

# ZEMNÍ VÝMĚNÍKY TEPLA

—

## PROVOZNÍ REŽIMY A JEJICH VLIV NA MIKROBIOLOGICKÁ RIZIKA

**Antonín KOLBÁBEK**

[ykolba00@stud.fme.vutbr.cz](mailto:ykolba00@stud.fme.vutbr.cz)

ŠKOLITELÉ:

doc. Dr. Ing. Jaroš Michal

doc. Ing. Štětina Josef, PhD.

SEMINÁŘ DOKTORADŮ OTTP, 14. prosinec 2010



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■



**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

## Osnova výkladu

- **Úvod do řešení problematiky**
- **Model zemního výměníku tepla (ZVT)**
- **Řešené varianty**
- **Využití a dimenzování ZVT**
- **Výsledky** → **zimní a letní provoz**  
→ **celoroční provoz**
- **Závěr**



# Úvod do řešené problematiky

- PASIVNÍ A NÍZKONENERGETICKÉ DOMY

- měrná spotřeba tepla na vytápění

15 kW·h/m<sup>2</sup>·a (50 kW·h/m<sup>2</sup>·a)

- měrná spotřeba primární energie

120 kW·h/m<sup>2</sup>·a (250 kW·h/m<sup>2</sup>·a)

- celková neprůvzdušnost objektu  $n_{50}$

0,6 h<sup>-1</sup> (1,0 h<sup>-1</sup>)

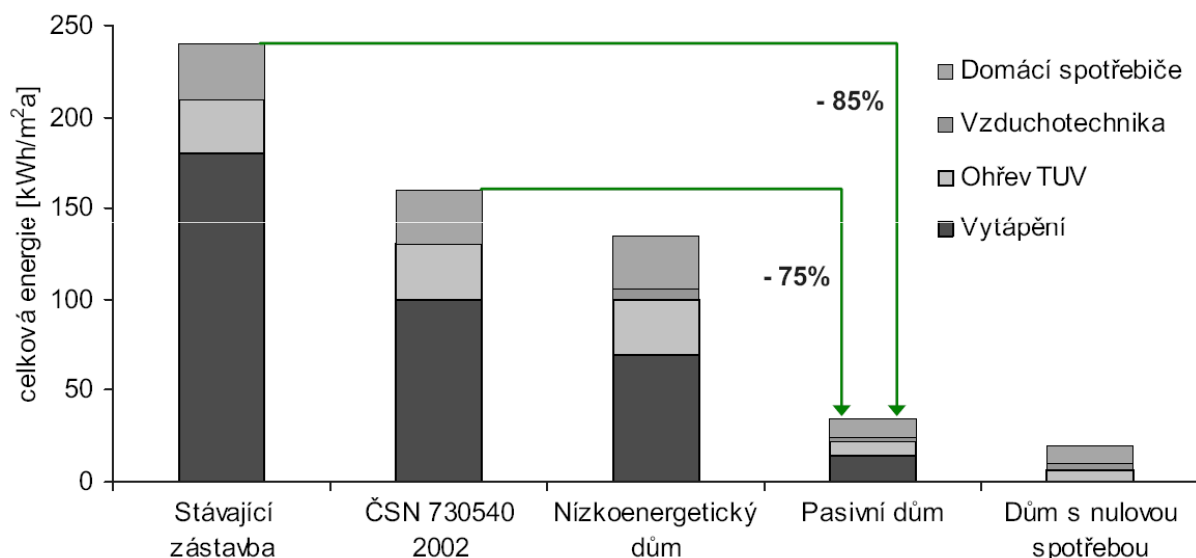
Passivhaus Institut, Darmstadt

■ 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešené problematiky

- MĚRNÁ SPOTŘEBA ENERGIE



Jan Bárta: Základní principy konceptu pasivního domu, PD 2005

■ 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

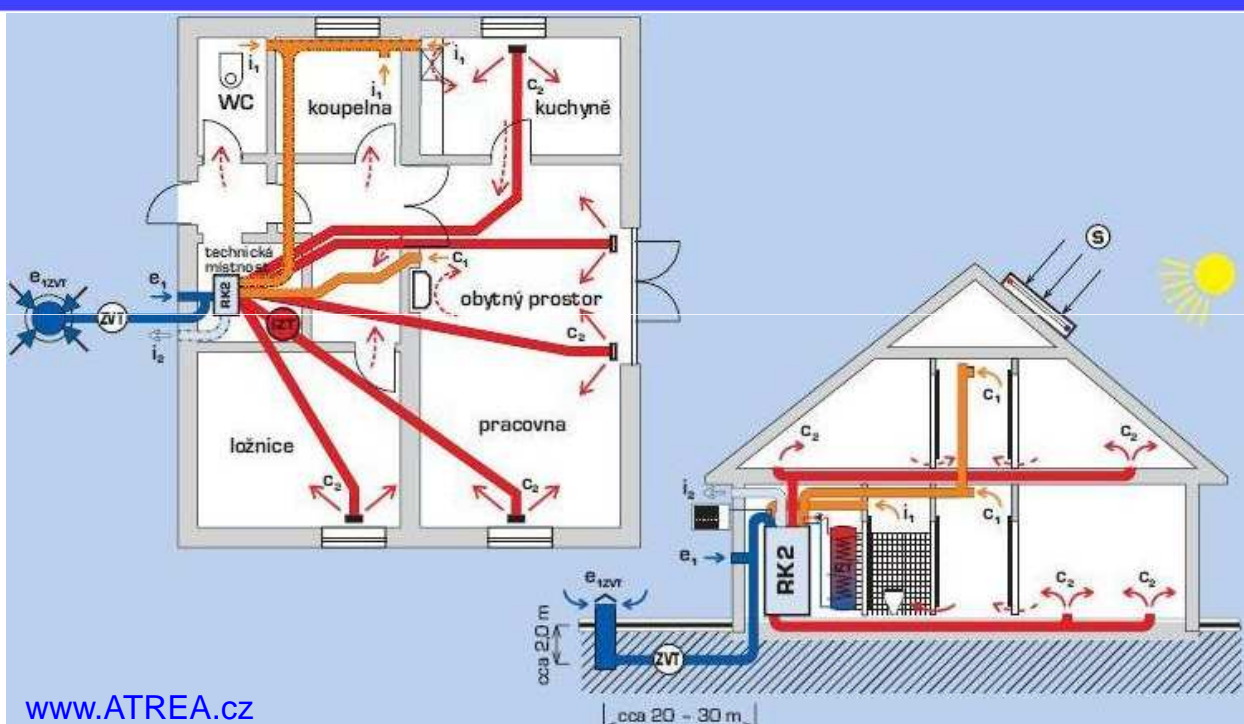
# Úvod do řešení problematiky

- VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ PASIVNÍCH A NÍZKONENERGETICKÝCH DOMŮ – ČR
    - Dvouzónové cirkulační **teplovzdušné vytápění** a komfortní **řízené větrání** se ZVT
- +
- Doplnkové zdroje tepla

■ 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky

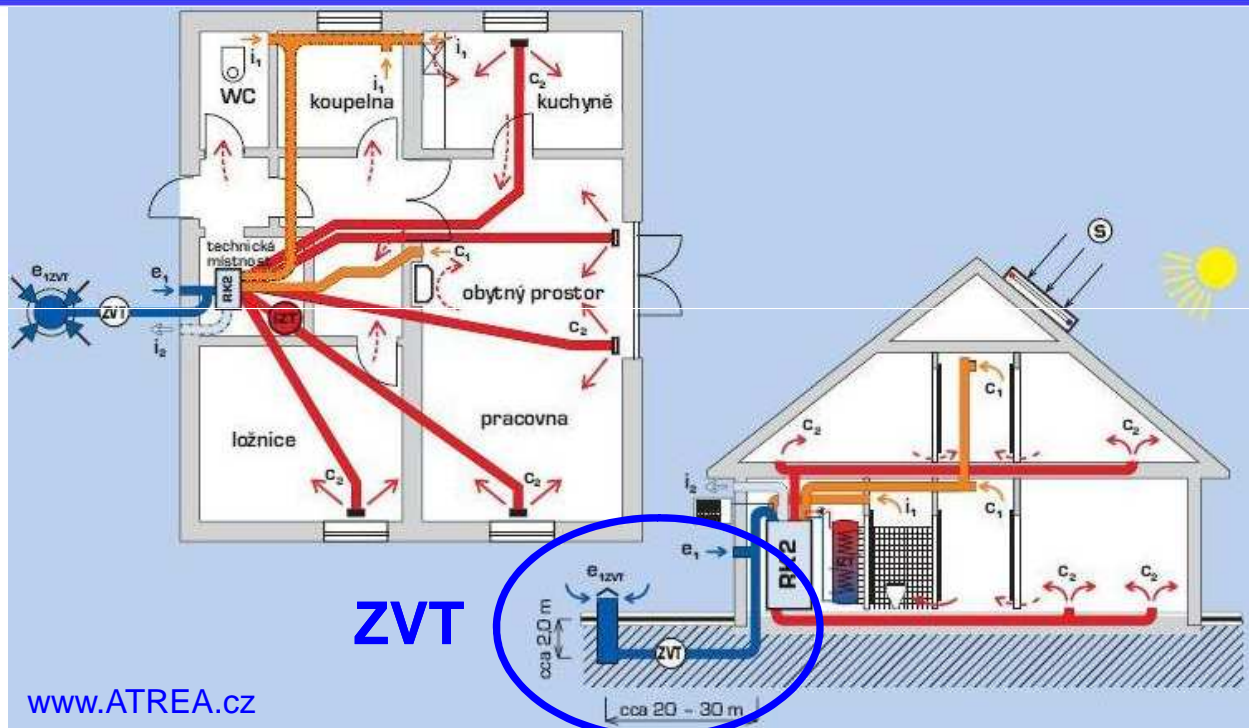


[www.ATREA.cz](http://www.ATREA.cz)

■ 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky



■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Úvod do řešení problematiky

- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

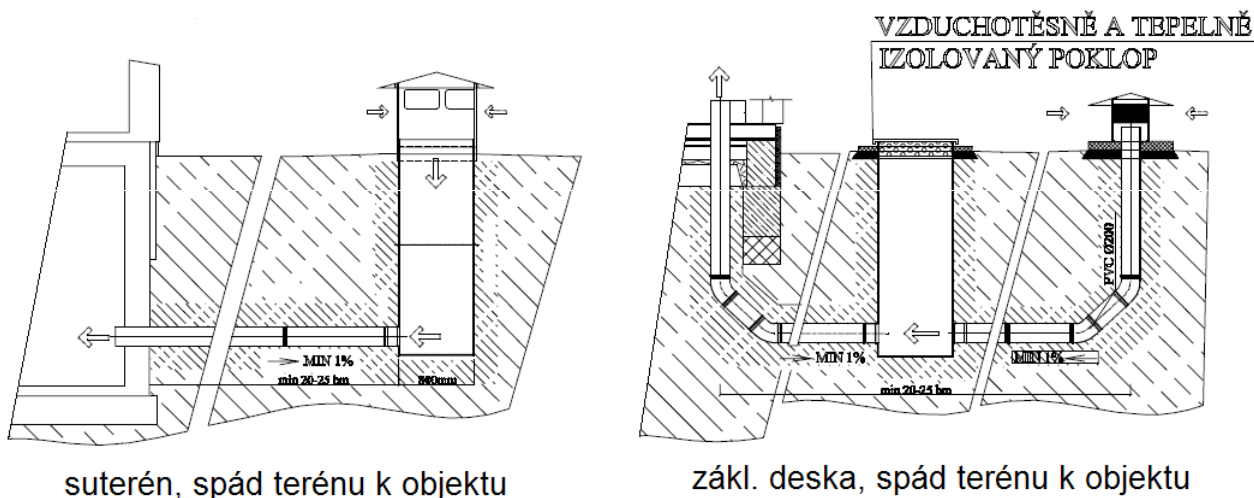
- Vzduchový:

- a) *Přímý („klasický“)*

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Úvod do řešení problematiky

www.ATREA.cz



■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky

- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA

- Vzduchový:

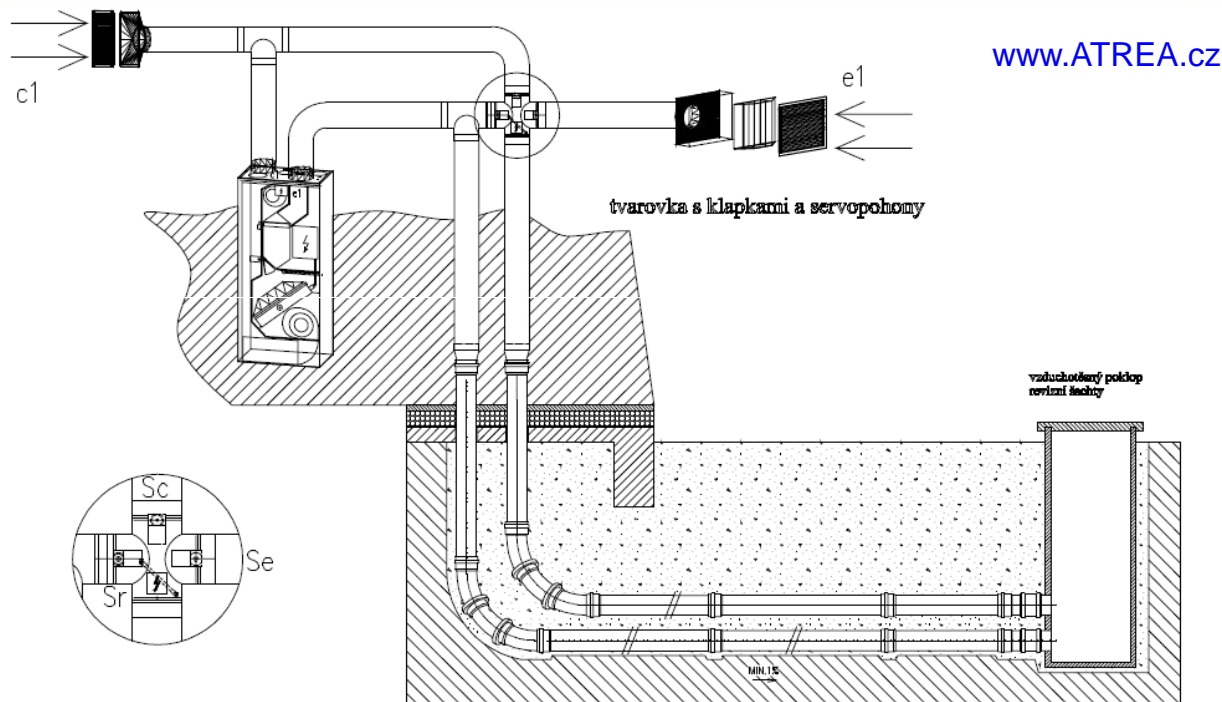
- a) *Přímý („klasický“)*

- b) *Cirkulační*

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky



■ 1 2 **3** 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky

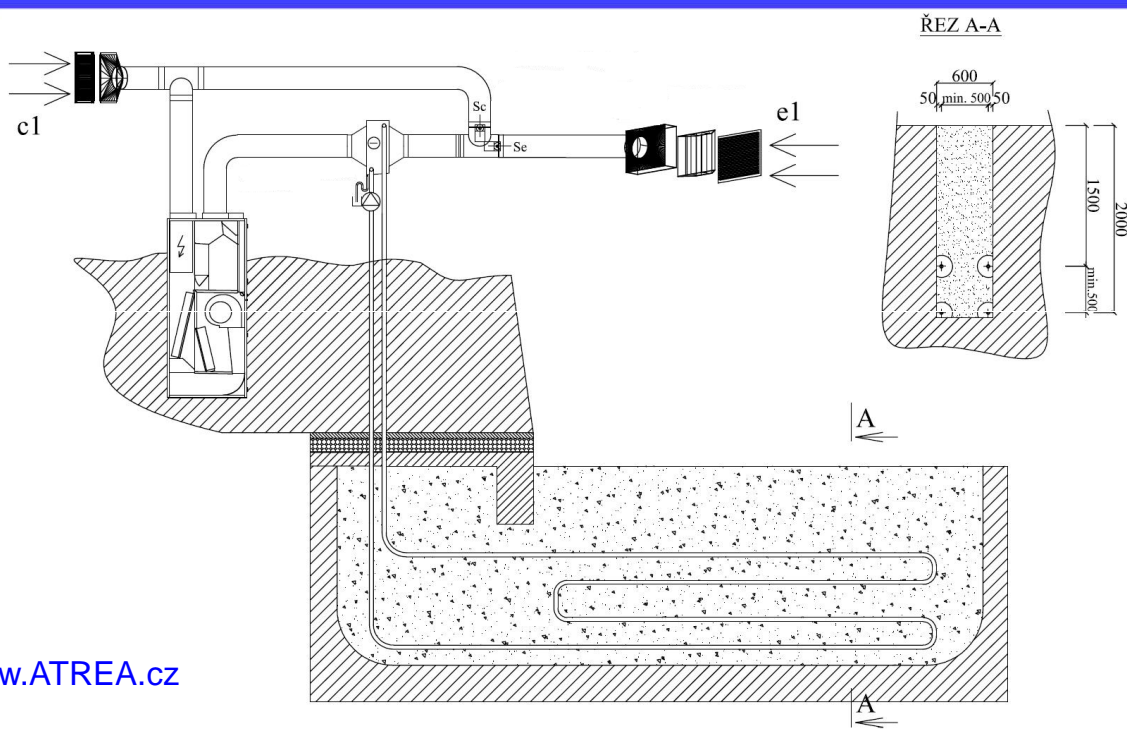
- ZEMNÍ VÝMĚNÍK TEPLA
  - Vzduchový
    - a) *Přímý („klasický“)*
    - b) *Cirkulační*
  - Kapalinový („solankový“)

■ 1 2 **3** 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí



# Úvod do řešení problematiky



[www.ATREA.cz](http://www.ATREA.cz)

■ 1 2 **3** 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Úvod do řešení problematiky

## • NED ve Studénce

- DUPLEX RK
- **Přímý vzduchový ZVT:**  
DN 200, L=30 m, PP,  
z=1,825 m
- Solární kolektory
- IZT 950I



■ 1 2 3 **4** 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

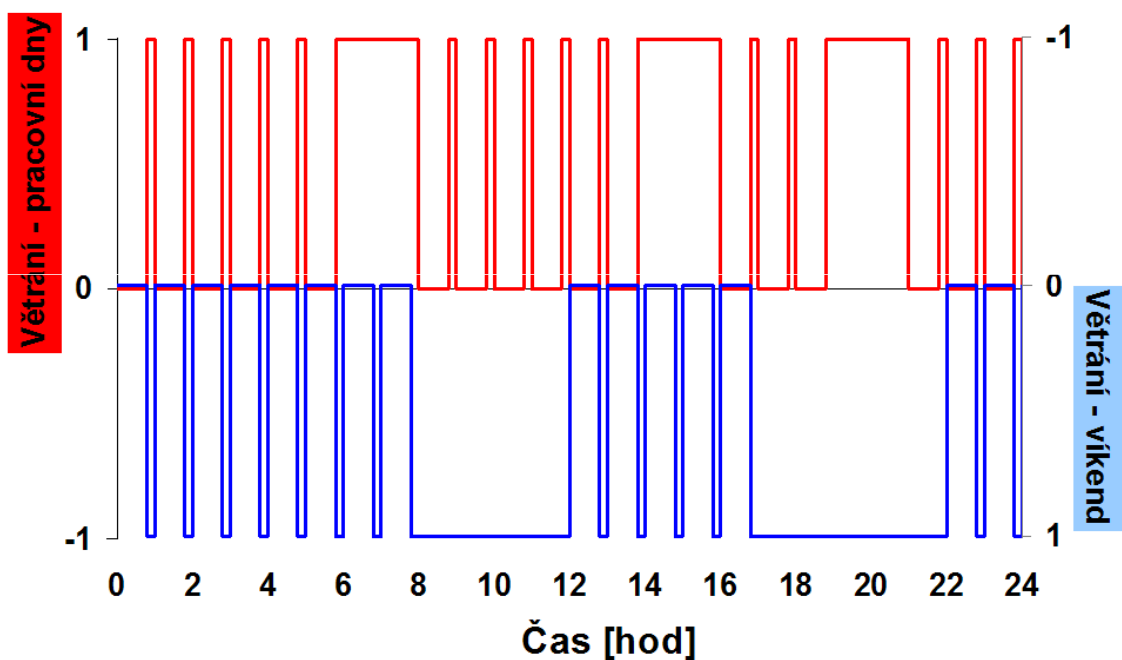
**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %

