

ZÁTĚŽOVÝ PROFIL OHŘÍVAČŮ TEPLÉ VODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Zátěžový profil ohřivačů teplé vody“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D. s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Vavříčkovi, Ph.D. za jeho rady a připomínky během zpracování a za jeho přínosné konzultace.

Název práce: Zátěžový profil ohřivačů teplé vody

Autor: Matěj Mazur

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

Ústav techniky prostředí

Anotace

Jedná se o práci, která mapuje vydané časové charakteristiky průběhů odběrů teplé vody (tabulky v nařízeních evropské komise č. 811/2013, č. 812/2013, č. 813/2013 a č. 814/2013) a porovnává je s reálně naměřenými údaji (práce s MS Excel). Výstupem studie je doporučení teoretického průběhu odběru teplé vody pro návrh zásobníků teplé vody.

Klíčová slova: zátěžový profil ohřivačů teplé vody, ohřev teplé vody, zásobníkový ohřev teplé vody, příprava teplé vody.

Title: Load Profile of Domestic Water Heaters

Author: Matěj Mazur

Supervisor: Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

Department of Environmental Engineering

Abstract:

The thesis maps released time characteristics of the courses hot water consumption (tables in Commission Regulations (EU) No 811/2013, No 812/2013, No 813/2013 and No 814/2013) and compares them with real measured data (in MS Excel). The outcome of the study is a recommendation for theoretical course hot water consumption for the design of hot water tanks.

Keywords: load profile of water heaters, water heating, domestic hot water, storage water heaters (tank-type).

Obsah

Soupis použitého značení.....	6
1 Úvod.....	8
2 Teorie	9
2.1 Obecné zásady ohřevu TV	9
2.2 Způsoby ohřevu vody.....	9
2.3 Ohřivače a zásobníky TV.....	13
2.4 Dimenzování zařízení pro ohřev vody	14
2.5 Stanovení výkonu a doby ohřevu	15
3 Praktická část	19
3.1 Nařízení komise EU č. 811/2013, 812/2013, 813/2013 a 814/2013	19
3.2 Odběr TV v bytových domech.....	39
3.3 Návrh zásobníkového ohřevu TV	56
4 Závěr	63
5 Seznam použité literatury.....	64
6 Seznam obrázků	66
7 Seznam tabulek	68
8 Seznam příloh	69

Soupis použitého značení

Q [J][kWh]	.....tepelná energie
Q_{0t} [kWh/den]	.....teoretická potřeba tepla pro ohřev teplé vody
Q_{0z} [kWh/den]	.....tepelné ztráty při ohřevu a distribuci
Q_0 [kWh/den]	.....celková potřeba tepla
Q_{celk} [kWh]	.....celkové množství odebrané tepelné energie
Q_{max} [kWh]	.....maximální odběr profilu
Q_{ref} [kWh]	.....referenční energie
Q_{tap} [kWh]	.....užitečný energetický obsah odběru
$Q_{\tau,i}$ [kWh]	.....množství odebrané tepelné energie v čase τ i -tého odběru
T_m [°C]	.....užitečná teplota vody
T_p [°C]	.....špičková teplota vody
V [m ³][l]	.....objem teplé vody
V_Z [m ³][l]	.....objem zásobníku teplé vody
c [J/kg·K]	.....měrná tepelná kapacita vody
f [l/min]	.....užitečný průtok vody
n_i [–]	.....počet jednotek
t [°C]	.....teplota
z [–]	.....poměrný koeficient tepelných ztrát
ΔQ_{max} [kWh]	.....maximální tepelný rozdíl
ΔT_m [K]	.....užitečný teplotní nárůst přičítaný k teplotě vody na vstupu
ΔT_p [K]	.....špičkový teplotní nárůst přičítaný k teplotě vody na vstupu
ρ [kg/m ³]	.....hustota vody

TVteplá voda
SVstudená voda
dendenní hodnota
rok.....roční hodnota
i.....na jednotku *i*

1 Úvod

Světové zásoby klasických zdrojů energií (ropa, zemní plyn, uhlí) jsou omezené a kromě toho se při jejich spalování znečišťuje životní prostředí.

S neúprosně blížícím se koncem těžby některých zdrojů energie se zvyšoval zájem o možnosti ochrany životního prostředí a dal vzniknout ekodesignu, který začleňuje požadavky na ochranu životního prostředí do návrhu a vývoje výrobků. Mezi důležité vlastnosti výrobku (funkčnost, estetický vzhled, cena, bezpečnost používání a další) se tak zařadil i požadavek minimálního negativního dopadu na životní prostředí.

A proto stanovila Evropská unie obecný rámec pro požadavky na ekodesign směrnicí 2005/32/ES. Z této směrnice vychází nové znění 2009/125/ES a zavádí pojem „energy related products (ErP)“ (výrobky spojené se spotřebou energie). Jejím cíle je dále snižovat spotřebu energie zvyšováním energetické účinnosti výrobků. V květnu 2010 pak byla přijata směrnice 2010/30/ES o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie.

Z těchto směrnic vychází čtyři nařízení Komise (EU) č. 811/2013, 812/2013, 813/2013 a 814/2013 přijaté v roce 2013, které předepisují pravidla pro energetické štítkování a uvádění výrobků, které se přímo nebo nepřímo podílí větší měrou na produkci skleníkových plynů, na trh v Evropské unii. Takovými výrobky jsou i zdroje tepla pro vytápění vnitřních prostor a zařízení pro přípravu teplé vody.

2 Teorie

2.1 Obecné zásady ohřevu TV

Požadavky na navržený systém:

- pohotové dodání (v závislosti na potřebách provozu) dostatečného množství TV o potřebné teplotě
- záruka minimální spotřeby energie k ohřevu
- úsporný bezporuchový automatický provoz
- zabezpečení dlouhé životnosti zařízení
- optimální pořizovací a provozní náklady

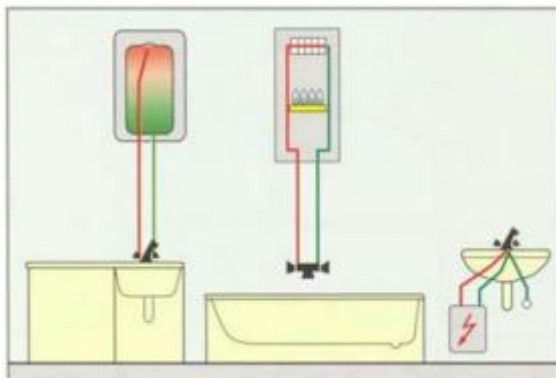
2.2 Způsoby ohřevu vody

Volba systému ohřevu TV pro jednotlivé druhy budov je ovlivněna druhem provozu, dispozičním řešením a konstrukčním uspořádáním.

Způsob ohřevu TV je závislý především na zdroji tepla, který je v konkrétním případě k dispozici.

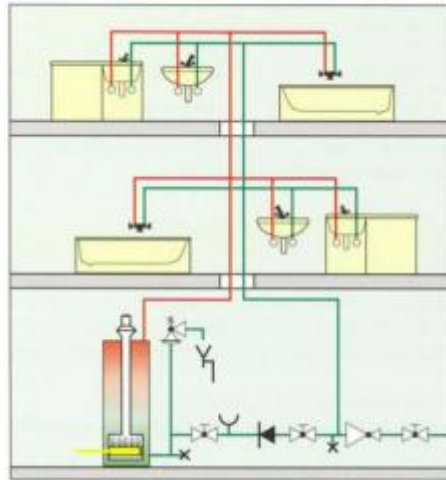
Rozdělení způsobů ohřívání vody:

- a) lokální ohřev (obr. 1), při němž se připravuje teplá voda v místě svého použití, zpravidla pro jeden, zřídka pro více výtoků



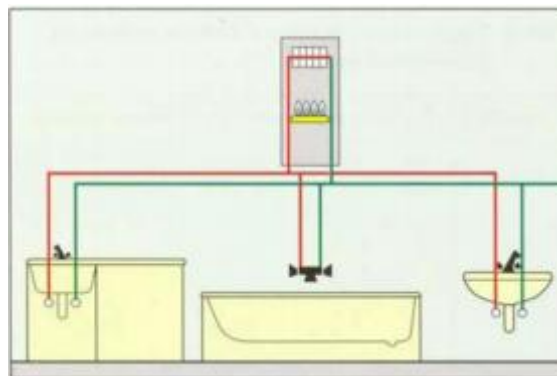
Obr. 1 – Místní ohřev [L1]

- b) ústřední ohřev (obr. 2), při němž se voda ohřívá v domovní nebo blokové kotelně, zpravidla otopnou vodou nebo nízkotlakou parou



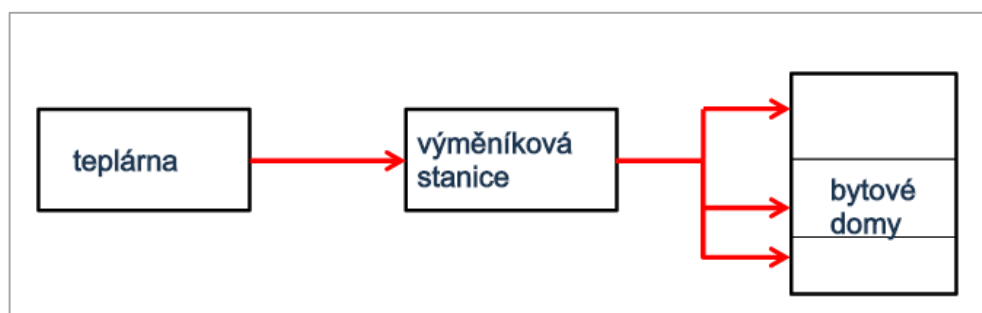
Obr. 2 – Ústřední ohřev [L1]

- c) ohřívání centrální nebo též skupinové (obr. 3), při němž jeden zdroj tepla zásobuje několik odběrných míst



Obr. 3 – Centrální (skupinové) ohřívání [L1]

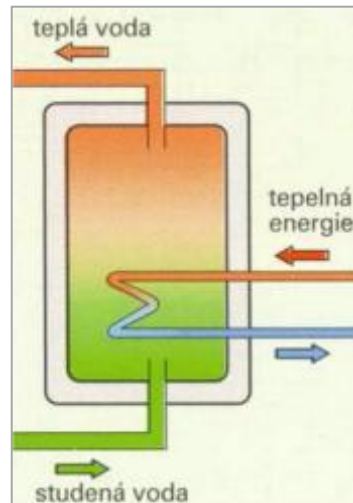
- d) dálkový ohřev (obr. 4), při němž se voda ohřívá teplonosnou látkou z horkovodních nebo parních sítí centralizovaného zásobování teplem (CZT), tj. z tepláren, výtopen a jiných průmyslových zdrojů



Obr. 4 – Dálkový ohřev

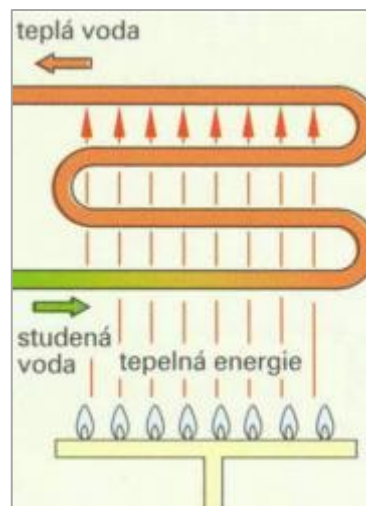
Podle konstrukce zařízení:

- a) akumulční ohřev (obr. 5), při němž se ohřívá voda do zásoby, aby bylo možno vyrovnávat nerovnoměrnosti spotřeby vody a provozní možnosti zdroje tepla během určitého opakujícího se časového období



Obr. 5 – Akumulační ohřev [L1]

- b) průtočný ohřev nebo též průtokový ohřev (obr. 6), při němž se voda ohřívá v průtočném ohříváku pouze při průtoku ohřívákem



Obr. 6 – Průtokový ohřev [L1]

- c) ohřívání smíšené, kde je ohřívání průtočné doplněno zásobníkem, nebo zásobní nádrží TV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček, nepřesahujících zpravidla rozmezí 20 až 60 minut

Podle možnosti zabezpečení ohřevu z různých zdrojů:

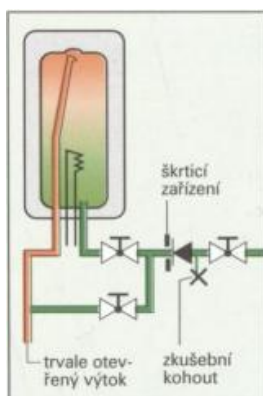
- a) ohřívání jednoduché, při němž ohřívák je vybaven na ohřev vody z jednoho zdroje tepla
- b) ohřívání kombinované, při němž může být voda v jednom a témže ohříváku ohřívána různými zdroji tepla, např. horkou vodou a elektrickým proudem

Podle způsobu ohřevu:

- a) ohřívání jednostupňové, při němž se voda ohřívá přímo na požadovanou teplotu v jednom zařízení (v jednom stupni)
- b) ohřívání vícešupňové, při němž se voda z provozních a ekonomických důvodů ohřívá na požadovanou teplotu ve více za sebou zařazených ohříváčích postupně

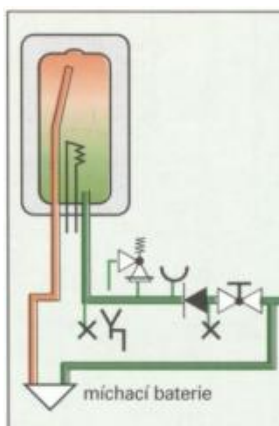
Podle provozního tlaku zařízení:

- a) beztlaké nebo též otevřené (obr. 7)



Obr. 7 – Beztlaké zařízení [L1]

- b) tlakové nebo též uzavřené (obr. 8)



Obr. 8 – Tlakové zařízení [L1]

Podle způsobu předání tepla:

- a) ohřívání s přímým předáním tepla, při němž se ohřívání děje směřováním vody s vodní parou, popř. horkou či teplou vodou
- b) ohřívání s nepřímým předáním tepla, při němž se ohřívání děje prostupem tepla dělicí stěnou

2.3 Ohříváče a zásobníky TV

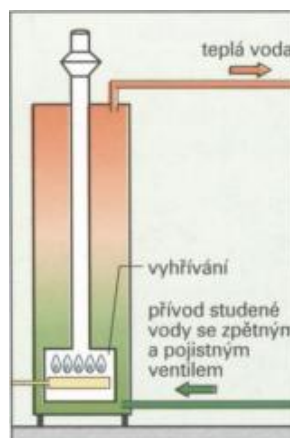
Ohříváče slouží k ohřevu TV a pro shromažďování TV slouží zásobníky.

Dělíme je na:

- a) zásobníkový ohříváč – nádoba s teplosměnnou plochou, ve které se ohřeje a nashromáždí zásoba TV. Slouží k vyrovnání množství ohřáté a odebírané TV během určitého časového období,
- b) zásobník teplé vody – nádoba, ve které se nashromáždí zásoba TV. Slouží k vyrovnání množství ohřáté a odebírané TV během určitého časového období,
- c) průtokový ohříváč – zařízení s minimálním objemem vody, které ohřívá vodu při jejím průtoku ohříváčem,
- d) směšovací ohříváč – zařízení, v němž se ohřívání TV děje směšováním ohřívávané vody s vodní párou, popř. horkou či teplou vodou.

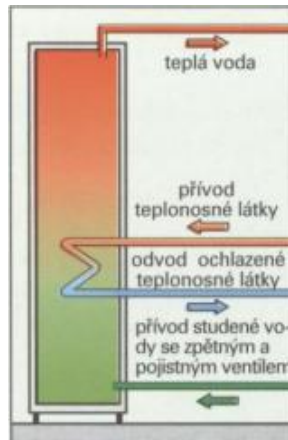
Zásobníkové ohříváče dále dělíme podly typu konstrukce na:

- a) přímo ohřívávané (obr. 9), kdy prostup tepla probíhá přímo mezi vyhříváním a zásobníkem



Obr. 9 – Přímě ohřívávaný zásobníkový ohříváč [L1]

- b) nepřímě ohřívání (obr. 10), kdy přestup tepla probíhá mezi teplotnosnou látkou a zásobníkem.



Obr. 10 – Nepřímě ohřívání zásobníkový ohříváč [L1]

2.4 Dimenzování zařízení pro ohřev vody

Předpokladem pro stanovení velikosti ohříváče a velikosti zásobníku TV je znalost potřeby TV. Potřeba energie pro přípravu TV dodávané uživateli závisí na dodaném objemu a na teplotách vody.

Potřeba energie Q [J/den] se obecně vypočítá podle vztahu (1):

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - T_{SV}) \quad (1)$$

kde

V [m³/den].....objem dodané teplé vody za den při stanovených teplotách,

ρ [kg/m³]hustota vody ($\rho = 1000$ kg/m³),

c [J/kg · K]měrná tepelná kapacita vody ($c = 4187$ J/kg · K),

t_{TV} [°C].....stanovená výstupní teplota TV,

t_{SV} [°C].....vstupní teplota studené vody.

Aby byla zajištěna požadovaná teplota vody v zásobníku, je zapotřebí uvažovat i tepelné ztráty. Ty jsou v případě teplé vody jednak v akumulacím zásobníku, rozvodech potrubní sítě a nezanedbatelné tepelné ztráty tvoří také systém cirkulace.

Vztah (1) po zahrnutí tepelných ztrát bude:

$$Q = (1 + z) \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV}) \quad (2)$$

kde

z [–].....poměrný koeficient tepelných ztrát.

U průtočného ohřevu je $z = 0$, jinak je závislý výše popsaných parametrech a např. pro bytové domy se může pohybovat v rozmezí od 0,3 do 0,7.

Objem V [m³/den] TV se stanovuje podle typu a užívání budovy a vypočítá se obecně podle rovnice:

$$V = \sum_{i=1}^k (V_i \cdot n_i) \quad (3)$$

kde

V_i [m³/perioda] potřeba TV na jednotku i v dané periodě při t_{TV}

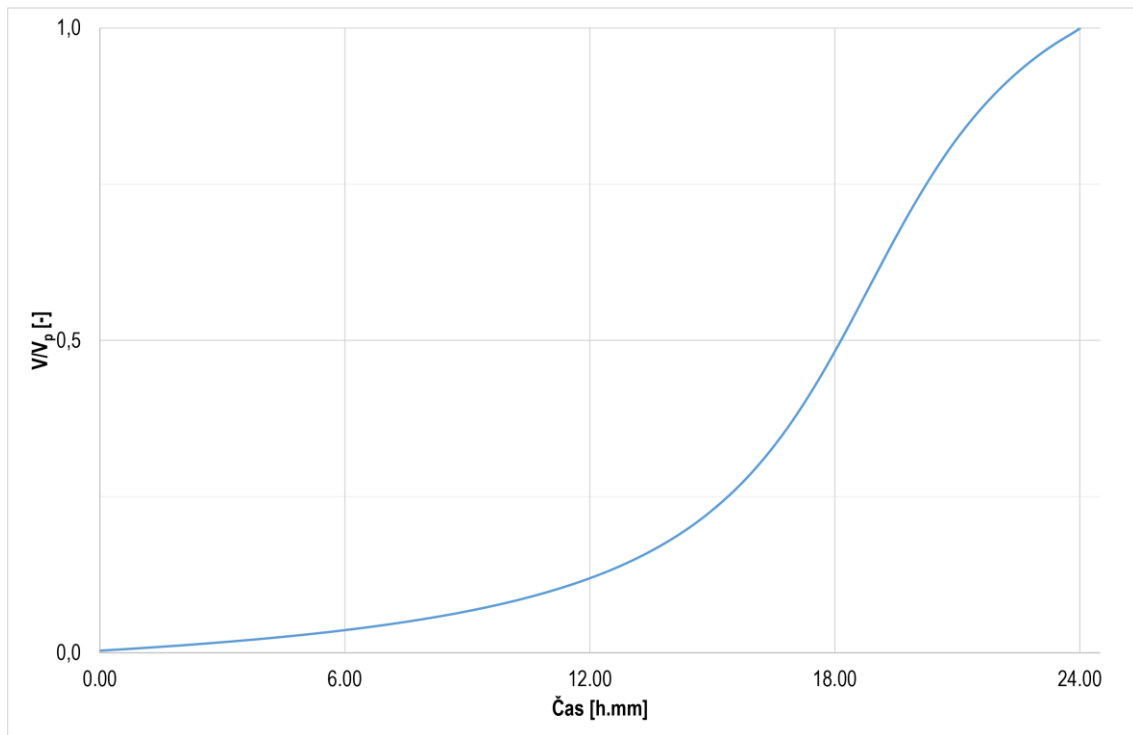
n_i [–] počet zohledňovaných jednotek i

Do potřeby TV je zapotřebí uvažovat činnosti jako je mytí nádobí, úklid a mytí osob. Reálná hodnota potřeby TV na osobu je obvykle $V_{os} = 40$ l/osoba · den.

2.5 Stanovení výkonu a doby ohřevu

Velmi často se vychází z denního odběru TV. Zobrazení odběru TV v časovém sledu, např. v intervalu jedné periody, je instruktivní zejména pro stanovení špičkového průběhu.

Křivka odběru TV podle obr. 11 vyjadřuje závislost odebíraného objemu teplé vody V na čase během periody. Stanovuje se buď měřením či časovým rozbořem odběru. Může se také použít standardní křivka odběru udávaná v poměrovém tvaru pro některá typická zařízení.



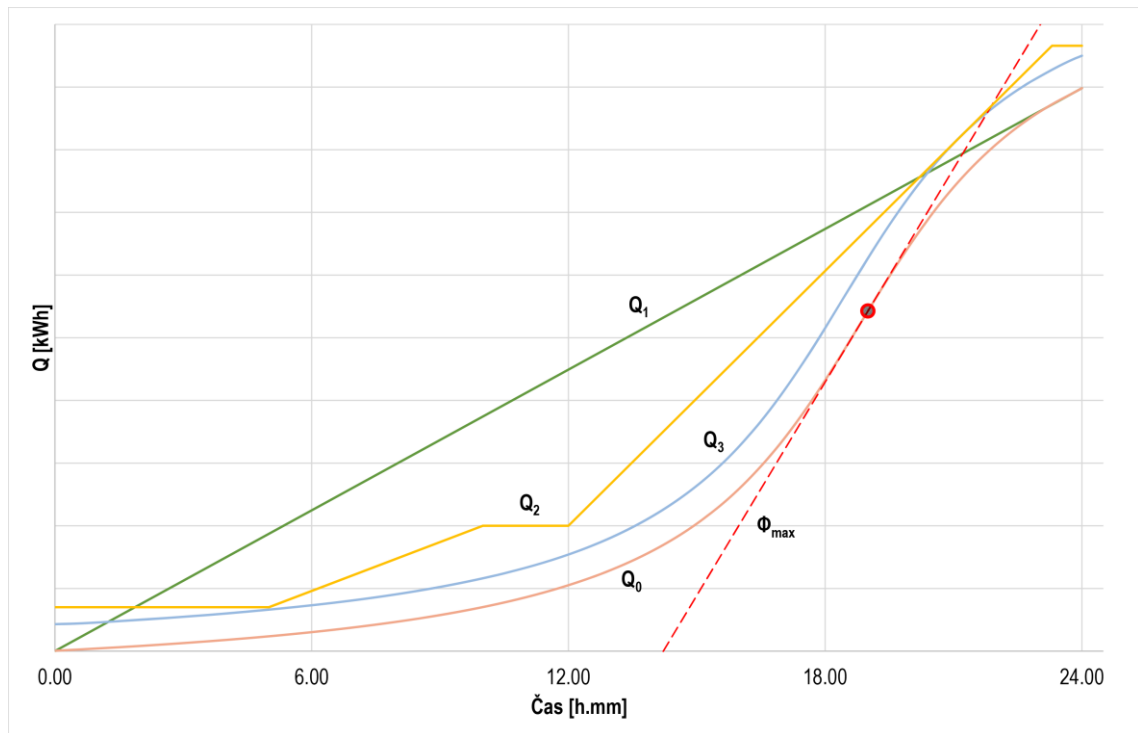
Obr. 11 – Závislost odběru TV v čase jedné periody (24 hodin)
 V – okamžitě množství teplé vody, V_p – celkové množství teplé vody za jednu periodu (den)

Na obr. 11 je naznačena závislost odběru TV během 1 periody, tj. 24 hodin, typicky pro obytnou budovu, např. rodinný nebo bytový dům. Podobnou křivku lze získat i pro odběr tepla (obr. 12). Rozdíl nastane v nahrazení odebíraného objemu TV na y-ové ose tepelným obsahem Q [kWh].

