



PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY – návrhový software

Roman Vavříčka

ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav techniky prostředí

1. Potřeba teplé vody [$\text{m}^3/\text{měrná jednotka} \cdot \text{perioda}$]

2. Způsob odběru teplé vody [$V_i = f(\tau)$]

Dále:

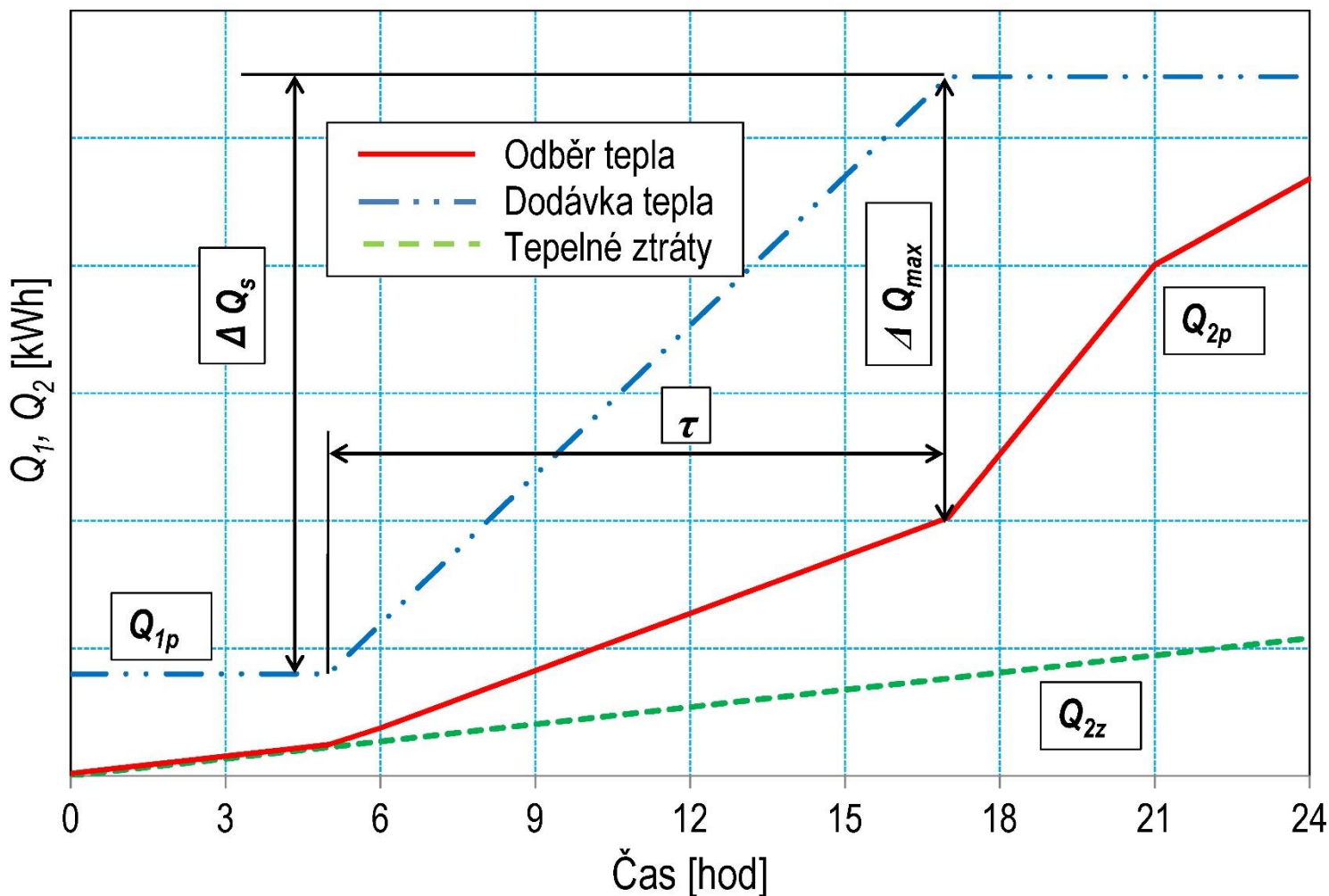
- zdroj tepla [*teplotní úroveň, provoz*],
- způsob nabíjení zásobníku TV [*regulace, odběrová místa*]

Potřeba tepla dodaného ohříváčem TV

$$Q_{TV, celk} = Q_{TV, teor} + Q_{TV, ztráty} = (1 + z) \cdot Q_{TV, teor} = \frac{(1 + z) \cdot V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3600 \cdot 1000}$$

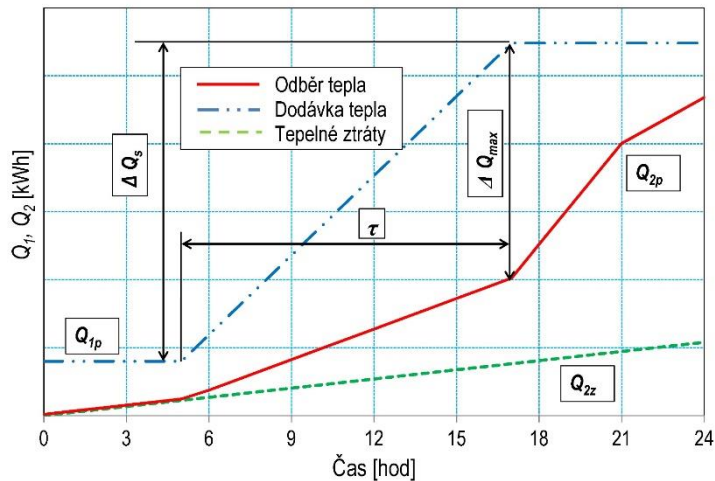
- $Q_{TV, celk}$ - teplo dodané ohříváčem TV [kWh/periodu],
 $Q_{TV, teor}$ - teplo pro ohřev vody [kWh/periodu],
 $Q_{TV, ztráty}$ - teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/periodu],
 z - poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-],
 V_i - celková potřeba teplé vody [m³/periodu],
 ρ - hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],
 c - měrná tepelná kapacita [J/kg·K],
 t_{SV} - teplota studené vody (obvykle 10 °C) [°C],
 t_{TV} - teplota teplé vody (obvykle 55 °C) [°C].

Princip výpočtu



Metoda křivek dodávky a odběru tepla

Princip výpočtu



Velikost zásobníku TV – V_z [m³]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c^* \cdot (t_{TV} - t_{SV})}$$

!!! c - měrná tepelná kapacita !!!

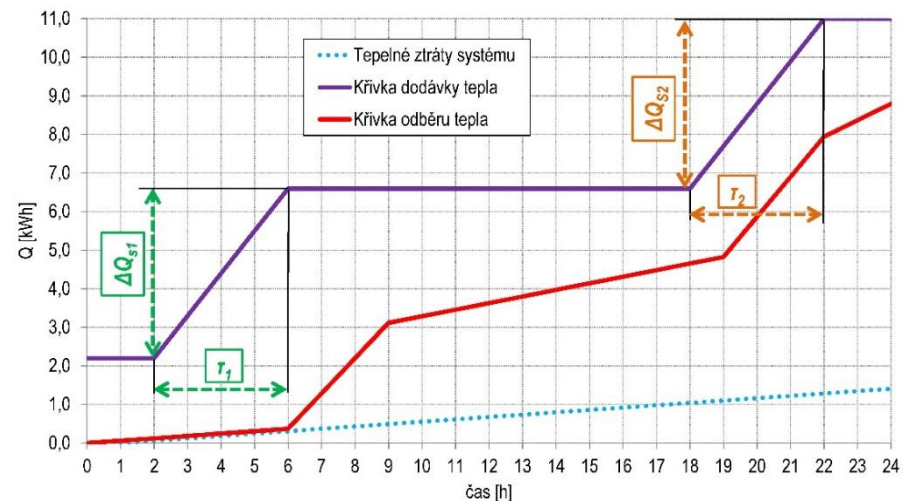
!!! $c = 4187 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ (VYT)

vs.

