

Optimalizace systému chlazení bazénu skladování vyhořelého paliva na JE

Gabriela Kyzlinková
Ústav procesního inženýrství



Úvod do problematiky



Výměna vyhořelého paliva

- Reaktor (12 – 16 měsíců)
- BSVP (5 – 10 let)
- Šachta
- Suchý mezisklad

Pofukušimská opatření

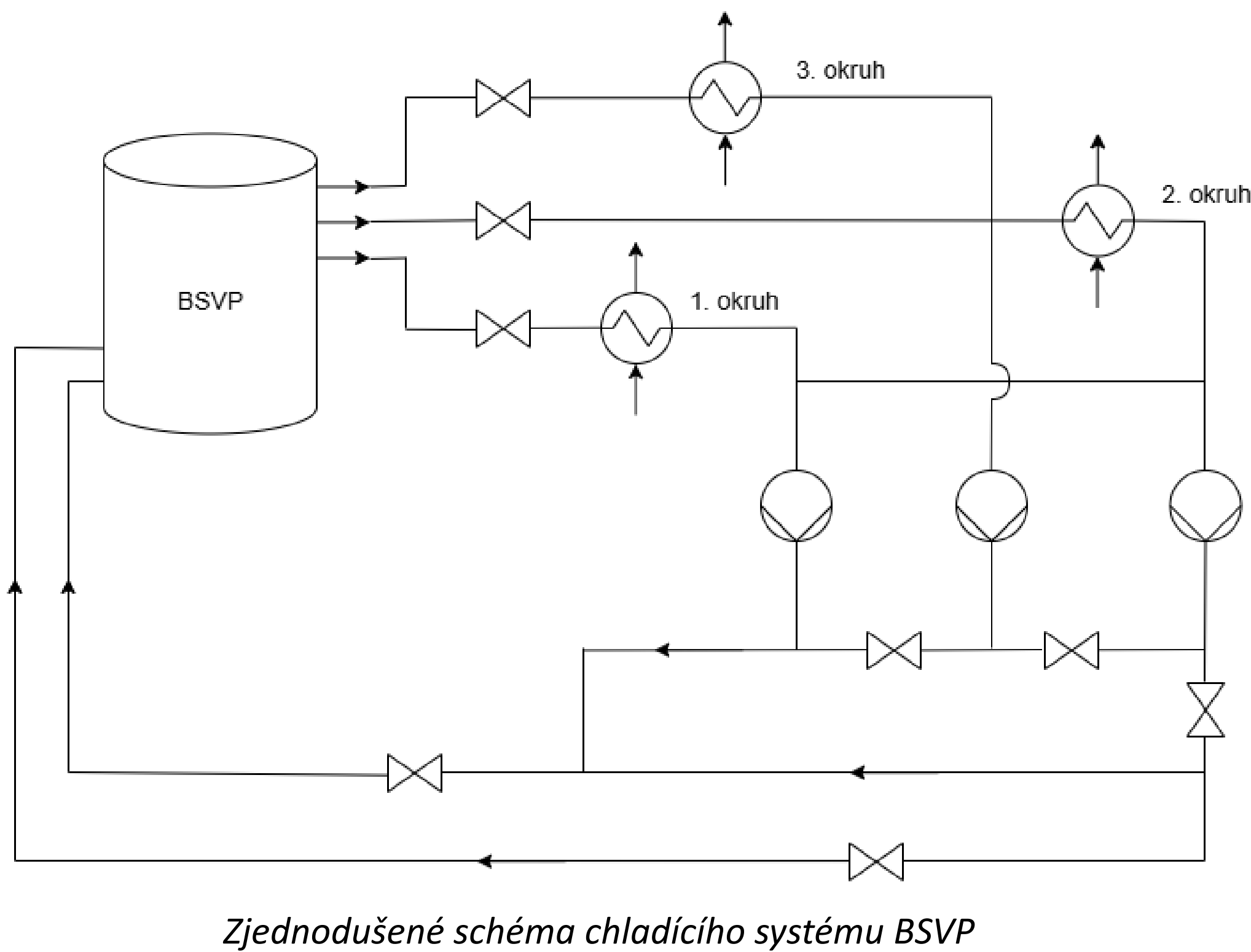
- Přidání třetí chladicí trasy systému chlazení BSVP