■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla



■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

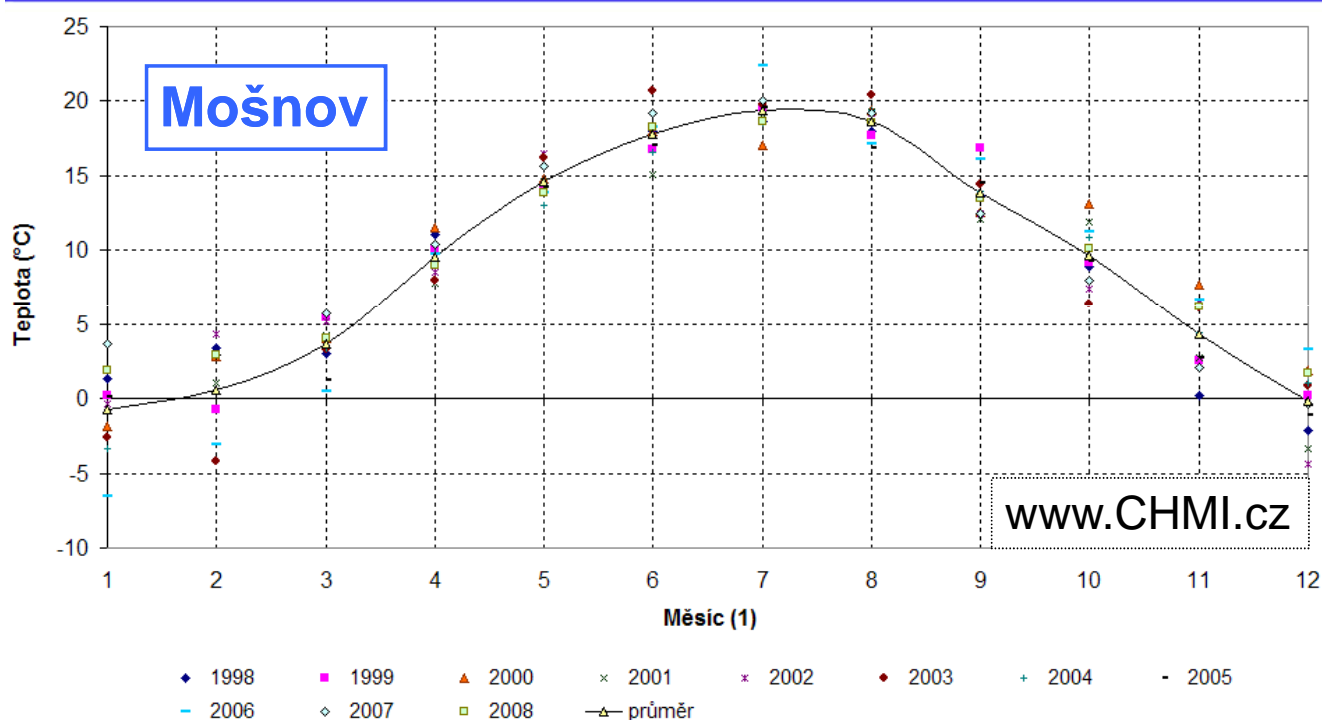


# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba

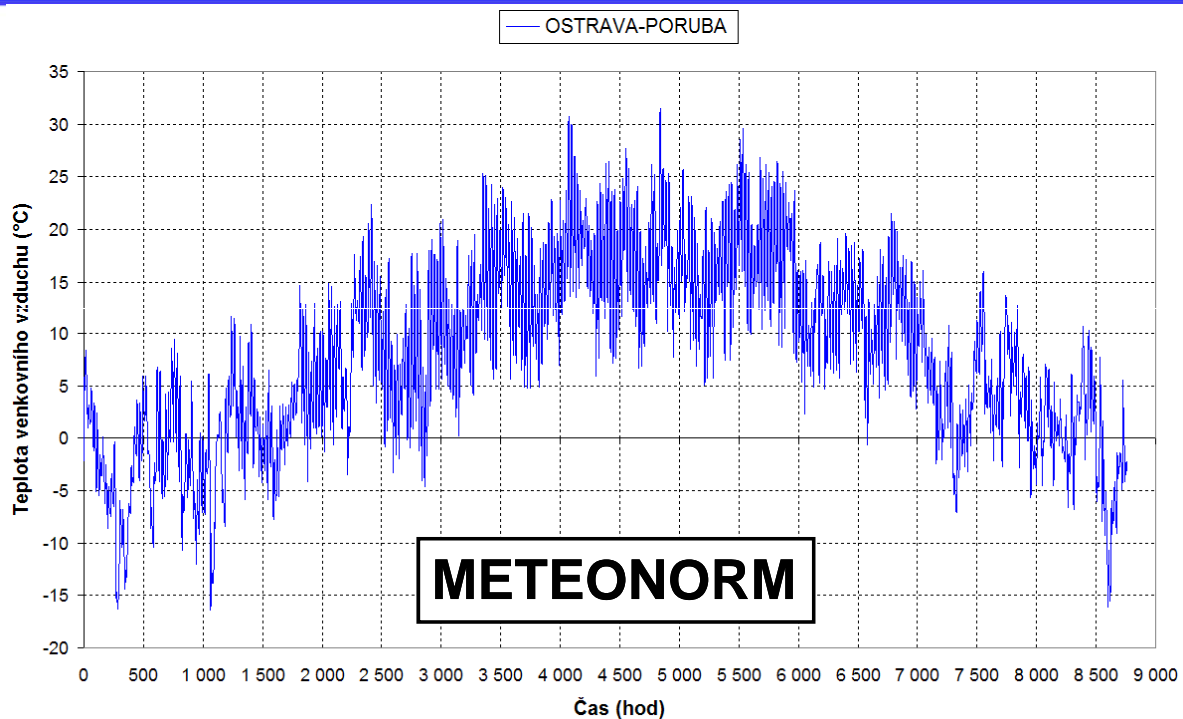
■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla



■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla



■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl

$$a_{gr} = \frac{\lambda_{gr}}{\rho_{gr} \cdot c_{p,gr}} = \frac{\lambda_{gr}}{C_{gr}} \quad [m^2 / s]$$

$$a_{gr} = f(\text{vlhkost})$$

■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl

Zemina	$\lambda_{gr}$	$\rho_{gr}$	$c_{p,gr}$	$C_{gr}$	$a$
	[ W/mK ]	[ kg/m <sup>3</sup> ]	[ J/kgK ]	[ kJ/m <sup>3</sup> K ]	[ m <sup>2</sup> /s ]
Hlimitá	2,30	1 650	2 850	4 703	4,89·10 <sup>-7</sup>
Jílovitá	1,28	1 500	880	1 320	9,70·10 <sup>-7</sup>
Písčítá	0,93	1 780	1 390	2 474	3,76·10 <sup>-7</sup>

■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl
  - teplota zeminy: z=1,825 m

$$T_g(z,t) = T_M - T_A \cdot \exp\left(-\frac{z}{d_p}\right) \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{365} \cdot (t - \tau) - \frac{z}{d_p}\right]$$

■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl
  - teplota zeminy: z=1,825 m

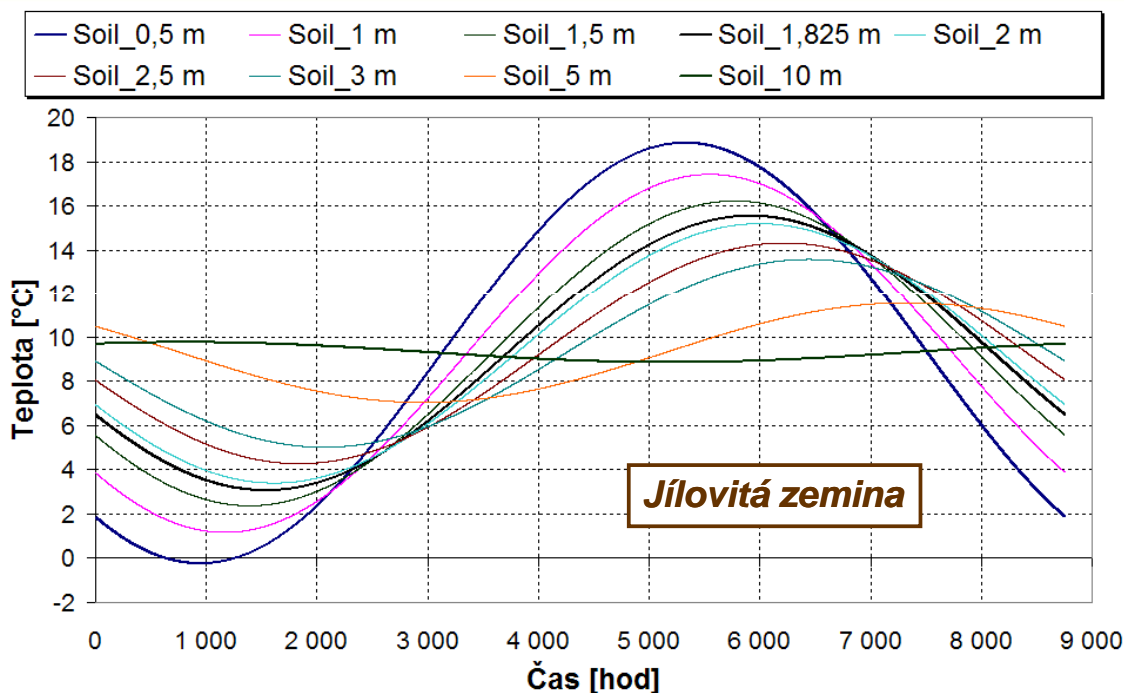
$$T_g(z,t) = T_M - T_A \cdot \exp\left(-\frac{z}{d_p}\right) \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{365} \cdot (t - \tau) - \frac{z}{d_p}\right]$$

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl
  - teplota zeminy: z=1,825 m

