

Modelování proudění podzemní vody v oblasti severočeské křídý

(problematika převodu konceptuálního modelu proudění do matematického modelu)

Ing. Jan Uhlík Ph.D.
RNDr. Martin Milický

PROGEO s.r.o.

Témata prezentace:

- Vybrané informace k projektu, jeho cíle
- Vybrané informace zájmového území,
- Přístupy k simulaci proudění podzemní vody v okolí zlomů,
- Možnosti kalibrace modelu proudění podzemní vody,
- Rekapitulace – závěr,

Optimalizace využití a ochrany termálních vod benešovsko-ústeckého zvodněného systému

*Realizované práce jsou součástí úkolu hrazeného GA ČR
v rámci projektu č. 205/07/0691.*

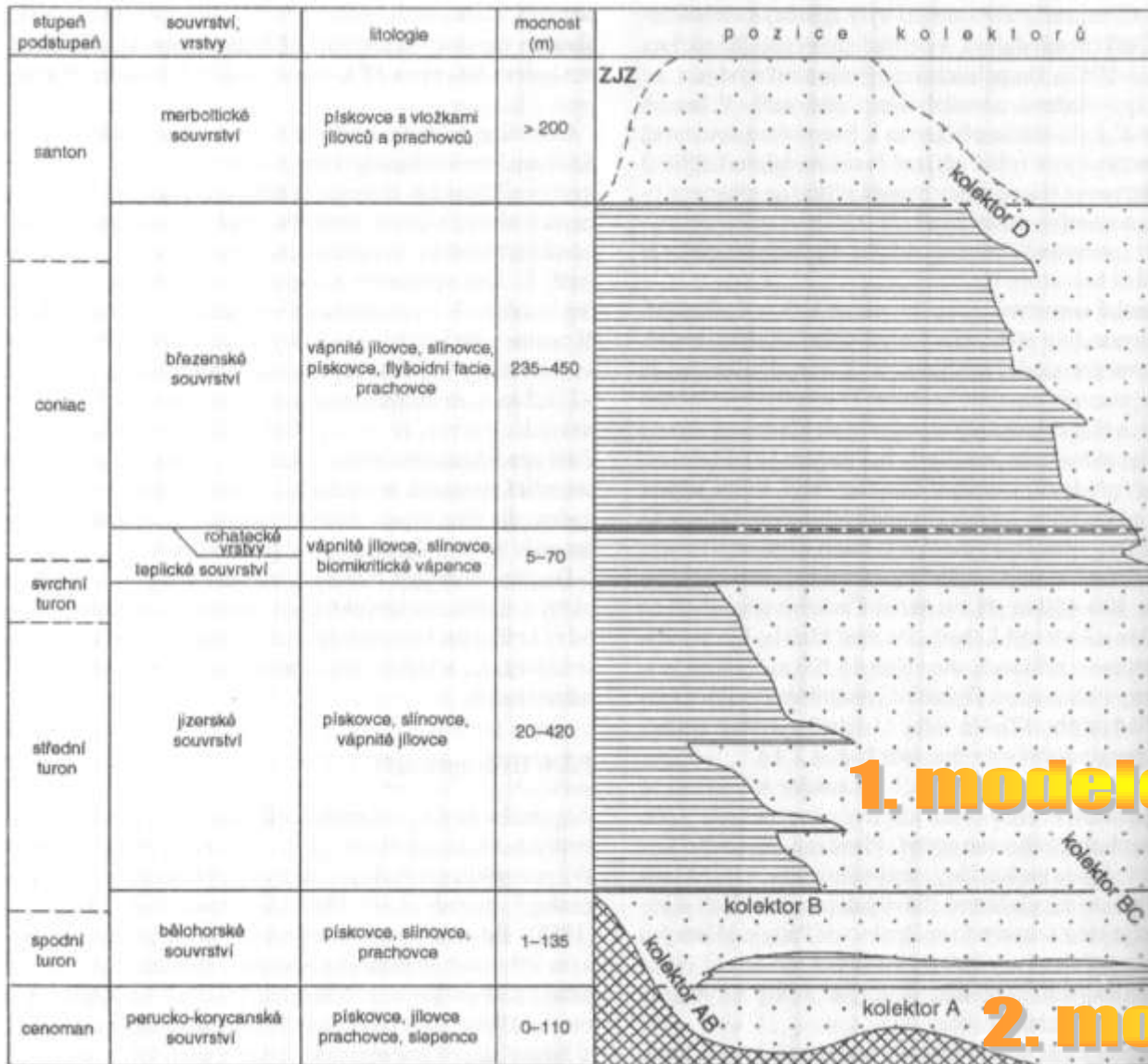
Cíle matematického modelování:

- bilanční posouzení struktury (kvantifikace velikosti proudu podzemní vody),
- bilanční posouzení tepelného toku,
- zhodnocení míry ovlivnění přirozených poměrů:

- proudění podzemní vody,
- tepelného toku,

antropogenní činností (vrtnými pracemi).