Křivka Q_0 na obr. 12 znázorňující odběr tepla je vyjádřena spojitě s podobnou tvarovou charakteristikou jako je na obr. 11. Důležité je, aby průběh dodávky tepla Q_1 , Q_2 nebo Q_3 byl neustále nad křivkou odběru tepla Q_0 . Rozdíl mezi křivkou dodávky a křivkou odběru představuje tepelný obsah uložený v zásobníku TV.

Na obr. 12 jsou vidět tři možné průběhy dodávky tepla pro zdroj tepla. Přímka Q_1 představuje nepřetržitý ohřev TV se zásobníkem se stálou hodnotou tepelného výkonu, lomená čára Q_2 znázorňuje časově přerušovaný provoz ohříváče TV se zásobníkem a spojitá křivka Q_3 , která kopíruje průběh odběru tepla Q_0 , platí pro ohříváč TV bez zásobníku, tj. průtokový ohřev TV.

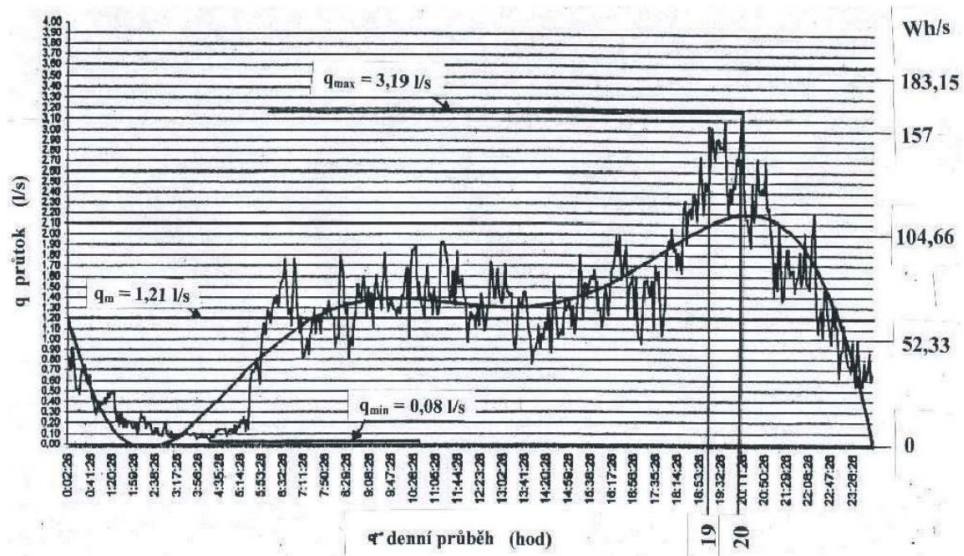
Na obr. 12 je vyznačen maximální výkon ϕ_{max} v průběhu odebíraného tepla. Nachází se v místě tečny ke křivce Q_0 s nejvyšší směrnici.



Obr. 12 – Příklad křivek dodávky a odběru tepla

Z grafu na obr. 12 je potřeba si uvědomit, že křivky dodávky a odběru tepla nikdy neklesají. Znázorňují totiž kumulující množství energie během jedné periody. Dále tečna ke křivce znázorňuje velikost tepelného výkonu, z toho vyplývá, že vodorovný průběh křivky značí nulový výkon a nejstrmější místo na křivce znamená maximální výkon.

Tepelný výkon může být konstantní, pak se jedná např. o kotle s jednostupňovým hořákem, nebo proměnný. V prvním případě se dodávka tepla řídí přerušováním chodu kotle, ve druhém případě spojitou změnou výkonu. Pokud je zdroj tepla vybaven dostatečně velkým tepelným výkonem s pružnou regulací, je možné realizovat ohřev vody průtokovým způsobem bez zásobníku. Křivka dodávky Q_3 potom kopíruje křivku odběru tepla Q_0 (obr. 12). Nicméně k návrhu průtokového ohřevu je zapotřebí vycházet z krátkodobých odběrových špiček (obr. 13), abychom navrhli dostatečně výkonný průtokový ohříváč.



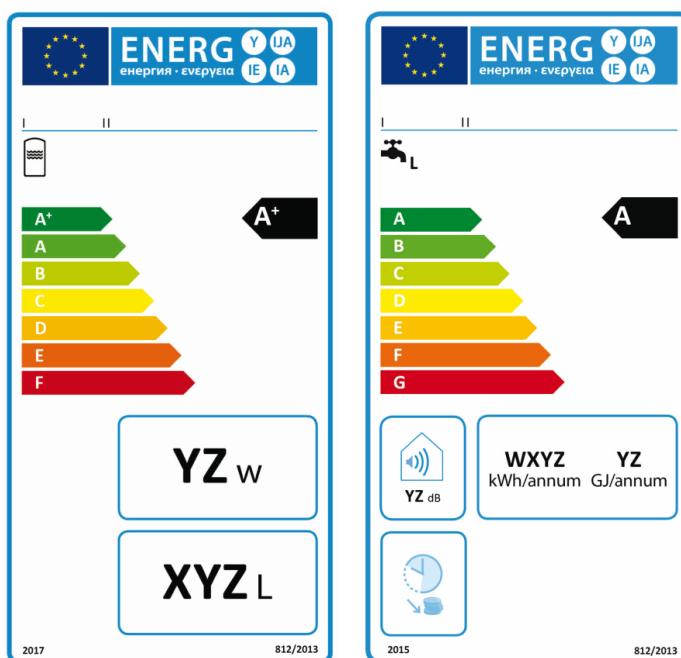
Obr. 13 – Příklad vteřinového průběhu odběru TV u bytového domu za 24 hod [L2]

3 Praktická část

3.1 Nařízení komise EU č. 811/2013, 812/2013, 813/2013 a 814/2013

Účelem těchto nařízení je zastavit produkci a prodej nekvalitních výrobků na evropském trhu a zlepšit možnost porovnání jednotlivých produktů spotřebitelem. Nařízení se týkají ohřivačů teplé vody a zdrojů tepla pro vytápění jako jsou spalovací zařízení na fosilní paliva (kromě pevných paliv), elektrokotle, ohřivače vody (elektrické, plynové, případně kombinované se solárními zařízeními).

Nařízení č. 811/2013 a č. 812/2013 stanovují požadavky pro zdroje tepla do jmenovitého tepelného výkonu 70 kW na uvádění spotřeby energie na energetických štítcích (obr. 14) a poskytování doplňujících informací o výrobku. Nařízení č. 813/2013 a č. 814/2013 následně stanovují požadavky na ekodesign pro uvádění na trh a/nebo provozu.



Obr. 14 – Ukázky energetických štítků [L7]
(vlevo: pro zásobník TV, vpravo: pro konvenční ohřivače vody)

Podrobnější vymezení oblastí působnosti jednotlivých nařízení jsou zobrazena v tab. 1. Barevné zvýraznění buněk rozlišuje mezi oblastmi působnosti zaměřenými čistě jen na vytápění vnitřních prostor (červená barva pozadí) a oblastmi zaměřenými na ohřev vody (zelená barva pozadí).

Oblast	Oblast působnosti	811/2013	812/2013	813/2013	814/2013
VYT	Ohřivače pro vytápění vnitřních prostor	Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$		Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$	
VYT+TV	Kombinované ohřivače	Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$	Ne*	Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$	Ne**
VYT	Soupravy sestávající z ohřivače pro vytápění vnitřních prostorů, regulátoru teploty a solárního zařízení	Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$		Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$	
VYT+TV	Soupravy sestávající z kombinovaného ohřivače, regulátoru teploty a solárního zařízení	Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$		Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$	
VYT	Ohřivače konkrétně navržené pro využití plyných nebo kapalných paliv vyráběných převážně z biomasy	Ne		Ne	
VYT	Ohřivače na pevná paliva	Ne		Ne	
VYT	Ohřivače v oblasti působnosti směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU	Ne		Ne	
TV	Ohřivače vyrábějící teplo pouze za účelem dodávky teplé pitné nebo užitkové vody	Ne	Ano	Ne	Ano
VYT	Ohřivače sloužící k ohřevu a distribuci plyných teplotosných látek, jako je pára nebo vzduch	Ne		Ne	
VYT	Kogenerační ohřivače o maximální elektrické kapacitě 50 kW nebo vyšší	Ne		Ne	
TV	Ohřivače vody		Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$		Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$
TV	Zásobníky teplé vody		Ano pro $V \leq 500 \text{ l}$		Ano pro $V \leq 2000 \text{ l}$
TV	Soupravy sestávající z ohřivače vody		Ano pro $Q \leq 70 \text{ kW}$		Ano pro $Q \leq 400 \text{ kW}$
TV	Ohřivače vody konkrétně navržené pro využití plyných nebo kapalných paliv vyrobených převážně z biomasy		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody využívající pevná paliva		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody v oblasti působnosti směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody, které nedosahují alespoň zátěžového profilu s nejmenší referenční energií uvedeného v tabulce 3 přílohy VII		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody navržené pouze pro výrobu teplých nápojů nebo potravin		Ne		Ne
VYT	Zdroje tepla navržené pro ohřivače a pláště ohřivačů, jež mají být takovými zdroji tepla vybaveny, které budou uvedeny na trh před 1. lednem 2018 náhradou za identické pláště ohřivačů. Na náhradním výrobku nebo jeho obalu musí být jasně uvedeno, pro jaký ohřivač je určen.			Ne	
TV	Zdroje tepla navržené pro ohřivače vody a pláště ohřivačů vody, jež mají být takovými zdroji tepla vybaveny, které budou uvedeny na trh před 1. lednem 2018 náhradou za identické pláště ohřivačů vody. Na náhradním výrobku nebo jeho obalu musí být jasně uvedeno, pro jaký ohřivač vody je určen.				Ne

* definováno v nařízení 811/2013

** definováno v nařízení 813/2013

Tab. 1 – Tabulka oblastí působnosti jednotlivých nařízení
(VYT – pro vytápění vnitřních prostor, TV – pro ohřev vody, Q [kW] – jmenovitý tepelný výkon, V [l] – užitný objem, def. – definované)

Před samotným zveřejněním těchto nařízení proběhlo velké množství studií a většina významných členů EU, včetně České republiky, se zapojila do ověřování navrhovaných pravidel. Celý proces trval 6 let (v roce 2007 došlo ke stanovení cílů pro ekodesign ohřivačů teplé vody a v roce 2013 byla vydána finální verze těchto nařízení) [L11].

V každém z těchto nařízení se vyskytuje příloha obsahující tabulku s typickými zátěžovými profily, které slouží k měření ohřivačů vody pro účely souladu s požadavky těchto nařízení. V nařízeních č. 811/2013 a č. 812/2013 se vyskytují zátěžové profily od

3XS do XXL, nařízení č. 813/2013 a č. 814/2013 rozšiřují rozsah zátěžových profilů o další dva: 3XL a 4XL. Z důvodu velkých rozměrů je kompletní tabulka (včetně 3XL a 4XL) v příloze č. 1, na obr. 15 je zobrazena pouze ukázka.

h	3XS			XXS			M				L				XL			
	Q_{up}	f	T_m	Q_{up}	f	T_m	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p
	kWh	l/min	°C	kWh	l/min	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07:00	0,015	2	25	0,105	2	25	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
07:05	0,015	2	25				1,4	6	40		1,4	6	40					
07:15	0,015	2	25											1,82	6	40		
07:26	0,015	2	25											0,105	3	25		
07:30	0,015	2	25	0,105	2	25	0,105	3	25		0,105	3	25					
21:00				0,105	2	25					3,605	10	10	40				
21:15	0,015	2	25	0,105	2	25	0,105	3	25					0,105	3	25		
21:30	0,015	2	25				1,4	6	40		0,105	3	25	4,42	10	10	40	
21:35	0,015	2	25	0,105	2	25												
21:45	0,015	2	25	0,105	2	25												
Q_{ref}	0,345			2,100			5,845				11,655				19,07			

Obr. 15 – Ukázka z tabulky.¹ "Zátěžové profily ohříváče vody"

Účinnost ohříváče vody lze zjistit podle definovaných kroků v nařízeních EU ([L7] a [L9]).

Zkouška ohříváče vody se provádí v režimu nastaveném z výroby, což je standardní provozní stav vhodný pro běžné používání konečným uživatelem podle režimu vypouštění vody, pro který je výrobek zkonstruován [L10].

Zkušební postup pro zásobníkové ohříváče vody, kterým se stanoví denní spotřeba elektrické energie (Q_{elec}) a denní spotřeba paliva (Q_{fuel}) je popsána ve sdělení 2014/C 207/3.

Základní časovou periodou je 24hodinový cyklus s několika základními pravidly: v době mezi 0.00 a 6.59 nedochází k žádnému odběru, od 7.00 začíná odběr podle deklarovaného zátěžového profilu a od ukončení posledního odběru do 24 hodin neprobíhá žádný odběr [L7] a [L9]. Z těchto důvodů je většina následujících grafů zátěžových profilů pro lepší přehlednost v časovém rozsahu od 6.00 do 24.00.

Deklarovaným zátěžovým profilem je profil, pro který byl ohříváč vody navržen [L7]. Měřením je tedy tento ohříváč ověřován, zda dokáže poskytnout dostatečnou referenční energii deklarovaného zátěžového profilu při splnění podmínek teploty a průtoku vody.

¹ Zdroj: Nařízení komise EU č. 812/2013, příloha VII – Měření, tabulka 3 (str.: L 239/123-124)

Každý odběr je popsán užitečným energetickým obsahem Q_{tap} [kWh], užitečným průtokem vody f [l/min] a užitečnou teplotou vody T_m [°C]. V případě profilů S až 4XL je rozšířen popis o špičkovou teplotu T_p [°C]. Celkovou energii pro všechny odběry jedné periody udává referenční energie zátěžového profilu Q_{ref} [kWh],

Definice těchto veličin zní [L7]:

- 1) Q_{tap} – užitečným energetickým obsahem se rozumí energetický obsah teplé vody (vyjádřený v kWh) dodávané o teplotě stejné nebo vyšší než užitečná teplota vody a při průtoku vody stejném nebo vyšším než užitečný průtok vody, jak je uvedeno v příloze č. 1,
- 2) Q_{ref} – referenční energií se rozumí součet užitečného energetického obsahu odběrů vody, vyjádřený v kWh, při konkrétním zátěžovém profilu, jak je uvedeno v příloze č. 1,
- 3) f – užitečným průtokem vody se rozumí minimální průtok vyjádřený v litrech za minutu, při němž teplá voda přispívá k referenční energii, jak je uvedeno v příloze č. 1,
- 4) T_m – užitečnou teplotou vody se rozumí teplota vody vyjádřená ve stupních Celsia, při níž teplá voda začíná přispívat k referenční energii, jak je uvedeno v příloze č. 1,
- 5) T_p – špičkovou teplotou se rozumí minimální teplota vody vyjádřená ve stupních Celsia, které má být dosaženo během odběru vody, jak je uvedeno v příloze č. 1.

Kdy, jak nebo kde byly tyto profily získány se v samotných nařízeních nepíše. Teprve v později vydaných souvisejících sděleních Komise, konkrétně ve sdělení 2014/C 207/03, které definuje použité zkušební normy, okrajové podmínky, postupy zkoušení a výpočtové postupy hodnocení, je zveřejněn odkaz na normu EN 13 203-2:2006. V této normě se vyskytuje 7 zátěžových profilů (S, M, L, XL, XXL, 3XL a 4XL), které jsou předlohou pro zátěžové profily v nařízeních Komise. Při porovnání tabulek z normy EN 13 203-2 s tabulkami v nařízeních jsou vidět odlišné hodnoty ve sloupcích s požadovanou teplotou vody (obr. 16), nicméně podrobnější informace, jak nebo podle čeho tyto data vznikla, se nepodařilo zjistit.

h	M				Table 2 — Load profile M						
	Q_{tap}	f	T_m	T_p	Tapping n°	Start (h.min)	Energy (kWh)	Type of draw off	Useful water flow rate at the tap (l/min)	ΔT_p to be achieved during tapping ^a (K)	Minimum ΔT_m for counting useful energy (K)
	kWh	l/min	°C	°C							
07:00	0,105	3	25		1	07.00	0,105	Small	3		15
07:05	1,4	6	40		2	07.05	1,400	Shower n°1	6		30
07:15					3	07.30	0,105	Small	3		15
07:26					4	08.01	0,105	Small	3		15
					5	08.15	0,105	Small	3		15
					6	08.30	0,105	Small	3		15
					7	08.45	0,105	Small	3		15

Obr. 16 – Porovnání tabulek (vlevo – z 812/2013 a vpravo – z EN 13203-2)

Zatímco teploty T_m a T_p jsou absolutní teploty vody ve stupních Celsia, teplotní nárůsty ΔT_m a ΔT_p v Kelvinech stanovených v normě se teprve přičítají k teplotě vody na vstupu. Tyto nárůsty se mohou jevit jako univerzálnější, protože teplota na vstupu může být proměnná, ale ve výše zmíněném sdělení je definována teplota vody na vstupu jako neměnná hodnota 10 °C [L10]. Tudíž vztah mezi užitečnou teplotou T_m vody a nárůstem ΔT_m je podle sdělení:

$$T_m = 10 + \Delta T_m \quad (4)$$

Vztah mezi T_p a ΔT_p je analogický ke vztahu (4):

$$T_p = 10 + \Delta T_p \quad (5)$$

Podle definic ΔT_m a ΔT_p v normě EN 13203-2 lze teploty T_m a T_p popsat následovně.

Pokud se jedná o odběr, kdy je cílem doručit vodu do vany nebo k mytí nádobí (okamžitá teplota vody na vstupu není podstatná), je započítávána užitečná energie od samého začátku vypouštění vody ze zařízení ($T_m = 10$ °C), v takovém případě je hlavní prioritou průměrná teplota vody na konci odběru a musí být tedy dosaženo požadavku špičkové teploty T_p , která vyrovná chladnější teplotu vody na požadovanou. Například během přípravy vody na koupání ve vaně je zapotřebí dosáhnout teploty $T_p = 40$ °C, pro mytí nádobí je stanovena špičková teplota $T_p = 55$ °C.

Jakmile je ale odběr využíván ihned od začátku (sprchování, úklid v domácnosti), je pro uživatele důležitá teplota hned na začátku vypouštění. Priorita je v tomto případě kladena na minimální požadovanou teplotu vody na výstupu ze zařízení T_m .

Další rozdíl mezi nařízeními Komise a touto normou je v popisu jednotlivých odběrů. Zatímco v případě nařízení není uživatel obeznámen s druhy odběru vody, v normě se

k těmto odběrům vyskytuje popis, který výrazně zjednodušuje celkovou představu o jednotlivých zátěžových profilech. Seznam těchto druhů odběru je v tab. 2.





















Druh odběru vody	Q_{tap} [kWh]	f [l/min]
úklid	0,105	3
malý	0,105	3
umývání podlahy	0,105	3
umývání nádobí	0,315	4
umývání nádobí	0,420	4
umývání nádobí	0,735	4
velký	0,525	4
sprchování	1,400	6
koupání	3,605	10

Tab. 2 – Druhy odběru vody

V tabulce zátěžových profilů se vyskytují i vyšší energetické hodnoty. To je však způsobeno kombinací výše zmíněných variant odběru.

V normě ČSN EN 15316-3, která čerpá programy odběru z normy EN 13 203-2, se vyskytují 3 z těchto profilů – S, M a L. A kromě samotných tabulek je u každé napsán, o jaký typ programu se jedná. Podle časového harmonogramu a druhů odběrů profily S až L charakterizují spotřebu teplé vody v jednogeneračních rodinných domech. Profil S je přirovnán k typickému průměrnému dennímu odběru pro jednu osobu, profil M odpovídá průměrnému dennímu odběru pro rodinu s používáním sprchy a profil L charakterizuje průměrný denní odběr pro 3člennou rodinu s používáním vany a sprchy [L13].

Podobné popisy v nařízeních komise chybí, nicméně v dokumentu *Methodology for the Assessment of the Hot Water Comfort of Factory Made Systems and Custom Built Systems* z univerzity Stuttgart jsou zobrazeny piktogramy k jednotlivým profilům popisující běžné použití (tab. 3). Například zátěžový profil 3XS je přirovnán k odběrům odpovídajícím občasnému mytí rukou nebo menšímu úklidu a XS odpovídá používání elektrické sprchy. V případě XXL až 4XL už se jedná o odběry odpovídající bytovým domům nebo řadovým domkům.

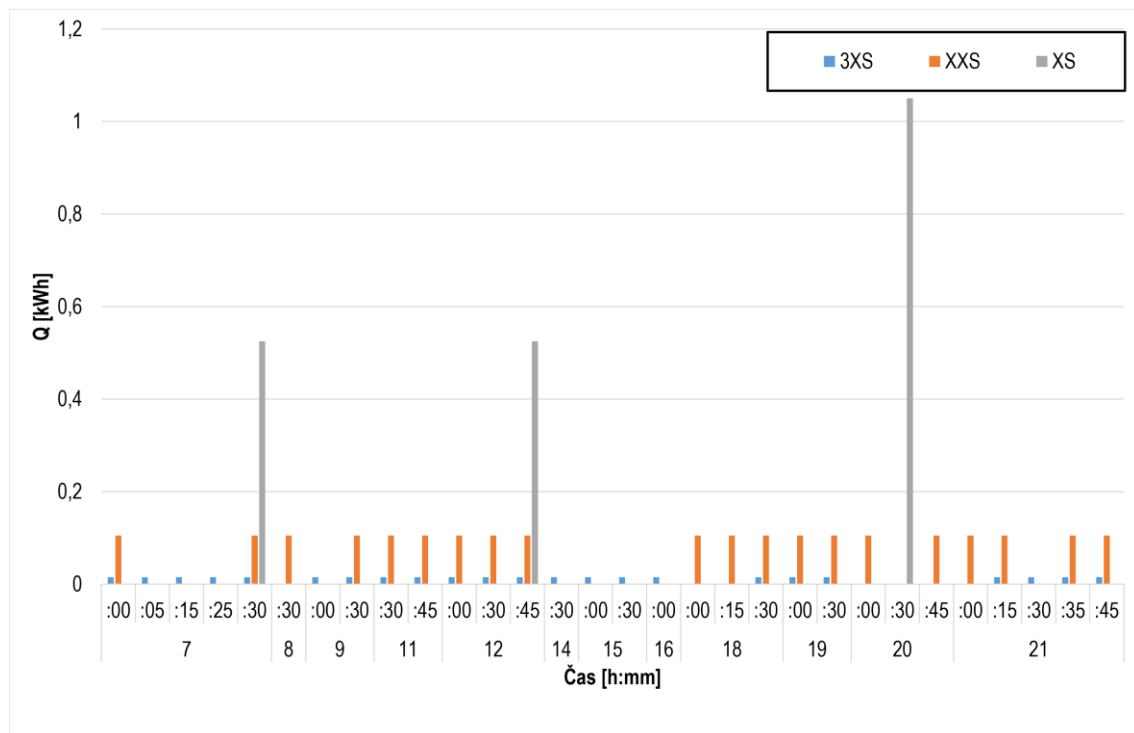
Deklarovaný zátěžový profil	Piktogram	Typické použití
3XS	 35°C	Umyvadlo s 35°C vodou
XXS	 40°C	Umyvadlo se 40°C vodou
XS		Sprcha s elektrickým průtokovým ohřivačem
S	  35°C	Sprcha a umyvadlo s 35°C vodou
M	2x   55°C	Dvě sprchy a dřez s 55°C vodou
L	   55°C	Vana, sprcha a dřez s 55°C vodou
XL	3x    55°C	Několik van a sprch a dřez s 55°C vodou
XXL	3x    55°C	Současné použití van a sprch
3XL	8x   55°C	Bytové domy
4XL	16x   55°C	Bytové domy

Tab. 3 – Typické použití zátěžových profilů prezentované piktogramy [L5]

Při porovnání piktogramů s obr. 17 je vidět, že nejmenší profil 3XS je složen z velice malých odběrů tepla o stejné hodnotě ($Q_{tap} = 0,015$ kWh), které přibližně při ohřevu TV na 55 °C odpovídají vypuštění 0,5l smíšené vody o teplotě 35 °C (například hygiena po použití toalety). Tomu by také odpovídal požadavek na minimální teplotu odběru $T_m = 25$ °C, která je uvedena v tabulce ve sloupci u zátěžového profilu 3XS (příloha č. 1), protože od začátku vypouštění je voda využívána k mytí rukou.

Zvláštností profilu je neexistence špičkového odběru. Příkladem, kde takový profil lze očekávat, jsou toalety v administrativních budovách.

V případě profilu XXS je srovnání s piktogramem analogické jako u profilu 3XS. Jen je zde vyšší hodnota odebrané energie při vypouštění ($Q_{tap} = 0,105 \text{ kWh}$), ta odpovídá podle tab. 2 úklidu v domácnosti, například umývání oken, nábytku apod. I zde lze předpokládat použití při návrhu v administrativních budovách, konkrétně pro úklid budovy.