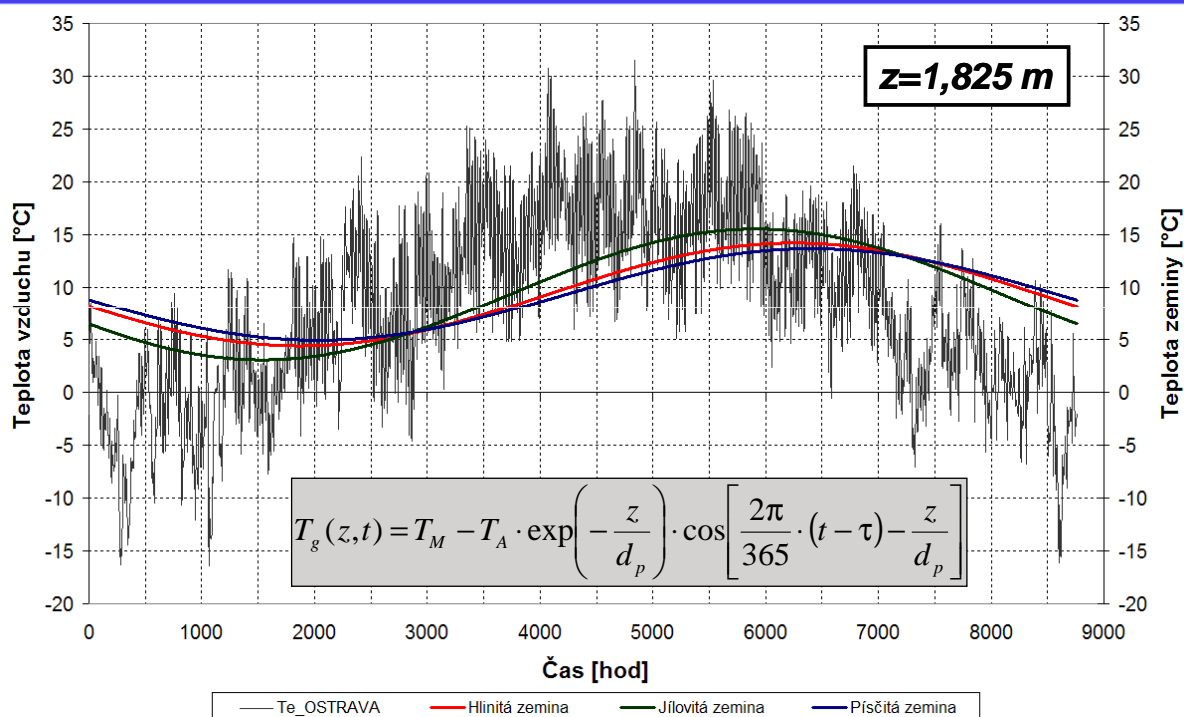
$$d_p = \sqrt{\frac{a_{gr} \cdot t_p}{\pi}} \quad [m]$$

# Model zemního výměníku tepla



■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla



■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**

- režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
- klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
- vlastnosti zeminy: jíl
- teplota zeminy: z=1,825 m
- PT a hmoty (vnitřní proudění v potrubí, T<sub>S</sub>=konst.)

$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**

- režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
- klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
- vlastnosti zeminy: jíl
- teplota zeminy: z=1,825 m
- PT a hmoty (vnitřní proudění v potrubí, T<sub>S</sub>=konst.)

$$\rho_{v,out} = \rho_{v,S} + (\rho_{v,in} - \rho_{v,S}) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{\beta}_v \cdot A_p}{\dot{V}_a}\right)$$



# Model zemního výměníku tepla

- Simulační software **TRNSYS 16.1**
  - režim větrání: 330 m<sup>3</sup>/h, podtlakový → 5 %
  - klimatická data: Mošnov, Ostrava-Poruba
  - vlastnosti zeminy: jíl
  - teplota zeminy: z=1,825 m
  - PT a hmoty (vnitřní proudění v potrubí, T<sub>s</sub>=konst.)
- Zjednodušení → teplotní rozvrstvení zeminy

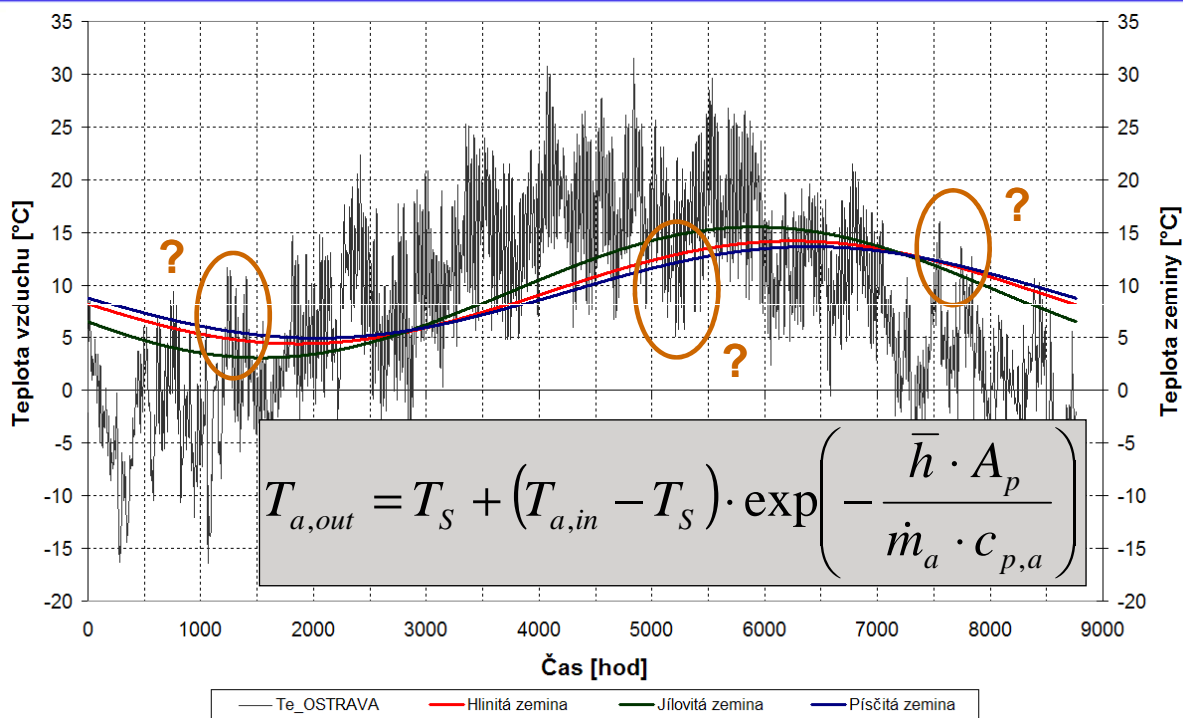
■ 1 2 3 4 **5** 6 7 8 9 10 11 12 ■

## Řešené varianty

ZVT	Přímý	Cirkulační	Kapalinový
Průměr potrubí	DN 200	DN 200	DN 32
Délka potrubí	30 m	2×15 m	130 m
Tloušťka stěny	6,2 mm	6,2 mm	2,9 mm
Materiál	KG 2000 Polypropylen®	KG 2000 Polypropylen®	FAST PE-GT-RC
Tepelná vodivost	0,22 W/(m·K)	0,22 W/(m·K)	0,16 W/(m·K)
Průměrná hloubka	1,825 m	1,412 m 1,912 m	1,825 m

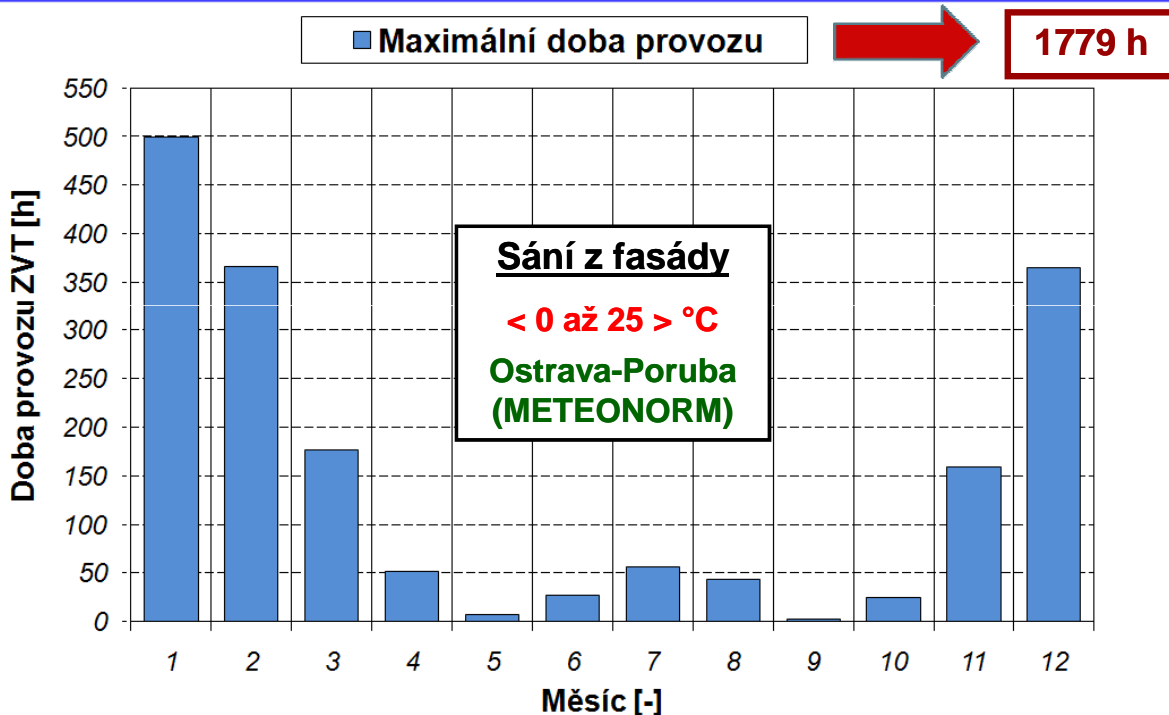
■ 1 2 3 4 5 **6** 7 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



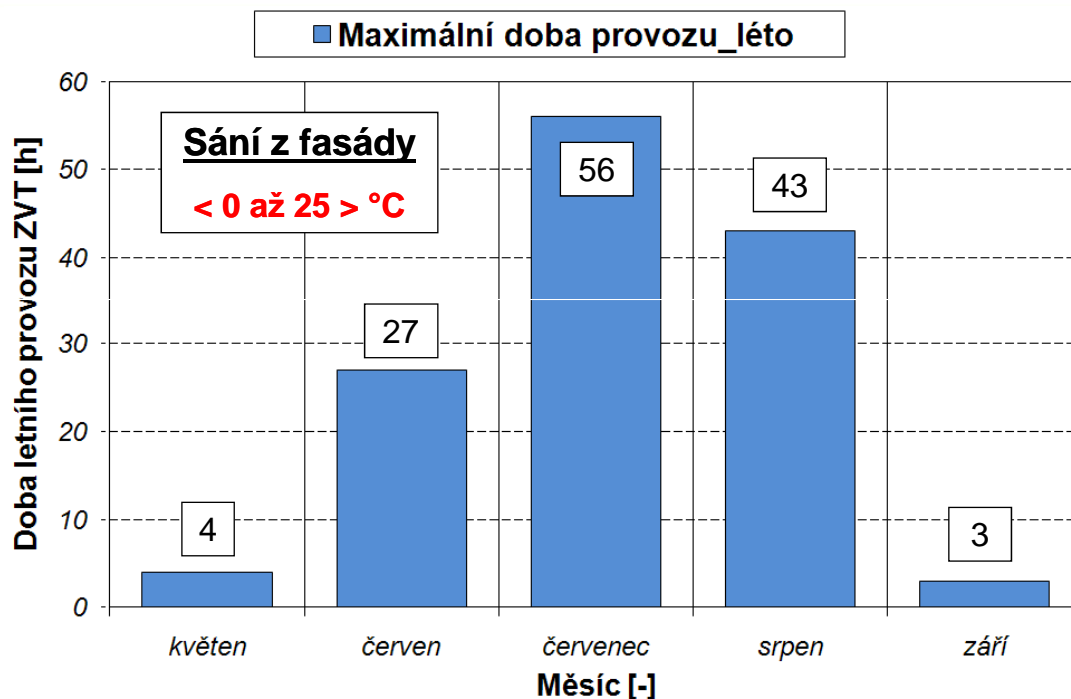
■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