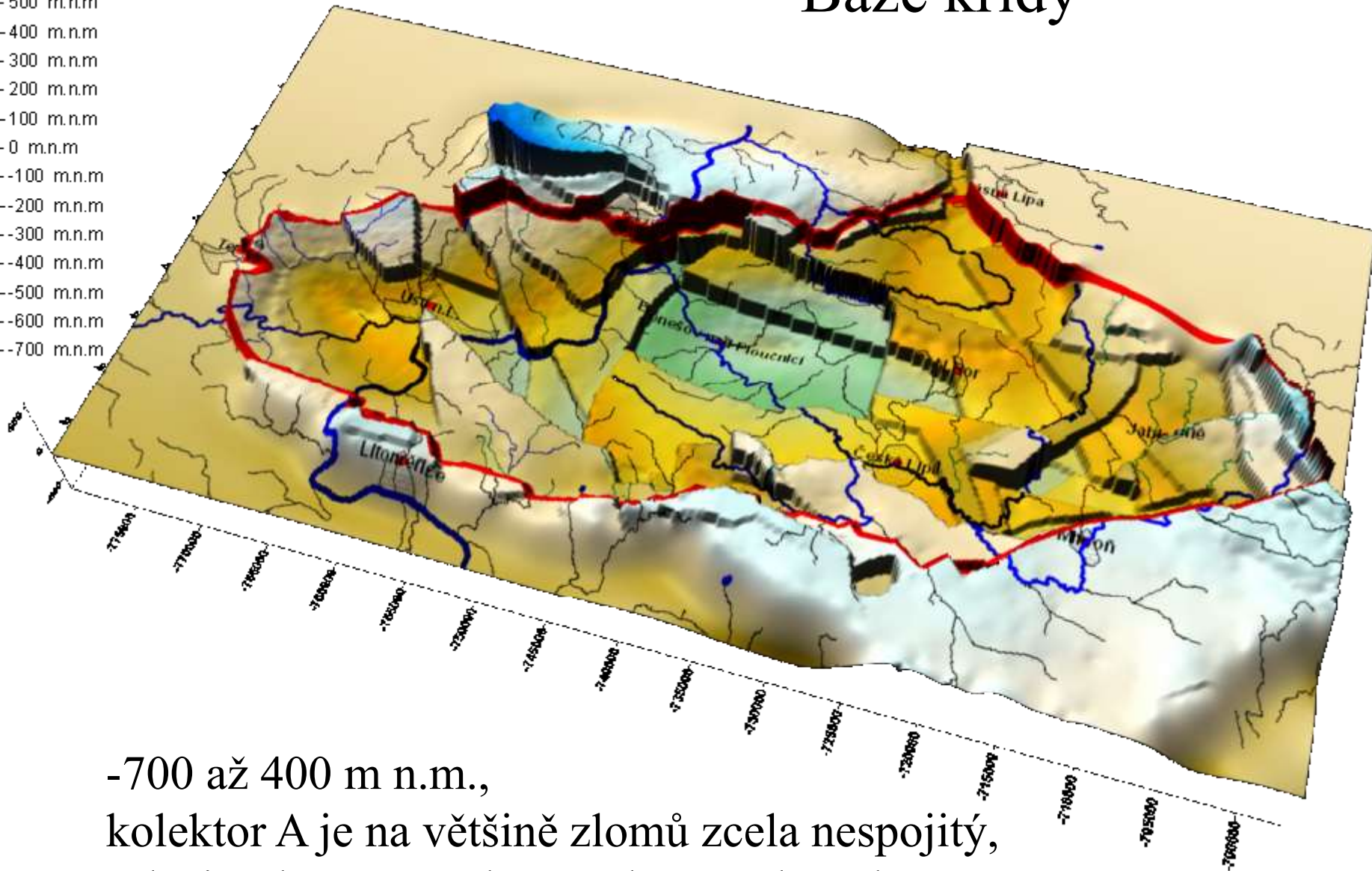
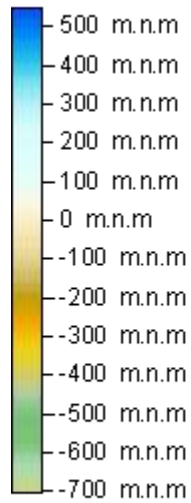
Geologické schéma