$c^* = 1,163 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{K}$ (TV) !!!

Tepelný výkon ohřivače TV – Q_{zdroj} [W]

$$Q_{\text{zdroj}} = \left(\frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} \right)_{\max}$$



1. Potřeba teplé vody – SOFTWARE

$$Q_{TV, celk} = Q_{TV, teor} + Q_{TV, ztráty} = (1 + z) \cdot Q_{TV, teor} = \frac{(1 + z) \cdot V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3600 \cdot 1000}$$

Doporučené hodnoty

Druh budovy	V_i [m ³ /měrná jednotka·den]	Měrná jednotka
Rodinný dům	0,04 až 0,05 (<i>realita 0,035</i>)	Osoba
Bytový dům	0,04 (<i>realita 0,025 až 0,035</i>)	Osoba
Ubytovací zařízení	0,028	Lůžko
Restaurace	0,01 až 0,02	Jídlo
Administrativní budova	0,005 až 0,015	Osoba
Sportovní zařízení	0,1	Instalovaná sprcha
Průmyslový závod	0,03	Sprchová koupel

OBVYKLE !!!

1 Perioda = 24 hodin

!!! MŮŽE BÝT

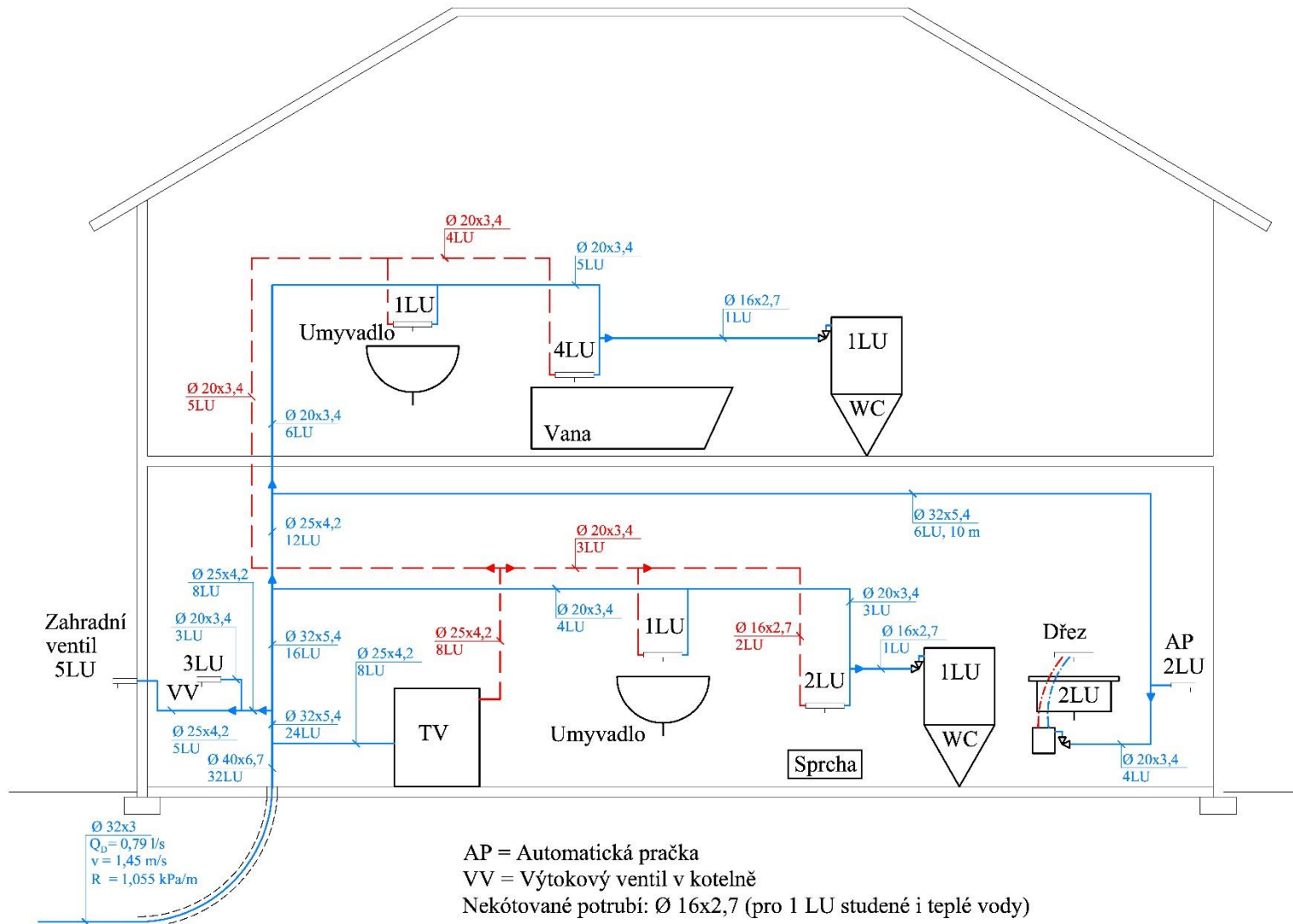
1 Perioda = 30 minut

2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

Ro

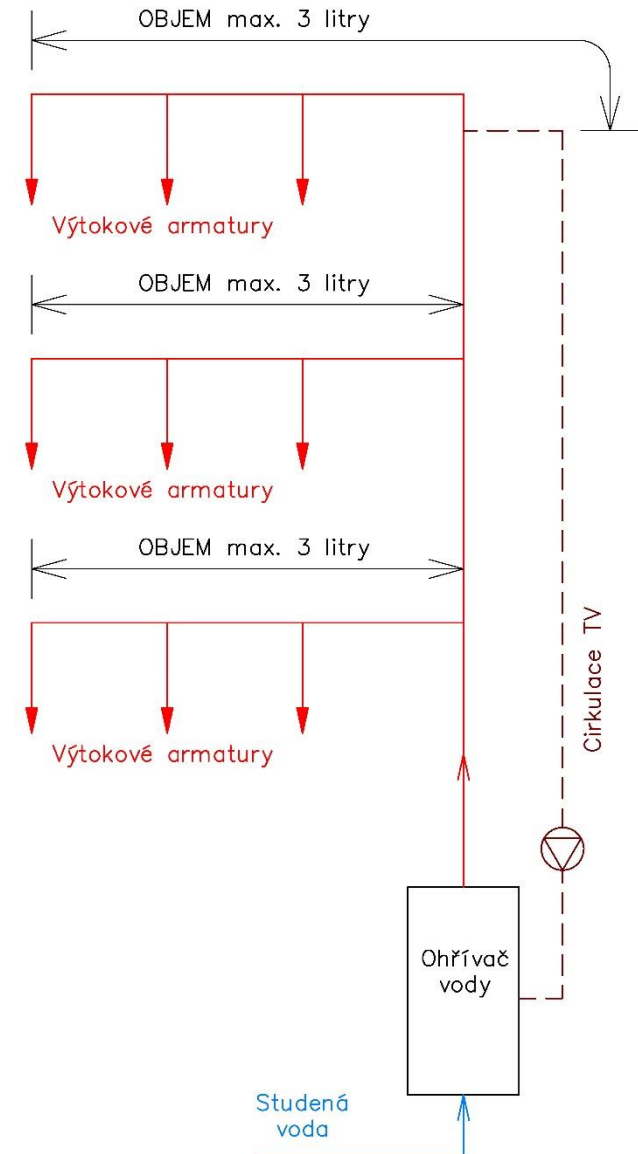
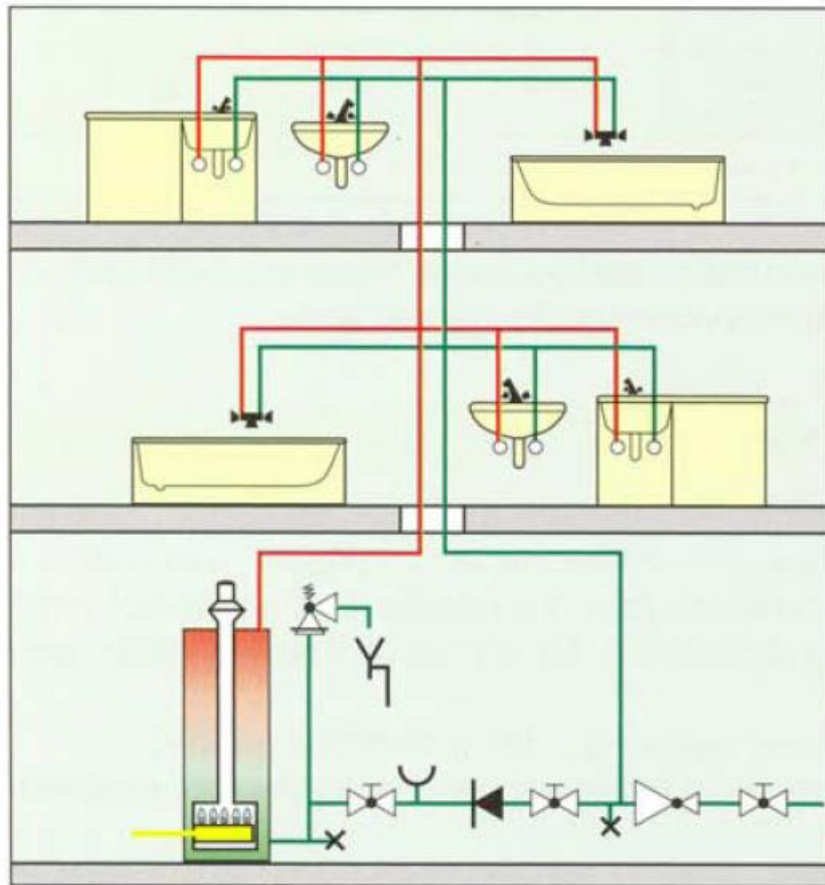
