

Návrh parogenerátoru pro nový jaderný zdroj

Patrik Pondělek
Energetický Ústav



Motivace a cíle DP

Motivace:

- Výstavba NJZ – Dukovany II
- Klíčová komponenta JE (z hlediska provozu i bezpečnosti)
- Přechod v ČR na západní typ PWR s využitím vertikálních PG

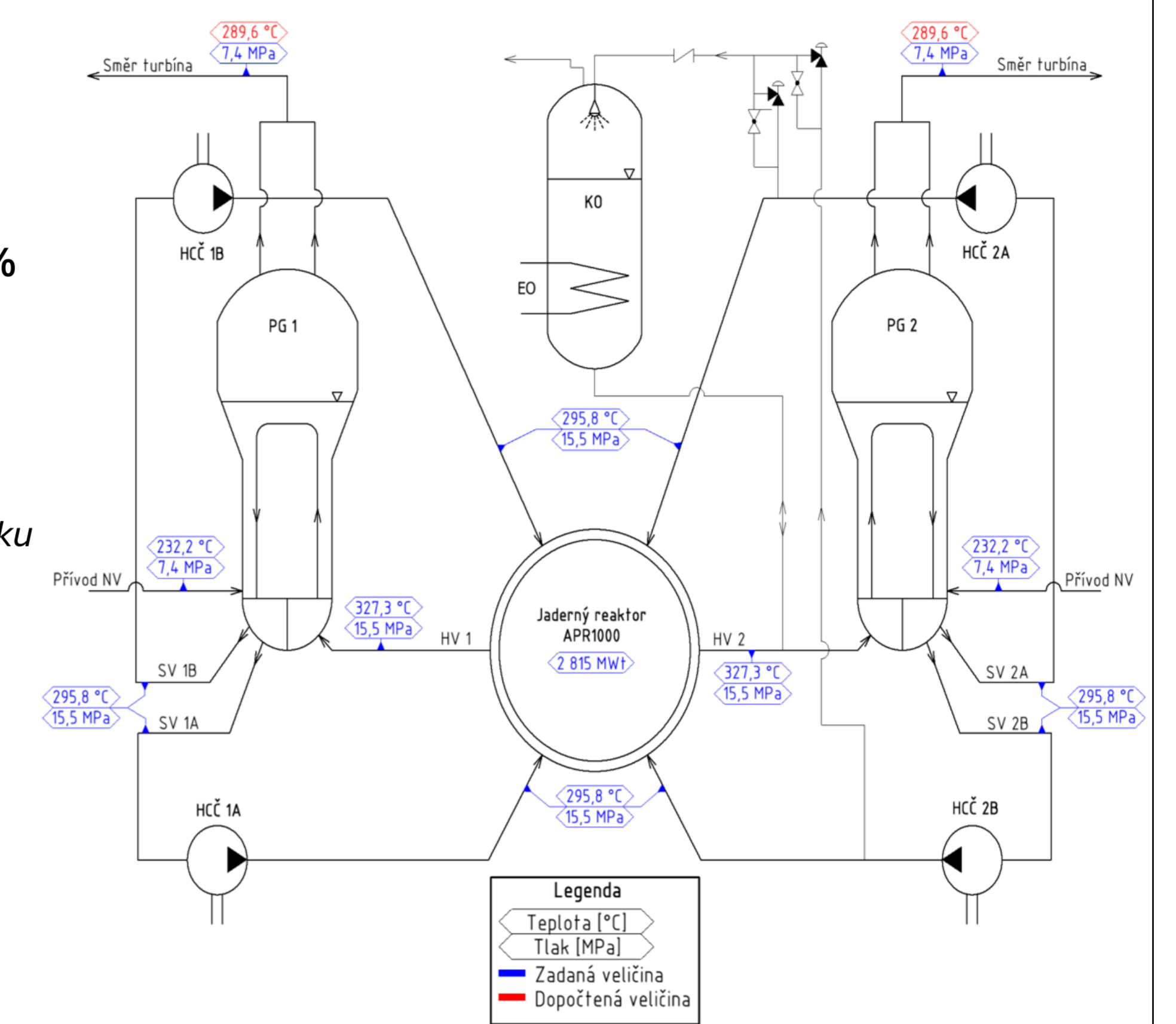
Cíle DP:



Výpočtový model

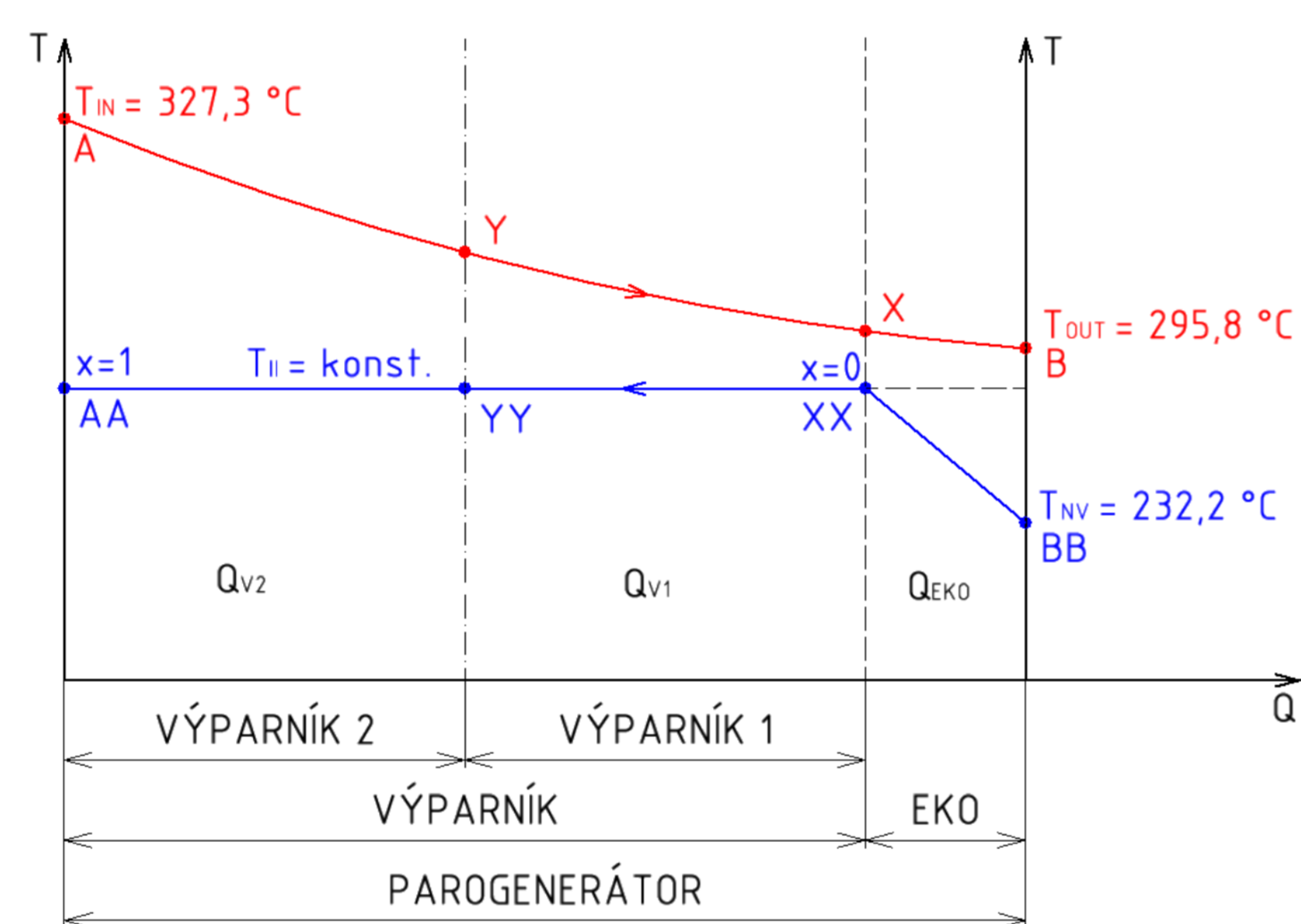
Vymezení a zjednodušení:

- **Ustálený provozní stav** (nominální výkon 100%)
- **Účinnost přenosu tepla 100%** ($Q_{PG} = Q_I = Q_{II}$)
↳ reálně 98–99%
- **Vstup NV přímo do EKO**
↳ reálně část II. vody vstupuje do downcomeru v horní části svazku
- **Zanedbání odluhu** ($m_{II} = m_{NV} = m_P$)
↳ reálně desetiný % průtoku NV
- **Sytá pára na výstupu** ($x = 1$)
↳ reálně max. vlhkost 0,25 %



Tepelný výpočet

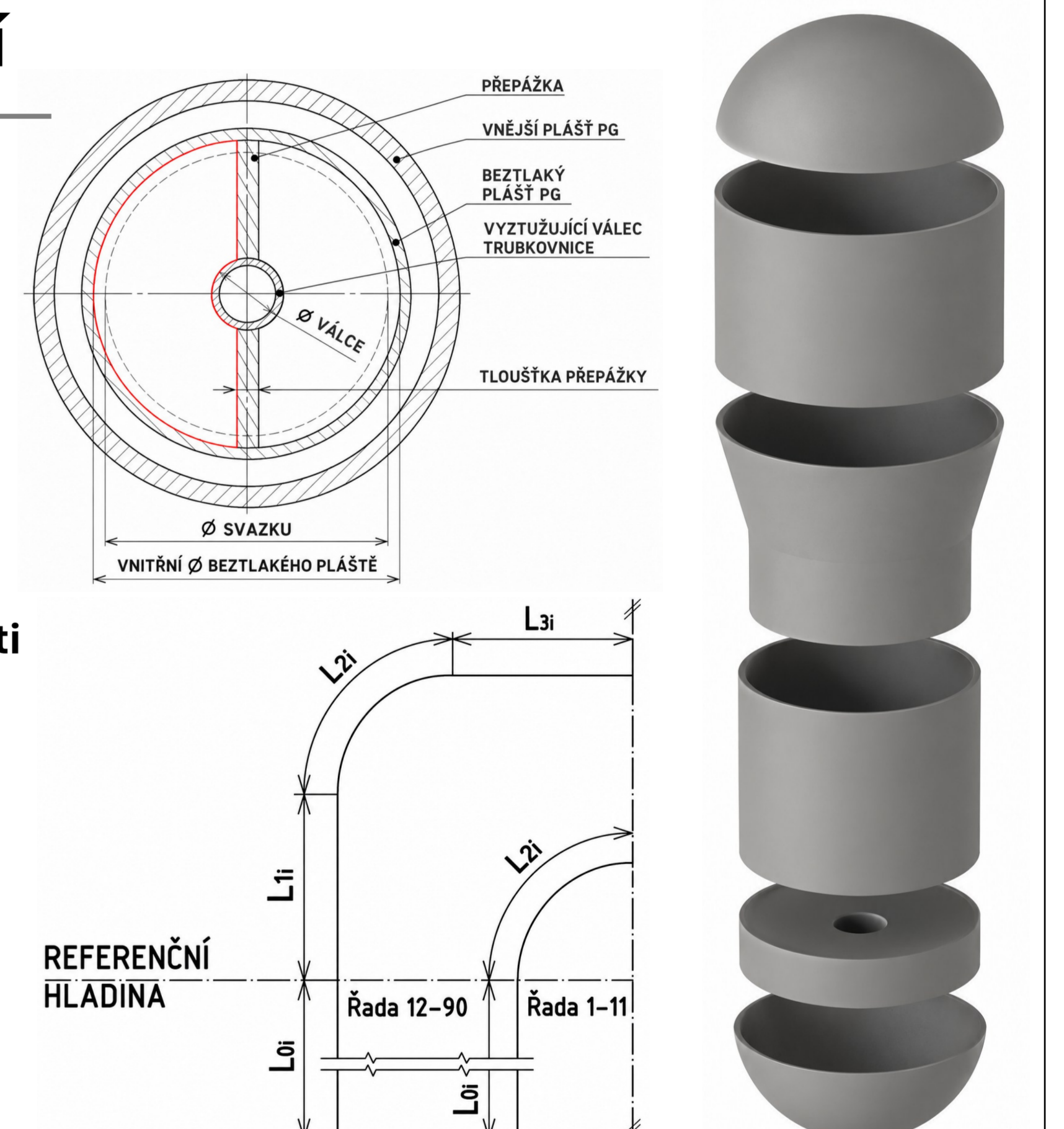
- Výparník rozdělen na dva virtuální díly V_1 a V_2 z důvodu **optimalizace výpočtu** (konstrukčně netvoří samostatné celky)
- **Iterativní výpočet** (program EES)
 - počáteční odhad teploty stěny
 - u výparníku také odhad součinitele prostupu tepla
 - zpětný dopočet těchto hodnot a porovnání s počátečním odhadem
 - po několika iteracích dosaženy odchylky v řádu setin %
- **Hlavním výstupem** bylo stanovení teplosměnných ploch a celkové délky teplosměnných trubek (~171,5 km).
- **Rozložení teplosměnné plochy:**
 - Výparník: **74 %**
 - Ekonomizér: **26 %**