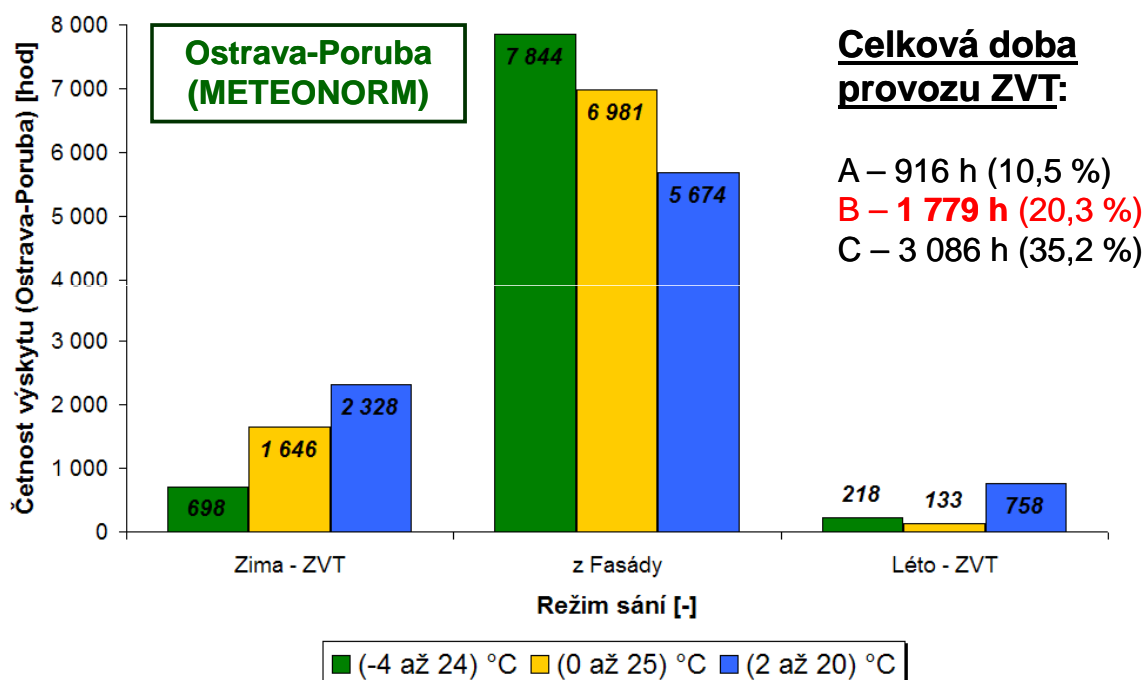
■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



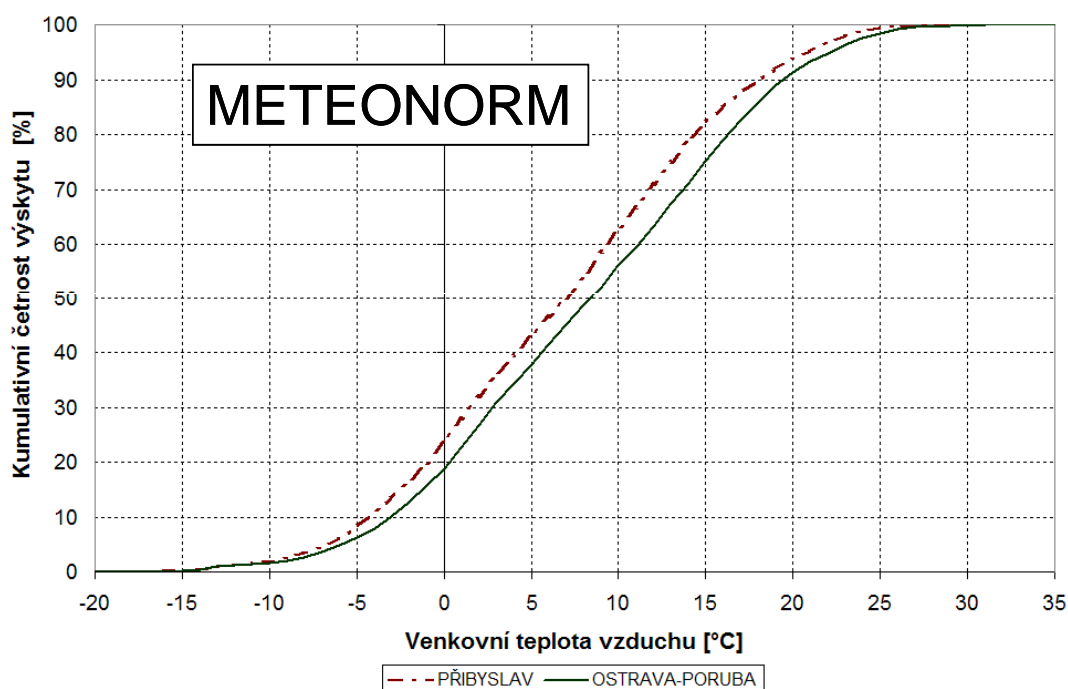
■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



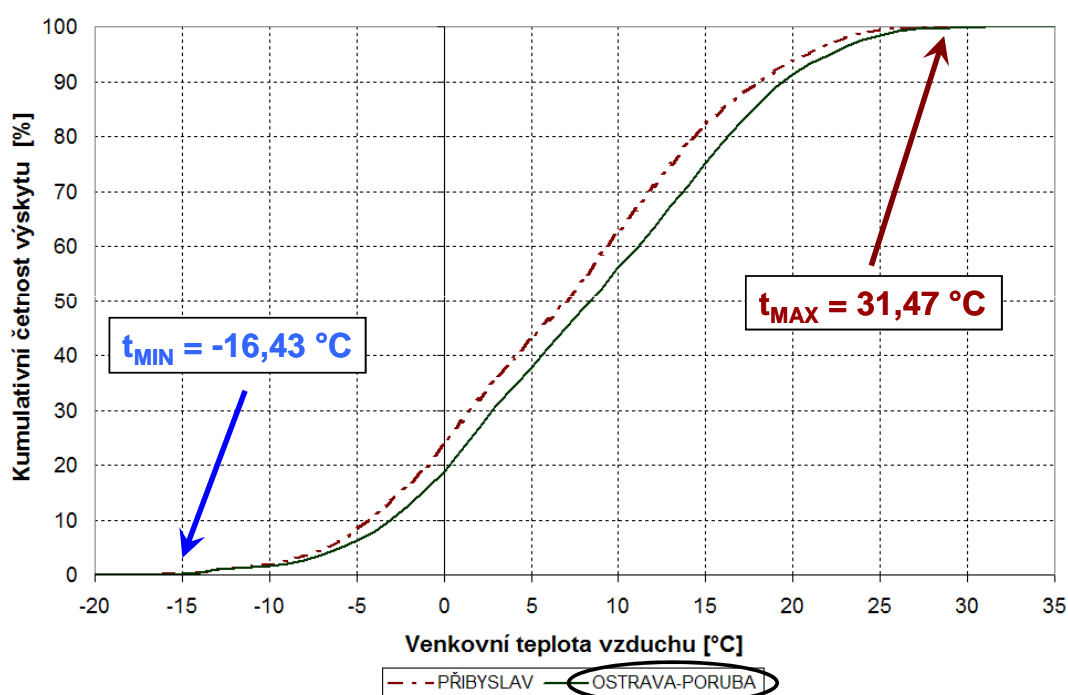
■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



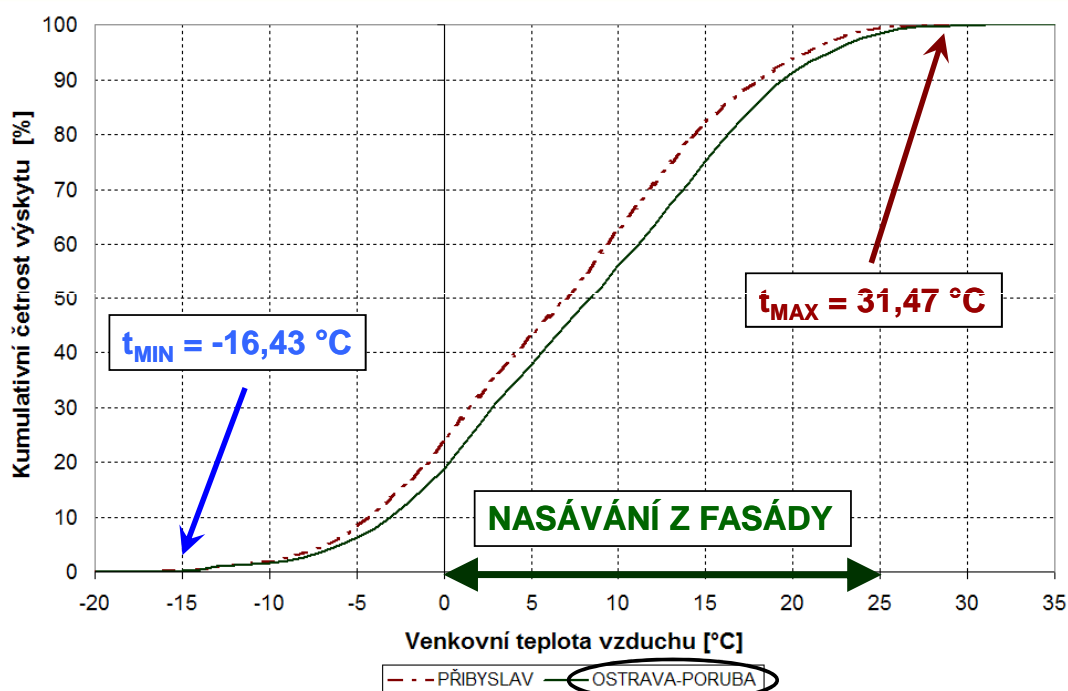
■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Využití zemního výměníku



