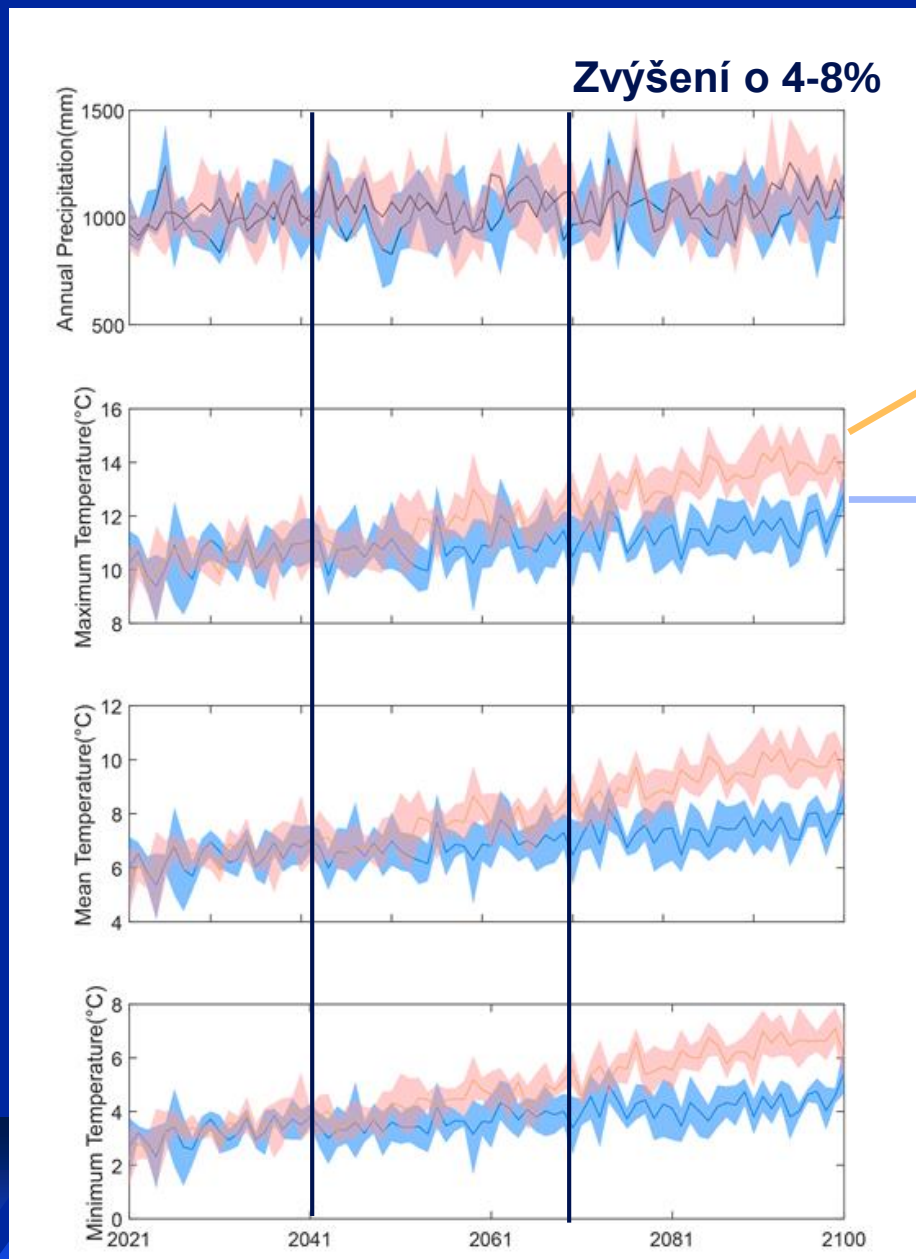
Předpověď budoucích srážek a teplot podle dvou klimatických scénářů (2021-2100)

Roční srážky

Maximální teplota

Průměrná teplota

Minimální teplota



**Regionální
klimatický
model
CORDEX:**

**Nejpesimističtější
scénář RCP 8.5**

**Středně optimistický
scénář RCP 4.5**

Zvýšení o:

3.5°C

1.5°C

Modelovaná hydrologická odezva na globální změny klimatu pro povodí Lysina

Model Brook90:

Model PIHM:

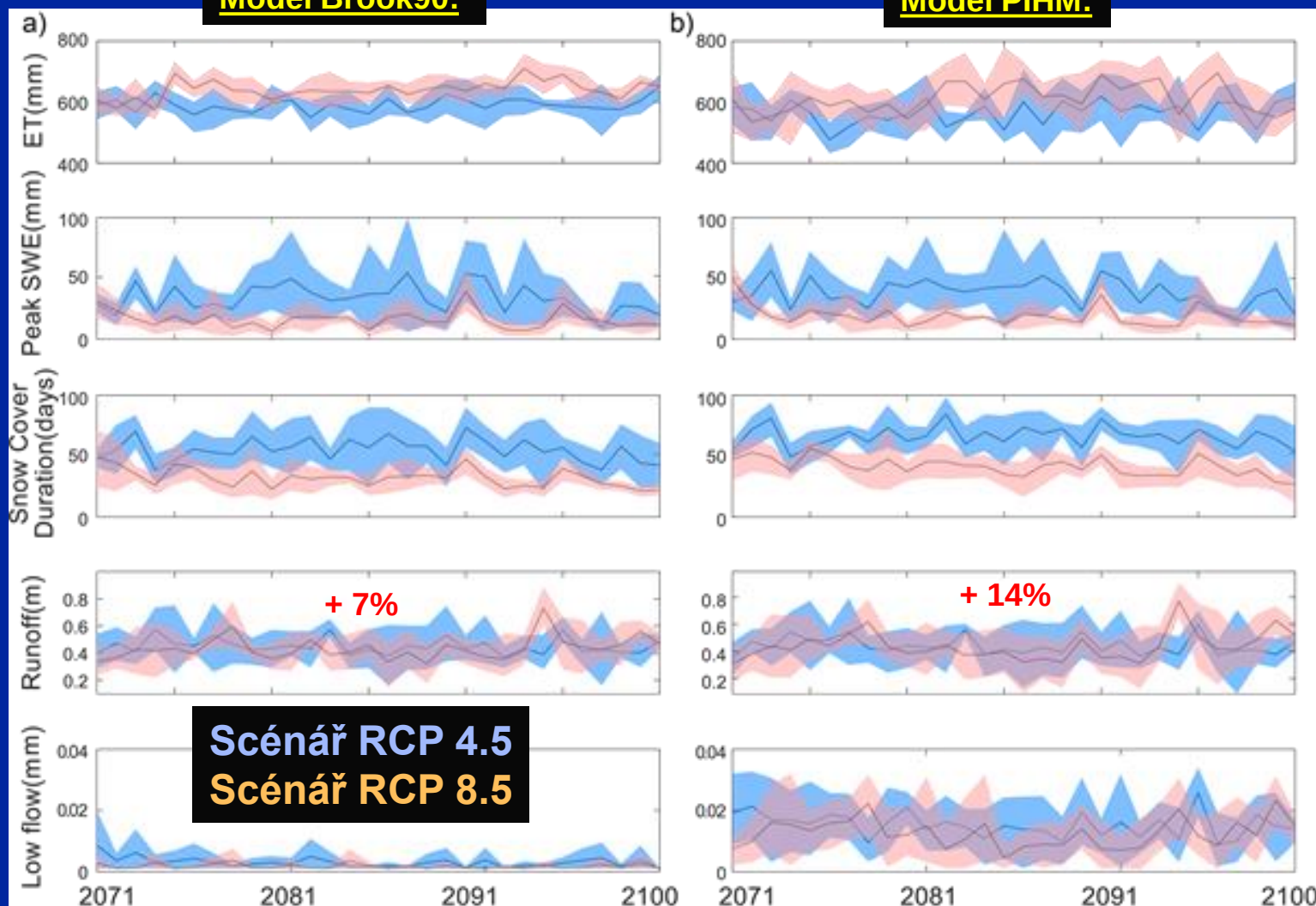
Evapotranspirace

Nejvyšší vodní
Hodnota sněhu

Trvání sněhové
pokrývky

Celkový odtok

Nízký odtok



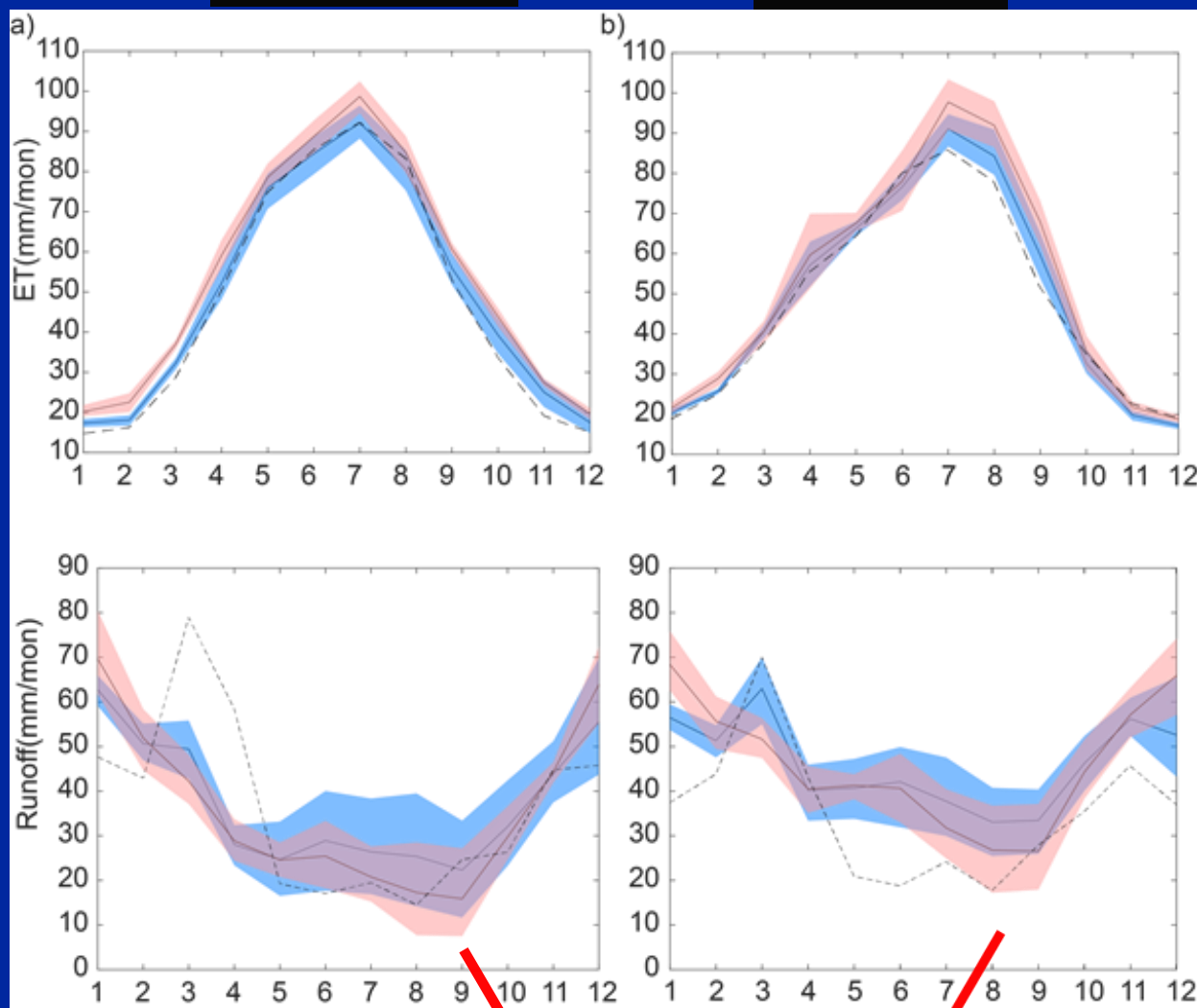
Zheng, Lamačová, Yu, Krám, Hruška, Zahradníček, Štěpánek, Farda (2021)

Předpověď měsíční evapotranspirace a odtoku pro povodí Lysina v letech 2071-2100

Model Brook90:

Model PIHM:

Evapotranspirace



Zheng, Lamačová, Yu, Krám, Pruška, Zahradníček, Štěpánek, Farja (2021)

Nízký letní odtok

Závěry

- Klimatické a hydrologické poměry na povodí Lysina se v období 32 monitorovaných let (1990-2021) vyznačují významným nárůstem teplot vzduchu, nevýznamnými změnami ročních úhrnů srážek a mírným poklesem ročních odtoků, způsobeným vzrůstem výparu.
- Klimatický model CORDEX předpovídá v nejpesimističtější scénáři RCP 8.5 pro období 2071-2100 ve zkoumaném povodí velký nárůst průměrných teplot (o $3,5^{\circ}\text{C}$), ale zároveň i vyšší roční úhrny srážek. To podle hydrologických modelů Brook90 a PIHM způsobí nárůst ročních průměrných odtoků, tvořených ale hlavně ve třech zimních měsících. Předpovídá se přesun nejvyšších odtoků z března do ledna a zároveň výrazná letní období sucha s velmi nízkými průtoky.