1. modelová vrstva

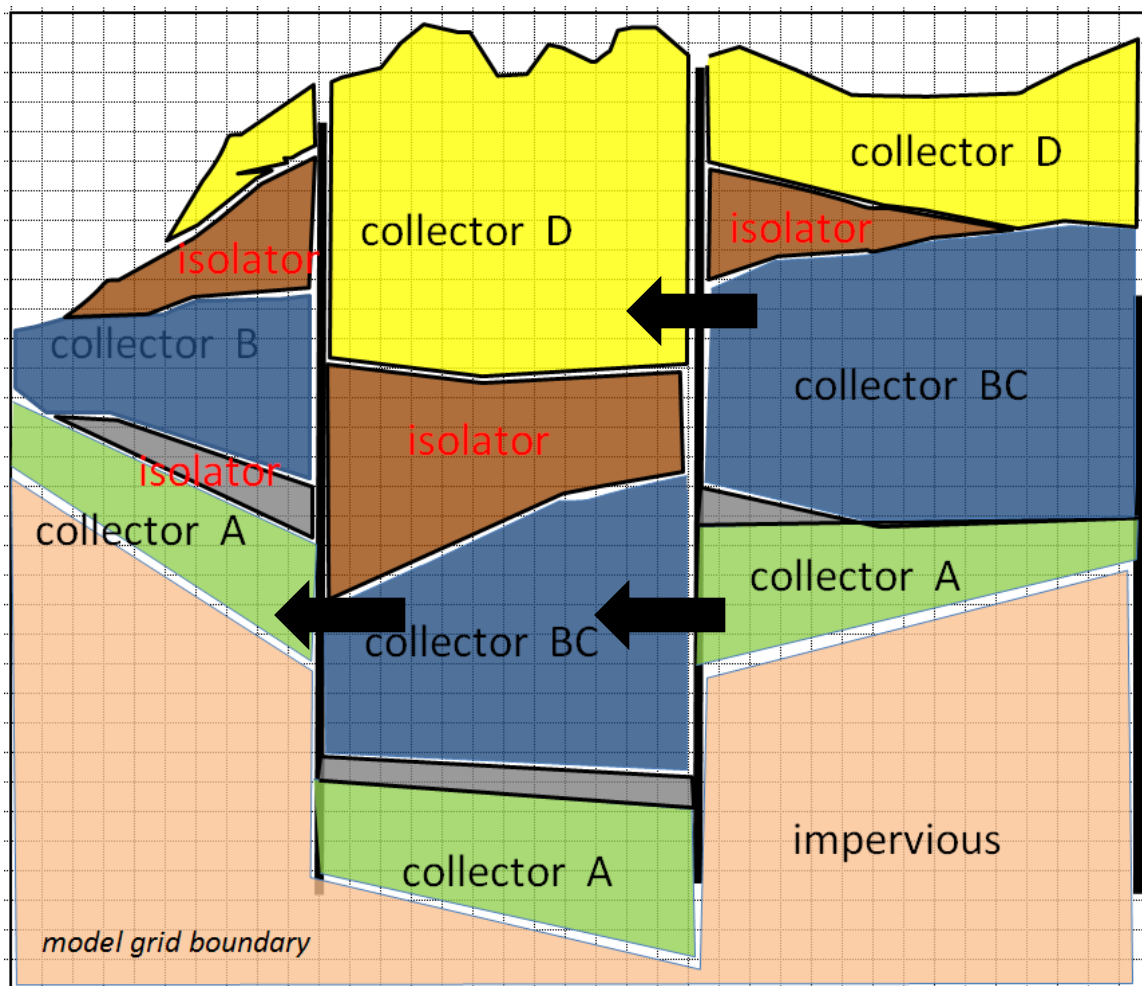
2. modelová vrstva

Báze křídý



-700 až 400 m n.m.,
kolektor A je na většině zlomů zcela nespojitý,
Jak simulovat proudění podzemních vod v systému?