Č

U



2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

Rozdělení typu ohřevu TV – ústřední ohřev TV



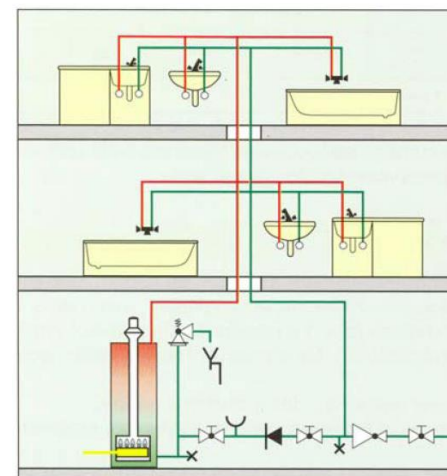
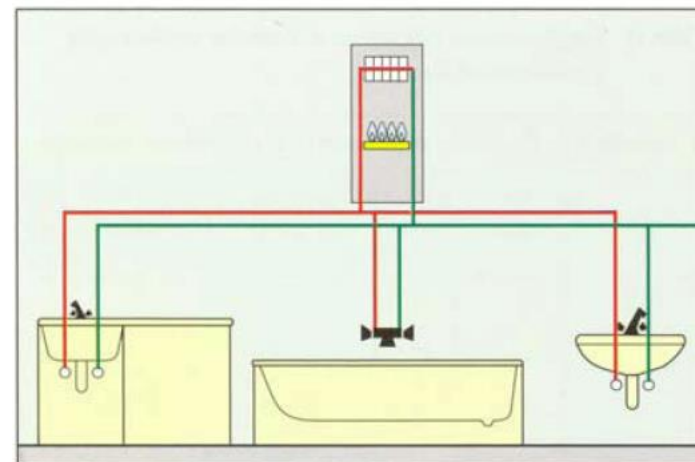
2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

NÁVRHOVÝ SOFTWARE – WEBOVÁ APLIKACE

Typ objektu	Poměrná ztráta z [%]
Rodinný dům s centrálním ohřevem TV	5
Rodinný dům s ústředním ohřevem TV	20
Bytový dům s centrálním ohřevem TV	20* – 40*
Bytový dům s ústředním ohřevem TV	100
Ubytovací zařízení s centrálním ohřevem TV	20
Ubytovací zařízení s ústředním ohřevem TV	100
Restaurace s centrálním ohřevem TV	5
Restaurace s ústředním ohřevem TV	20
Administrativní budova s centrálním ohřevem TV	10
Administrativní budova s ústředním ohřevem TV	60
Sportovní zařízení s centrálním ohřevem TV	10
Sportovní zařízení s ústředním ohřevem TV	10
Průmyslový závod s centrálním ohřevem TV	20
Průmyslový závod s ústředním ohřevem TV	60

Bez cirkulace, S cirkulací, Dle skutečnosti

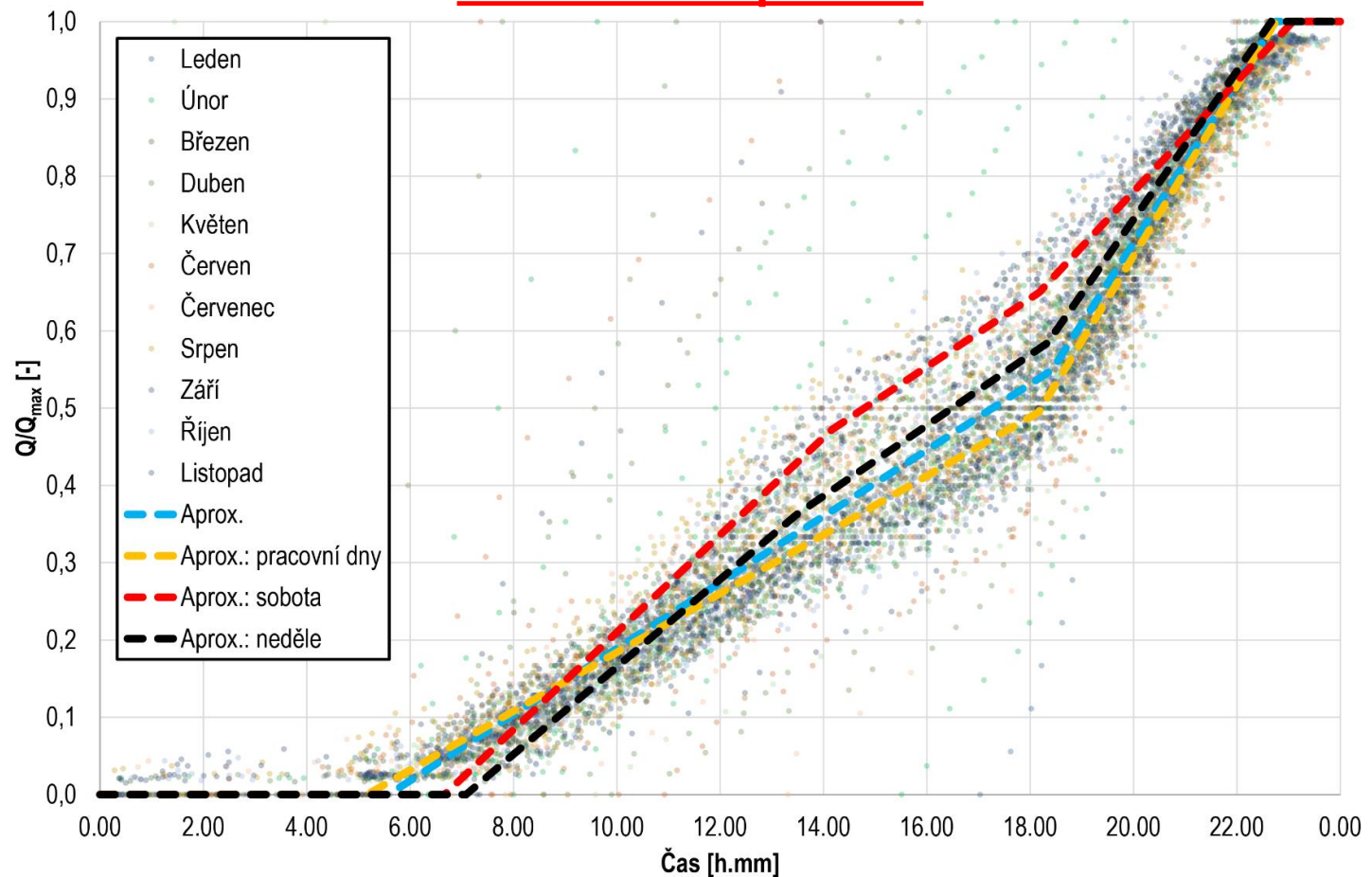
* f(průtokový ohřev, akumulace)