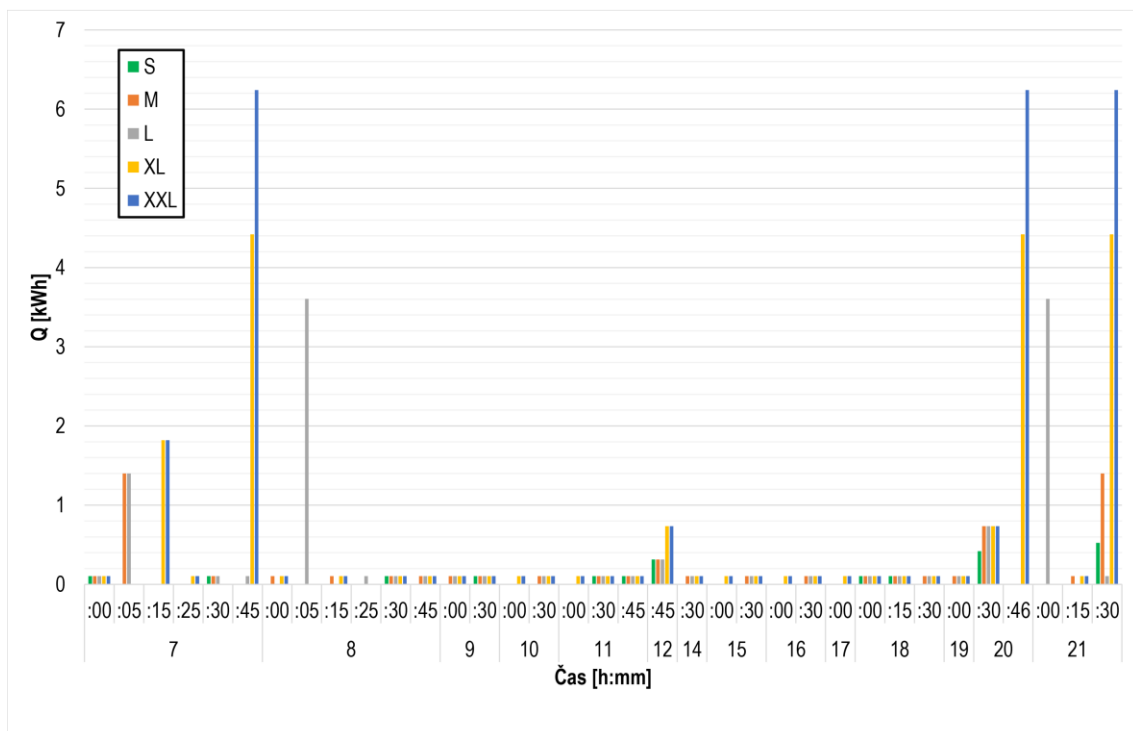
Obr. 17 – Odběrové profily 3XS, XXS, XS

Profil XS není možné podle tab. 2 přesněji definovat, ale podle minimální teploty $T_m = 35 \text{ °C}$, která odpovídá teplotě při sprchování, se jedná o profil teoreticky použitelný pro budovy, kde dochází k občasnému použití sprch. K výraznějšímu odběru dochází ve večerních hodinách.

Následující profily (S až 4XL) jsou kvůli přehlednosti rozděleny do dvou grafů (obr. 18 a obr. 19).

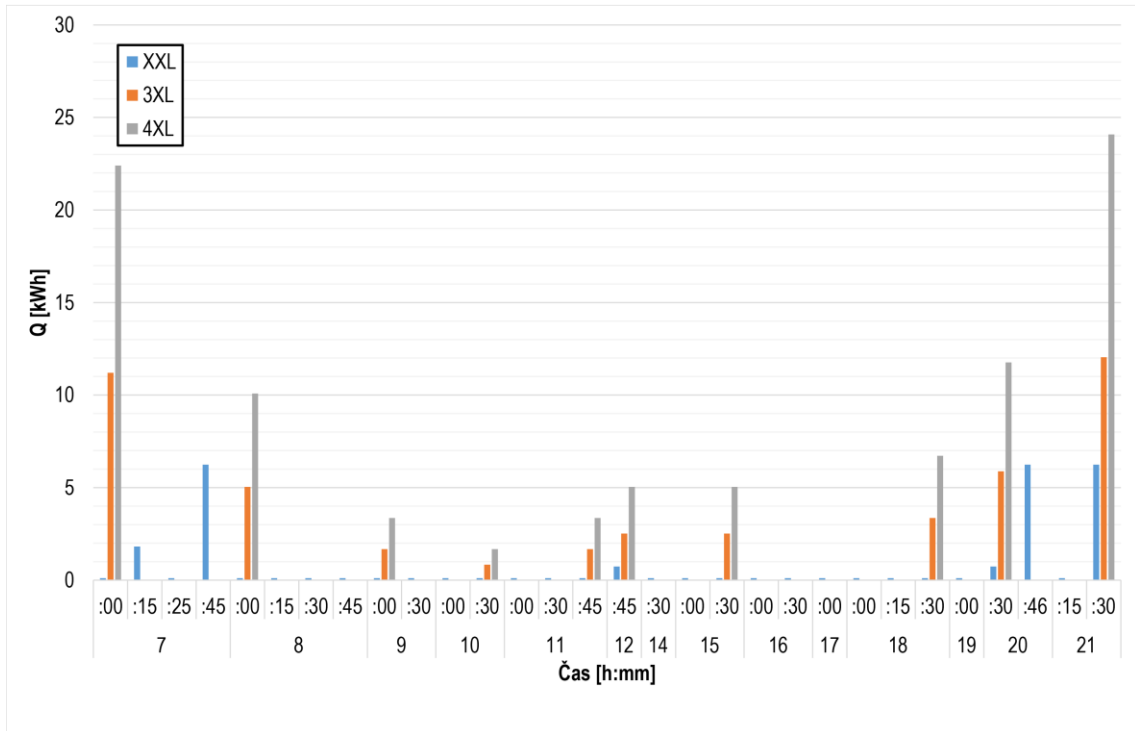
Na obr. 18 je vidět, že profily S až XXL mají relativně mnoho stejně velkých odběrů ($Q_{tap} = 0,105 \text{ kWh}$), stejně jako již zmíněný profil XXS, a to i se stejným začátkem odběru. Výrazně se od této skupiny odlišuje profil S, který je téměř bez špičkových

odběrů. Naproti tomu profily M a vyšší počítají se „skokovou“ spotřebou v ranních a večerních hodinách. Podle odebrané energie se v těchto časech předpokládá odběr charakteristický pro sprchování nebo koupání. Podle velikosti odběrů lze prozatím usoudit, že profil L představuje spotřebu v běžném rodinném domě, kde je velká pravděpodobnost použití vany v ranních nebo večerních hodinách a profil M odpovídá menšímu domu, kde postačuje místo vany sprcha. Větší profily pouze zvyšují požadavky ve špičkových odběrech z důvodu pravděpodobnosti použití dvou a více náročných zařízení jako je vana (například 2 koupelny s vanou v domě).



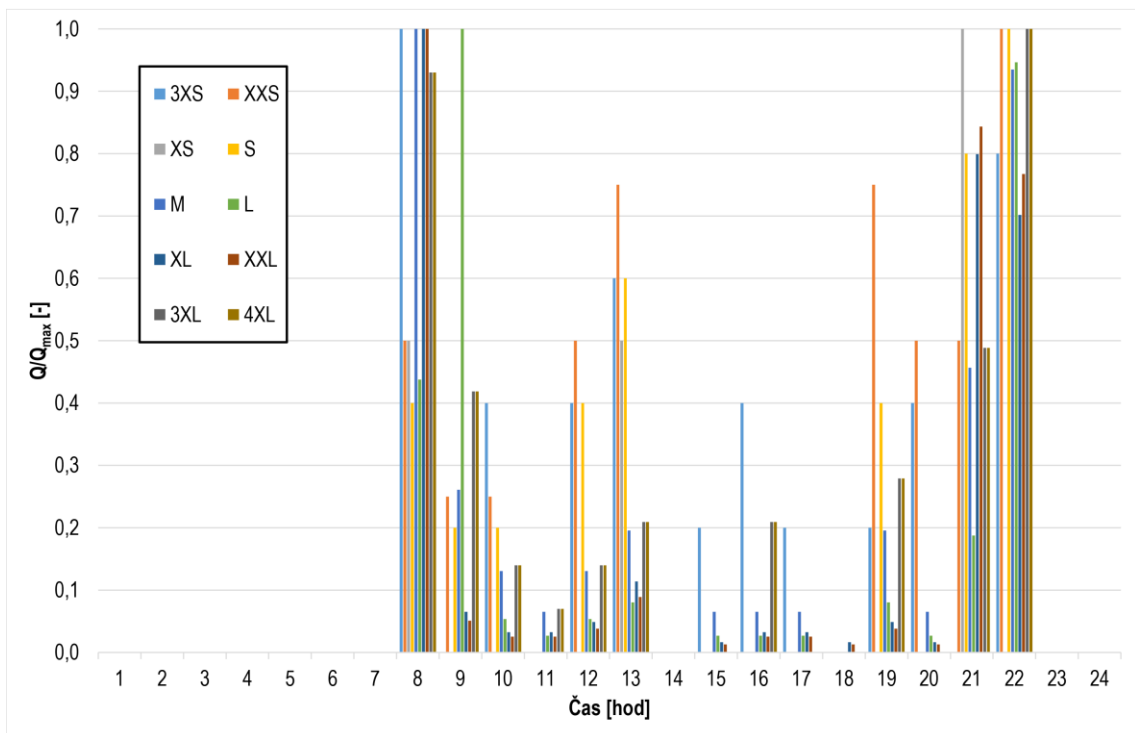
Obr. 18 – Odběrové profily S až XXL

Profily 3XL a 4XL jsou, co se týče velikosti odběrů tepla, nejrozdílnější. A tyto odběry nelze příliš specifikovat. Je to způsobeno kombinací různých druhů odběru ve stejný čas. U těchto profilů se uvažuje s vyšším počtem uživatelů, než je čtyřčlenná rodina. Pravděpodobně se jedná o kombinaci více bytů nebo domů. V porovnání s profilem XXL (obr. 19), který zde zastupuje i další profily (M a L), je u 3XL a 4XL vidět hlavní rozdíl v nesourodosti odběrů. Pouze v podobných časech dochází ke špičkovým odběrům.



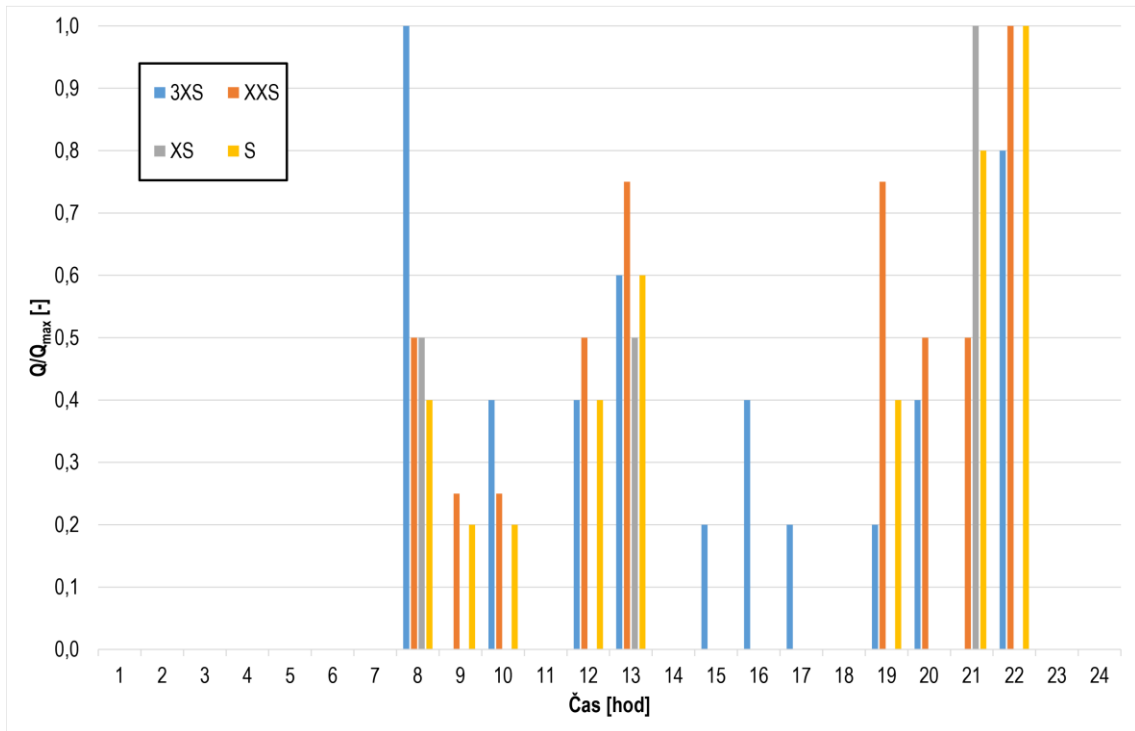
Obr. 19 – Odběrové profily XXL až 4XL

Na obr. 20 je zobrazen denní průběh s hodinovým krokem odebrané energie v poměru k největšímu odběru tepla daného profilu Q/Q_{max} [-]. Na tomto grafu lze pozorovat výrazné rozdíly mezi jednotlivými profily.

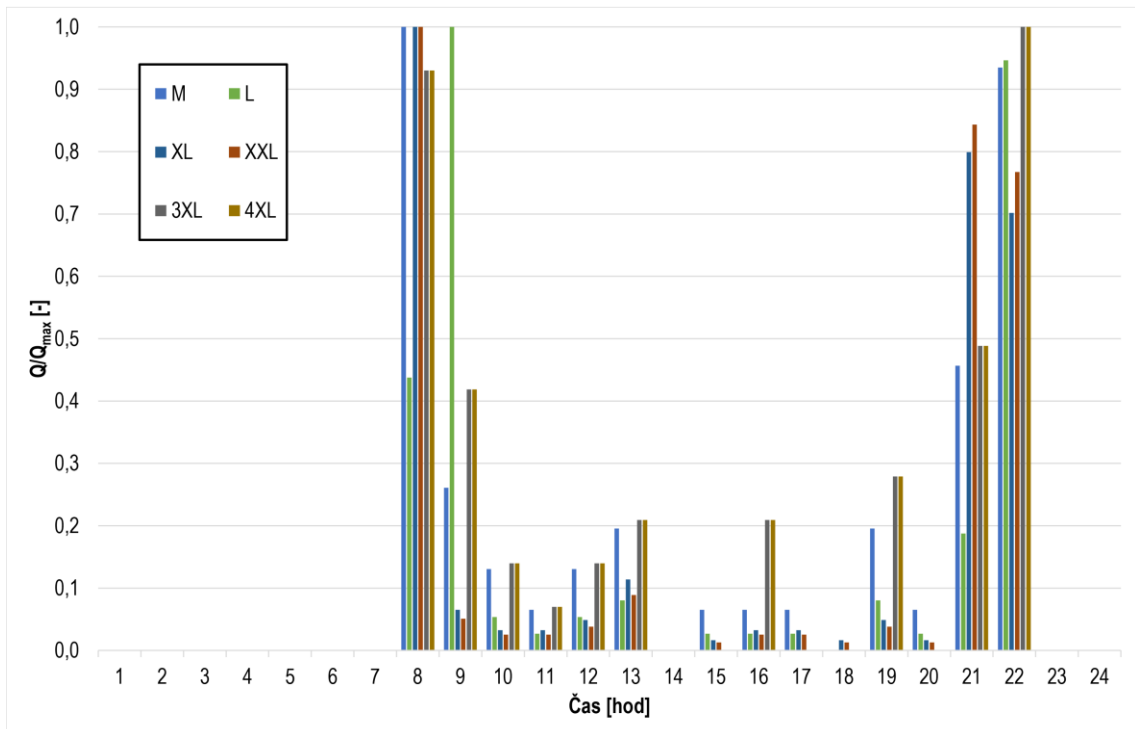


Obr. 20 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (3XS-4XL)

Kvůli lepší přehlednosti jsou profily podle předchozího rozboru rozděleny do dvou skupin: 3XS až S (obr. 21) a M až 4XL (obr. 22).



Obr. 21 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (3XS-S)



Obr. 22 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (M-4XL)

V první skupině dochází jen k drobným, ale relativně pravidelným odběrům vody v průběhu dne, zatímco v druhé skupině už výrazně narůstá množství spotřebované energie kvůli větším odběrům, které probíhají ve specifických časových úsecích (ráno a večer). Tyto větší odběry segmentují průběh do tří částí. Lépe tyto poznatky lze pozorovat v grafickém vyjádření křivek odběru (příloha č. 3).

Pro vyjádření křivky odběru tepla je zapotřebí znát odebranou tepelnou energii v jednotlivých časech vypouštění. Ze znalosti užitečného energetického obsahu Q_{tap} jednotlivých odběrů lze sestavit tabulku s postupně kumulující hodnotou odebírané tepelné energie Q_t podle vztahu (6):

$$Q_{\tau_i} = \sum_{j=1}^{i-1} Q_{tap,\tau_j} \quad (6)$$

kde

Q_{τ_i} [kWh].....je množství odebrané tepelné energie v čase τ i-tého odběru,

Q_{tap,τ_j} [kWh].....je užitečný energetický obsah odběru v čase τ j-tého odběru (všechny předcházející odběry).

Například u profilu M v čase 7.30 je množství odebrané tepelné energie Q_{τ} :

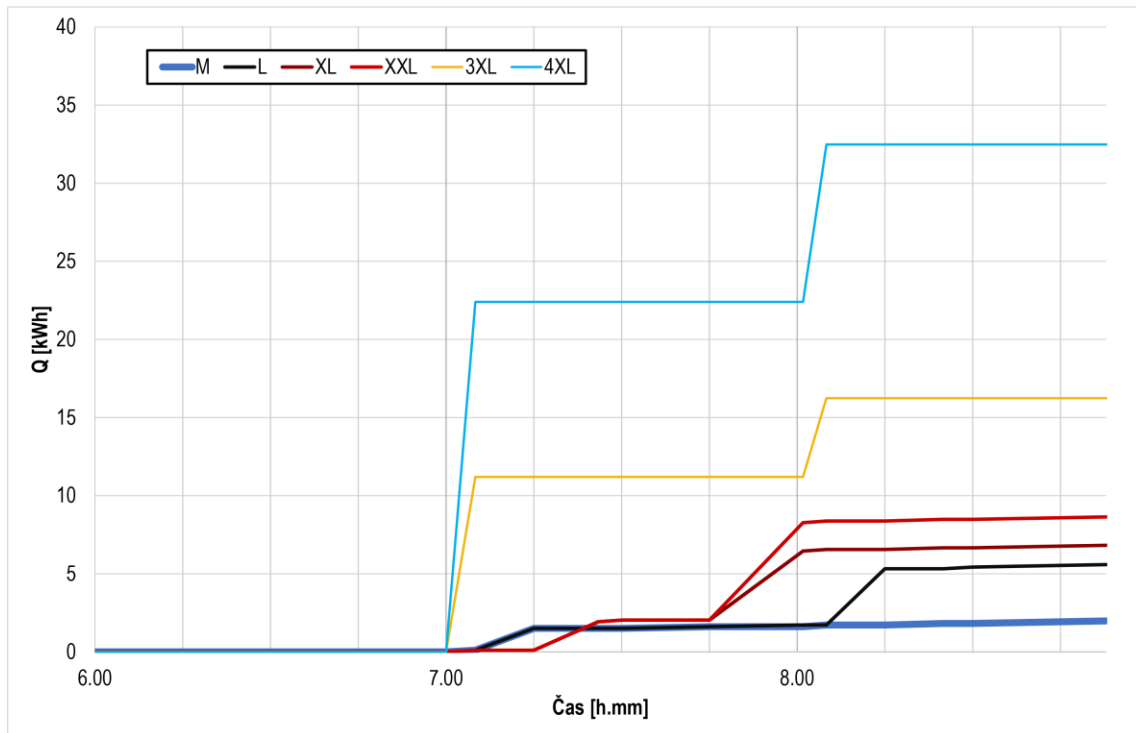
$$\begin{aligned} Q_{7.30} &= Q_{tap,7.00} + Q_{tap,7.05} + Q_{tap,7.15} + Q_{tap,7.26} \\ Q_{7.30} &= 0,105 + 1,4 + 0 + 0 = 1,505 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (7)$$

Po aplikaci na všechny zátěžové profily je získán průběh odběru tepelné energie. V příloze č. 2 se vyskytují tyto průběhy s barevným odlišením nízkých hodnot od vysokých. Tmavě zelená barva, značící nejnižší hodnoty, postupně s narůstajícími hodnotami přechází přes žlutou barvu na červenou, která značí nejvyšší hodnoty Q_{τ_i} .

Následně je vytvořen bodový graf s rovnými spojnicemi (příloha č. 3).

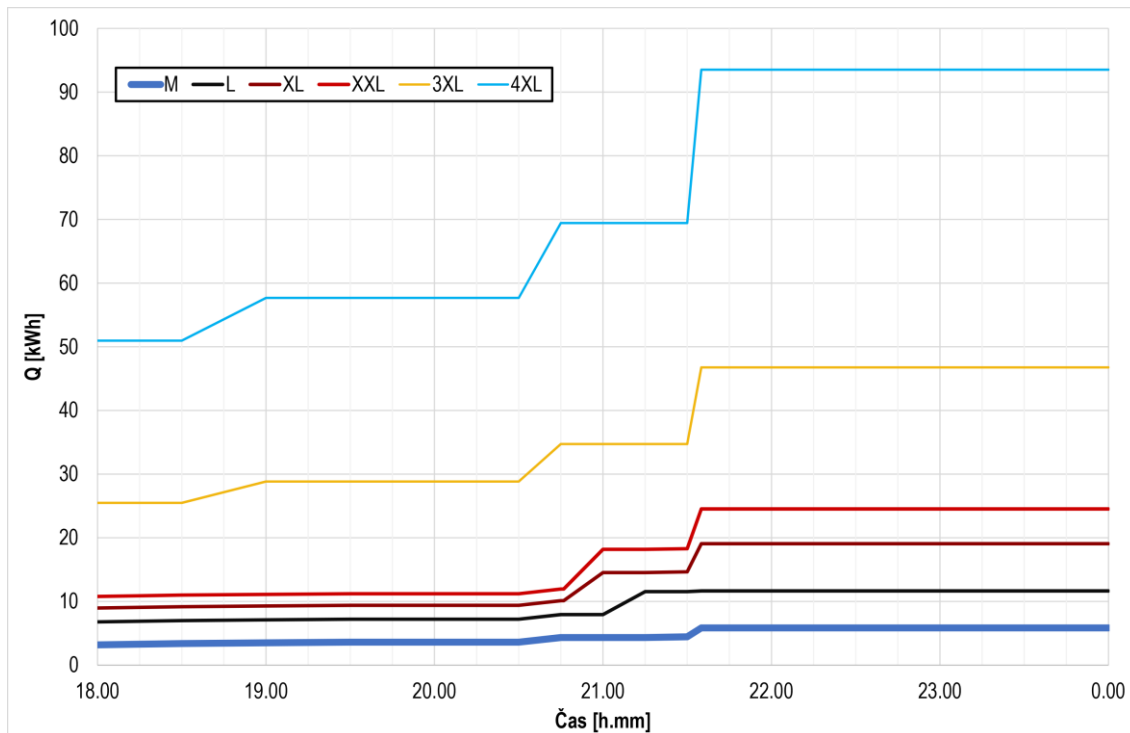
Z tohoto grafu je vidět společné rysy profilů M až 4XL – výrazné nárůsty v časových úsecích 7.00-8.30 a 21.00-21.30.

Špičkové odběry a následné utlumení se dá vysvětlit simulací spotřeby uživatele. Na začátku (mezi 7.00 a 8.30, viz obr. 23) se uvažuje s ranní hygienou, která v průměrné domácnosti zahrnuje z časových důvodů sprchování namísto koupání. V případě profilů L až 4XL kvůli vyššímu počtu uživatelů může dojít i k větším odběrům jako je koupání.



Obr. 23 – Časový úsek: 6.00 až 9.00

Během dne dochází k malým odběrům odpovídajícím mytí rukou, umývání podlahy apod. V pozdních odpoledních hodinách přichází na řadu větší úklid domu. Ve večerních hodinách (obr. 24) začíná velká hygiena zahrnující koupání. A po desáté hodině večer už není žádný odběr teplé vody.