■ 1 2 3 4 5 6 **7** 8 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S}$$



$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S}$$



$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}$$

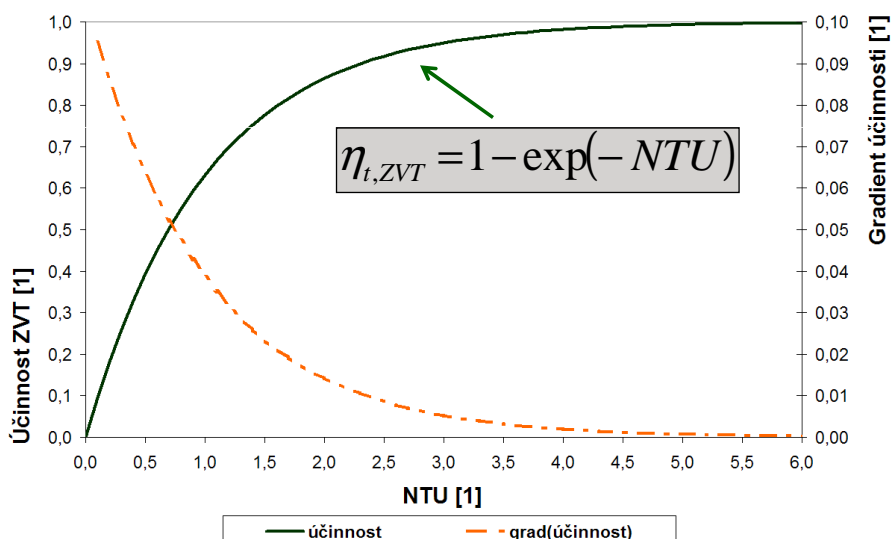
# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S}$$



$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}$$





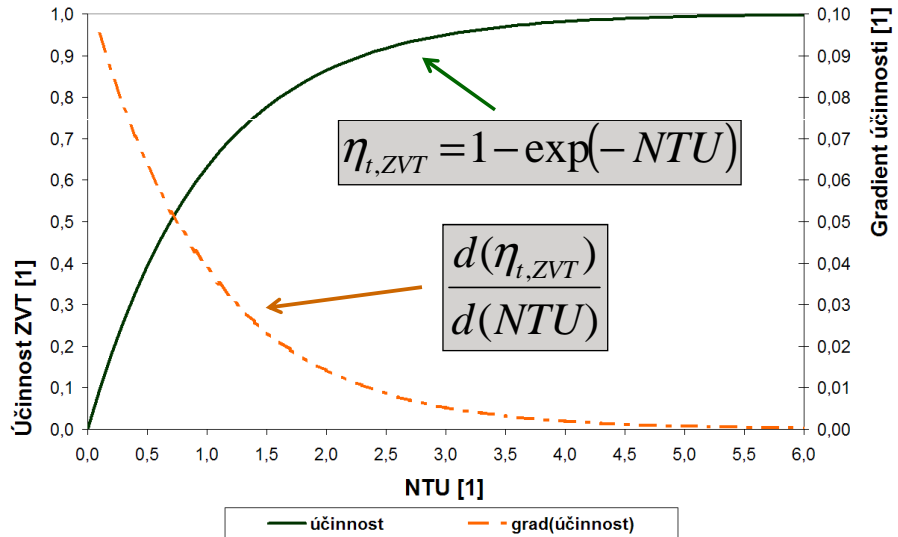
# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S}$$



$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}$$



■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■



**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S}$$



$$T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}$$



$$\eta_{t,ZVT} = 1 - \exp(-NTU)$$

$$\overline{Nu}_D = 0,023 \cdot \overline{Re}_D^{0,8} \cdot Pr^n$$

**n = 0,3 (chlazení), n = 0,4 (ohřev)**

- $0,6 \leq Pr \leq 160$
- $Re_D \geq 10\,000$
- $L \geq 10 \cdot D$

■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■



**ENERGETICKÝ ÚSTAV**  
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S} \longleftrightarrow T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}} \longrightarrow \eta_{t,ZVT} = 1 - \exp(-NTU)$$

$$\overline{Nu}_D = 0,023 \cdot \overline{Re}_D^{0,8} \cdot Pr^n \longleftrightarrow \overline{Nu}_D = \frac{\bar{h} \cdot D_p}{\lambda_a}$$

$n = 0,3$  (chlazení),  $n = 0,4$  (ohřev)

- $0,6 \leq Pr \leq 160$
- $Re_D \geq 10\,000$
- $L \geq 10 \cdot D$

■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$\eta_{t,ZVT} = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_S} \longleftrightarrow T_{a,out} = T_S + (T_{a,in} - T_S) \cdot \exp\left(-\frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}}\right)$$

$$NTU = \frac{\bar{h} \cdot A_p}{\dot{m}_a \cdot c_{p,a}} \longrightarrow \eta_{t,ZVT} = 1 - \exp(-NTU)$$

$$\overline{Nu}_D = 0,023 \cdot \overline{Re}_D^{0,8} \cdot Pr^n \longleftrightarrow \overline{Nu}_D = \frac{\bar{h} \cdot D_p}{\lambda_a}$$

$n = 0,3$  (chlazení),  $n = 0,4$  (ohřev)

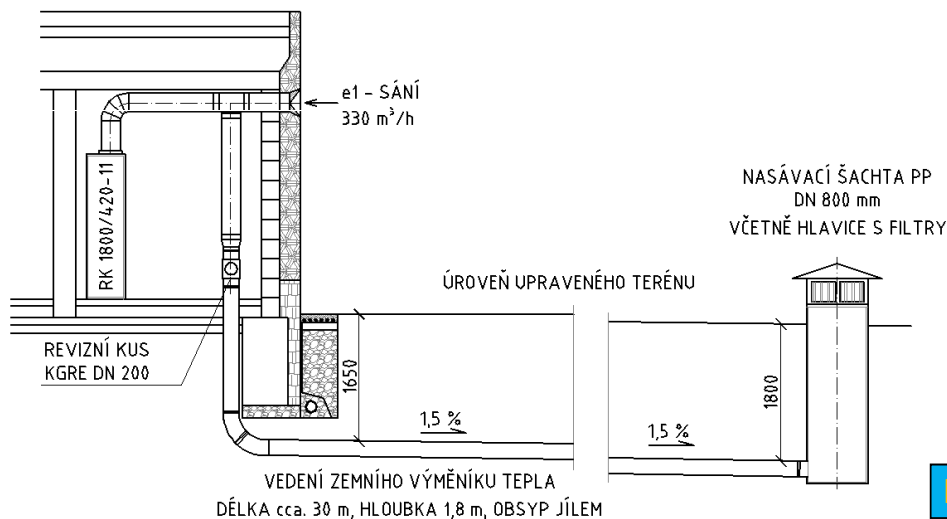
- $0,6 \leq Pr \leq 160$
- $Re_D \geq 10\,000$
- $L \geq 10 \cdot D$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D \cdot \lambda_a}{D_p}$$

■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$L_{\min} = - \left( \frac{\dot{m}_a}{\bar{h}} \cdot \frac{c_{p,a}}{P_p} \right) \cdot \ln \left( \frac{T_{a,out} - T_S}{T_{a,in} - T_S} \right)$$



■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$L_{\min} = - \left( \frac{\dot{m}_a}{\bar{h}} \cdot \frac{c_{p,a}}{P_p} \right) \cdot \ln \left( \frac{T_{a,out} - T_S}{T_{a,in} - T_S} \right)$$

$$T_S = T_g$$

POŽADUJEME  
• zima → 0 °C  
• léto → 22 °C

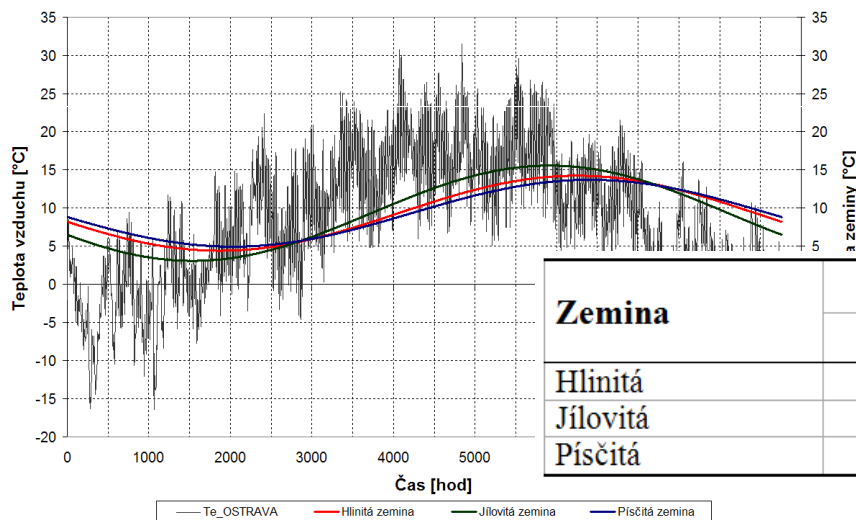
ZNÁME →  $t_{\min}$  nebo  $t_{\max}$

■ 1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12 ■

# Dimenzování ZVT

$$L_{\min} = - \left( \frac{\dot{m}_a}{\bar{h}} \cdot \frac{c_{p,a}}{P_p} \right) \cdot \ln \left( \frac{T_{a,out} - T_S}{T_{a,in} - T_S} \right)$$

- tlaková ztráta potrubí, cena mat.
- $w_{MAX} \rightarrow 5 \text{ m/s}$
- zapojení **dle Tichelmanna**
- minimalizace výkopových prací