2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

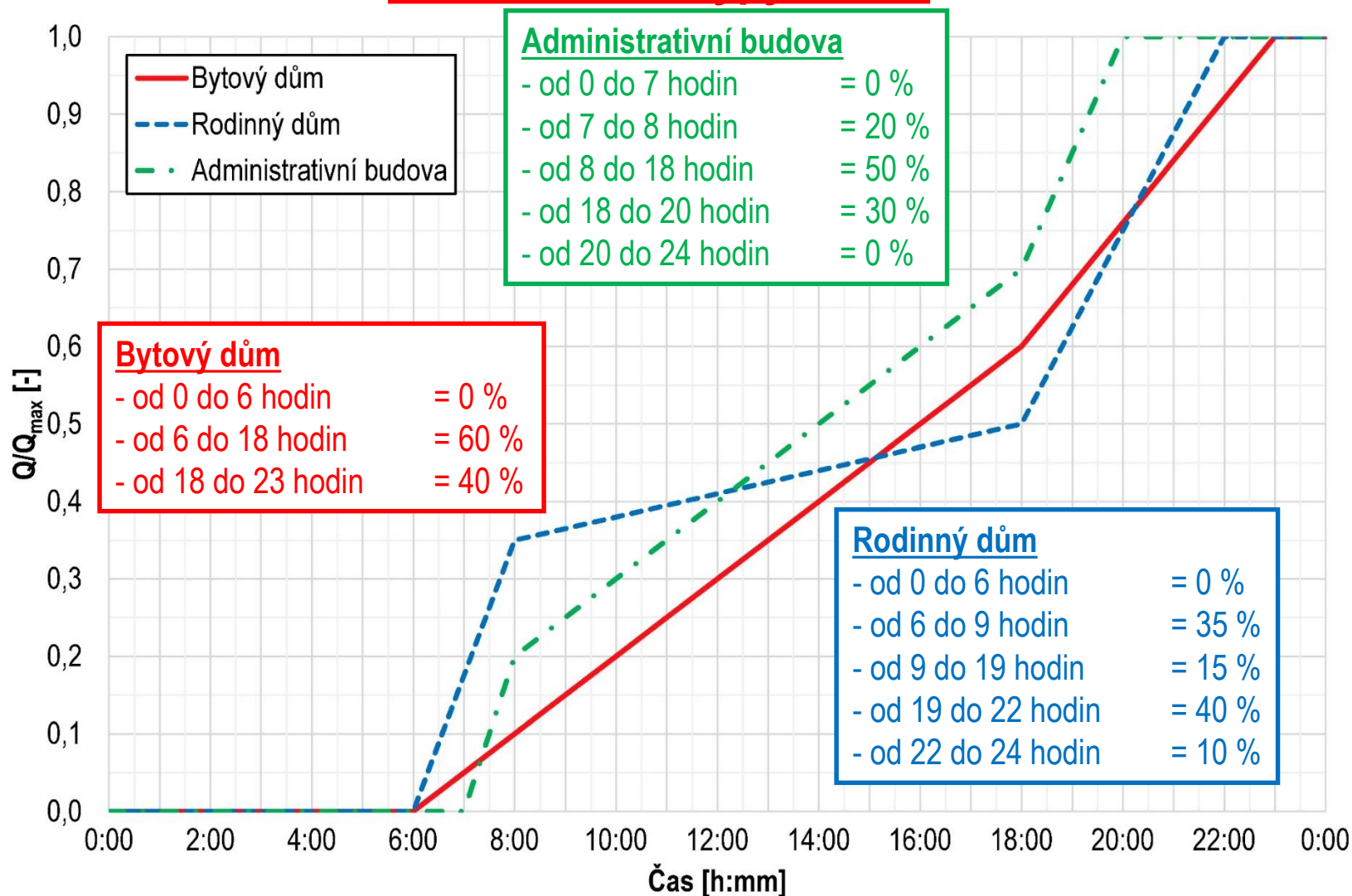
Bilance odběrů TV v typického bytového domu během dne

Kumulativní průběh



2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

Bilance odběrů TV během **dne – základní typy budov**

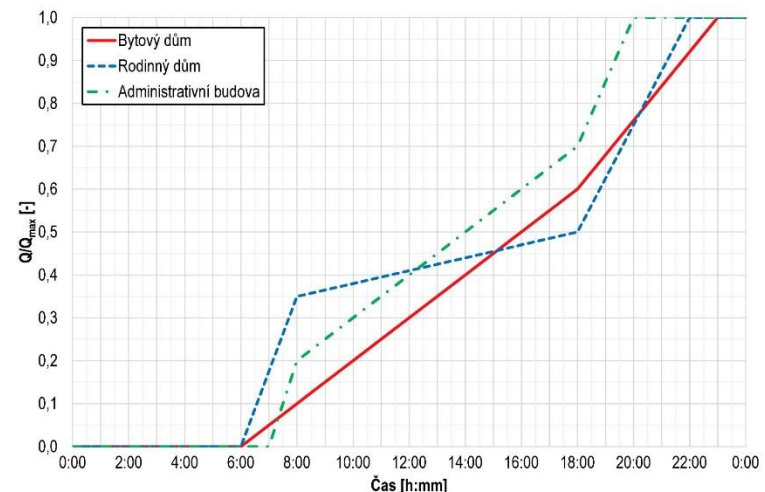


2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

Bilance odběrů TV během dne – základní typy budov

➤ Přizpůsobení křivky odběru dle aktuálního počtu osob (měrné jednotky)

- při zadání RD s více jak 10 osobami, křivka odběru přechází na BD,
- při zadání BD do 10 osob, křivka odběru je shodná jako u RD,
- při zadání BD od 10 do 49 osob, křivka odběru „vyhlazuje“ odběrové špičky,
- při zadání BD s více jak 50 osobami, křivka odběru přejde do „typického tvaru“,