Obr. 24 – Časový úsek: 18.00 až 24.00

Tento vzorec odběrů je přibližně podobný u zátěžových profilů M až 4XL.

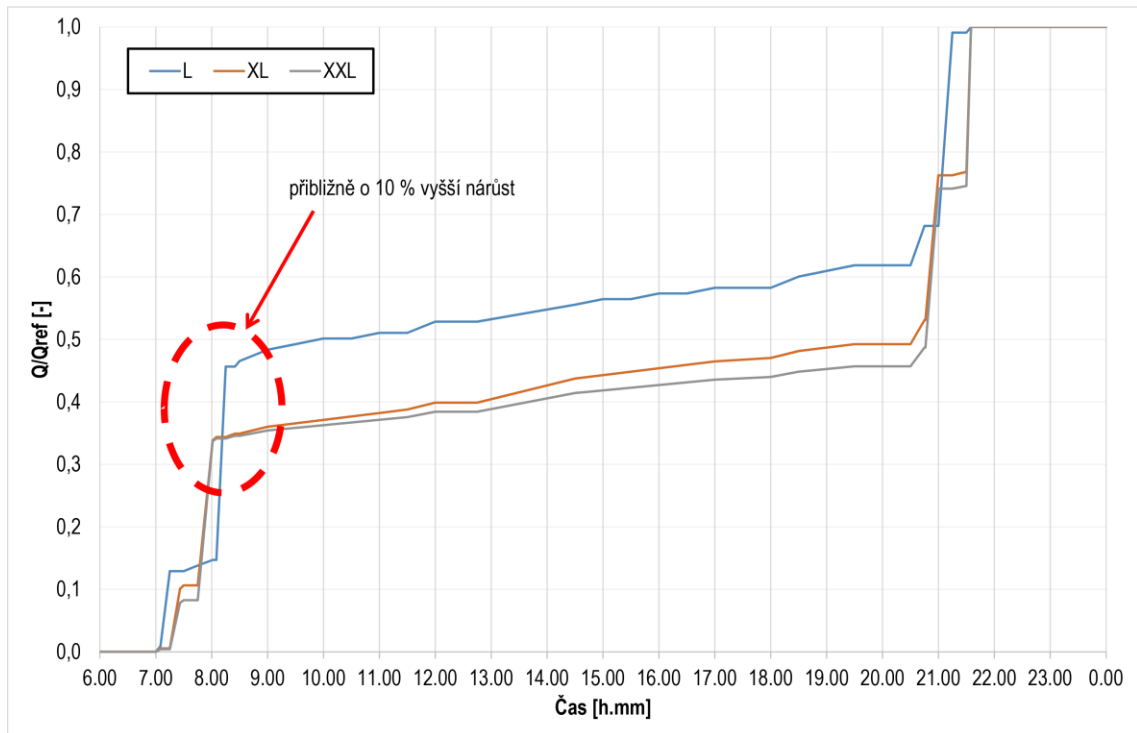
Pro lepší porovnání následuje úprava na poměrové průběhy křivek odběru. Vyjádření energie odběru je získáno podílem celkové spotřebované energie Q_{τ_i} [kWh] v čase τ celkovou denní spotřebou energie Q_{ref} [kWh].

$$Q_i = \frac{Q_{\tau_i}}{Q_{ref}} [-] \quad (8)$$

V příloze č. 4 jsou výstupní poměrové hodnoty všech zátěžových profilů v %. Opět je aplikována barevná škála (zelená-žlutá-červená) jako v příloze č. 2. Profil XS potvrzuje díky nízkému počtu relativně velkých odběrů skokové nárůsty v průběhu dne.

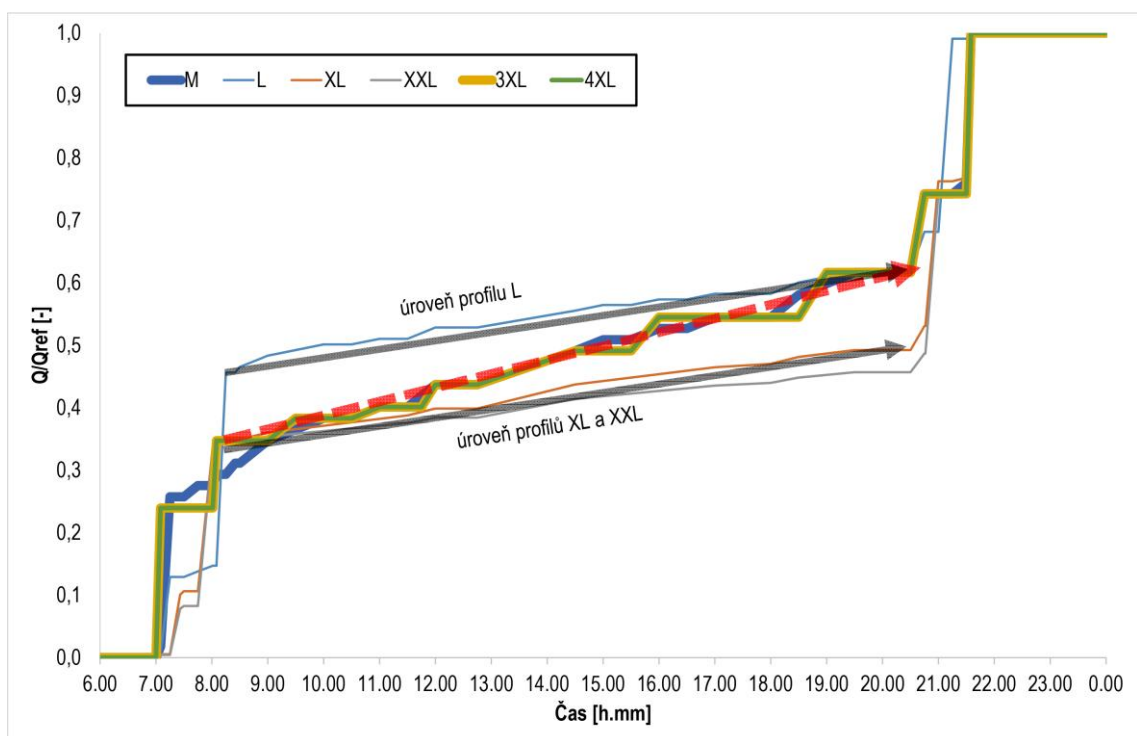
Skupina profilů M-4XL je graficky (poměrové průběhy křivek odběru) zobrazena v příloze č. 5.

Z grafu v příloze č. 5 je vidět, že průběh spotřeby u profilu L se od ostatních profilů ve skupině liší výraznějším podílem celkové spotřeby na začátku dne (obr. 25). Pak ale relativně kopíruje, přibližně s 10% odsazením, průběh profilů XL a XXL.



Obr. 25 – Poměrový průběh profilů L-XXL

Zvláštní podskupinu tvoří profily M, 3XL a 4XL, které příliš nedodržují „schodovitý“ tvar jako zbývající profily (L až XXL) a tvoří mezi časy 7.00 a 21.30 „přechod“ mezi profily XL, XXL a profilem L (obr. 26).



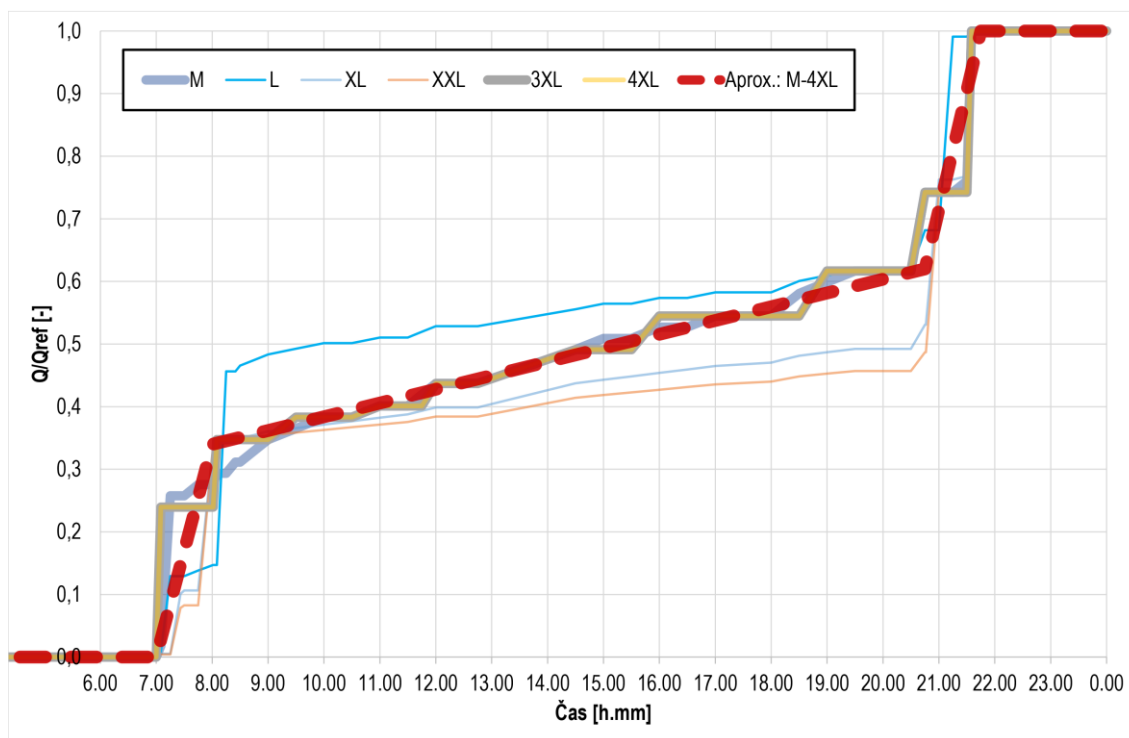
Obr. 26 – Poměrový průběh profilů M-4XL

U profilů 3XL a 4XL dochází ve stejných časech k odběru se stejným podílem z vlastní celkové spotřeby energie, a proto jejich křivky odběru jsou totožné.

Výrazné změny tepelného výkonu na začátku (od 7.00 do 8.30) a na konci (od 20.00 do 21.30) člení průběh na tři odběrové úseky:

- od 7.00 do 8.00 – vysoký tepelný výkon,
- od 8.00 do 21.00 – nízký tepelný výkon,
- od 21.00 do 21.50 – vysoký tepelný výkon.

Tyto úseky jsou metodou nejmenších čtverců aproximovány (křivka „Aprox.: M-4XL“) na obr. 27.

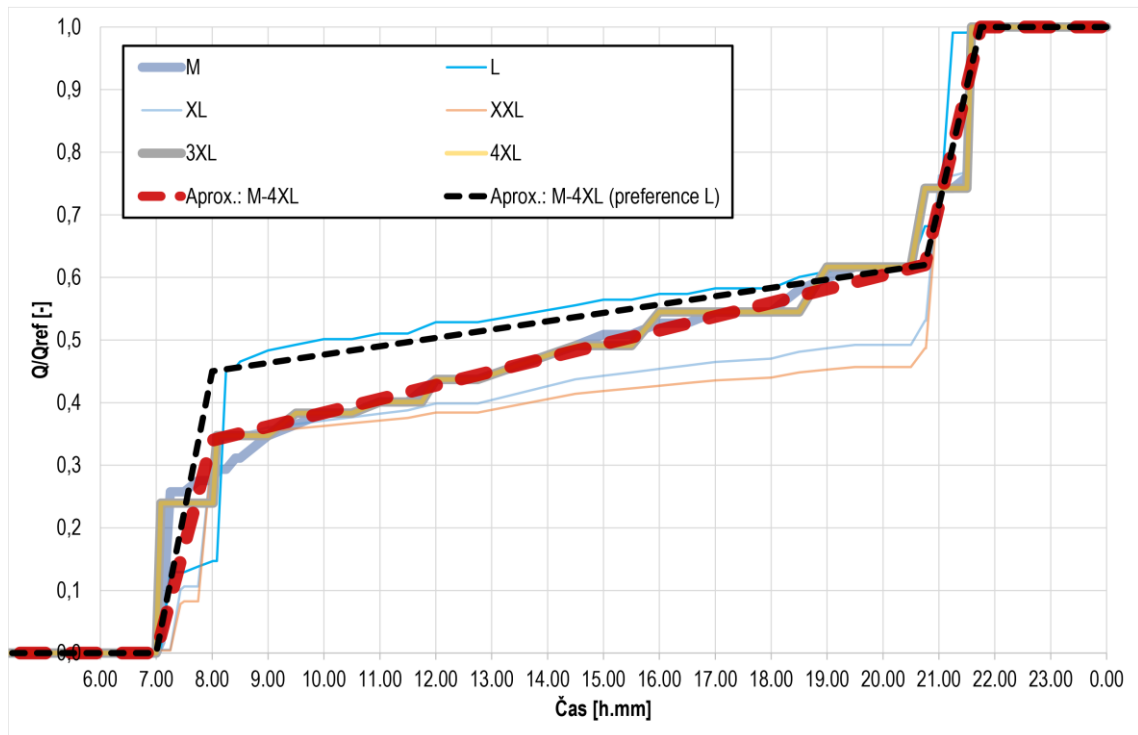


Obr. 27 – Lineární aproximace profilů M-4XL

Popis aproximační křivky „Aprox.: M-4XL“ je následující:

- od 0.00 do 7.00.....= 0% nárůst (žádný odběr),
- od 7.00 do 8.00.....= 34% nárůst (ranní špička),
- od 8.00 do 20.45.....= 28% nárůst,
- od 20.45 do 21.45.....= 38% nárůst (večerní špička),
- od 21.45 do 24.00.....= 0% nárůst (žádný odběr).

Jelikož převažují profily s nižším poměrovým nárůstem v úseku od 7.00 do 8.00, je tato aproximace v případě profilu L výrazně podhodnocena. V takové situaci je výhodnější tuto aproximaci upravit. Na obr. 28 je zobrazena upravená aproximační křivka „Aprox.: M-4XL (preference L)“. Pro porovnání je zde přidán i profil L.

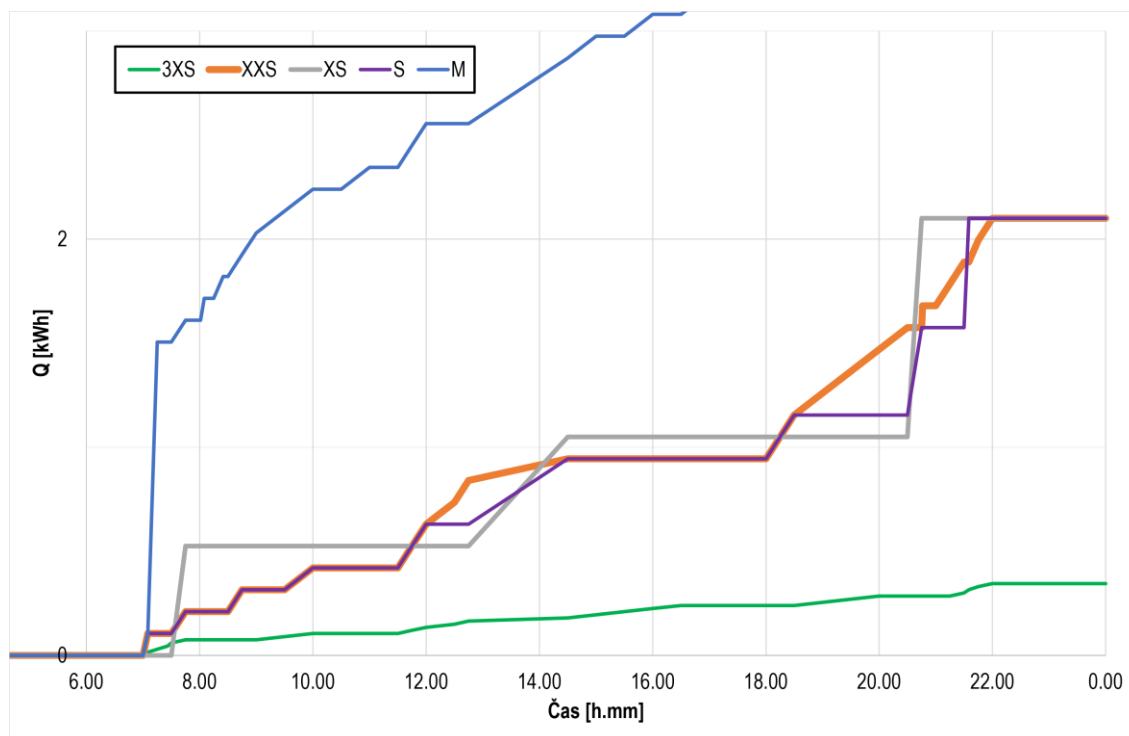


Obr. 28 – Upravená aproximační křivka s preferencí L

Průběh aproximační křivky „Aprox.: M-4XL (preference L)“ je následující:

- od 0.00 do 7.00.....= 0% nárůst (žádný odběr),
- od 7.00 do 8.00.....= 45% nárůst (ranní špička),
- od 8.00 do 20.45.....= 17% nárůst,
- od 20.45 do 21.45.....= 38% nárůst (večerní špička),
- od 21.45 do 24.00.....= 0% nárůst (žádný odběr).

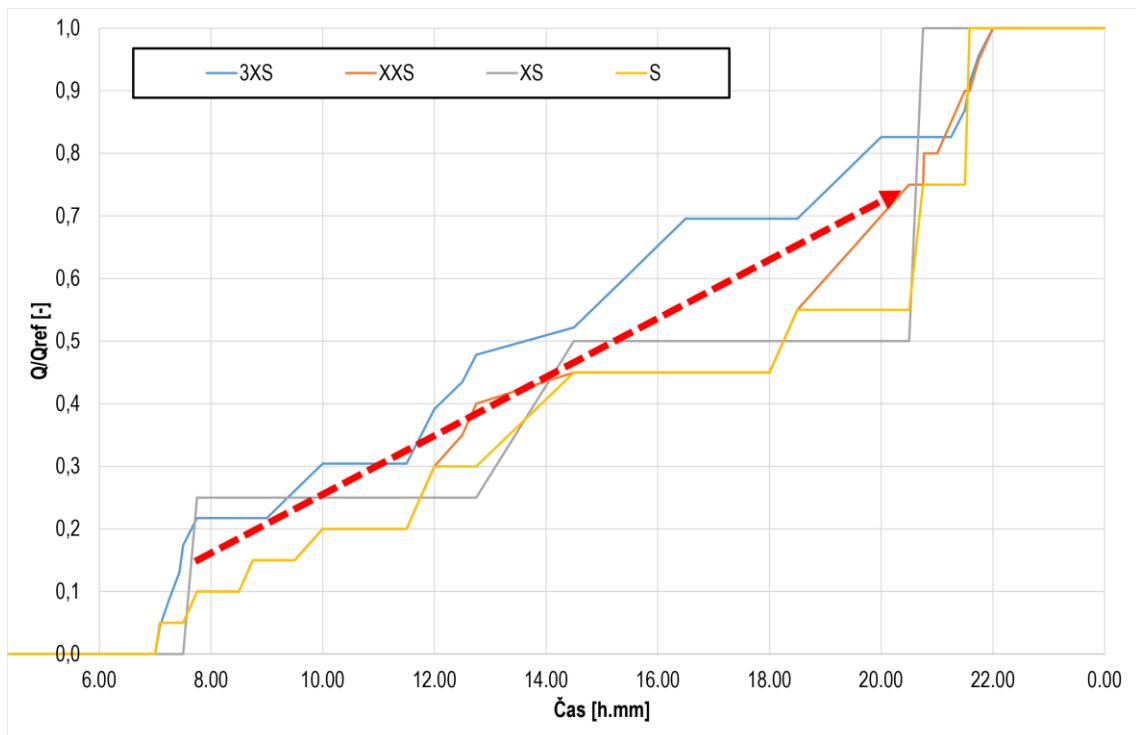
Co se týče profilů 3XS až S, tak je pro tuto skupinu zajímavostí referenční energie Q_{ref} [kWh], která stanovuje u XXS až S totožnou hodnotu. Na obr. 29 je vidět detail křivek těchto odběrů.



Obr. 29 – Křivky odběru zátěžových profilů 3XS až S

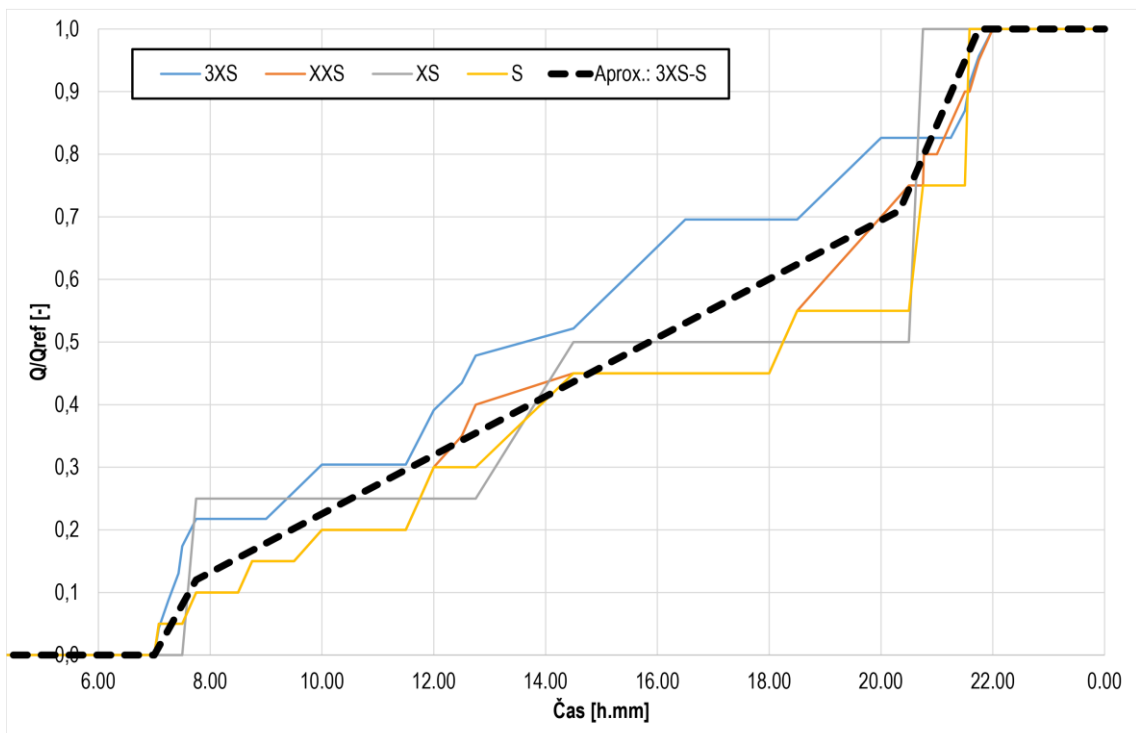
První odběr u zátěžového profilu XS začíná o půl hodiny později oproti ostatním profilům a jeho počet odběrů je výrazně nižší (3 odběry během celého dne), nicméně nízký počet odběrů je kompenzován vyšší užitečnou energií Q_{tap} .

Poměrový průběh této skupiny profilů v příloze č. 6 poukazuje na relativně lineární nárůst od prvního odběru v periodě. Na obr. 30 je znázorněn kumulativně tento růst.



Obr. 30 – Poměrový průběh odběru u profilů 3XS až S

Aproximace metodou nejmenších čtverců (obr. 31) v tomto případě není tak výrazně segmentována jako u profilů M-4XL.