Schéma kerné stavby

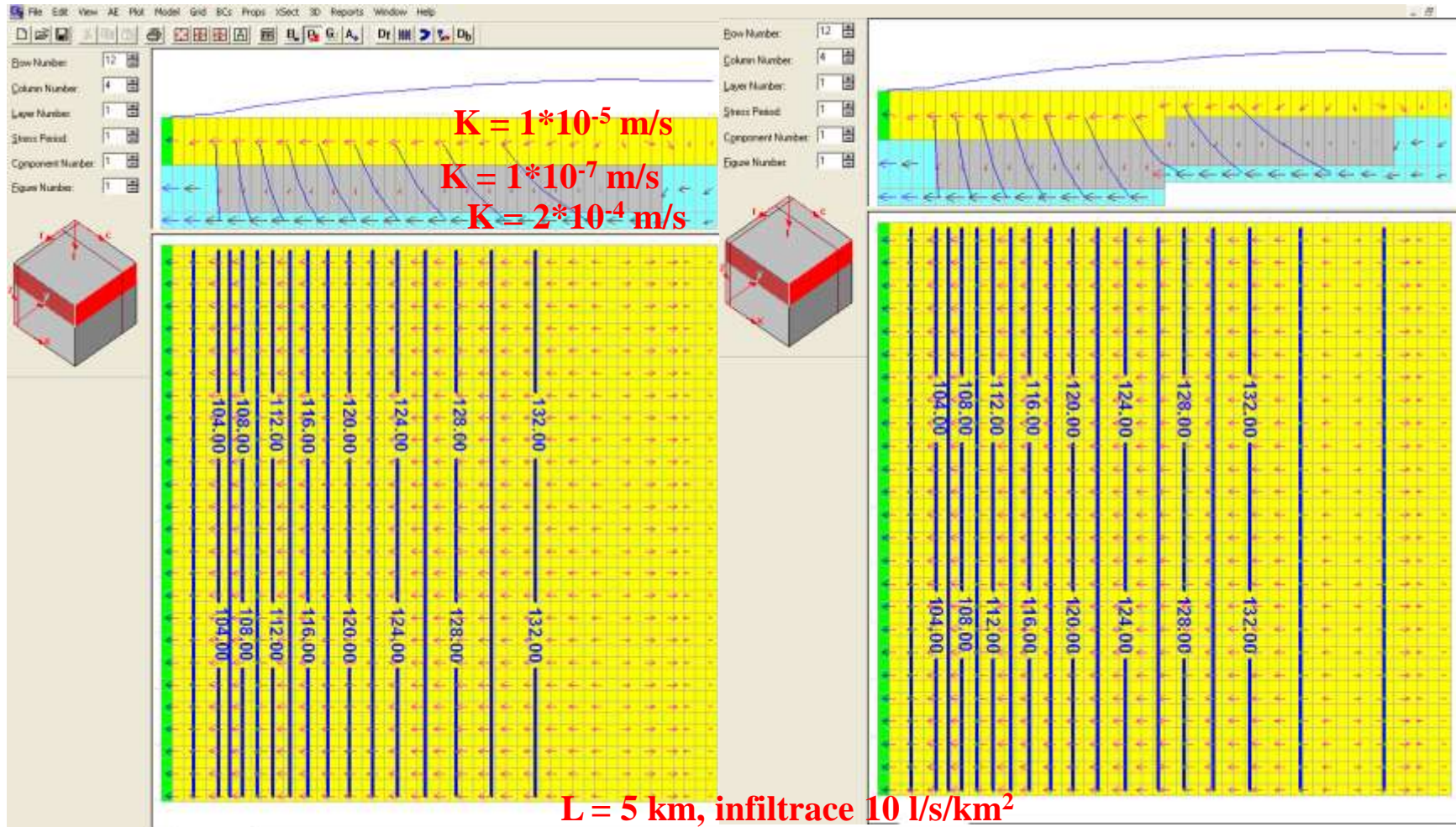


dochází k četným nasunutím kolektoru A proti kolektoru BC, stavba zájmového území umožňuje horizontální přetékání podzemní vody mezi různými kolektory

Vertikální diskretizace prostoru s kernou stavbou

- A. „klasický“ přístup s modelovými vrstvami odpovídajícími průběhu kolektorů a izolátorů (není realistický),
- B. modifikovaný „klasický“ přístup = kolektory, izolátory + úpravy vodivostí v okolí zlomů,
- C. průmět hydraulických vodivostí na modelovou výpočetní síť, která je nezávislá na litologii zájmového území

Ad A) klasický“ přístup s modelovými vrstvami odpovídajícími průběhu kolektorů a izolátorů



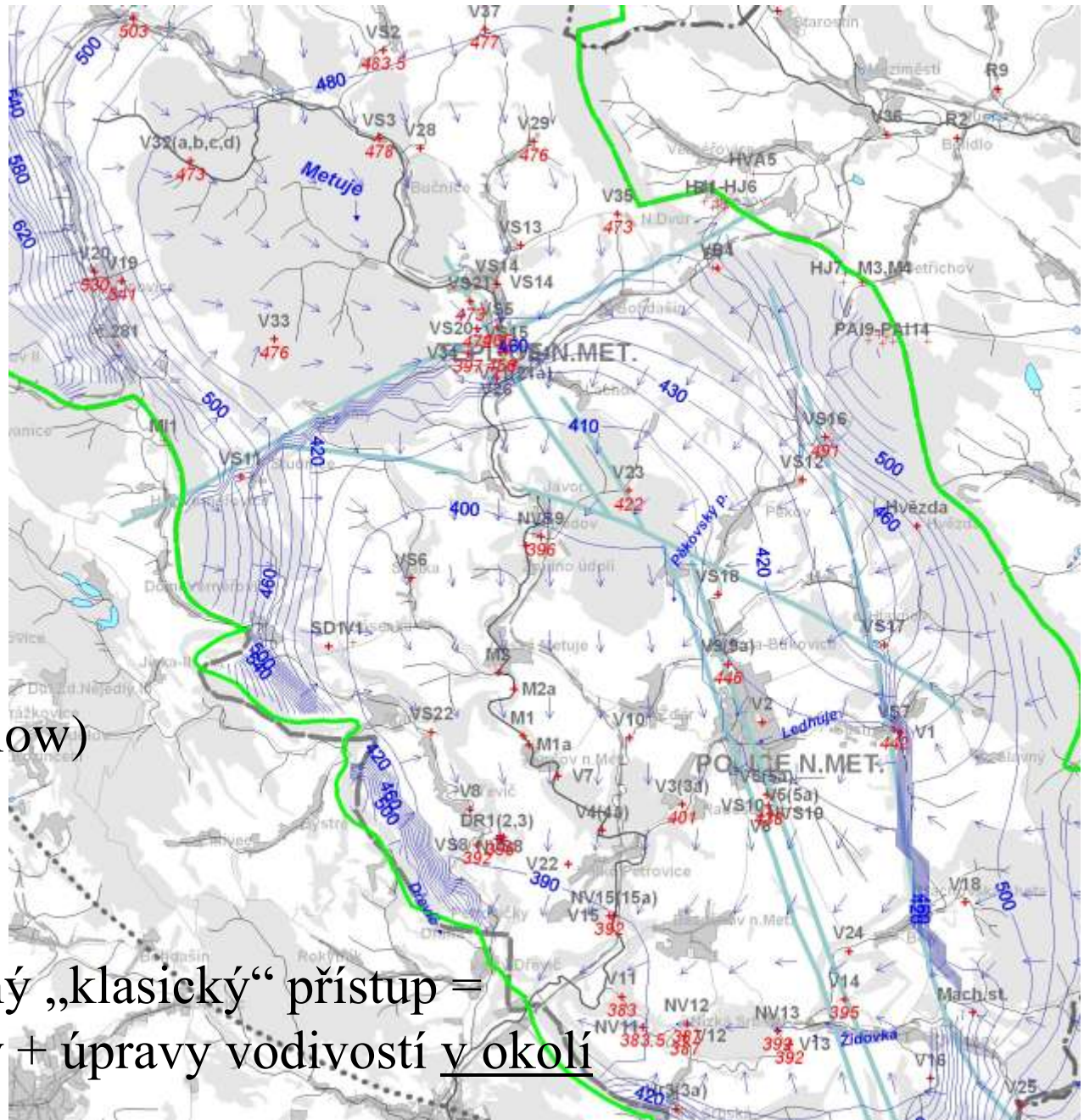
Obdobné tlakové poměry proudění, téměř shodné velikosti proudu podzemní vody