2. Způsob odběru teplé vody – SOFTWARE

Bilance odběrů TV během dne – ostatní typy budov

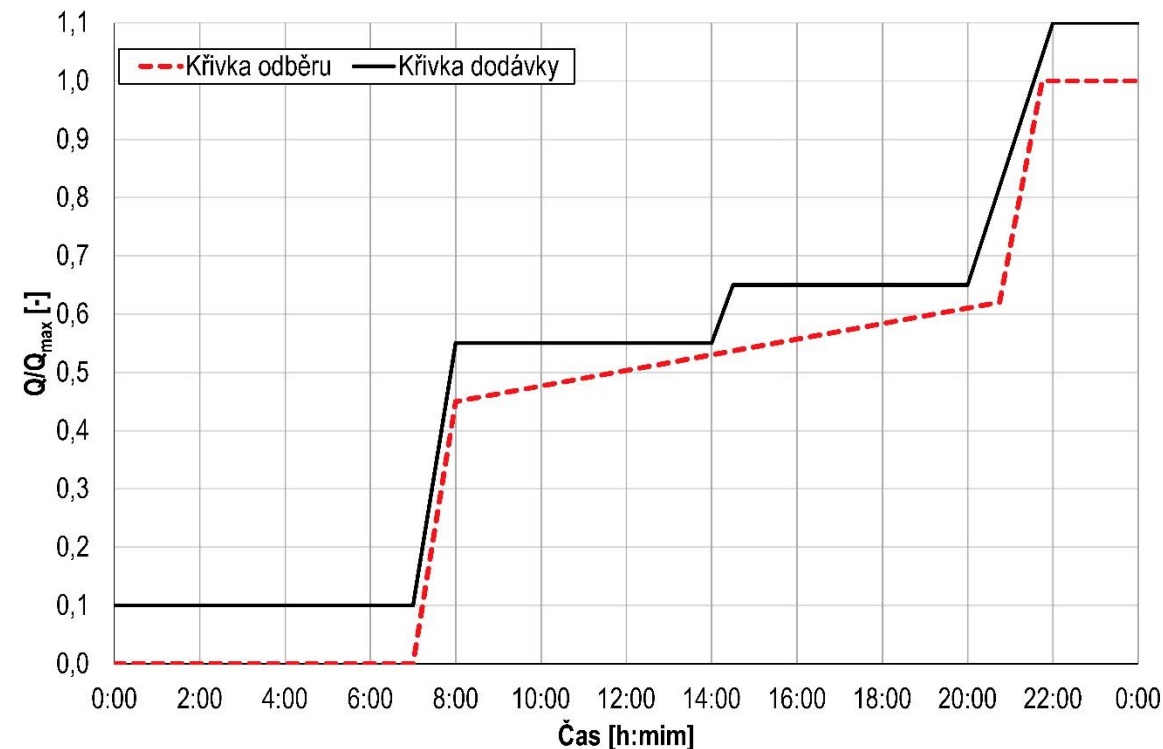
➤ Restaurace

- základní nastavení je shodné jako u administrativní budovy,
- záleží na počtu vydávaných jídel, otevírací době, požadavku úklidu apod.,

➤ Průmyslový areál, sportovní zařízení

- základní nastavení je pro tři špičkové odběry mezi 8:00 a 22:30,
- záleží na konkrétní typologii stavby (výrobní závod, těžařský průmysl, fotbalové kabiny, plavecký areál, apod.)

Příklad 1 – Snaha o minimalizaci velikosti zásobníku TV



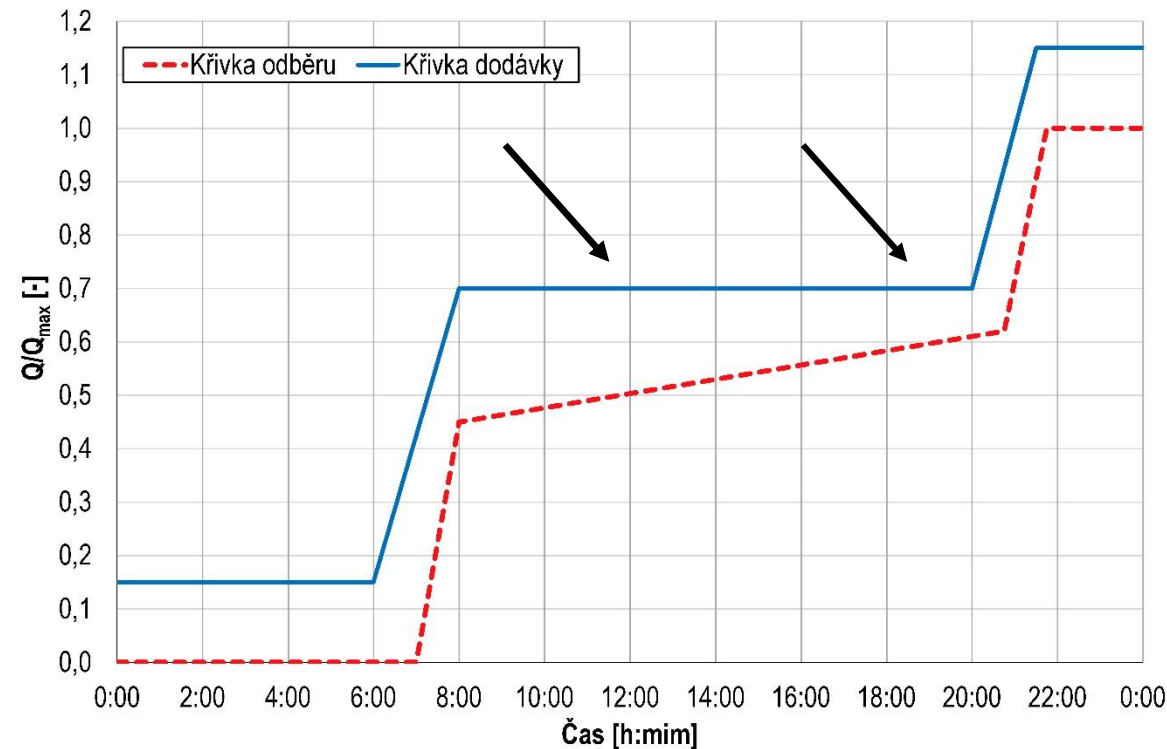
Zjednodušení pro výpočet:

Procentuální poměr

1 % = 1 kWh

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV V_{TV} [l]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV Q_{ZDROJ} [kW]
7:00 až 8:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl	45,0
14:00 až 14:30	248,4	20,0
20:00 až 22:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl	22,5

Příklad 2 – Optimalizace křivky dodávky tepla s ohledem na provoz zdroje tepla



- 1) Možnost využití zdroje tepla i pro jinou technologii (VYT, VZT, atd.).