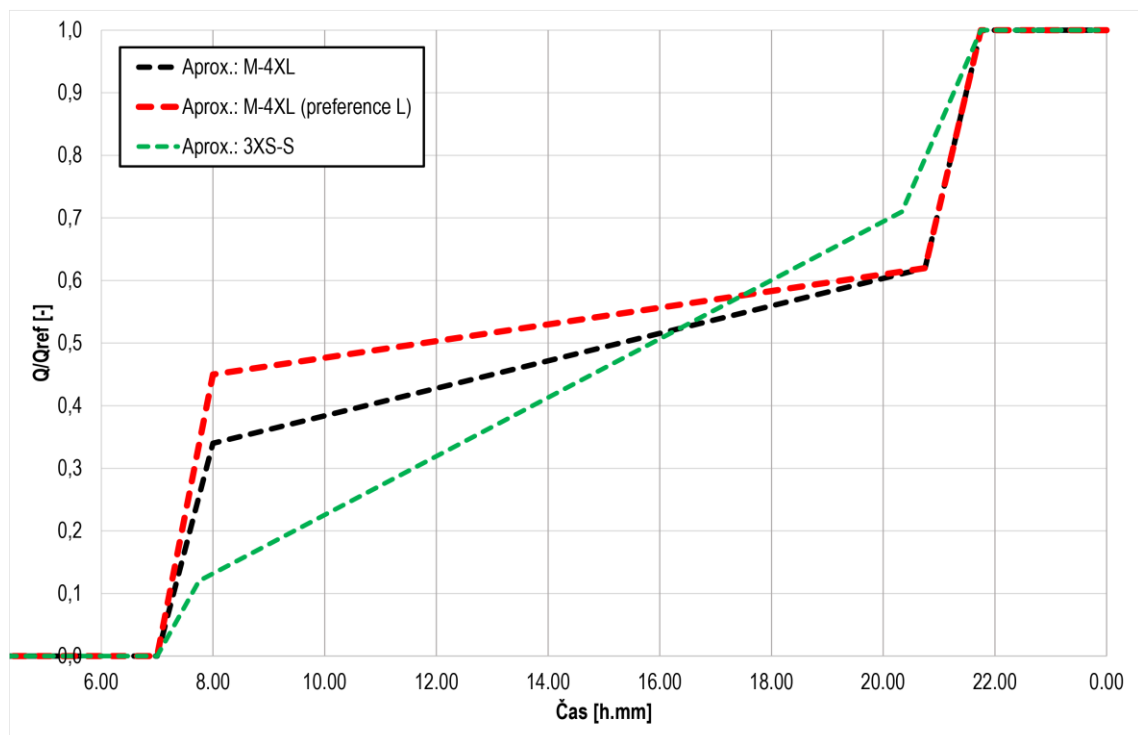


Obr. 31 – Aproximační křivka 3XS-S

Průběh aproximační křivky „Aprox.: 3XS-S“ je následující:

- od 0.00 do 7.00..... = 0% nárůst,
- od 7.00 do 7.45..... = 15% nárůst,
- od 7.45 do 20.20.... = 59% nárůst,
- od 20.20 do 21.45.. = 29% nárůst,
- od 21.45 do 24.00.. = 0% nárůst.

Na obr. 32 je porovnán průběh aproximačních křivek z obou skupin.



Obr. 32 – Aproximační křivky

Z uvedeného grafu je vidět významný rozdíl ve sklonu v přibližném časovém úseku 8.00-21.00, kde z nižší pozice začíná aproximační křivka pro skupinu profilů 3XS až S, ale během již zmíněného intervalu narůstá až o 30 % rychleji než aproximační křivka bez preference L a o 40 % rychleji než aproximační křivka s preferencí L. Tento výrazný růst je způsoben malými odběry v průběhu celého dne, které vzhledem k celkové referenční energii hrají významnou roli a viditelně se projevují v grafickém znázornění spotřeby daného profilu. Výjimku tvoří profil XS, který se skládá z pouhých tří odběrů. Ale rovnoměrným časovým sledem těchto odběrů a jejich výraznou spotřebou energie se nepříliš vzdaluje od spotřeby ostatních profilů ve skupině 3XS až S.

3.2 Odběr TV v bytových domech

Společnost Veolia Energie ČR, a.s. poskytnula naměřená data (z roku 2015²) u několika bytových domů ve městě Vlašim (tab. 4).

	Bytový dům A	Bytový dům B	Bytový dům C	Bytový dům D
Podlaží	5 + suterén	4 + suterén	12 + suterén	12 + suterén
Počet bytů	64	48	48	48
Spotřeba TV za rok 2015 [m³]	1527	872	924	890

Tab. 4 – Parametry jednotlivých bytových domů.³

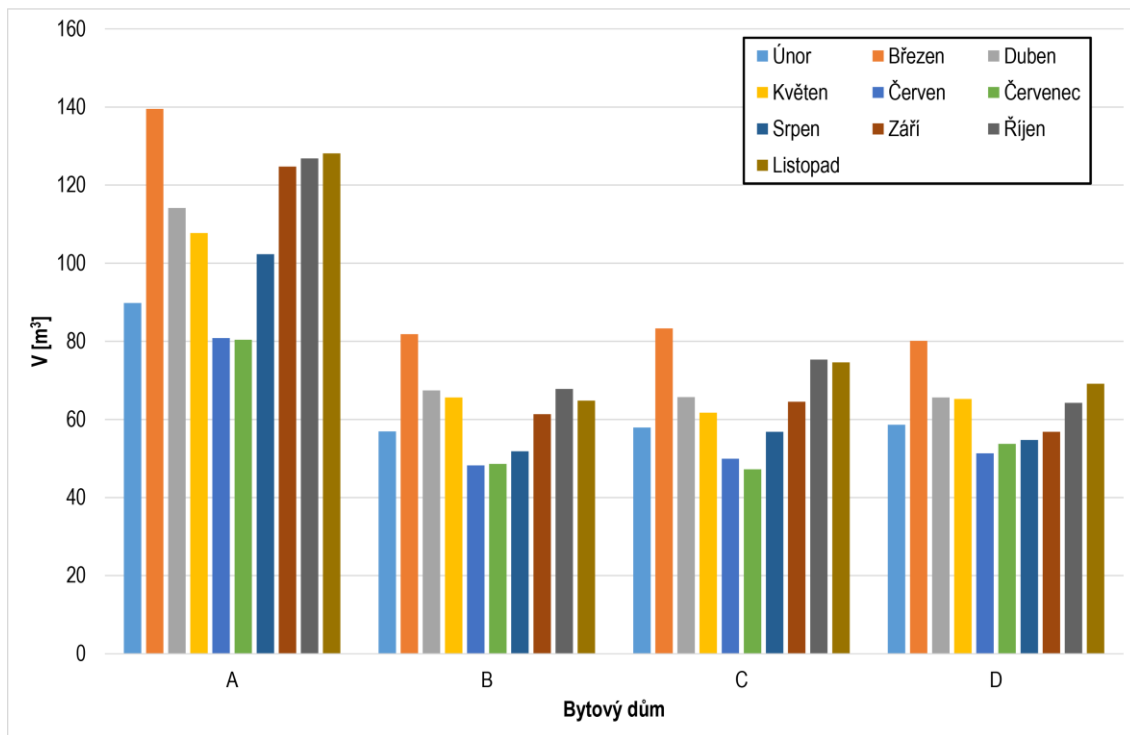
Data se vztahují k vodoměru studené vody, který je osazen těsně před systémem přípravy teplé vody. Záznam hodnot z vodoměru se uskutečňoval po průtoku 0,1 m³ studené vody. Datum [DD.MM.RRRR], čas [hh.mm:ss] a celkový objem proteklé vody [m³] vodoměrem byl zapisován do tabulky aplikace Excel. Začátkem každého měsíce byl automaticky vytvořen nový soubor pro zápis dat. V každém souboru tak existuje jeden list se dvěma vyplněnými sloupci. V prvním bylo zapisováno datum a čas záznamu a v druhém hodnota na vodoměru. Nejvyšší počet záznamů byl u bytového domu A s 64 byty, počet záznamů za měsíc se pohyboval kolem 1200 až 1300 zápisů (v Excelu řádků).

Na obr. 33 jsou porovnány měsíční spotřeby TV v m³ pro jednotlivé bytové domy. Z obrázku je patrné, že nejnižší spotřeba TV proběhla u všech bytových domů v letních měsících. Důvodem je období prázdnin a tedy i časté využití těchto měsíců k dovolené. Díky tomu se sníží počet obyvatel domu a tudíž i spotřeba vody. Dále kvůli dostatečně vysokým venkovním teplotám je méně využívána TV při sprchování nebo koupeli. Právě kvůli nižší potřebě TV se i často v létě provádějí revize zdrojů tepla a dochází k odstávkám.

V únoru byla též relativně nízká spotřeba TV, ale i zde je to pravděpodobně způsobeno školními prázdninami, které využívají rodiny k zimní dovolené.

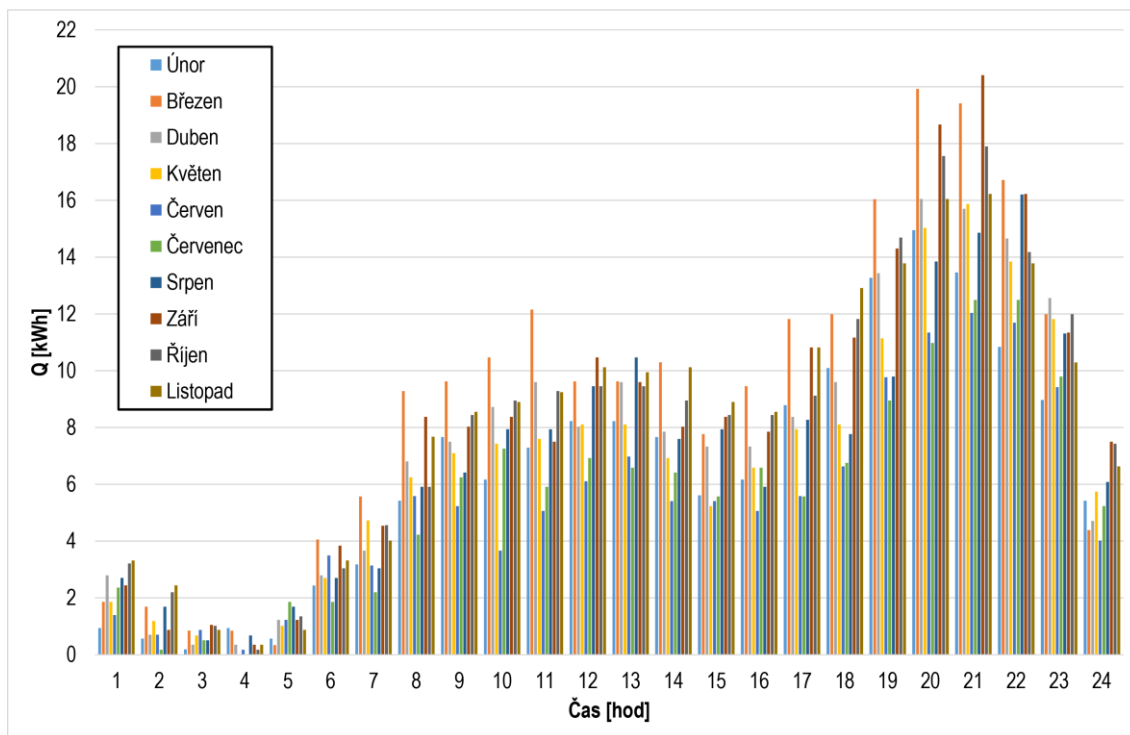
² Chybí naměřené hodnoty z téměř celého ledna a z celého prosince.

³ V příloze č. 7 jsou náhledy bytových domů A, B, C a D.

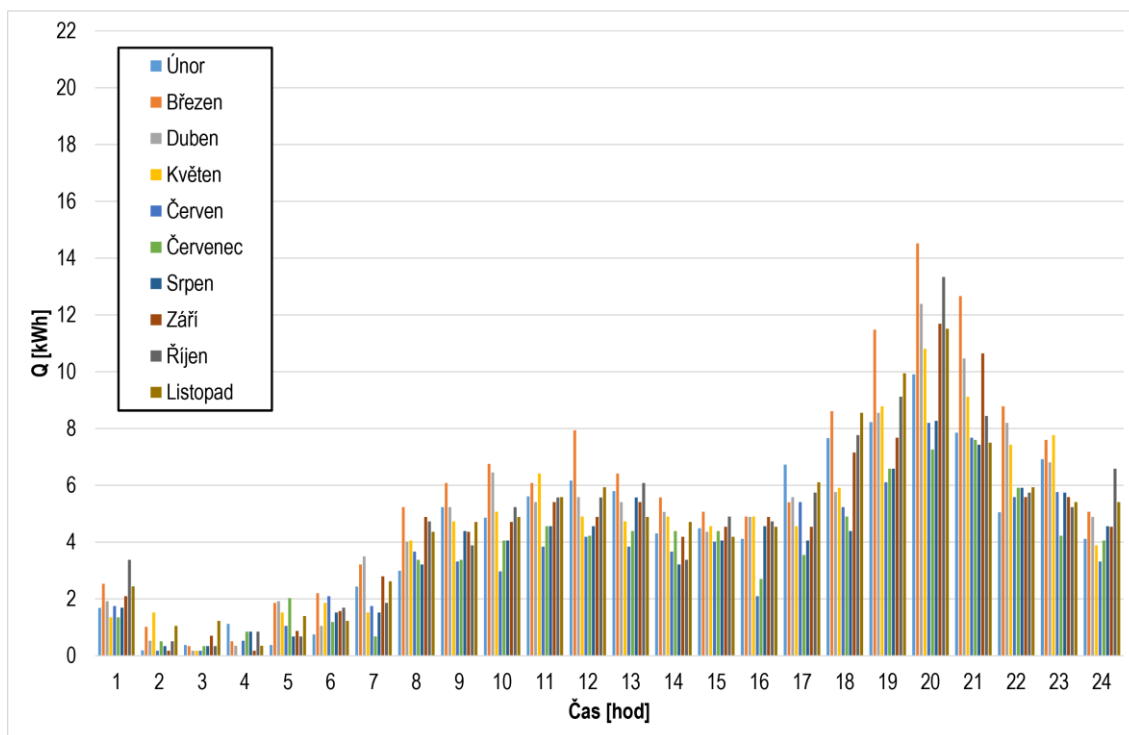


Obr. 33 – Měsíční spotřeba TV pro jednotlivé bytové domy

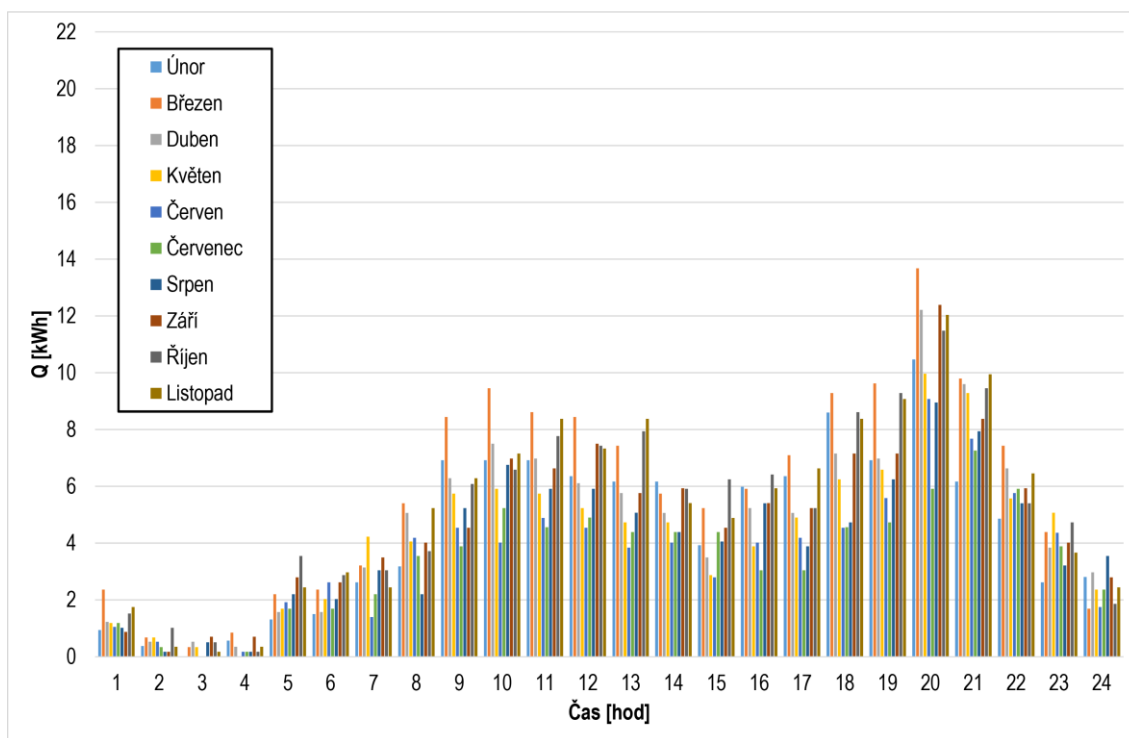
Průměrné denní průběhy odběrů tepla Q [kWh] v jednotlivých měsících jsou zobrazeny na obr. 34 až 37 (pro každý bytový dům A, B, C a D zvlášť).



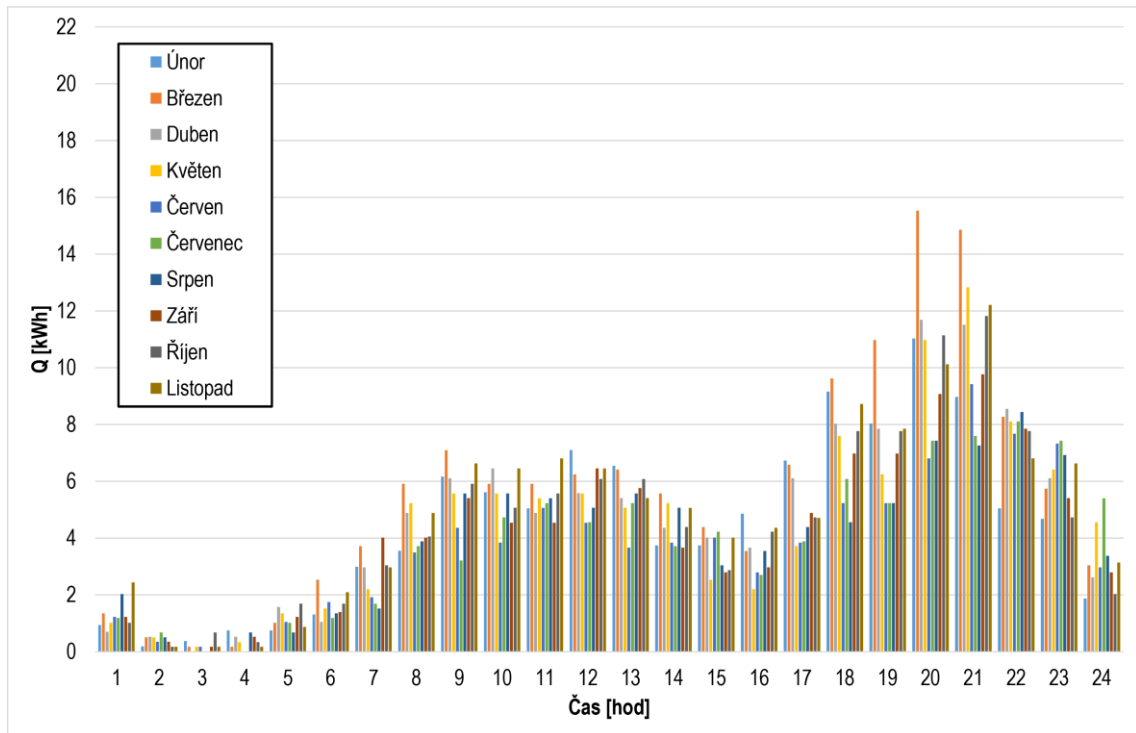
Obr. 34 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům A



Obr. 35 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům B



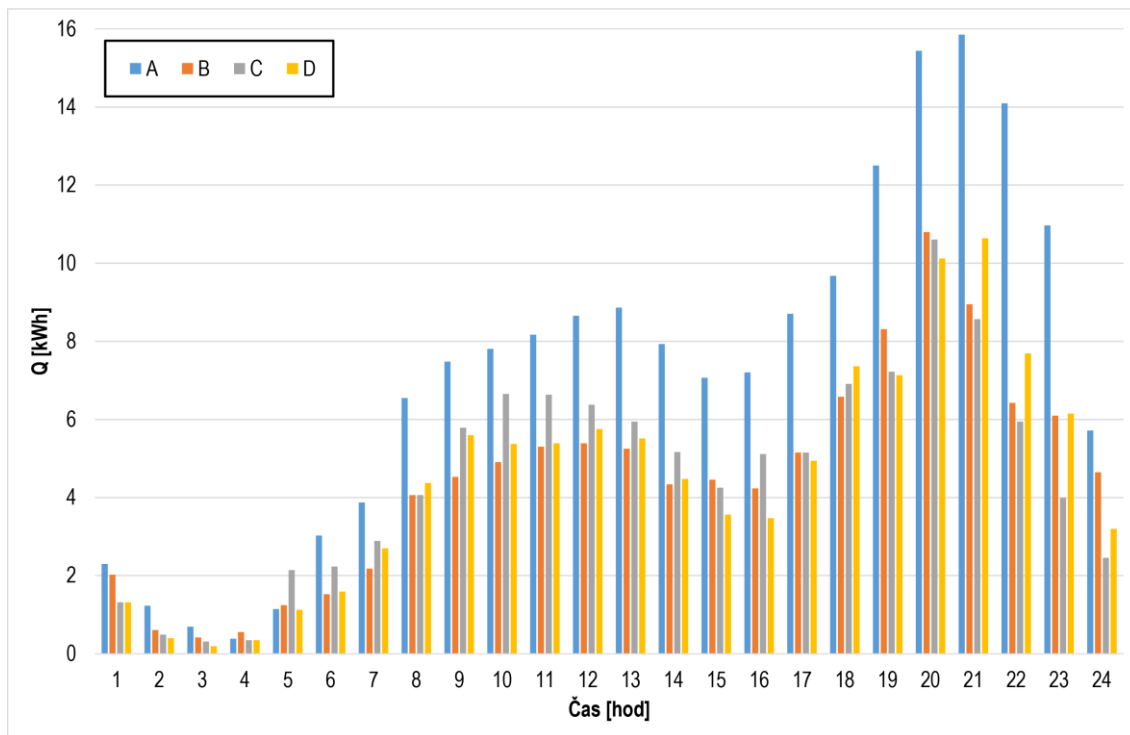
Obr. 36 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům C



Obr. 37 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům D

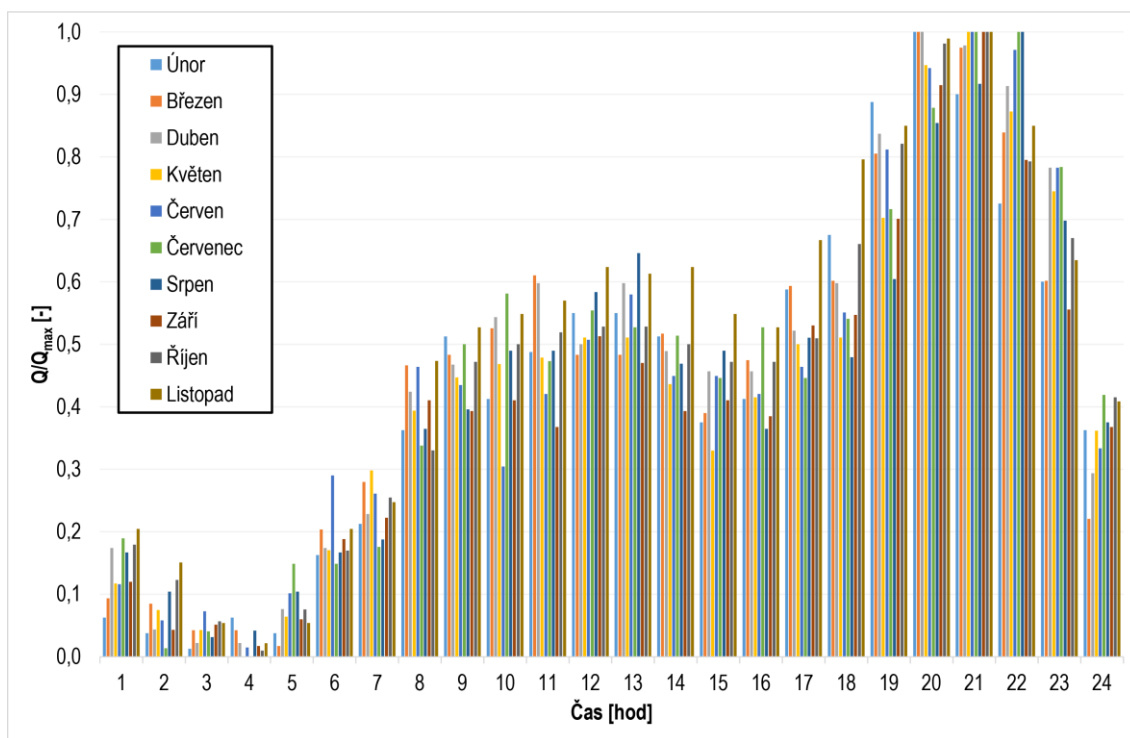
Velkých hodinových odběrů tepla bylo převážně dosaženo v březnu (oranžové sloupce) a to hlavně v ranních a večerních hodinách. Z výše uvedených grafů je patrná podobnost průběhu hodinových odběrů tepla.

Průměrné hodinové odběry pro každý bytový dům za celé měřené období jsou pro srovnání zobrazeny na obr. 38. V případě bytového domu C docházelo oproti bytovým domům B a D, které se liší celkovou roční spotřebou TV jen nepatrně, k výraznějším odběrům v průběhu dne, naopak u bytového domu D se zvedla hodinová spotřeba od 20.00 do 22.00. Protože v bytovém domě A byla větší spotřeba TV, není možné v těchto grafech porovnat trend hodinových odběrů domu A s ostatními bytovými domy.