Ad A) klasický“ přístup s modelovými vrstvami odpovídajícími průběhu kolektorů a izolátorů - dílčí závěry

- I přes odpovídající popis geometrie kolektorů (nespojité bazální kolektor) model interpretuje proudění bez přítomnosti zlomu,
- „Klasický“ přístup diskretizace v oblastech s dominantní kernou stavbou nemůže postihnout:
 - ani proudění podzemní vody,
 - ani transportní proces kontaminantu / tepla,
- Modelář je nadále zodpovědný za vhodnou diskretizaci prostoru oběhu podzemní vody,
- Modelové vrstvy musí být průběžné, „automatizovaný“ přístup pro zadání hydraulických vodivostí v programu MODFLOW poskytuje modul HUF,
- Na rozdíl od modulů BCF a LPF jsou hydraulické vlastnosti modelu zadány pomocí popisu hydrogeologických jednotek,

Polická pánev

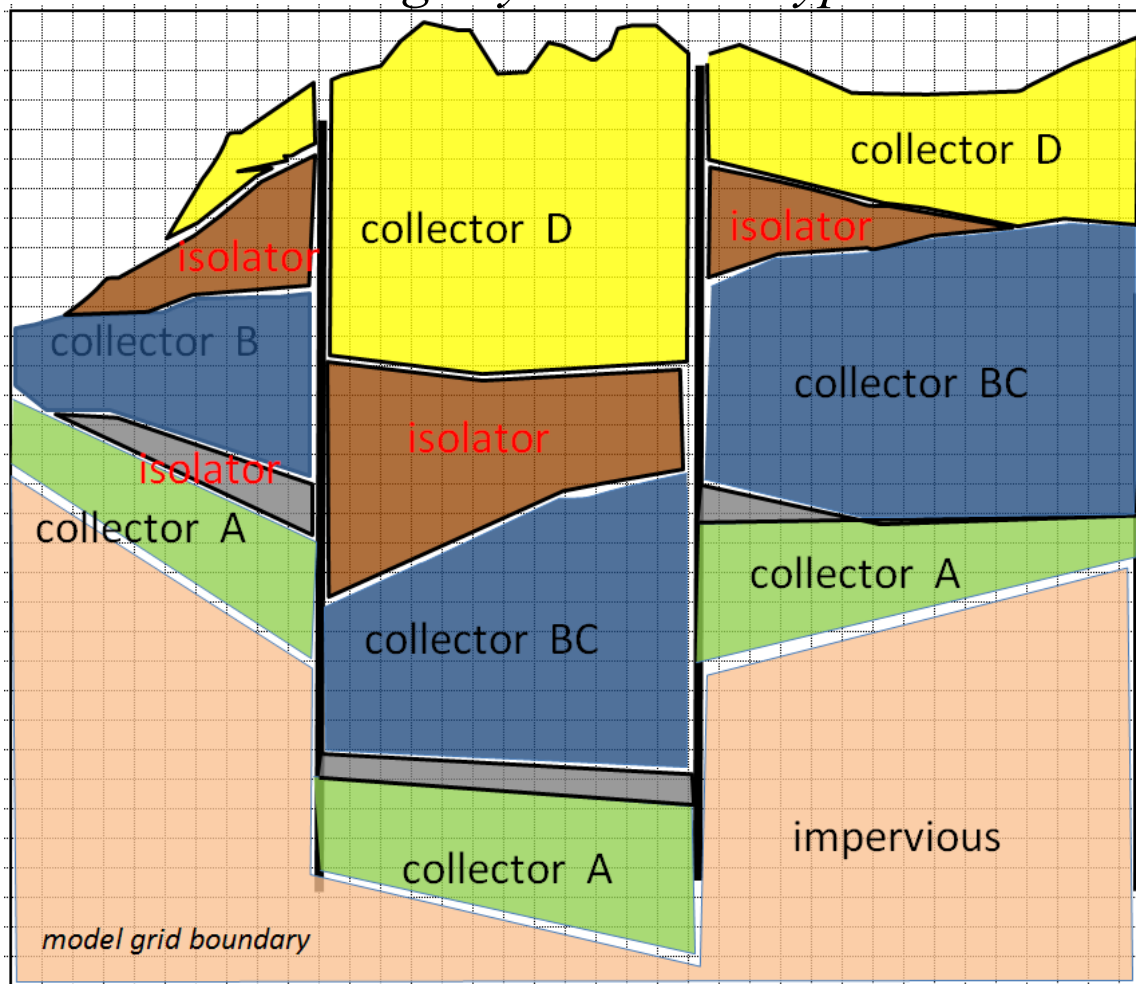
Zvýšení K_Z
Snížení K_X K_Y
Modul wall (modflow)