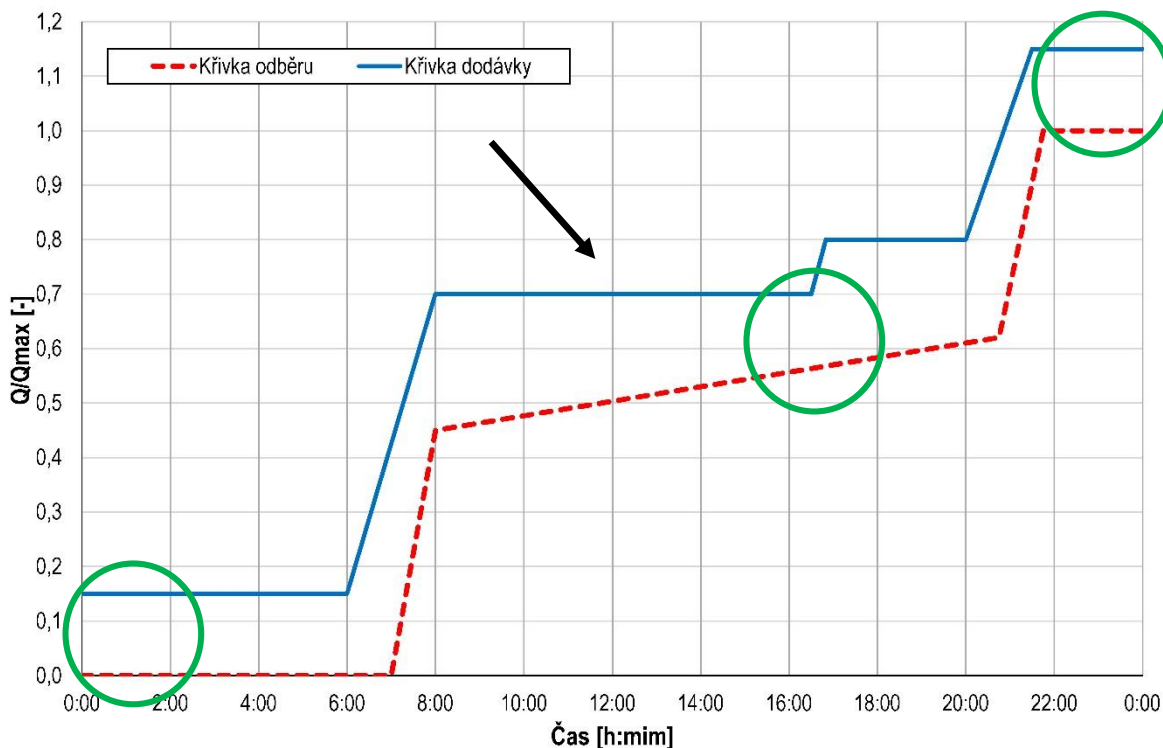
Zjednodušení pro výpočet:

Procentuální poměr

1 % = 1 kWh

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV V_{TV} [l]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV Q_{ZDROJ} [kW]
6:00 až 8:00	477,7	27,5
20:00 až 21:30	Není rozhodující pro maximální rozdíl	30,0

Příklad 3 – Optimalizace křivky dodávky tepla s ohledem na provoz zdroje tepla a možnost nestandardních odběrů TV



- 1) Možnosti využití zdroje tepla i pro jinou technologii (VYT, VZT, atd.).
- 2) 15 % rezerva dodávky tepla nad křivkou odběru.

Zjednodušení pro výpočet:

Procentuální poměr

$$\underline{1 \% = 1 \text{ kWh}}$$

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV $V_{TV} [l]$	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV $Q_{ZDROJ} [kW]$
6:00 až 8:00	477,7	27,5
16:30 až 16:50	Není rozhodující pro maximální rozdíl	30,0
20:00 až 21:30	Není rozhodující pro maximální rozdíl	23,3

Základní návrh křivky dodávky tepla – nastavení v softwaru

15 % - ekvidistantní vzdálenost s křivkou odběru – IDEÁLNÍ

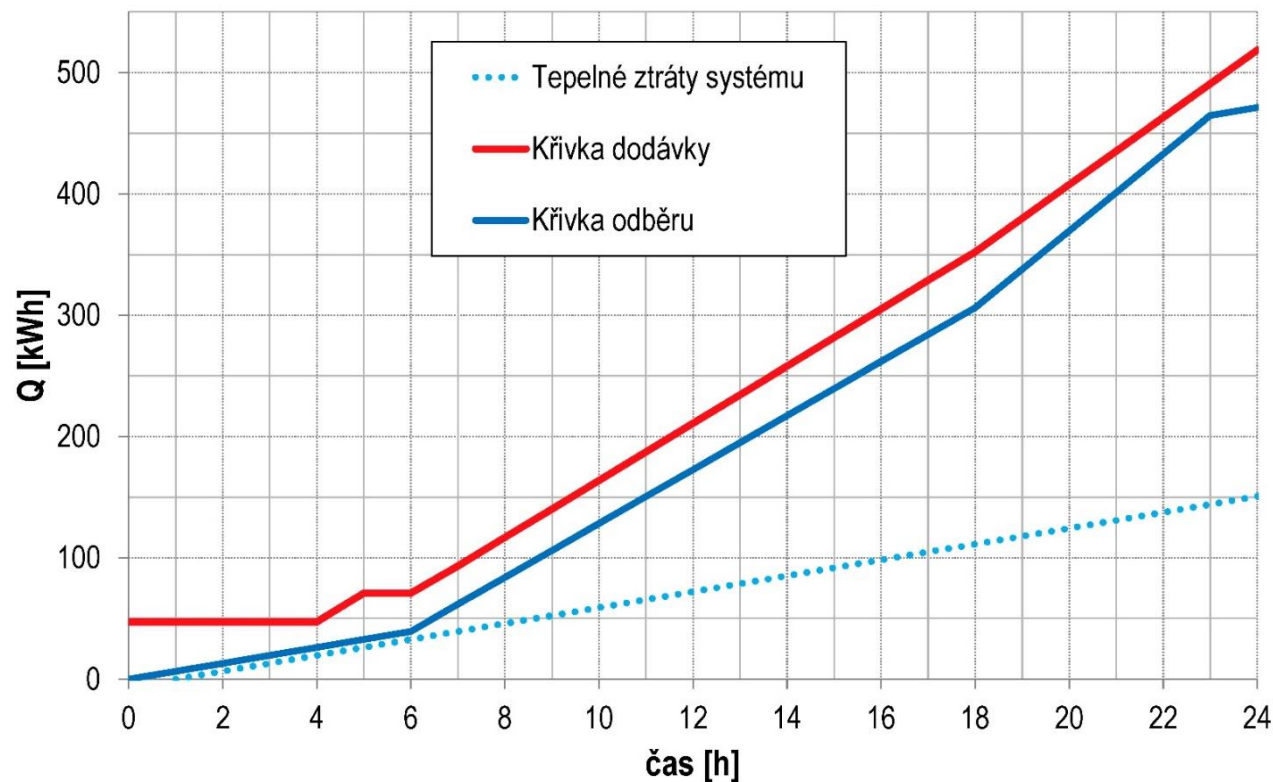
10 % - ekvidistantní vzdálenost s křivkou odběru – DOSTAČUJÍCÍ

< 10 % - ekvidistantní vzdálenost s křivkou odběru – NEVHODNÉ

< 0 % ekvidistantní vzdálenost s křivkou odběru – CHYBA ZADÁNÍ

Příklad 4 – Bytový dům – $n = 200$ obyvatel, $V_i = 30$ l/os·den, $z = 50$ %

$Q_{TV,celk} = 471$ kWh/den



Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV V_{TV} [l]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV Q_{ZDROJ} [kW]
4:00 až 5:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl	23,55
6:00 až 18:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl	23,46
18:00 až 24:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl	27,71