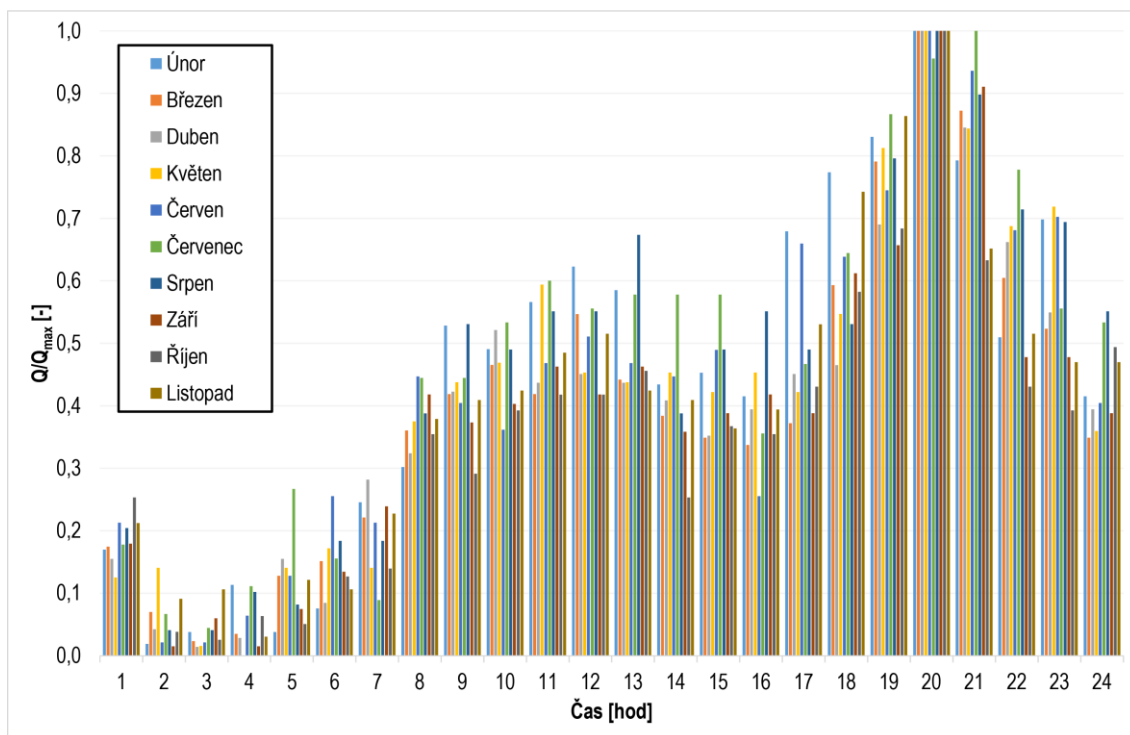


Obr. 38 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro jednotlivé bytové domy

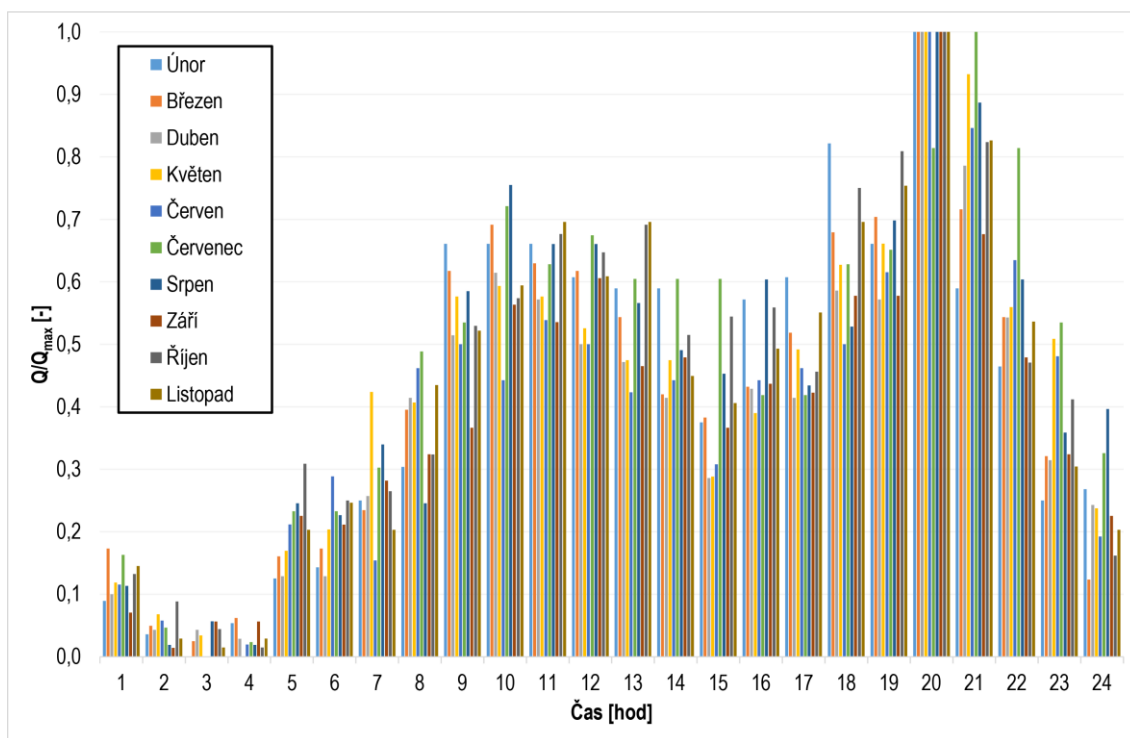
Kvůli porovnání s ostatními profily a křivkami je zapotřebí získat poměrové hodnoty odběrů tepla Q/Q_{\max} [kWh], kde Q_{\max} na obr. 39 až 42 značí maximální měsíční hodinový odběr během dne.



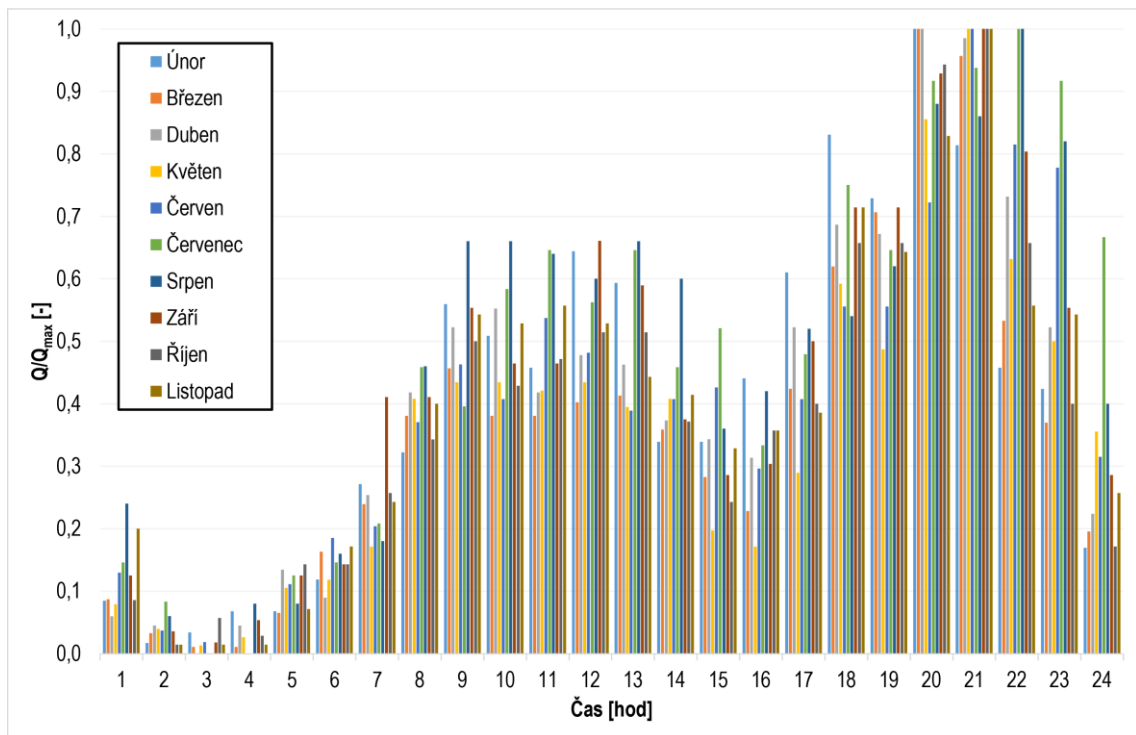
Obr. 39 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům A



Obr. 40 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům B



Obr. 41 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům C

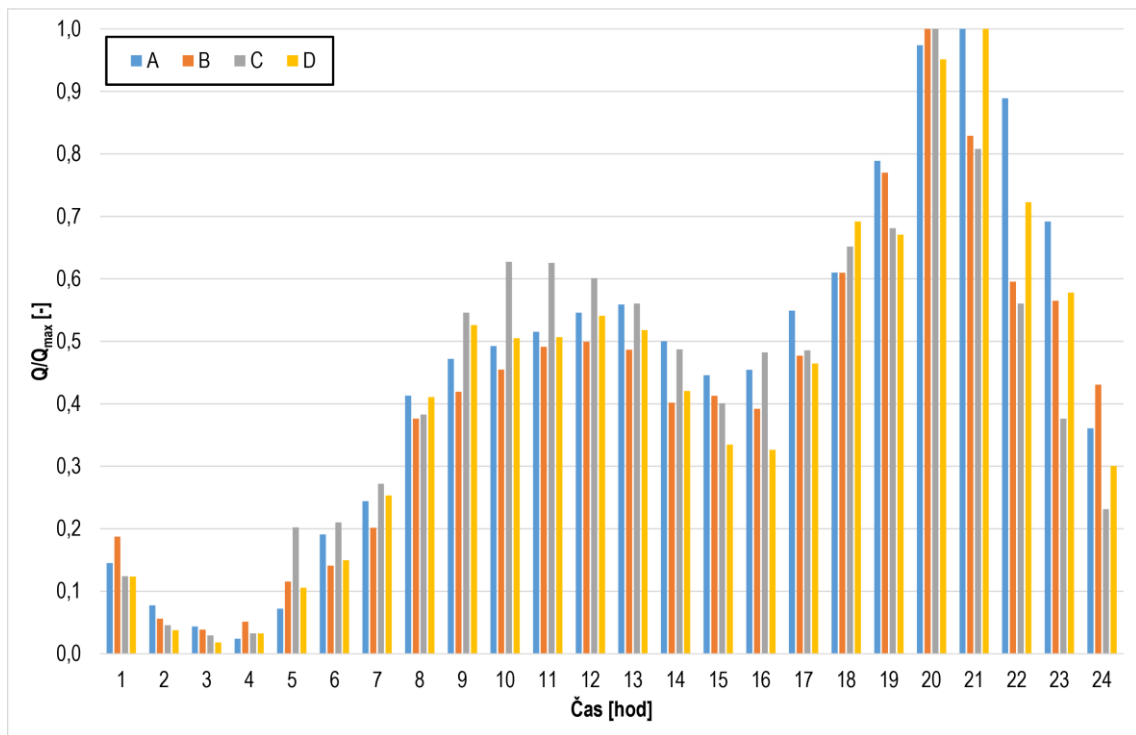


Obr. 42 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům D

Při porovnání měsíčních hodinových odběrů v poměrových sloupcových grafech je vidět, obzvláště u bytového domu D, že v letních měsících (červen a červenec) se od ranních do večerních hodin uskutečnily odběry s více než 50% podílem z největšího denního odběru, který se vyskytoval nejčastěji od 19.00 do 21.00. Pravděpodobně byl tento trend způsobený letními prázdninami, kdy děti a mládež stráví více času doma v průběhu dne.

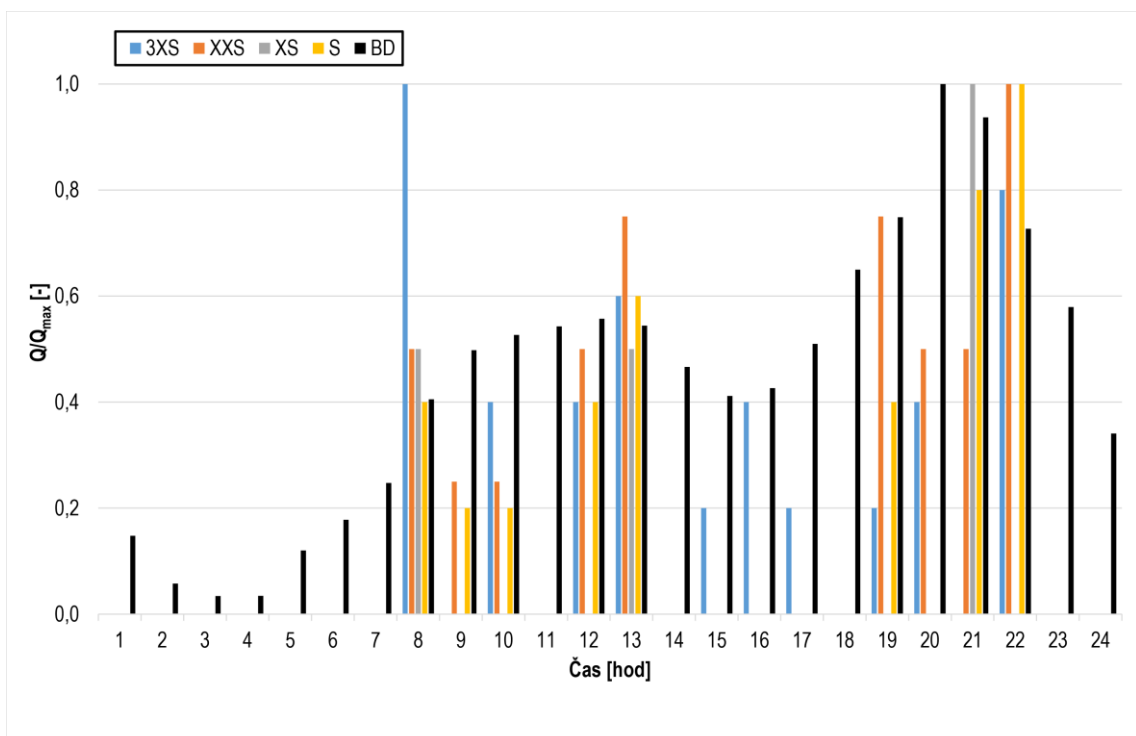
Na obr. 43 jsou poměrově zobrazeny průměrné denní průběhy odběrů pro každý bytový dům (A, B, C a D). Podíl Q/Q_{max} [-] v tomto případě značí poměr průměrného odběru tepla vůči průměrnému maximálnímu hodinovému odběru tepla v daném bytovém domě. V případě bytových domů A a D bylo dosaženo maximálního odběru tepla Q_{max} v 21.00 a v domech B a C v 20.00.

Od 1.00 do 5.00 byl odběr u bytových domů A, B, C a D zanedbatelný. Teprve od 5.00 do 1.00 docházelo k výrazným odběrům tepla. Průměrné odběry tepla jsou u těchto bytových domů podobné, a proto je jako výstup z naměřených hodnot možné použít denní průběh odběrů tepla prezentující průměrnou spotřebu tepla bytových domů A, B, C a D.



Obr. 43 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro všechny bytové domy

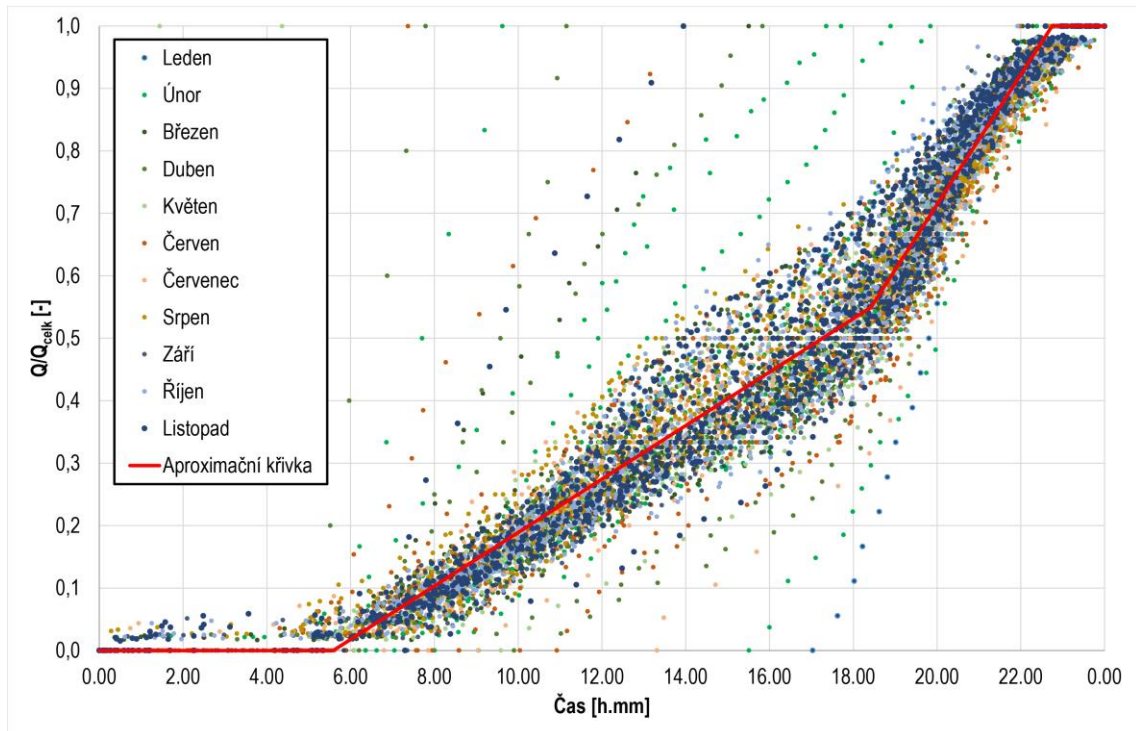
Na obr. 44 je prezentováno porovnání průměrného denního průběhu odběru tepla pro všechny bytové domy (sloupce „BD“) společně s průběhy profilů 3XS až S z nařízení komise.



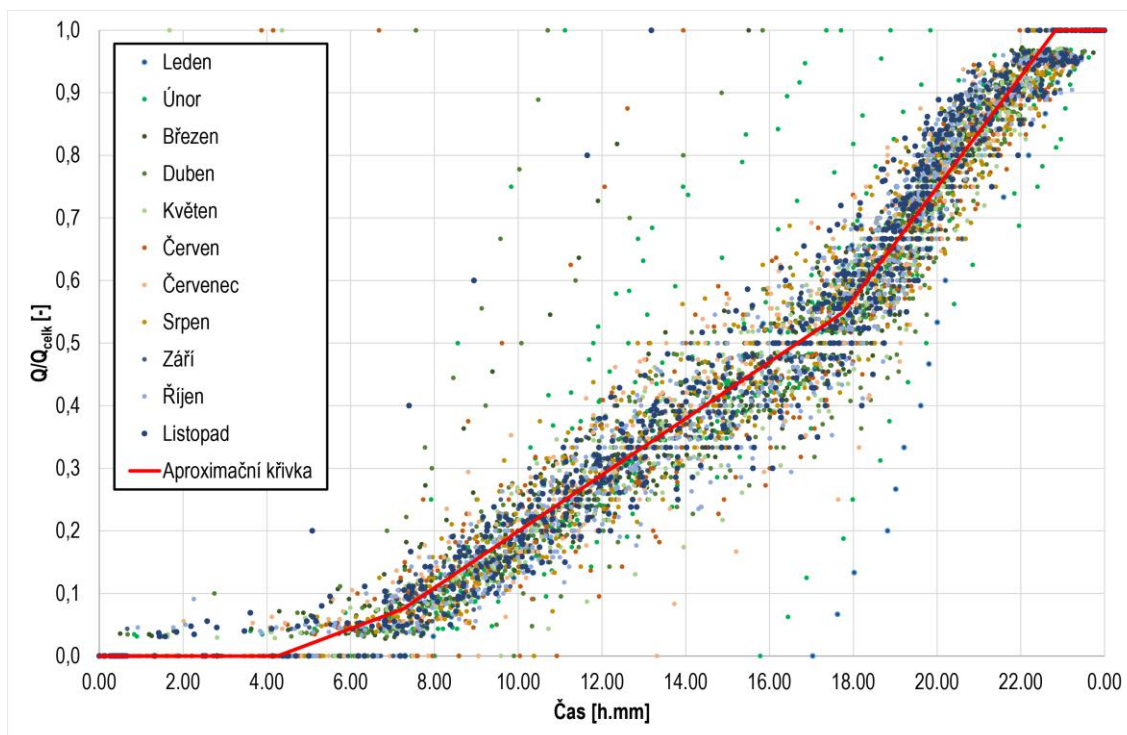
Obr. 44 – Porovnání denních průběhů tepla

Pouze profily 3XS až S se aspoň vzdáleně podobají průběhem spotřebované energie průběhu bytových domů.

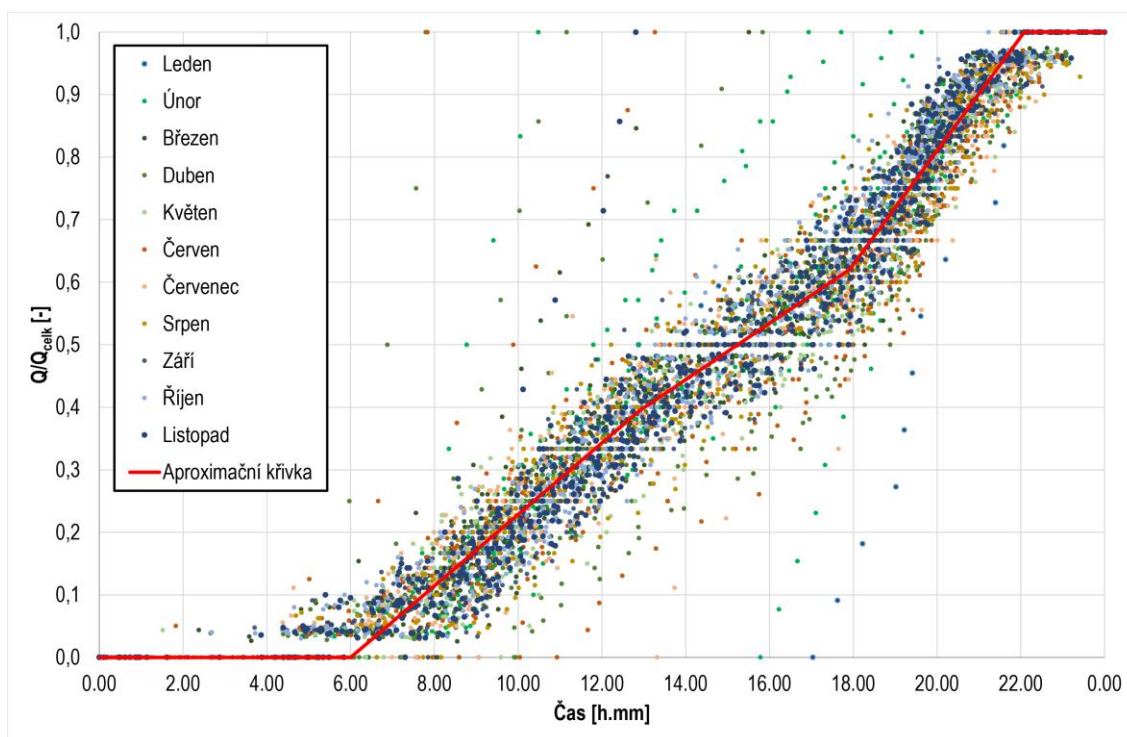
Na obr. 45 až 48 jsou vidět kumulativní souhrny všech odběrů tepla za rok 2015 v 24hodinové periodě pro každý bytový dům zvlášť. Jednotlivé měsíce jsou barevně rozlišeny. Červená křivka v grafu znázorňuje aproximační křivku všech odběrů vytvořenou pomocí metody nejmenších čtverců.