Funkce a konstrukce BSVP

- Chladicí médium
- Skladovací mříže

Tepelný výměník třetího chladicího okruhu

- Dvou-tělesový trubkový výměník tepla s přepážkovým systémem



Zjednodušené schéma chladicího systému BSVP

Tepelně – hydraulický výpočet



Výpočtové metody

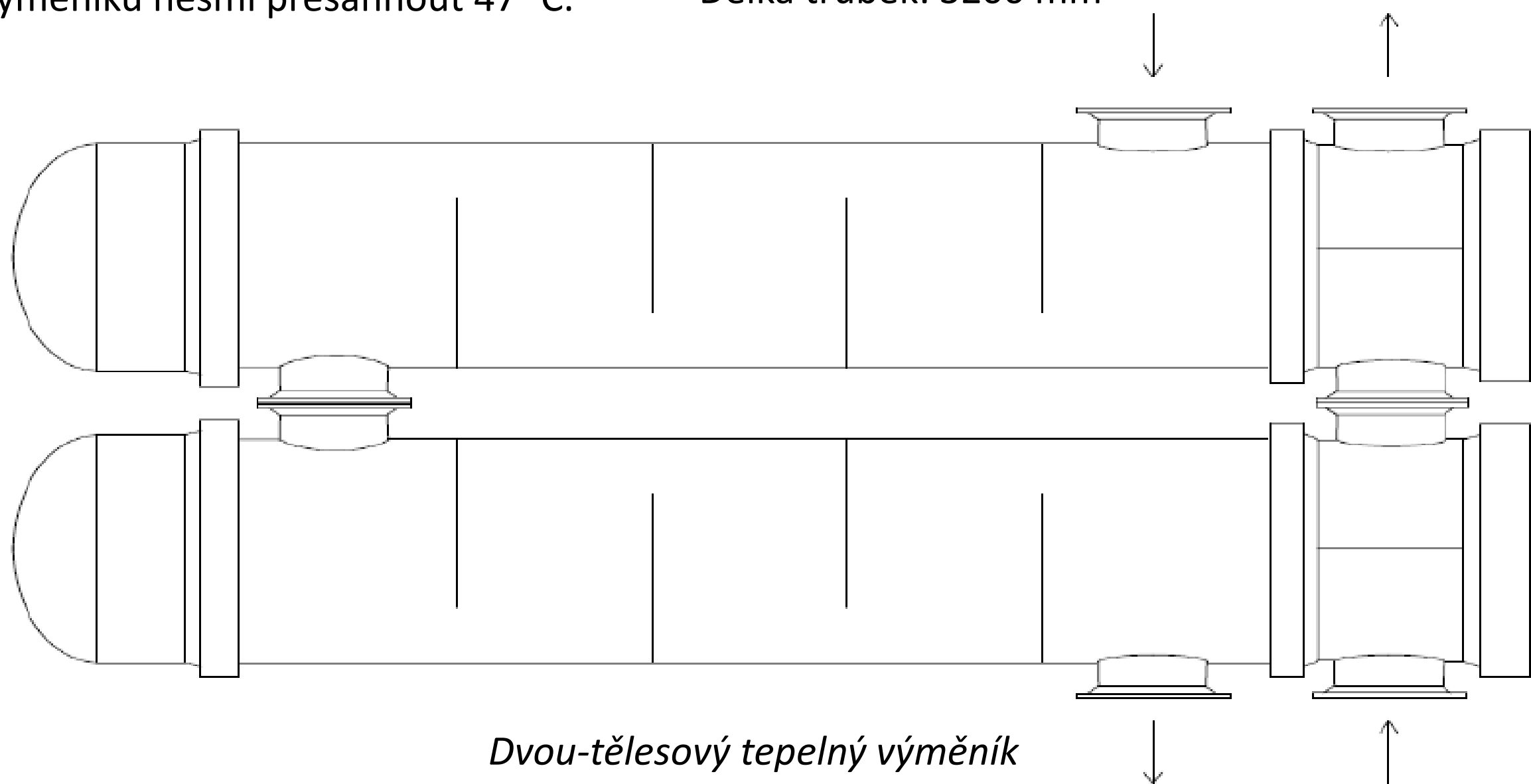
- Rating
- Simulation

Konstrukce

- Trubkový prostor: TVD
- Mezitrubkový prostor: vodný roztok kyseliny borité
- Vnitřní průměr pláště: 910 mm
- Počet trubek: 1520 ks
- Délka trubek: 3200 mm

Cíl

- Teplota chladiva na výstupu z výměníku nesmí přesáhnout 47 °C.