Ad B) modifikovaný „klasický“ přístup =
kolektory, izolátory + úpravy vodivosti v okolí
zlomů

Ad C) průmět hydraulických vodivostí na modelovou výpočetní síť,
která je nezávislá na litologii zájmového území

Schéma litologicky nezávislé výpočetní sítě:



Umožňuje horizontální
přetoky mezi rozdílnými
kolektory,

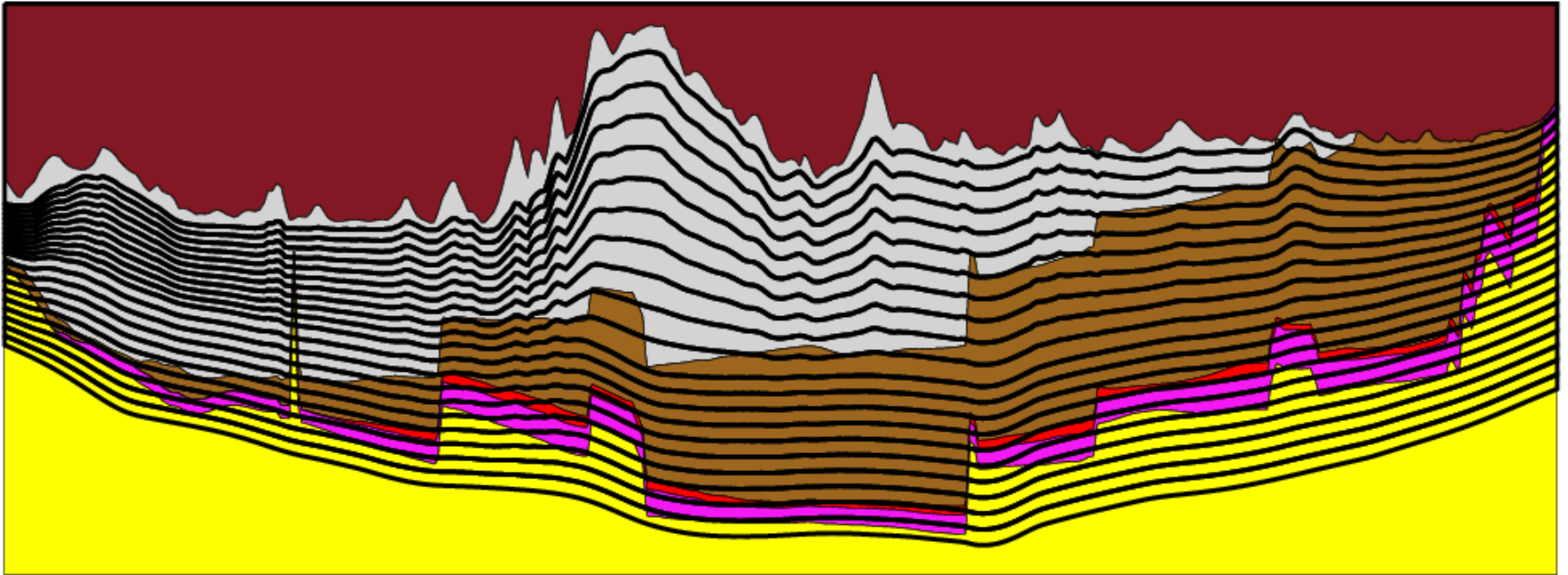
Náročnost na výpočet,

vysychání svrchních
modelových vrstev
(stabilita)

HUF „Hydrogeologic Unit
Flow“
(by Anderman and Hill).

Ad C) průmět hydraulických vodivostí na modelovou výpočetní síť,
výsledný koncept

Schéma litologicky nezávislé výpočetní sítě s proměnlivými úrovněmi báze:



- „idealizovaná báze“,
- rovina vedená úrovní toků,
- „Přiměřené“ vysychání modelových buněk – všechny toky (o.p. třetího typu) jsou situovány v první modelové vrstvě