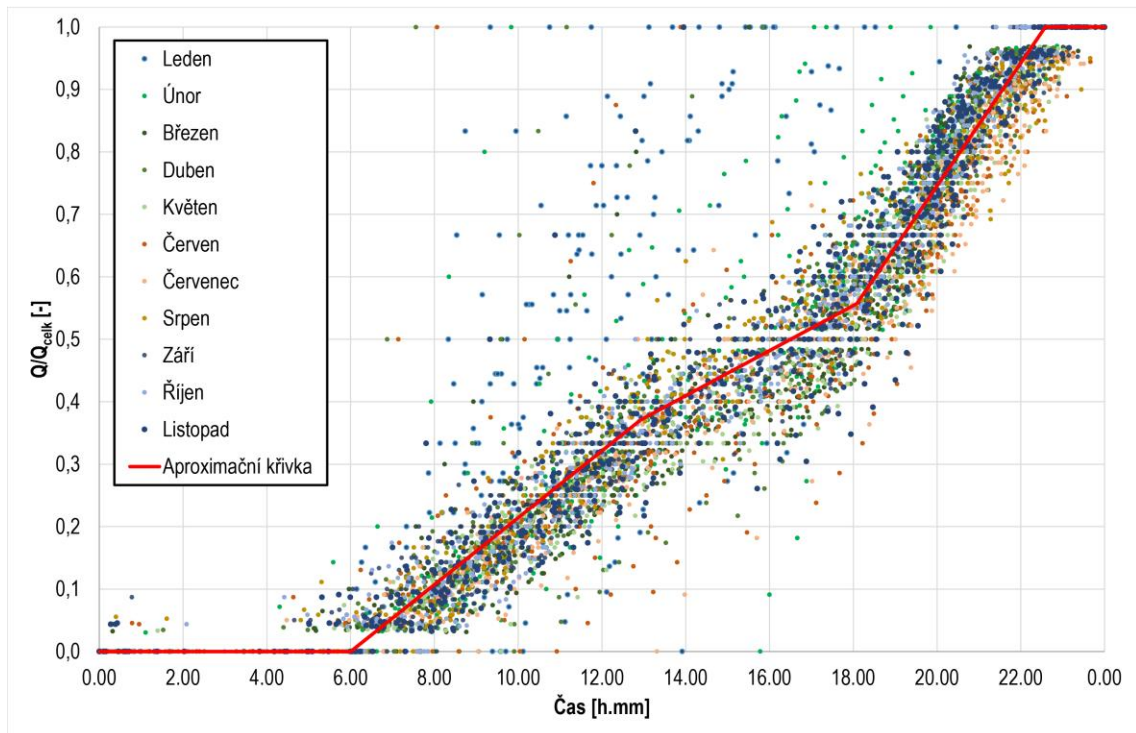
Obr. 45 – Kumulativní odběry tepla pro bytový dům A za rok 2015



Obr. 46 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům B za rok 2015



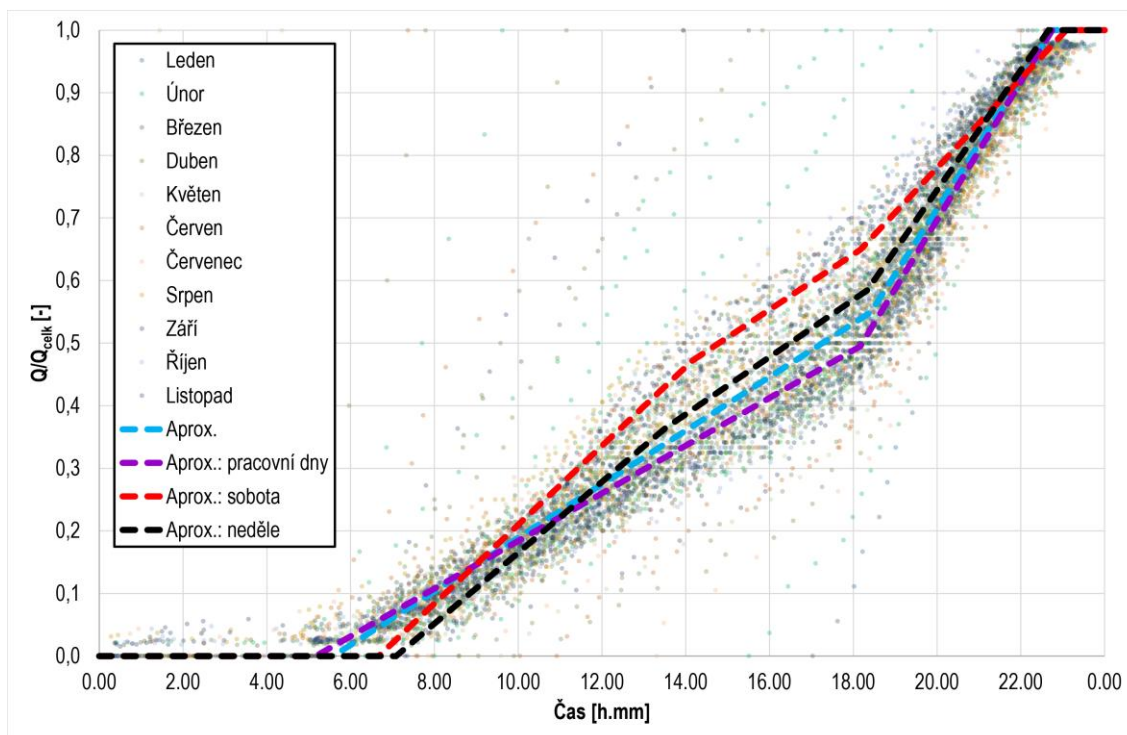
Obr. 47 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům C za rok 2015



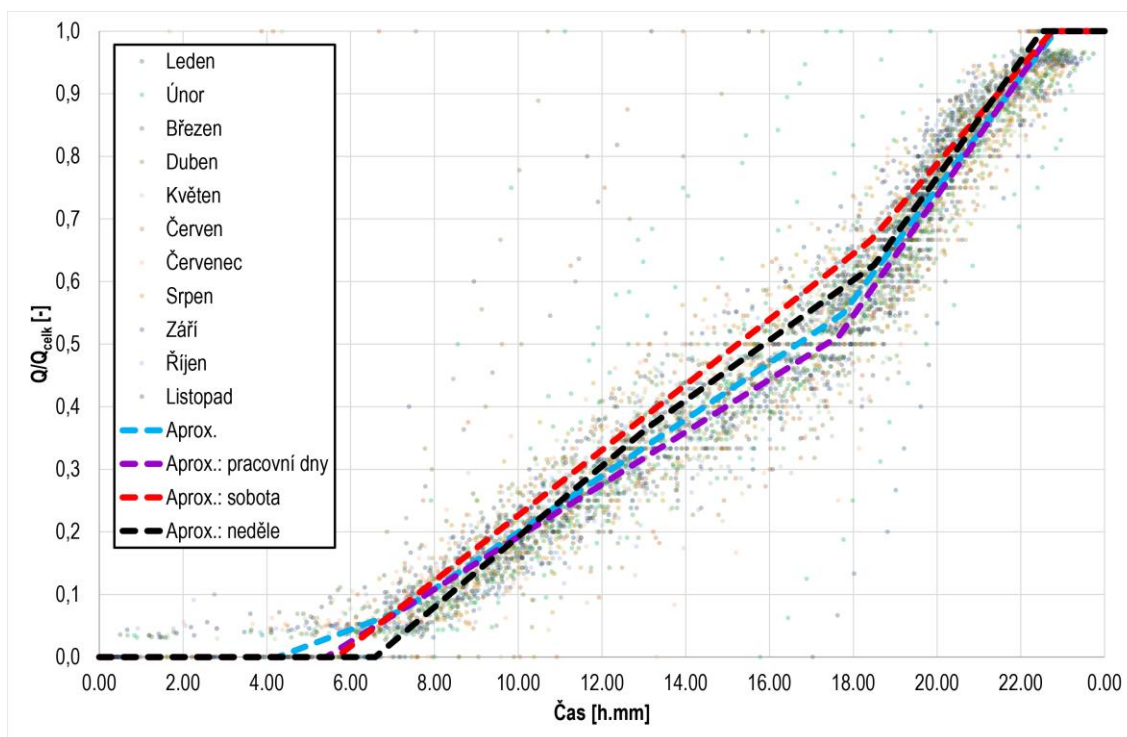
Obr. 48 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům D za rok 2015

Z výše uvedených grafů je vidět výraznou podobnost mezi jednotlivými bytovými domy a tudíž se dá předpokládat podobný průběh odběrů i u jiných bytových domů s podobnými parametry.

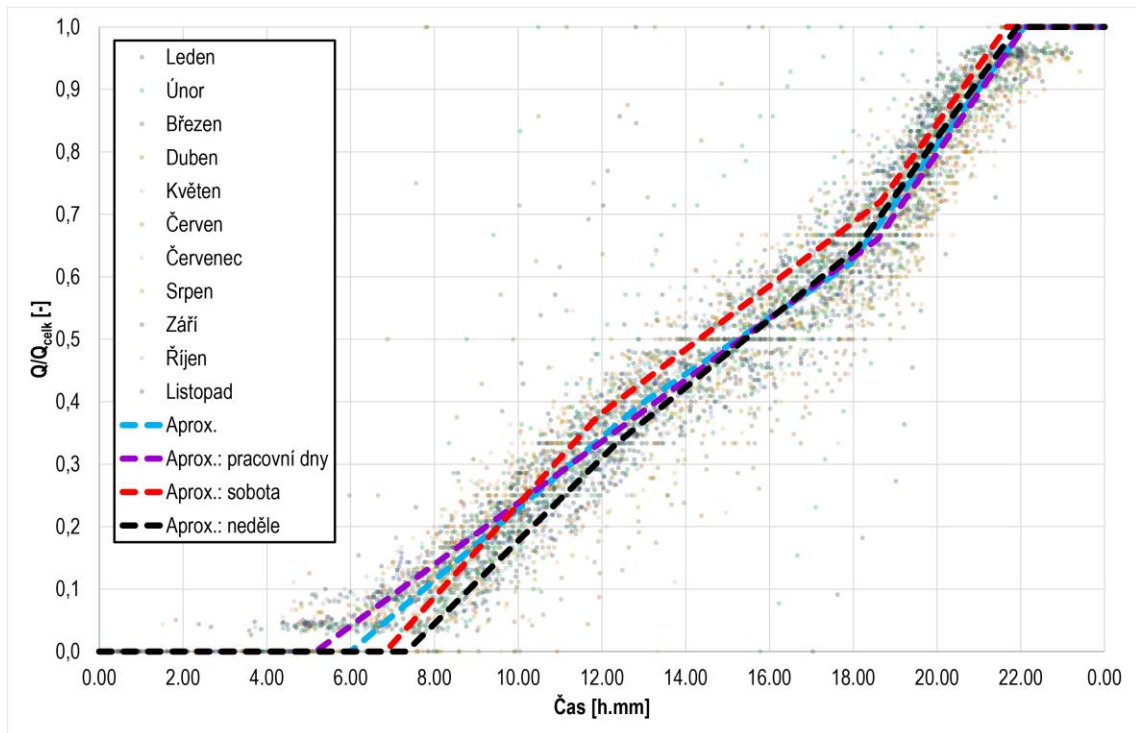
V případě bytového domu A (obr. 45) je vidět mezi 12.00 a 18.00 relativně velký rozptyl odběrů. Pomocí filtrování v aplikaci Excel bylo zjištěno, že největší vliv na tento rozptyl mají soboty. Na obr. 49 až 52 jsou proto porovnány, společně s celkovou aproximační křivkou, křivky aproximující zvláště pracovní dny, sobotu a neděli (pro každý bytový dům zvláště).



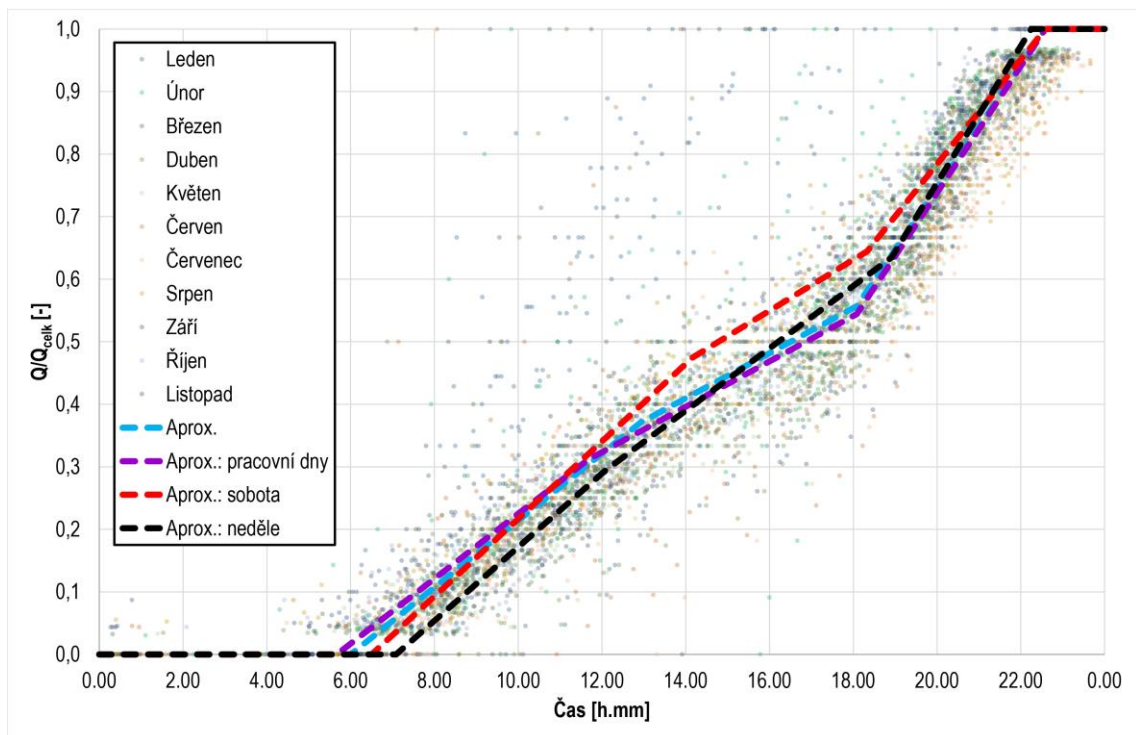
Obr. 49 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům A



Obr. 50 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům B



Obr. 51 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům C

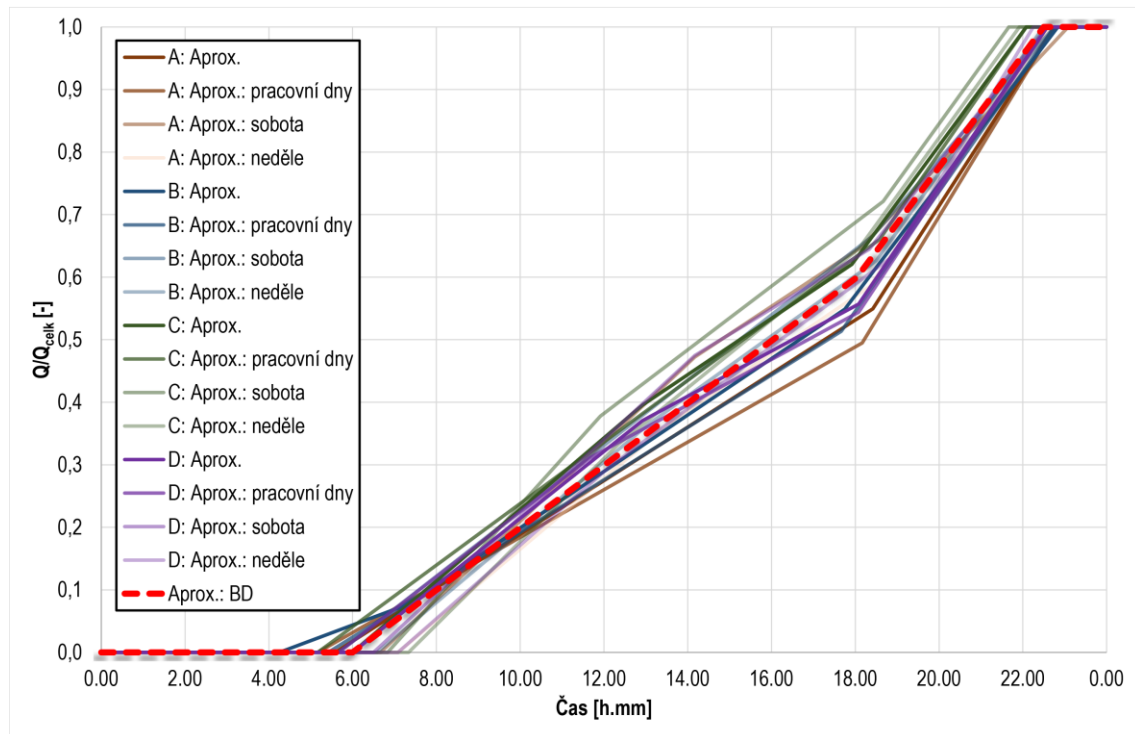


Obr. 52 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům D

Nejvýraznější odklon je vidět u aproximační křivky pro soboty bytového domu A. Rozdíl mezi aproximací sobot a aproximací všech dnů dosahuje až 10 %. Pokud se při

návrhu použije aproximační křivka všech dní, je zapotřebí brát v potaz i odchylku soboty, která vychází pro návrh negativněji.

Z těchto posledních čtyř grafů byly vytaženy aproximační křivky a společně porovnány na obr. 53. V legendě grafu začínají názvy aproximačních křivek písmenem náležejícího bytového domu.

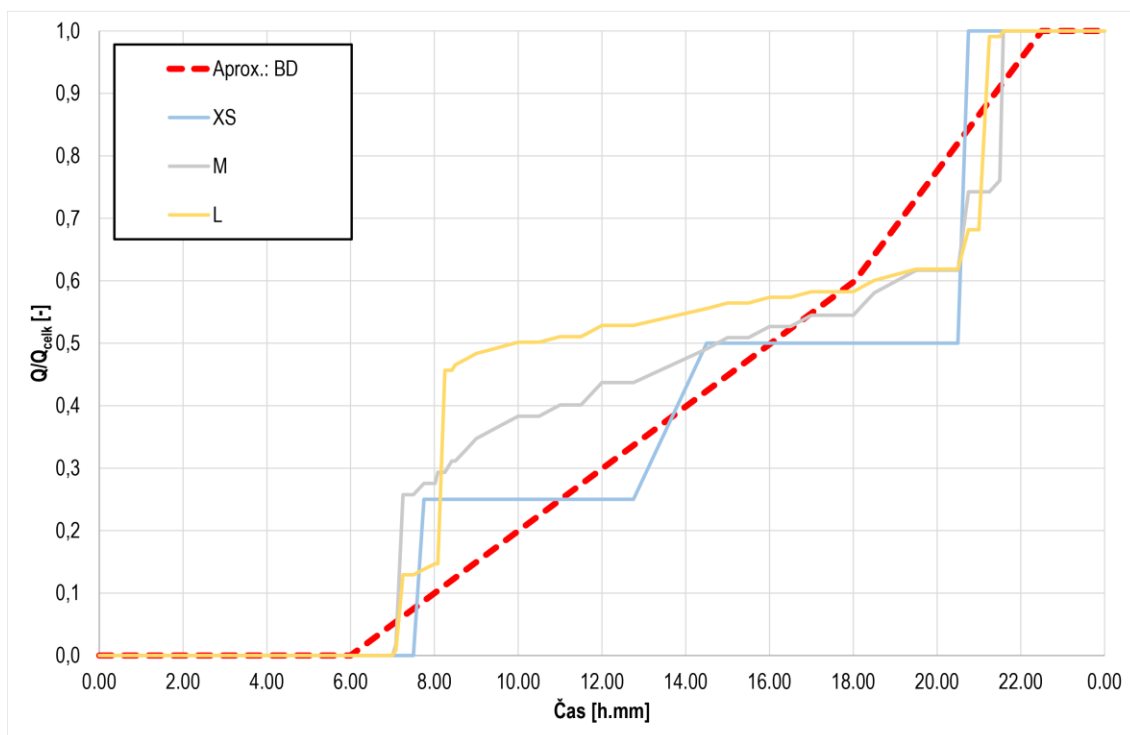


Obr. 53 – Porovnání aproximačních křivek všech bytových domů

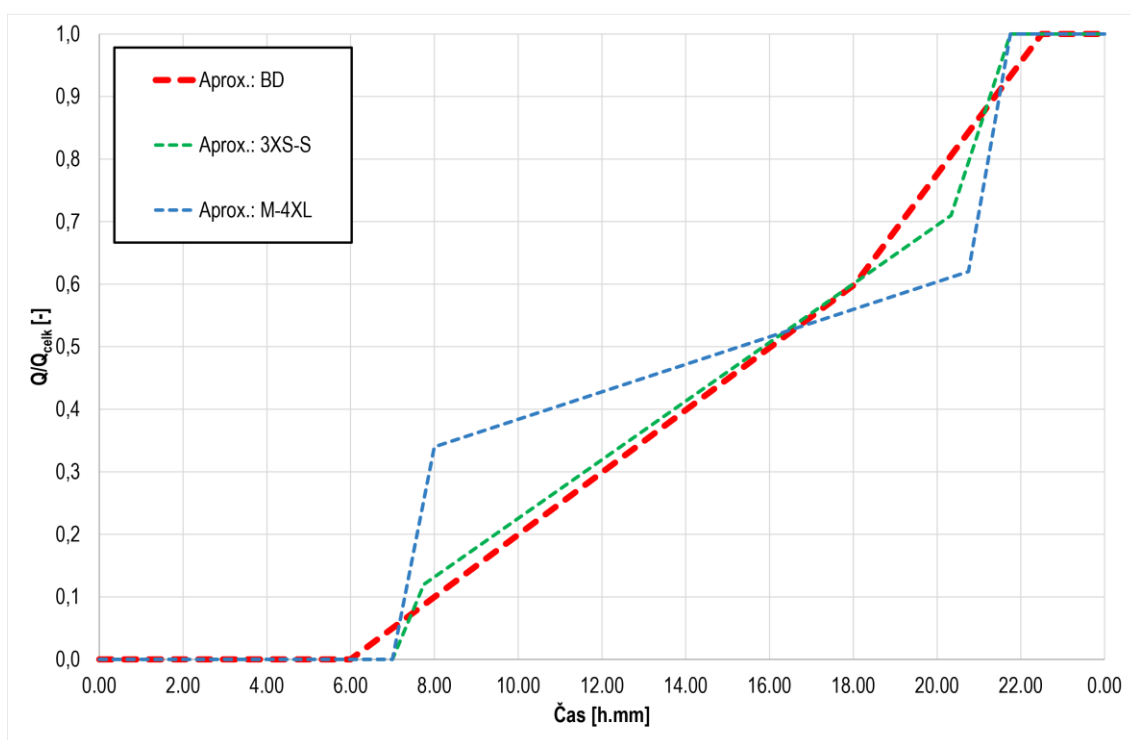
Mezi jednotlivými bytovými domy je vidět výraznou podobnost (obr. 53). Největší odchylka je v 18.00, kde rozdíl mezi nejvýše položenou aproximační křivkou „C: Aprox.: sobota“ a nejnižší položenou křivkou „A: Aprox.: pracovní dny“ je přibližně 20 %.

Na základě naměřených hodnot ze 4 bytových domů byla získána výsledná aproximační křivka (červená čárkovaná křivka „Aprox.“ na obr. 53) zjednodušeně znázorňující reálný trend spotřeby tepla v bytových domech. V následujícím textu je označena jako Aproximační křivka BD („BD“ značí zkratku: bytové domy).