Příklad 4 – Bytový dům – $n = 200$ obyvatel, $V_i = 30$ l/os·den, $z = 50$ %

$Q_{TV,celk} = 471$ kWh/den

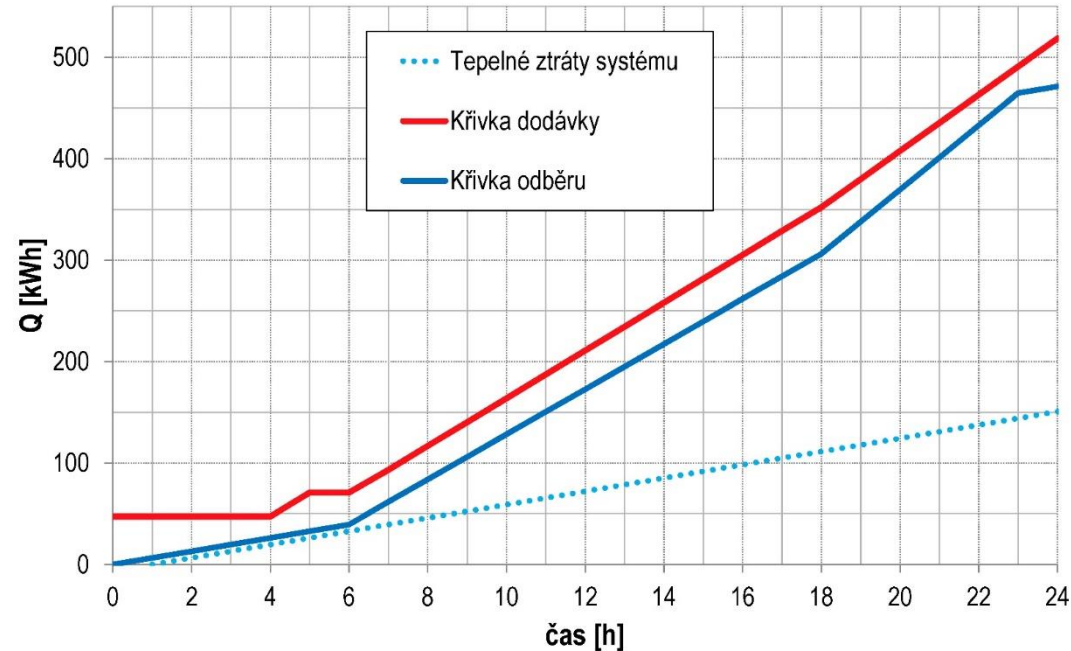
$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c^* \cdot (t_{TV} - t_{SV})}$$

!!! c - měrná tepelná kapacita !!!

!!! $c = 4187$ J/kg·K (VYT)

vs.

$c^* = 1,163$ kWh/m³·K (TV) !!!



V 18:00 => $\Delta Q = 45,98$ kWh – není rozhodující pro velikost zásobníku TV

V 0:00 (resp. ve 24:00) => $\Delta Q = 47,1$ kWh (10 % rezerva v zásobníku TV)
=> cca 900 litrů

Příklad 4 – Bytový dům – $n = 200$ obyvatel, $V_i = 30$ l/os·den, $z = 50$ %

$Q_{TV,celk} = 471$ kWh/den

Ukázka modelování v softwaru

Příklad 4 – Bytový dům (200 obyvatel)

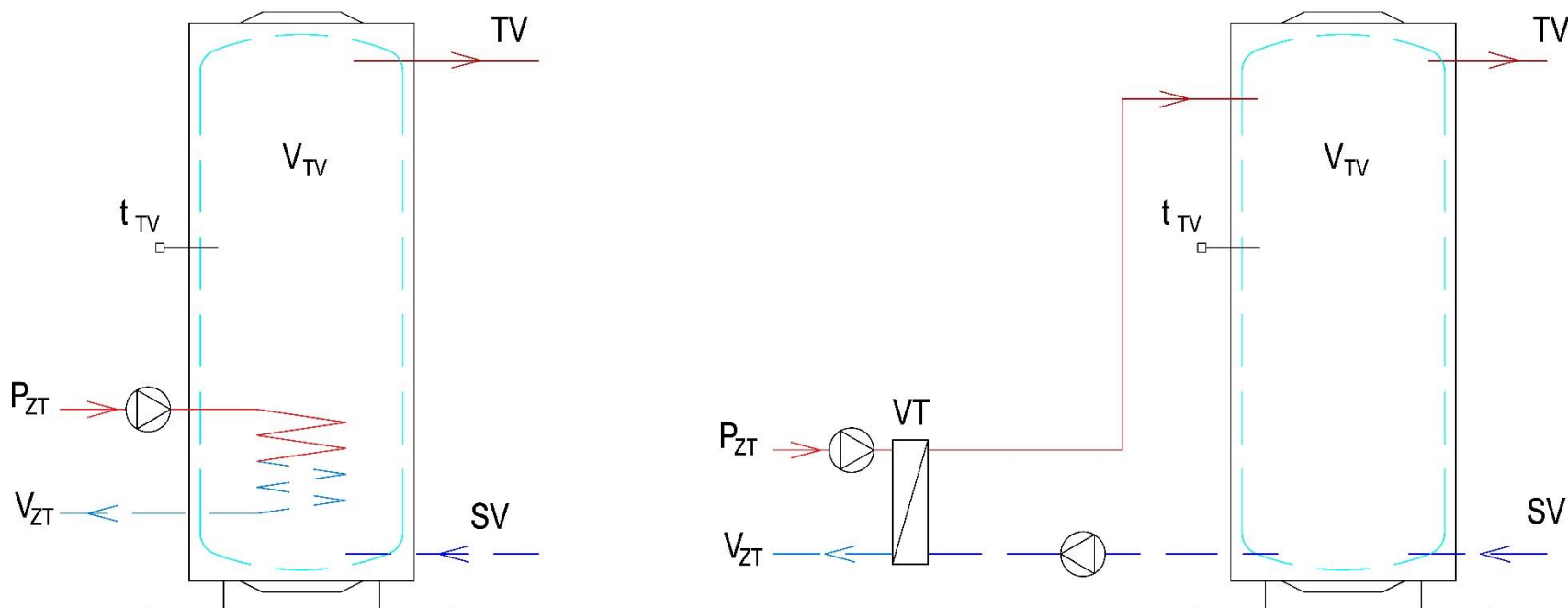
- | | |
|---------------------------|--------|
| - od 0:00 do 4:00 hodin | = 0 % |
| - od 4:00 do 5:00 hodin | = 5 % |
| - od 5:00 do 6:00 hodin | = 0 % |
| - od 6:00 do 18:00 hodin | = 60 % |
| - od 18:00 do 24:00 hodin | = 35 % |

Možnosti modelace křivky dodávky – (video)

Software

3. Okrajové podmínky řešení

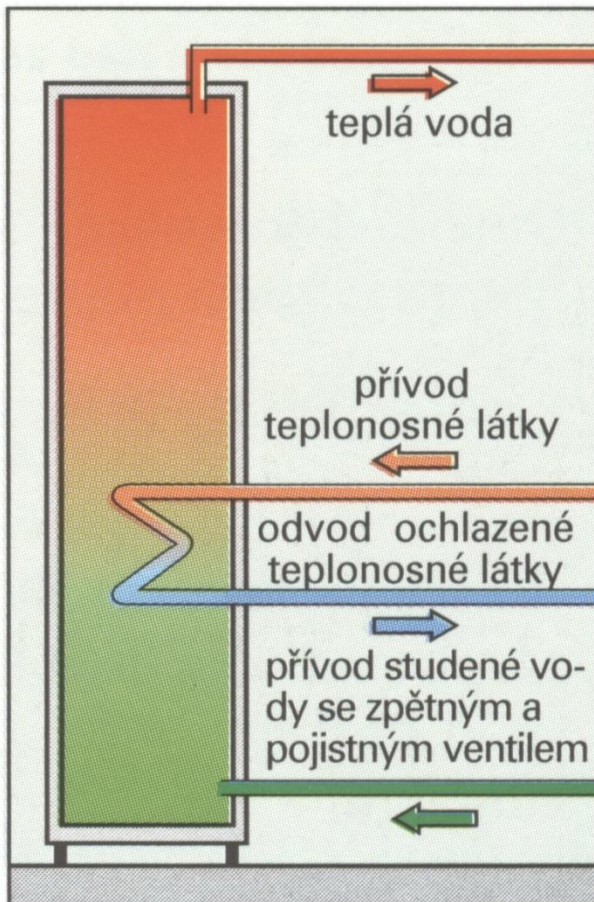
Např.: 80/60 °C => 1250 l/h => 50 kW => 45 °C