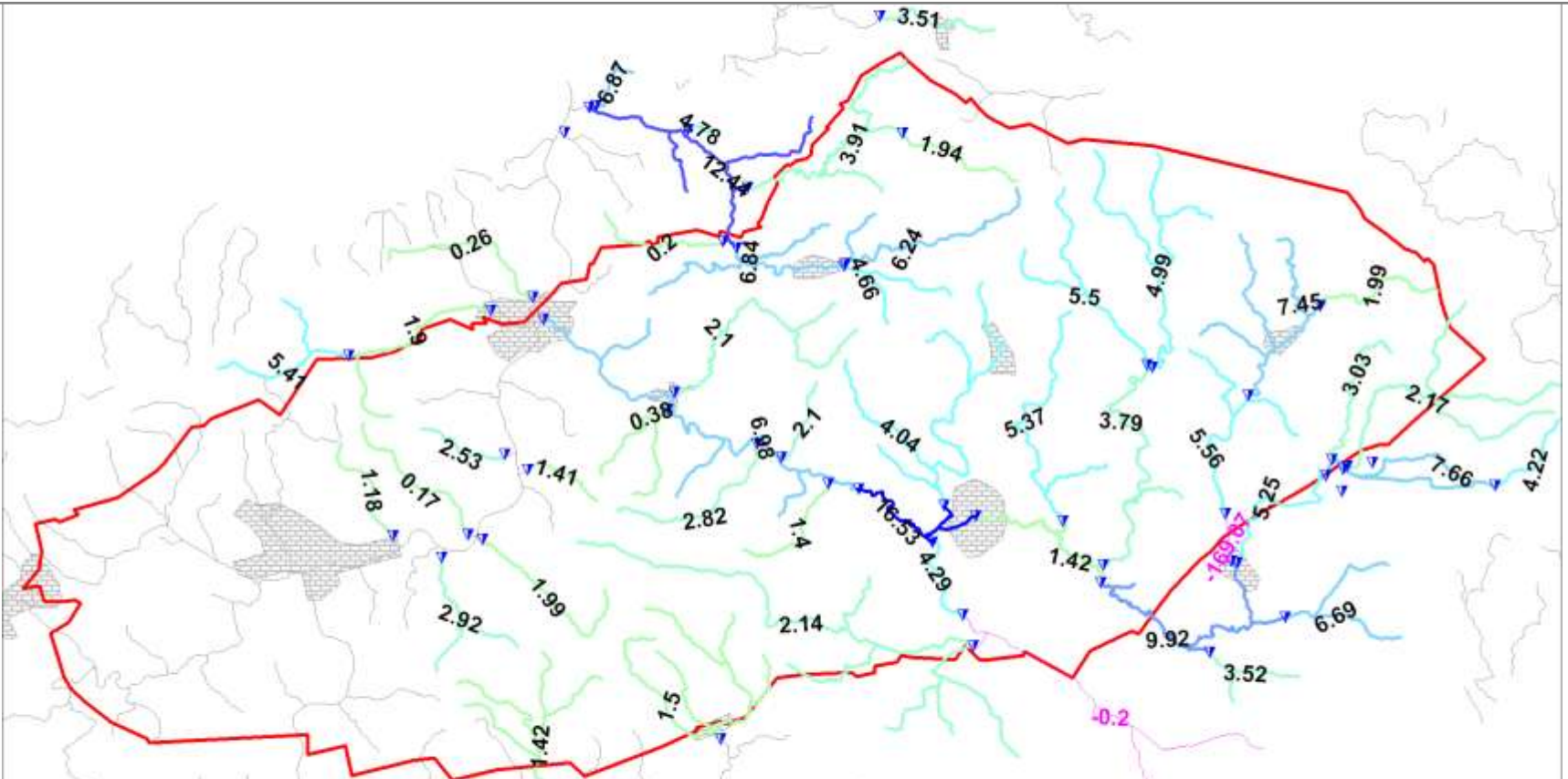
Přehled vybraných informací modelu proudění podzemní vody

- Software MODFLOW²⁰⁰⁰
- Horizontální diskretizace modelové výpočetní sítě – čtvercové buňky 200*200 m; 225 řádek, 415 sloupců,
- Vertikální diskretizace modelové výpočetní sítě - 21 subhorizontálních vrstev,
- Proudění je simulováno v celé mocnosti zvodněných sedimentů křídy (zčásti i v podložním krystaliniku)
- Hydraulické vlastnosti horninového prostředí jsou zadány pomocí unity HUF – hydraulické vodivosti modelových buňek jsou vypočteny z vodivosti zastoupených hydrogeologických jednotek (metodika průměrování – harmonický průměr)

Informace pro kalibraci a verifikaci modelu proudění podzemní vody

- Hladinové kritérium - porovnání měřených a modelových hladin podzemní vody,
- **Objemové kritérium - porovnání měřené a modelové drenáže podzemních vod do toků,**
- Simulace více známých stavů proudění (stav při odběrech 1987 /bilance křídly – BC3/; **paleostav**; poměry při současných odběrech)
- Doplnující informace:
 - Simulace dlouhodobých čerpacích zkoušek,
 - Simulace vlivu likvidace volně přetokových vrtů na vývoj hladiny podzemní vody
 - Porovnání měřených a modelových hydraulických vodivostí,
 - Porovnání informací o stáří podzemních vod s modelovými dobami dotoku podél proudnic,
 - Analýza modelových směrů proudění podzemních vod a distribuce chemického složení podzemních vod,