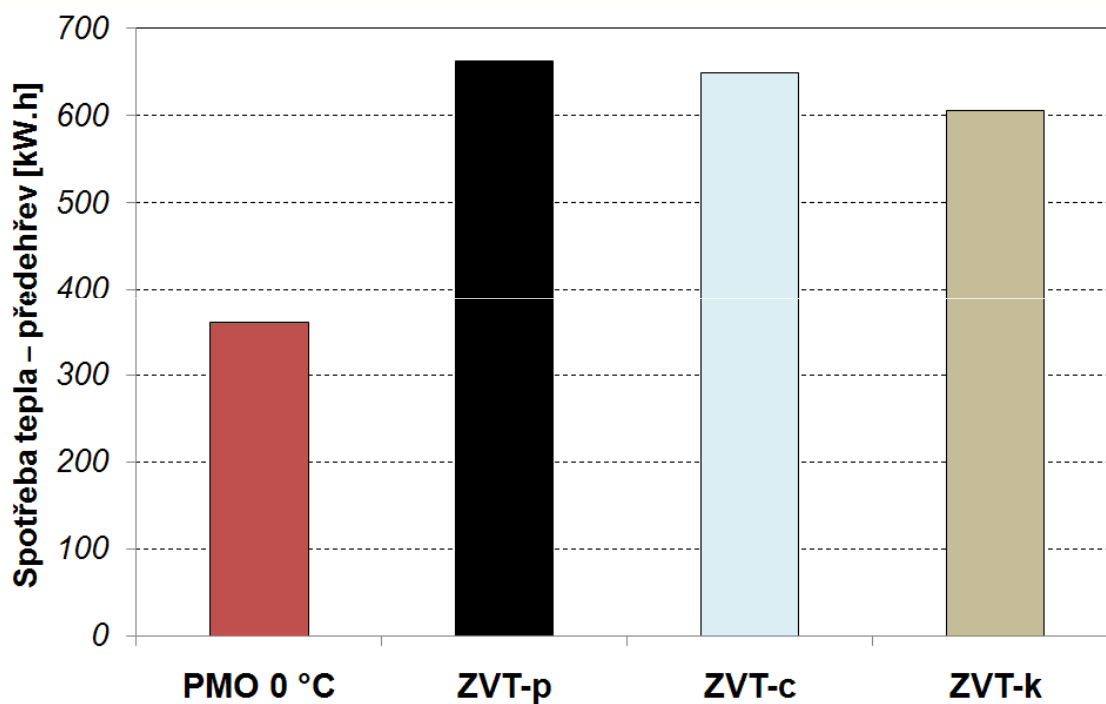


Studénka, 300 m<sup>3</sup>/h

Zemina	L <sub>min, Z</sub>	L <sub>min, L</sub>
	[ m ]	[ m ]
Hlinitá	26,13	10,49
Jílovitá	32,29	12,11
Písčitá	24,25	9,98

1 2 3 4 5 6 7 **8** 9 10 11 12

# Výsledky – zimní provoz



1 2 3 4 5 6 7 8 **9** 10 11 12

# Výsledky – zimní provoz

Varianta	Předehřev ZVT Dohřev			Spotřeba el. en. [kW·h/rok]
	[kW·h/rok]			
PMO 0 °C	360,3	4177,6	1152,0	1512,3
ZVT-p	662,0	3957,8	1070,1	1070,1
ZVT-c	649,8	3966,8	1073,3	1073,3
ZVT-k	605,9	4053,8	1030,1	1030,1

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 **9** 10 11 12 ■

# Výsledky – zimní provoz

na 22 °C

Varianta	Předehřev ZVT Dohřev			Spotřeba el. en. [kW·h/rok]
	[kW·h/rok]			
PMO 0 °C	<b>360,3</b>	4177,6	<b>1152,0</b>	1512,3
ZVT-p	662,0	3957,8	1070,1	1070,1
ZVT-c	649,8	3966,8	1073,3	1073,3
ZVT-k	605,9	4053,8	1030,1	1030,1

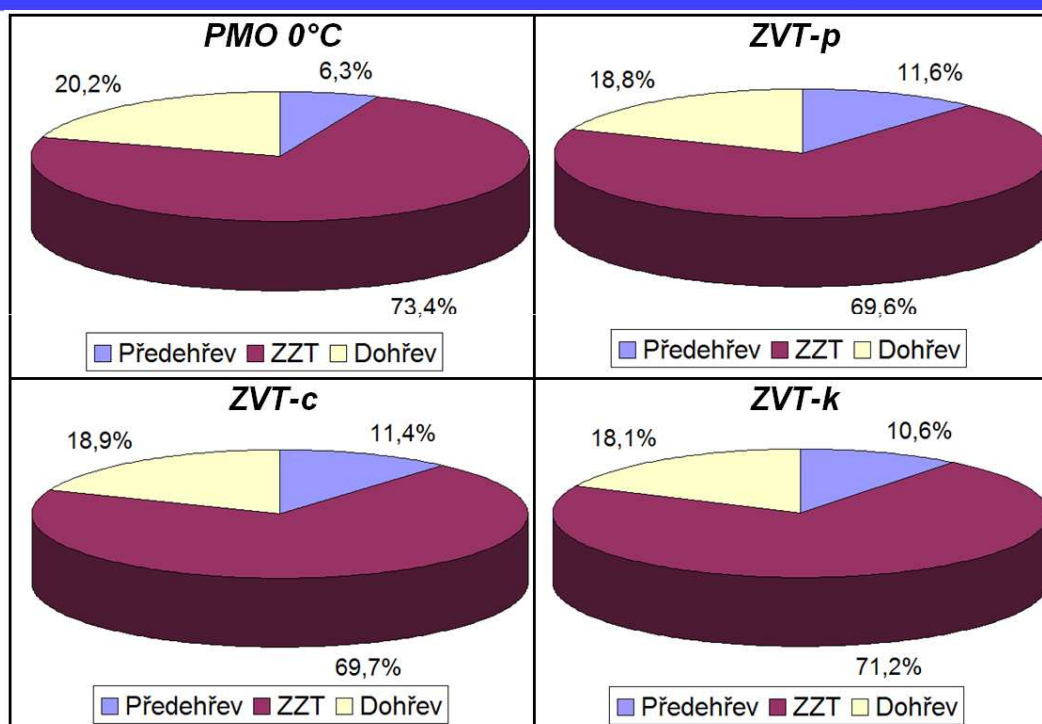
■ 1 2 3 4 5 6 7 8 **9** 10 11 12 ■

# Výsledky – zimní provoz

Varianta	Předeřev	ZZT	Dohřev	Spotřeba el. en.
	[kW·h/rok]			[kW·h/rok]
<b>PMO 0 °C</b>	360,3	4177,6	1152,0	1512,3
<b>ZVT-p</b>	662,0	3957,8	1070,1	1070,1
<b>ZVT-c</b>	649,8	3966,8	1073,3	1073,3
<b>ZVT-k</b>	605,9	4053,8	1030,1	1030,1