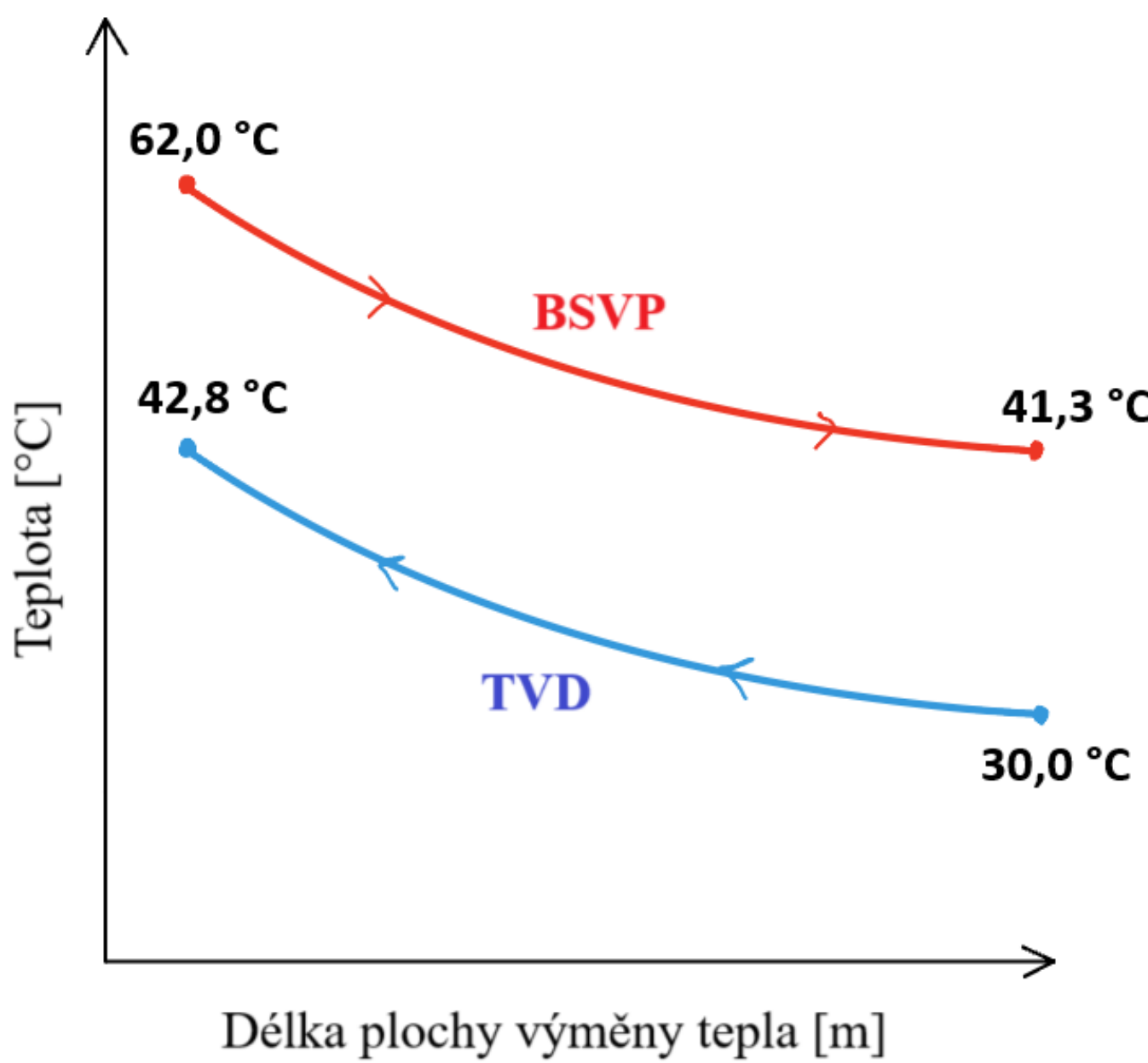


Dvou-tělesový tepelný výměník

Tepelně – hydraulický výpočet

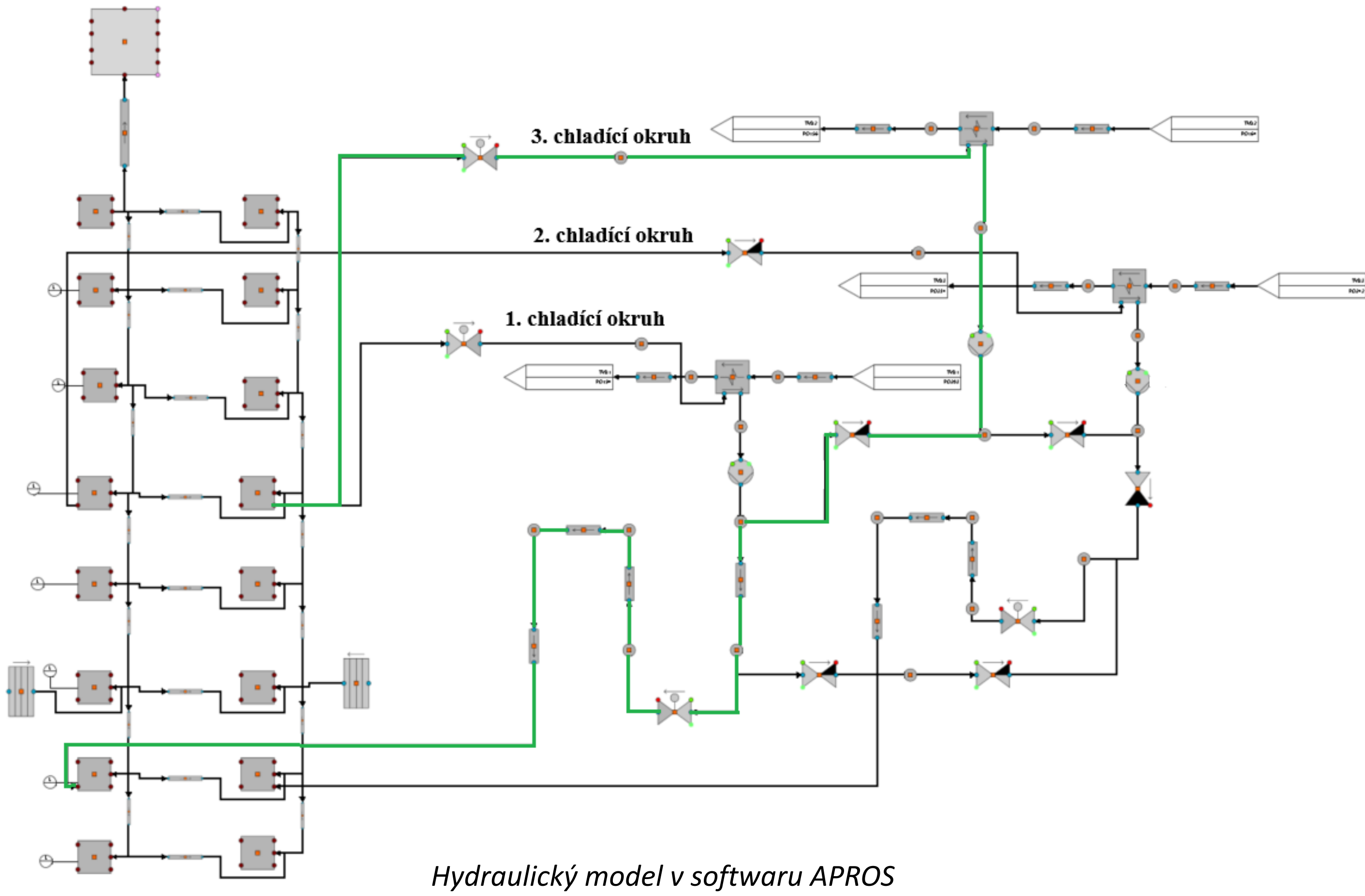


Metoda Rating – vstupní parametry		
	Trubkový prostor	Mezitrubkový prostor
Teplota na vstupu	30 °C	62 °C
Tlak na vstupu	830 kPa	450 kPa
Dovolená tlaková ztráta	60 kPa	80 kPa
Hmotnostní průtok	145 kg/s	90 kg/s
Tepelný výkon	7800 kW	
Metoda Rating – výsledky		
	Trubkový prostor	Mezitrubkový prostor
Teplota na výstupu	42,8 °C	41,3 °C
Tlaková ztráta	43,4 kPa	52,2 kPa
Overdesign	21,3 %	