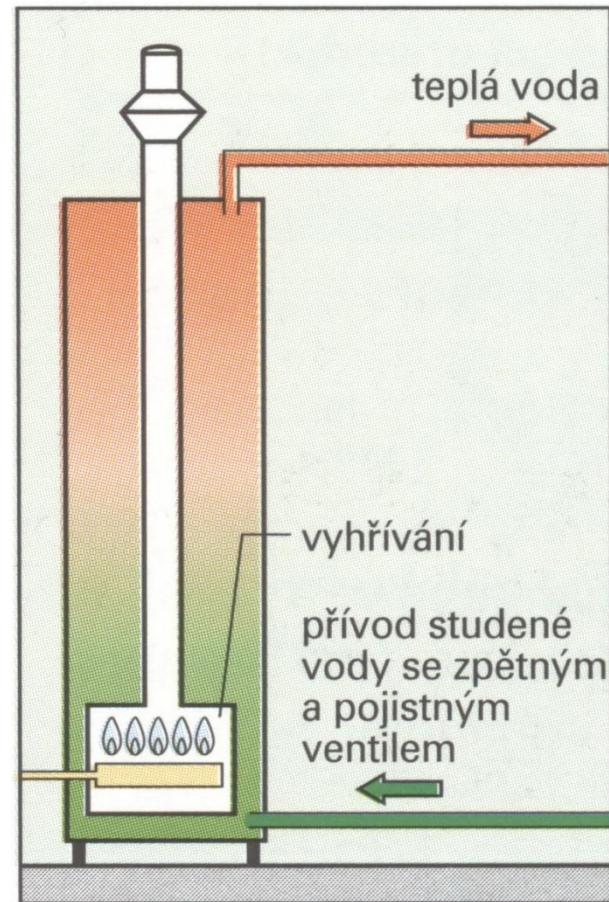
SV - vstup studené vody, TV - výstup teplé vody, P_{ZT} - přívodní potrubí od zdroje tepla,
 V_{ZT} - vratné potrubí ke zdroji tepla, V_{TV} - zásobník teplé vody, VT - externí výměník
tepla, t_{TV} - teplota zásobníku TV

3. Okrajové podmínky řešení

Nepřímý ohřev

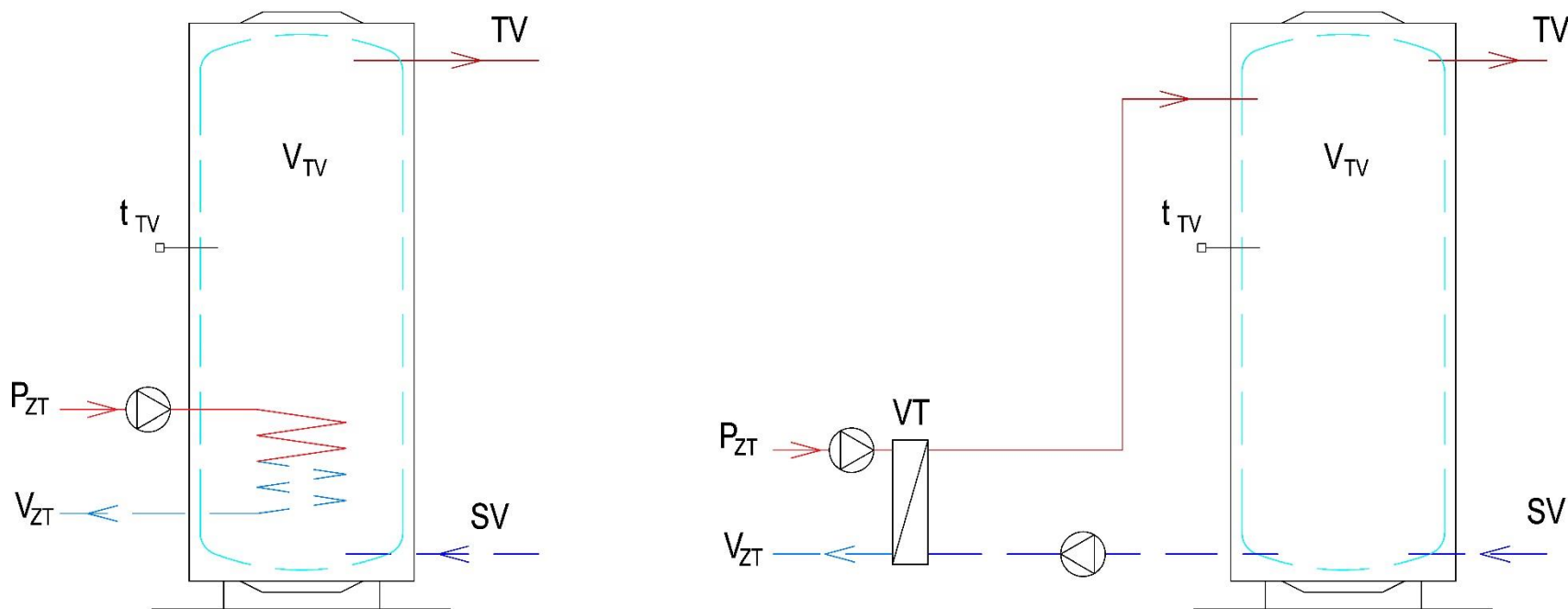


Přímý ohřev



3. Okrajové podmínky řešení

Umístění čidla TV, společný zdroj tepla, ...



SV - vstup studené vody, TV - výstup teplé vody, P_{ZT} - přívodní potrubí od zdroje tepla,
V_{ZT} - vratné potrubí ke zdroji tepla, V_{TV} - zásobník teplé vody, VT - externí výměník
tepla, t_{TV} - teplota zásobníku TV

Rodinný dům

Zdroj tepla na vytápění je využit pro přípravu TV – přednostní ohřev TV.

Samostatný zdroj pro přípravu TV – křivky odběru a dodávky tepla, DIN 4708.

Bytový dům

Doporučení k použití samostatného zdroje tepla pro přípravu TV.

DIN 4708 – pozor na přenosový tepelný výkon výměníku TV.

Křivky odběru a dodávky tepla – pozor na časové rozložení odběru a výkonu zdroje tepla.

Objekty s krátkými špičkovými odběry (sportovní areály, průmysl, obchody)

Návrh dle skutečného počtu odběrných míst a předpokládanou potřebou dávek TV.

Tabulkové hodnoty v normách ČSN 06 0320 a DIN 4708, dávají dobrou shodu.



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

**ÚSTAV
TECHNIKY
PROSTŘEDÍ**



SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ
ODBORNÁ SEKCE VYTÁPENÍ

ROMAN VAVŘIČKA
A KOLEKTIV

PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

3

SEŠIT PROJEKTANTA - PRACOVNÍ PODKLADY
STP - 2017

DĚKUJI ZA POZORNOST

<http://utp.fs.cvut.cz>

Roman.Vavricka@fs.cvut.cz