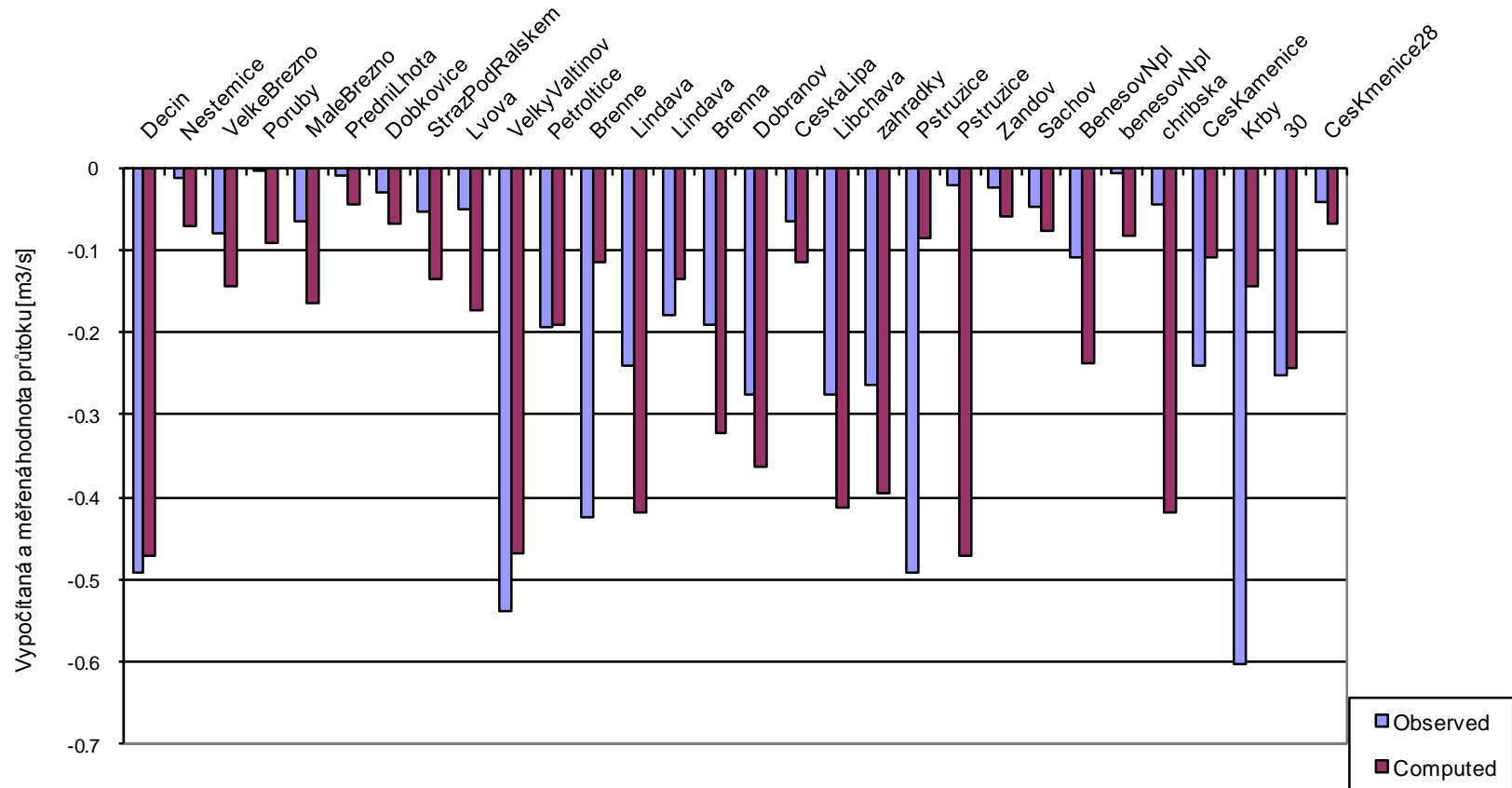
Informace pro kalibraci a verifikaci modelu - objemové kritérium



- údaje o prostorové drenáži podzemních vod – stěžejní údaj kalibrace modelu
- jednoznačně určuje modelové množství infiltrované vody,
- nejistoty (drenáž do Labe, přetoky přes hranice modelu)

Nástroje kalibrace a verifikace modelu - objemové kritérium

Porovnání modelových a měřených hodnot průtoků v tocích



Informace pro kalibraci a verifikaci modelu proudění podzemní vody (paleostav)

- Vrtné práce a následné nekontrolované přelivy způsobily pokles výtlačné úrovně hladiny:
 - bazálního kolektoru (AB) v oblasti Ústí nad Labem z počátečních 220 m n. m. na cca 155 m n. m (přibližně v roce 1977); (i přes současný průměrný odběr 28 l/s dochází po utěsnění starých přetokových vrtů k vzestupu hladiny podzemní vody),
 - hlavního kolektoru (BC) v oblasti Děčína z počátečních 180 m n. m. na současných cca 160 m n. m,

Závěr

- Zlomy významně ovlivňují oběh podzemní vody na území severočeské křídly,
- Bazální kolektor A je na většině zlomů nespojitý a vzhledem k četným nasunutím proti kolektoru BC zřejmě nemá samostatný oběh podzemní vody,
- Výnos geotermální energie z podloží křídly je realizován přes kolektor A – na realistickém popisu proudění v tomto kolektoru závisí přesnost projektovaných výpočtů tepelné bilance,
- Matematické modelování proudění podzemní vody poskytuje možnost adekvátního popisu oběhu podzemní vody v území severočeské křídly,
- Dostupné informace zájmového území umožňují odpovídající kalibraci a verifikaci modelu; otázka míry jednoznačnosti vypočtených výsledků bude dále zkoumána (citlivostní analýza vstupních parametrů modelu),