Symbol	Hodnota	Jednotka
S_{EKO}	2 327	m ²
S_{V1}	4 347	m ²
S_{V2}	2 248	m ²
S_{PG}	8 923	m ²
$L_{st,tr}$	16,39	m
L_{tr}	171 512	m

Konstrukční návrh a pevnostní posouzení

- Výpočet dle **ASME BPVC + TEMA**
- **Výpočet minimální tloušťky stěny**
 - Vnitřní tlak (Vnější plášť)
 - Ohyb, smyk (Trubkovnice)
- **Primární stupeň separace vlhkosti**
 - Cyklonový separátor
- **Sekundární stupeň separace vlhkosti**
 - Lamelový sušič
- **Teplosměnný svazek**
 - 10 464 ks trubek
 - Stanovení počtu trubek v jednotlivých řadách
 - Vystřídané uspořádání (30°)
 - U-ohyb (1.–11. řada)
 - Lomený ohyb (12.–90. řada)



Hydraulický výpočet

- **Cíl:** stanovení tlakových ztrát
↳ slouží jako podklad pro dimenzování čerpadel
- **Primární strana** (malé průtočné průřezy → vysoké rychlosti → vyšší ztráty)
↳ celková tlaková ztráta: **146 kPa** (≈ 1 % provozního tlaku)

	Tření	TS Svazek (vstup, výstup, obrát o 180)	Vstupní nátrubek	Výstupní nátrubek	Celková ztráta	Poměr $\frac{\Delta p_{celk}}{p_i}$
Primární strana	53 kPa	15 kPa	55 kPa	23 kPa	146 kPa	0,94 %

- **Sekundární strana** (velký průtočný průřez → nižší rychlosti → nižší ztráty)
↳ celková tlaková ztráta: **21 kPa** (≈ 0,3 % provozního tlaku)

	Vstup NV	Mezitrubkový prostor (obtékání, výztuhy, přepážka)	Cyklonový separátor	Lamelový sušič	Výstup páry	Celková ztráta	Poměr $\frac{\Delta p_{celk}}{p_i}$
Sekundární strana	2,4 kPa	5,9 kPa	7,0 kPa	0,9 kPa	4,9 kPa	21,1 kPa	0,3 %

Výkresová dokumentace a 3D model