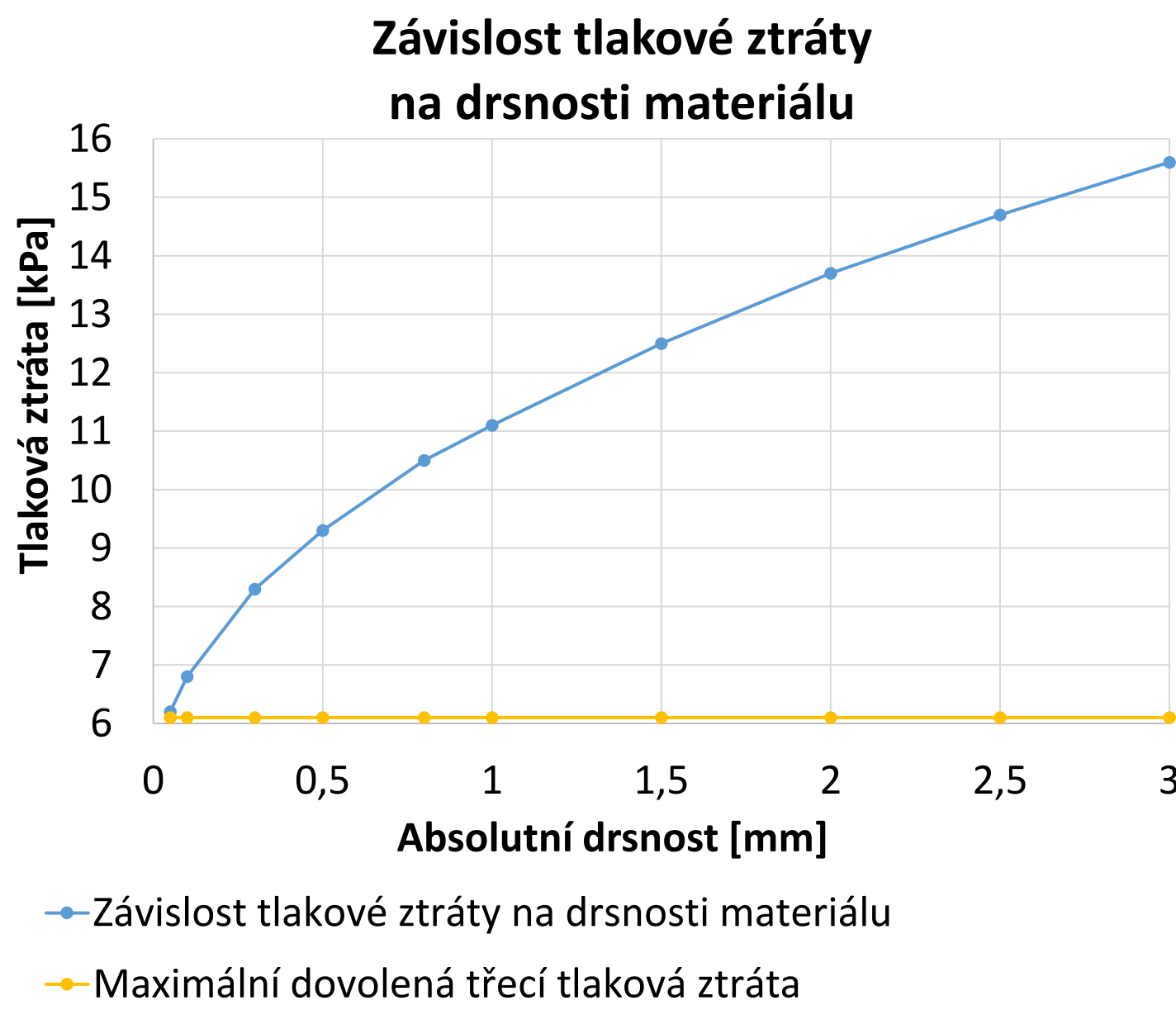
Teplotní profil výměníku tepla

Hydraulický model systému chlazení BSVP



Hydraulický model v softwaru APROS