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 **9** 10 11 12 ■

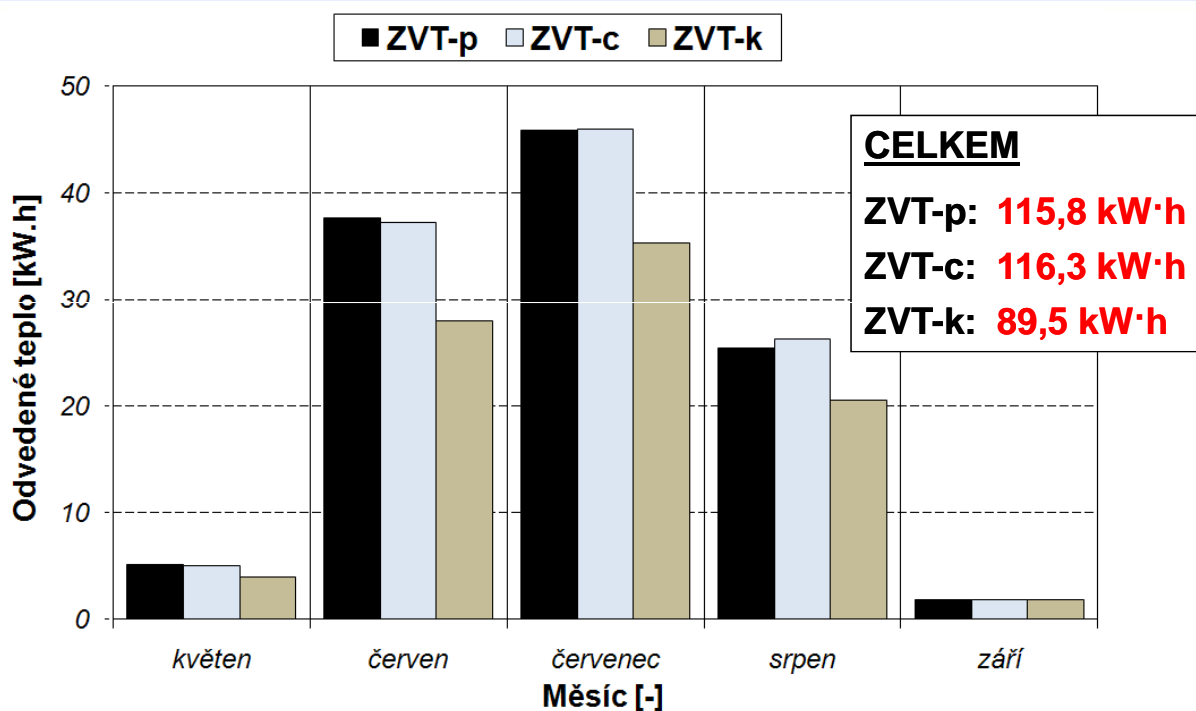
# Výsledky – zimní provoz



■ 1 2 3 4 5 6 7 8 **9** 10 11 12 ■

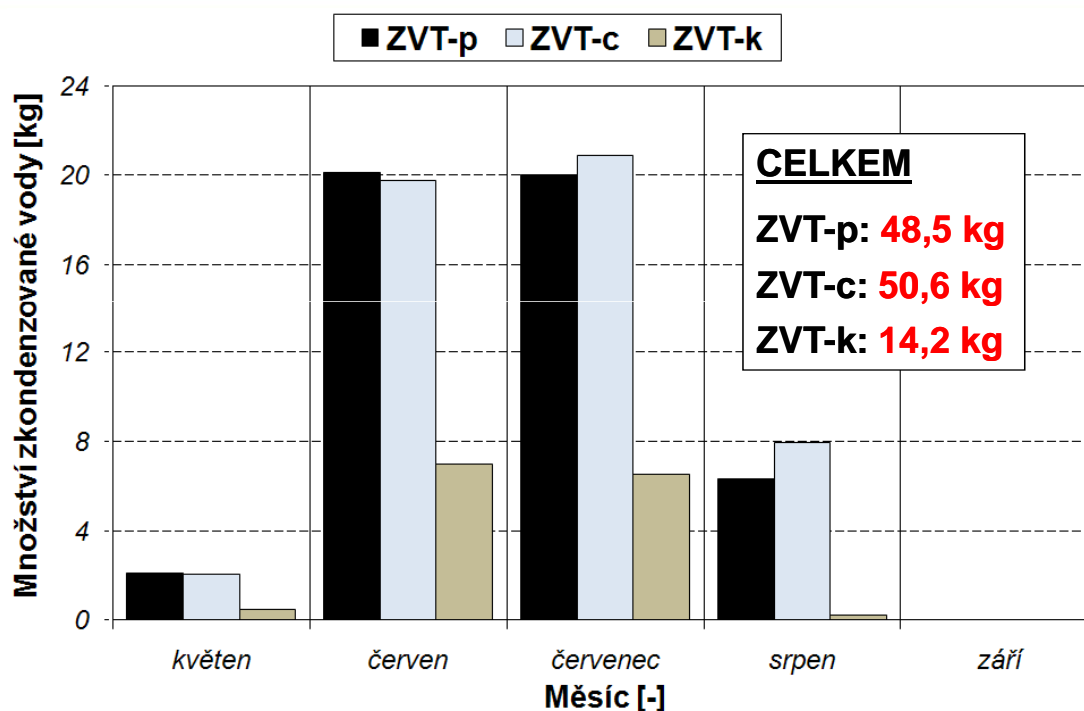


# Výsledky – letní provoz



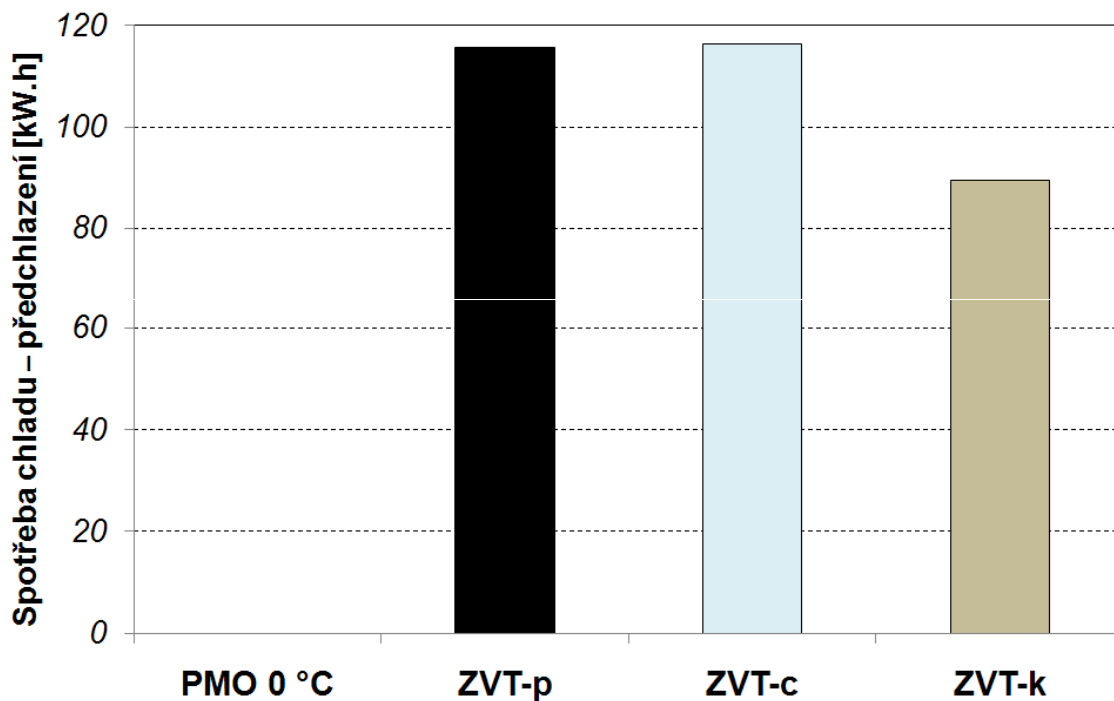
■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Výsledky – letní provoz



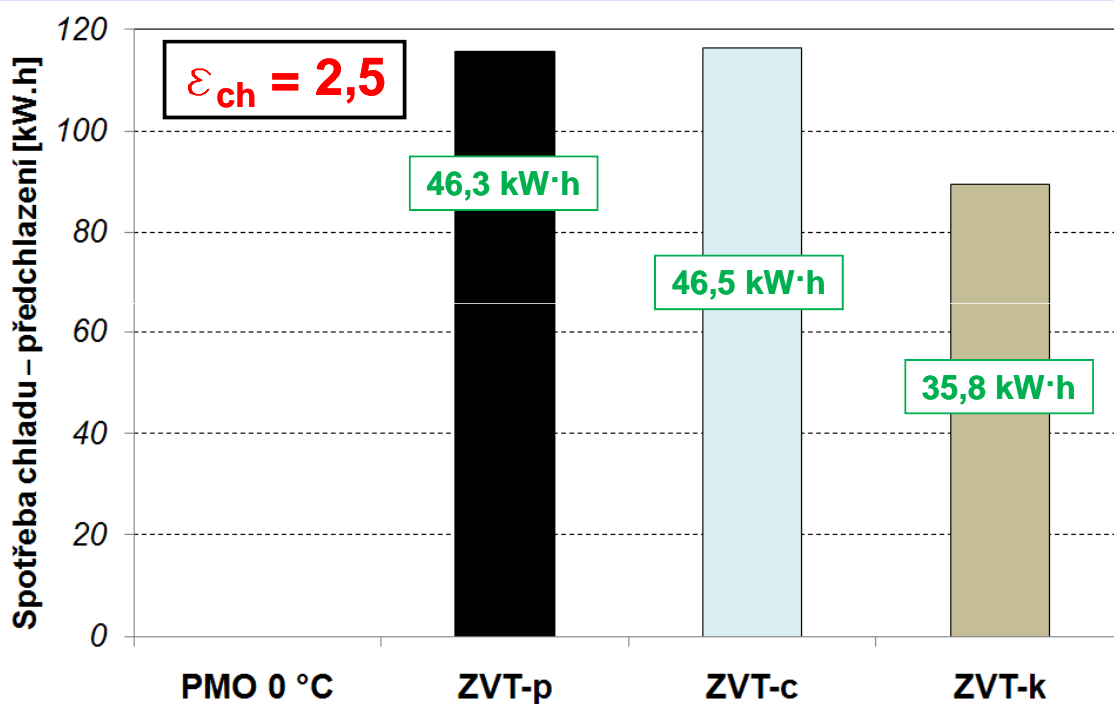
■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Výsledky – letní provoz



■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Výsledky – letní provoz





■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ■

# Výsledky – celoroční provoz

Varianta	Zisk – ZIMA		Zisk – LÉTO		Zisk (celoroční)
	Energ.	Ekon.	Energ.	Ekon.	Ekon.
	[kW·h/rok]	[Kč/rok]	[kW·h/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
PMO 0 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZVT-p	442,2	948,8	46,3	142,9	1091,7
ZVT-c	439,0	941,9	46,5	143,6	1085,5
ZVT-k	482,2	1034,6	35,8	110,5	1145,1

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **11** 12 ■

# Výsledky – celoroční provoz

Varianta	Zisk – ZIMA 		Zisk – LÉTO 		Zisk (celoroční)
	Energ.	Ekon.	Energ.	Ekon.	Ekon.
	[kW·h/rok]	[Kč/rok]	[kW·h/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
PMO 0 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZVT-p	442,2	948,8	46,3	142,9	1091,7
ZVT-c	439,0	941,9	46,5	143,6	1085,5
ZVT-k	482,2	1034,6	35,8	110,5	1145,1

**Distribuční sazba: D35d (ČEZ, od 1.1. 2009)**

■ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **11** 12 ■

# Výsledky – celoroční provoz

- Investiční náklady (r. 2009)

ZVT-p → 59 896 Kč

ZVT-c → 45 850 Kč

ZVT-k → 67 815 Kč

**poměr  
CENA/VÝKON**

Varianta	$Q^*_{oh, MAX}$ [kW]	$Q^*_{ch, MAX}$ [kW]	$m_{W, celk}$ [kg]
ZVT-p	2,26	-2,80	48,5
ZVT-c	2,23	-2,77	50,6
ZVT-k	1,99	-2,10	14,2

**Ale:  
PD Rychnov  
COP=10**

# Výsledky – celoroční provoz

- Investiční náklady (r. 2009)

ZVT-p → 59 896 Kč

ZVT-c → 45 850 Kč

ZVT-k → 67 815 Kč

- Prostá doba návratnosti

ZVT-p → 54,9 let

ZVT-c → 42,2 let

ZVT-k → 59,2 let

# Výsledky – celoroční provoz

- Investiční náklady (r. 2009)

ZVT-p → 59 896 Kč

ZVT-c → 45 850 Kč

ZVT-k → 67 815 Kč

- Prostá doba návratnosti

ZVT-p → 54,9 let

ZVT-c → 42,2 let

ZVT-k → 59,2 let



**VÝHODNÉ  
???**



# Výsledky – celoroční provoz

- Ale...

→ co s čím srovnávat (*PMO 0°C, SPLIT systém*) ???

→ **větrat se musí !!!**

→ protimrazová ochrana výměníku ZZT

→ chlazení solárních kolektorů (*ZVT-k*)

→ vše se nedá vyjádřit penězi (*komfort, kvalita vnitřního prostředí, ...*)

→ kvalitní materiál je drahý (*potrubí, ...*)

→ **cena elektrické energie** – vývoj do budoucna ???



# Závěr

- **Zjednodušený model v sw TRNSYS**
  - nejistoty vstupních parametrů
- **Využití zemního výměníku tepla**
  - **ZZT** – protimrazová ochrana
  - cirkulační vs. přímé provedení
- **Energetický zisk ZVT**
  - předehřev nebo vypínání
  - předchlazení, **cirkulační chlazení: ZVT-c, ZVT-k**
- **Investiční náklady, hygiena provozu**

# Závěr

- **Co dále ???**
  - reálné teplotní rozvrstvení zeminy
  - další zpřesnění modelu zemního výměníku tepla
  - validace + verifikace modelu
  - mikrobiologická rizika

## **Mikrobiologická laboratoř IFCOR-99, s.r.o.**

→ RNDr. Dana Hanuláková

## **VUT v Brně – FAST:**

GAČR P104/10/P388 *"Experimentální analýza účinnosti mikrovlnného záření při likvidaci biologických činitelů způsobujících korozi stavebních materiálů"*.

# Děkuji Vám za pozornost

[Antonín KOLBÁBEK](mailto:ykolba00@stud.fme.vutbr.cz): ykolba00@stud.fme.vutbr.cz