Tlakové ztráty - Citlivostní analýza



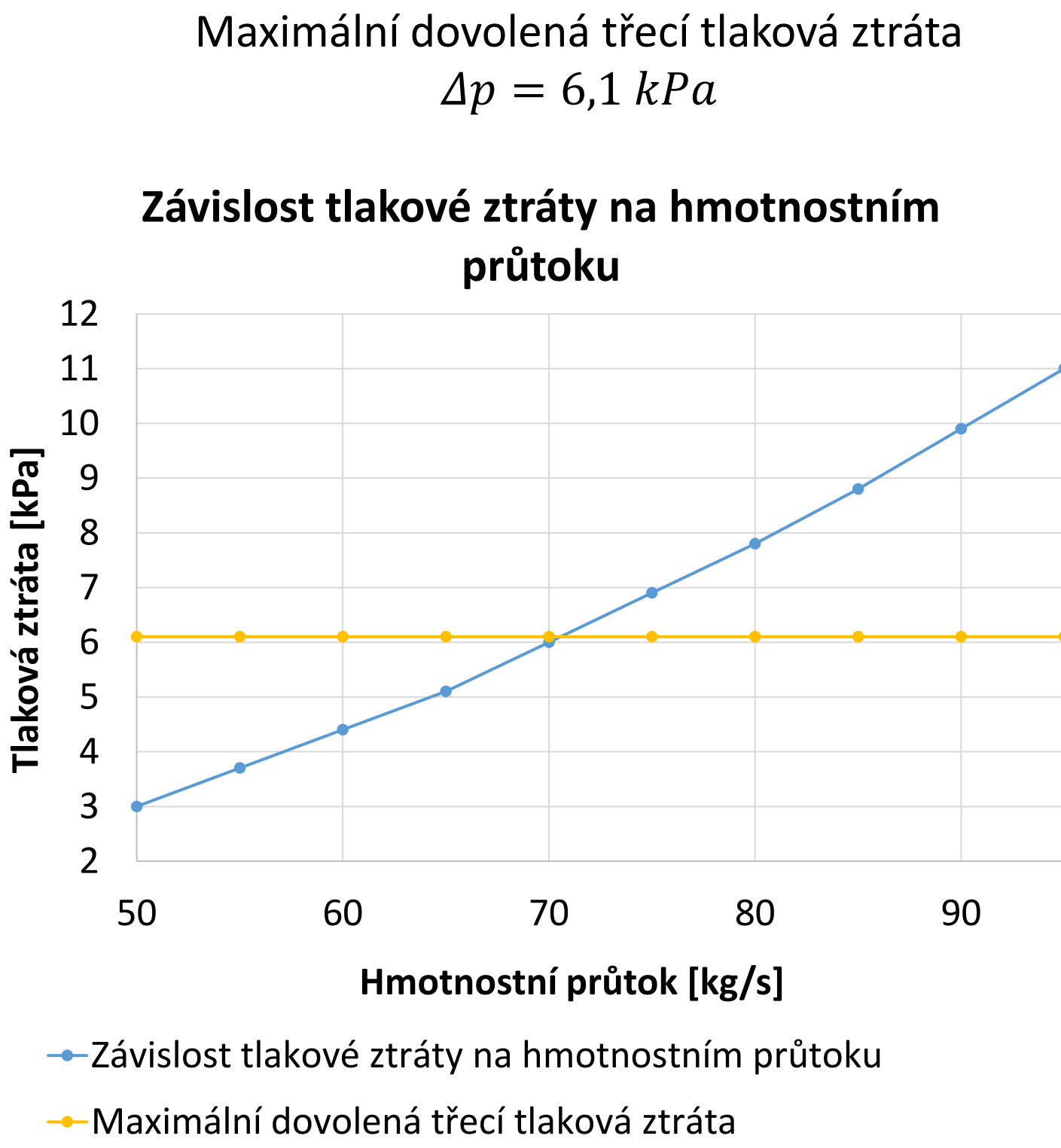
Graf závislosti tlakové ztráty na drsnosti materiálu

Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot L}{\mu}$$

Rychlost média

$$u = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$



Graf závislosti tlakové ztráty na hmotnostním průtoku

Závěr



Tepelně-hydraulický výpočet

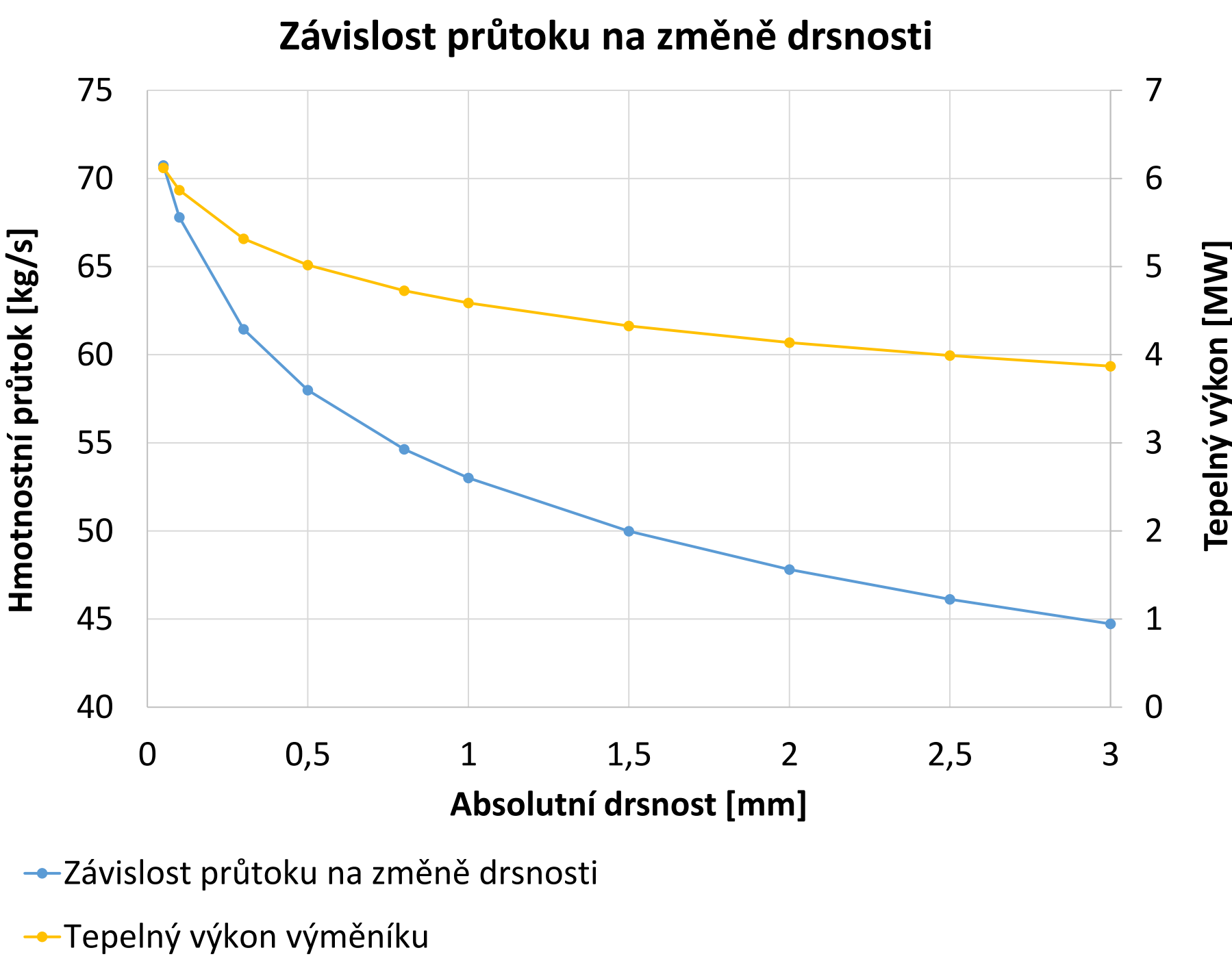
- Výměník splňuje požadavky na tepelný výkon 7800 kW.
- Maximální hodnoty dovolené tlakové ztráty nejsou překročeny.

Hydraulický model systému chlazení BSVP

- Skutečný tepelný výkon výměníku odpovídá 2 MW.

Tlakové ztráty

- S rostoucí drsností materiálu je třeba snížit hmotnostní průtok a pak může být dosaženo stejné třecí tlakové ztráty.



Graf závislosti průtoku na změně drsnosti

Maximální dovolená třecí tlaková ztráta
 $\Delta p = 6,1 \text{ kPa}$