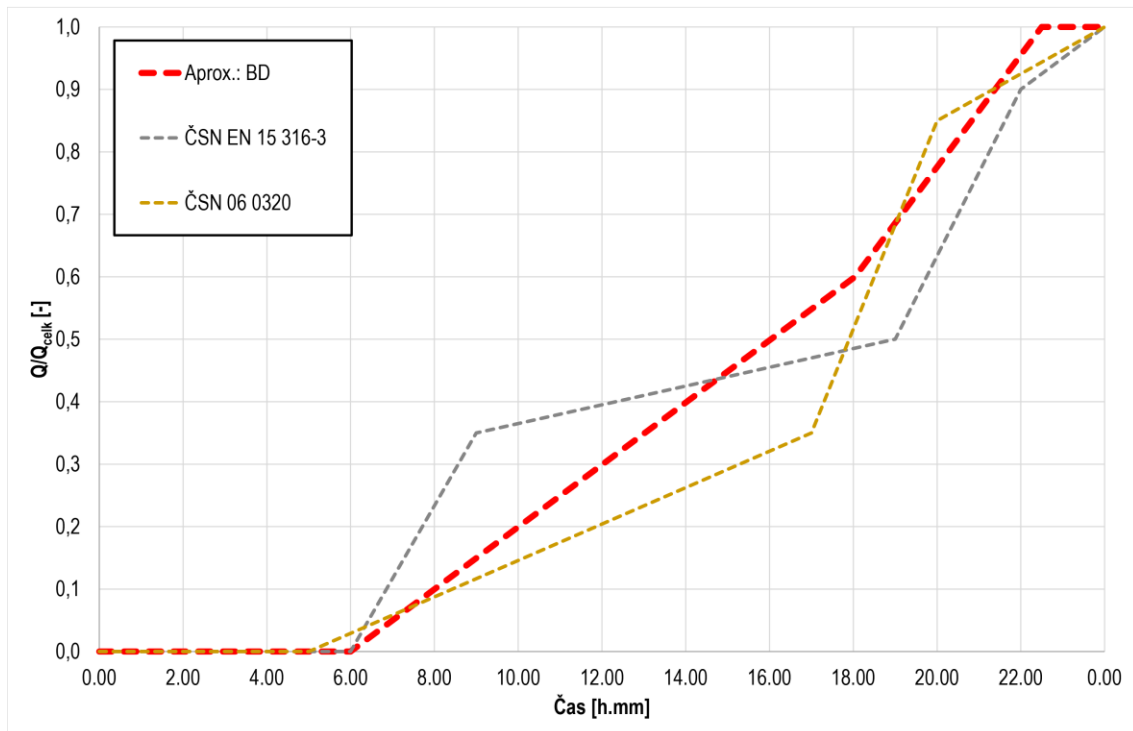
S touto křivkou jsou na obr. 54 až 56 porovnány zátěžové profily a jejich aproximační křivky a křivky odběru podle norem ČSN EN 15 316-3, ČSN 06 0320.



Obr. 54 – Porovnání aproximační křivky BD s profily XS, M a L



Obr. 55 – Porovnání aproximačních křivek: BD, (3XS-S) a (M-4XL)



Obr. 56 – Porovnání aproximační křivky BD s křivkami odběru podle norem ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320

Dle obr. 54 až 56 je vidět největší podobnost s aproximační křivkou BD u profilů Aprox.: 3XS-S, ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320.

Důvodem, proč profily M až 4XL vychází výrazně odlišně, je předpokládané množství spotřebované energie. Jejich průběh je silně ovlivněn jednotlivými obyvateli domu a každý odběr se výrazně projeví v průběhu spotřeby. Naproti tomu bytový dům obývá velký počet obyvatel různých věkových kategorií, které se často liší ve svém denním harmonogramu.

Například mladší páry převážně pracují ve standardní pracovní době (od 8.00 do 16.00) a jejich způsob odběru TV by více odpovídal profilům M až 4XL. Kdežto senioři přebývají i v průběhu dne ve svých bytech a využívají TV pro každodenní potřebu jako je úklid nebo i hygienu. Dalšími vlivy jsou potřeby, které kvůli časové náročnosti nebo delším pravidelným intervalům (např. sprcha a vana je využívána dvakrát až třikrát týdně) neprovozujeme každý den. Příkladem může být produktivní generace, která chodí brzo do práce a nemá po ránu dostatek času na větší hygienu.

Kvůli této vysoce individuální potřebě se se zvyšujícím počtem obyvatel křivka odběru vyhlazuje a zanikají výrazné špičky na začátku a na konci dne.

V tab. 5 jsou shrnuty popisy profilů Aprox.: BD, Aprox.: 3XS-S, Aprox.: M-4XL, ČSN 06 0320 a ČSN EN 15 316-3.

Křivka odběru tepla	Čas [h.mm]		Nárůst [%]
	od	do	
Aproximační křivka BD	0.00	6.00	0%
	6.00	18.00	60%
	18.00	23.00	40%
	23.00	24.00	0%
Aproximační křivka 3XS-S	0.00	7.00	0%
	7.00	7.45	15%
	7.45	20.20	59%
	20.20	21.45	29%
	21.45	24.00	0%
Aproximační křivka M-4XL	0.00	7.00	0%
	7.00	8.00	34%
	8.00	20.45	28%
	20.45	21.45	38%
	21.45	24.00	0%
ČSN 06 0320	0.00	5.00	0%
	5.00	17.00	35%
	17.00	20.00	50%
	20.00	24.00	15%
ČSN EN 15 316-3	0.00	6.00	0%
	6.00	9.00	35%
	9.00	19.00	15%
	19.00	22.00	40%
	22.00	24.00	10%

Tab. 5 – Křivky odběru tepla pro ohřev TV

3.3 Návrh zásobníkového ohřevu TV

Výpočty se vztahují k bytovým domům A, B, C a D (pro lepší přehled je znovu uvedena tab. 4 se základním popisem bytových domů).

	Bytový dům A	Bytový dům B	Bytový dům C	Bytový dům D
Podlaží	5 + suterén	4 + suterén	12 + suterén	12 + suterén
Počet bytů	64	48	48	48
Spotřeba TV za rok 2015 [m³]	1527	872	924	890

Tab. 4 – Spotřeba TV za rok 2015

Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$ [m³/den] je získána z celkové roční spotřeby TV za rok 2015 $V_{TV,rok}$ [m³/rok] (tab. Tab.) podle vztahu (9):

$$V_{TV,den} = \frac{V_{TV,rok}}{365} \quad (9)$$

Teoretické teplo odebrané z ohřivače v době denní periody Q_{0t} [kWh/den] se stanoví podle vztahu (10):

$$Q_{0t} = \frac{V_{TV,den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad (10)$$

kde

ρ [kg/m³]je hustota vody ($\rho = 1000$ kg/m³),

c [J/kg. K].....je měrná tepelná kapacita vody ($c = 4187$ J/kg. K),

t_{SV} [°C].....je teplota studené vody,

t_{TV} [°C].....je teplota teplé vody.

Pro výpočty byla uvažována u všech domů stejná poměrná tepelná ztráta $z = 0,3$.

Teplota studené vody je $t_{SV} = 10$ °C a teplota teplé vody je $t_{TV} = 55$ °C.

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době denní periody Q_{0z} [kWh/den] se stanoví podle vztahu (11):

$$Q_{0z} = Q_{0t} \cdot z \quad (11)$$

Celková velikost potřeby tepla Q_0 [kWh/den] se stanoví ze vztahu (12):

$$Q_0 = Q_{ot} + Q_{oz} \quad (12)$$

Pro stanovení křivky odběru a dodávky tepla je zapotřebí znát časový průběh křivky odběru. Jako křivky odběru tepla jsou uvažovány profily Aprox.: BD, ČSN 06 0320 a ČSN EN 15 316-3. Jejich časové průběhy jsou v tab. 5.

Následuje aplikace výše zmíněných rovnic pro bytový dům A. Pro bytové domy B, C a D jsou výsledky shrnuty v tab. 6.

Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den,A}$ [m³/den]:

$$V_{TV,den,A} = \frac{V_{TV,rok,A}}{365} = \frac{1527}{365} = 4,2 \text{ m}^3/\text{den} \quad (13)$$

Teoretické teplo odebrané z ohřívače v době denní periody $Q_{ot,A}$ [kWh/den]:

$$Q_{ot,A} = \frac{V_{TV,den,A} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} = \frac{4,2 \cdot 1000 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)}{3,6 \cdot 10^6} = 219 \text{ kWh} \quad (14)$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době denní periody $Q_{oz,A}$ [kWh/den]:

$$Q_{oz,A} = Q_{ot,A} \cdot z = 219 \cdot 0,3 = 66 \text{ kWh} \quad (15)$$

Celková velikost potřeby tepla $Q_{0,A}$ [kWh/den]:

$$Q_{0,A} = Q_{ot,A} + Q_{oz,A} = 219 + 66 = 285 \text{ kWh} \quad (16)$$

Bytový dům	$V_{TV,rok}$ [m ³ /rok]	$V_{TV,den}$ [m ³ /den]	Q_{ot} [kWh/den]	Q_{oz} [kWh/den]	Q_0 [kWh/den]
A	1527	4,2	219	66	285
B	872	2,4	125	38	163
C	924	2,5	132	40	172
D	890	2,4	128	38	166

Tab. 6 – Potřeba TV a tepla

Absolutní hodnoty nárůstu teoreticky spotřebovaného tepla Q_{oti} [kWh/den] v průběhu dne se stanoví součinem v danou hodinu patřičného nárůstu s teoretickou potřebou tepla Q_{ot} [kWh].

Například stanovení křivky odběru tepla pro bytový dům A je podle aproximační křivky Aprox.: BD:

- od 0 do 6 hodin – 0% nárůst → to představuje potřebu tepla $Q_{0t_1} = 0$ kWh
- od 6 do 18 hodin – 60% nárůst → $Q_{0t_2} = 0,6 \cdot Q_{0t} = 0,6 \cdot 219 = 131$ kWh
- od 18 do 23 hodin – 40% nárůst → $Q_{0t_3} = 0,4 \cdot Q_{0t} = 0,4 \cdot 219 = 88$ kWh
- od 23 do 24 hodin – 0% nárůst → $Q_{0t_4} = 0$ kWh

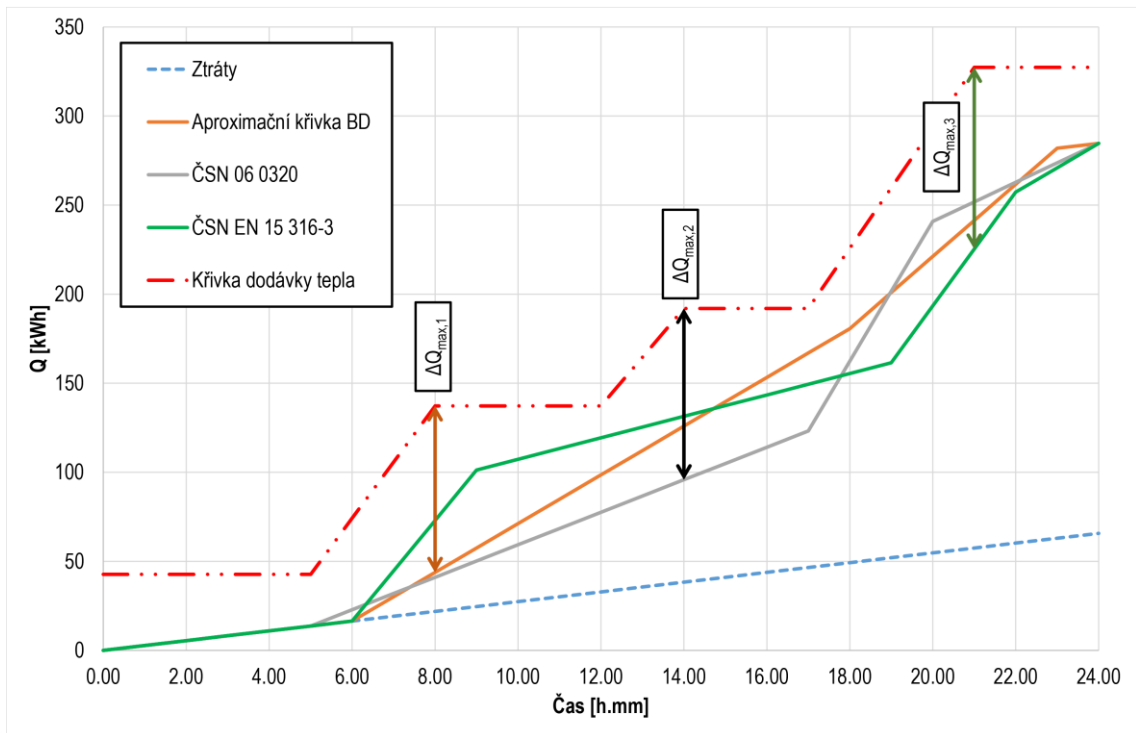
Analogicky se postupuje i u dalších křivek odběru. Výsledné hodnoty jsou v tab. 7.

Křivka odběru tepla	Čas [h.mm]		Nárůst [%]	Q_{0ti} [kWh] pro jednotlivé bytové domy			
	od	do		A	B	C	D
Aproximační křivka BD	0.00	6.00	0%	0	0	0	0
	6.00	18.00	60%	131	75	79	77
	18.00	23.00	40%	88	50	53	51
	23.00	24.00	0%	0	0	0	0
ČSN 06 0320	0.00	5.00	0%	0	0	0	0
	5.00	17.00	35%	77	44	46	45
	17.00	20.00	50%	109	63	66	64
	20.00	24.00	15%	33	19	20	19
ČSN EN 15 316-3	0.00	6.00	0%	0	0	0	0
	6.00	9.00	35%	77	44	46	45
	9.00	19.00	15%	33	19	20	19
	19.00	22.00	40%	88	50	53	51
	22.00	24.00	10%	22	13	13	13

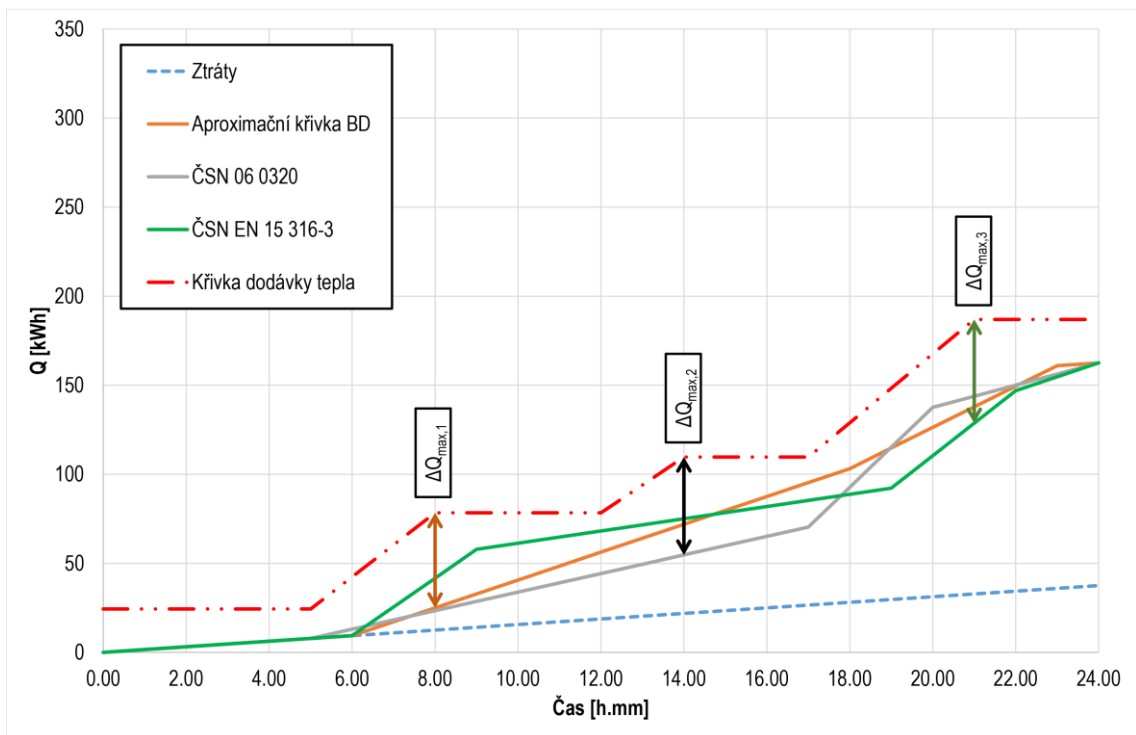
Tab. 7 – Průběhy křivek odběru pro jednotlivé bytové domy

Pro stanovení křivky odběru a dodávky tepla je zapotřebí nejprve vynést přímku ztrát tepla Q_{0z} , která začíná v 0.00 v počátku a ve 24.00 končí hodnotou získanou podle vztahu (11). K této přímce jsou poté přičítány hodnoty dané křivkou odběru tepla v jednotlivých fázích Q_{0t} .

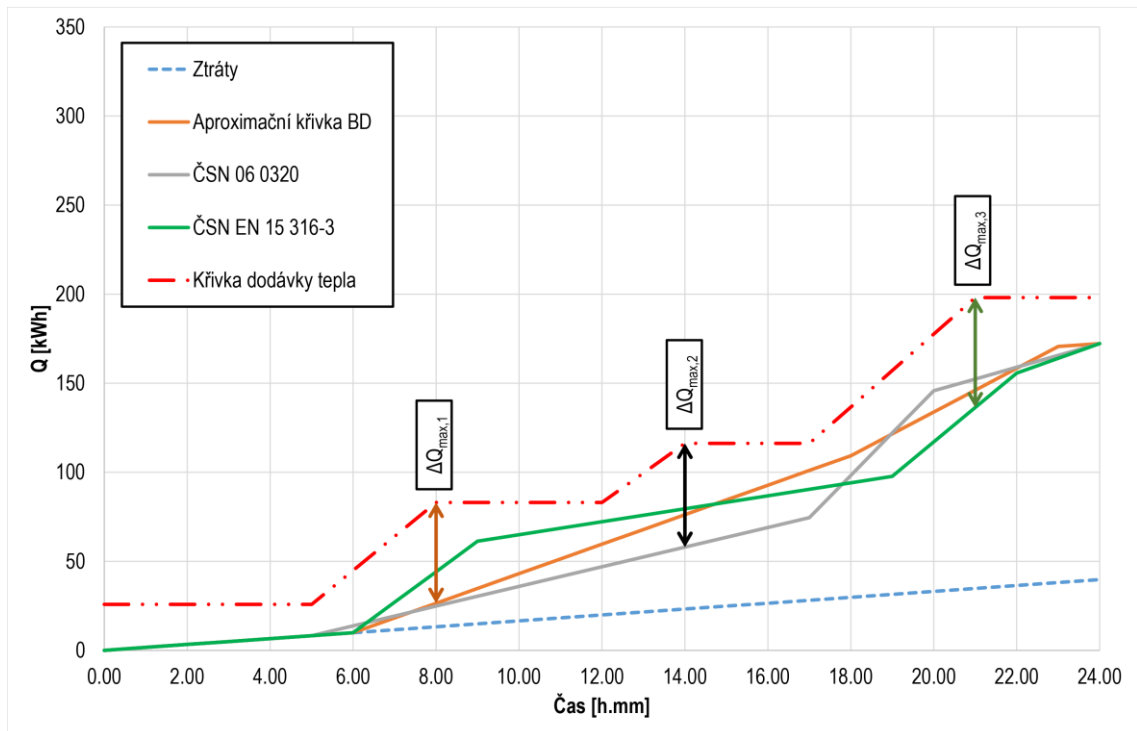
Křivka dodávky tepla je provedena tak, aby vždy byla nad křivkou odběru tepla. V tomto případě nad křivkami profilů: Aprox.: BD, ČSN 06 0320 a ČSN EN 15 316-3 (obr. 57 až 60). Kvůli zajištění odchylek je rezerva této křivky od křivek odběru 15 % okamžité celkové spotřeby tepla Q_{0i} . Na začátku dne je rezerva z předchozí periody 15 % z Q_0 .



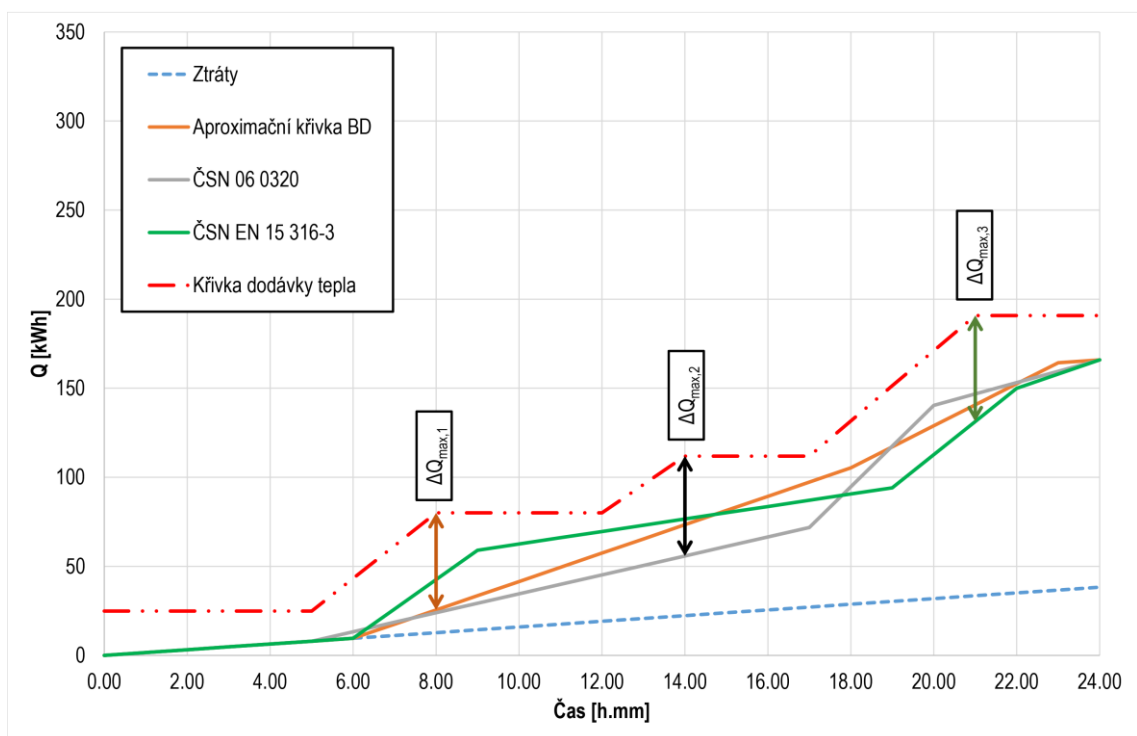
Obr. 57 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům A



Obr. 58 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům B



Obr. 59 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům C



Obr. 60 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům D

Průběh křivky dodávky tepla je popsán v tab. 8.

Čas [h.mm]		Nárůst [%]	Q_{1ti} [kWh] pro jednotlivé bytové domy			
od	do		A	B	C	D
0.00	5.00	0%	0	0	0	0
5.00	8.00	34%	54	57	55	54
8.00	12.00	0%	0	0	0	0
12.00	14.00	19%	31	33	32	31
14.00	17.00	0%	0	0	0	0
17.00	21.00	48%	77	82	79	77
21.00	24.00	0%	0	0	0	0

Tab. 8 – Průběh křivky dodávky tepla

Největší svislá vzdálenost mezi křivkou odběru i a křivkou dodávky tepla je největší možný rozdíl tepla $\Delta Q_{max,i}$ [kWh].

Protože je uvažován u bytových domů A, B, C a D stejný průběh křivky dodávky tepla, leží výsledné hodnoty tepelných rozdílů ΔQ_{max} ve stejných hodinách. Pro křivku odběru tepla Aprox.: BD je dosaženo maximálního tepelného rozdílu ΔQ_{max} v 8.00, v případě křivky ČSN 06 0320 je maxima dosaženo ve 14.00 a u profilu ČSN EN 15 316-3 je ΔQ_{max} ve 21.00.

Na základě těchto rozdílů ΔQ_{max} byly zjištěny potřebné objemy V_Z [l] pro zásobníky TV (tab. 9) podle vztahu (17):

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{max} \cdot 3,6 \cdot 10^6}{\rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})} \quad (17)$$

Například pro bytový dům A vychází velikost zásobníkového ohřívače $V_{Z1,A}$ [m³] podle křivky odběru Aprox.: BD (z grafu je odečtena hodnota $\Delta Q_{max,1} = 95$ kWh):

$$V_{Z1,A} = \frac{\Delta Q_{max,1}}{\rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})} = \frac{95}{1000 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)} = 1,815 \text{ m}^3 = 1815 \text{ l} \quad (18)$$

V tab. 9 jsou analogicky z grafů odečteny maximální rozdíly tepla $\Delta Q_{max,i}$ [kWh] a získány ostatní objemy zásobníkových ohřívačů V_{Zi} [m³].

Bytový dům	Křivka odběru tepla	$\Delta Q_{max,i}$ [kWh]	V_{Zi} [l]	Nárůst (základ Aprox.: BD)
A	Aproximační křivka BD	93	1785	0%
	ČSN 06 0320	96	1838	3%
	ČSN EN 15 316-3	102	1949	9%
B	Aproximační křivka BD	53	1020	0%
	ČSN 06 0320	55	1050	3%
	ČSN EN 15 316-3	58	1113	9%
C	Aproximační křivka BD	57	1080	0%
	ČSN 06 0320	58	1112	3%
	ČSN EN 15 316-3	62	1179	9%
D	Aproximační křivka BD	54	1041	0%
	ČSN 06 0320	56	1071	3%
	ČSN EN 15 316-3	59	1136	9%

Tab. 9 – Maximální rozdily tepla a objemy zásobníkového ohřivače TV

4 Závěr

Z výsledných hodnot je zřejmé, že pro zvolenou křivku dodávky tepla nejsou mezi jednotlivými křivkami odběru tepla výrazné rozdíly při návrhu velikosti zásobníku. Velikost objemu V_Z podle průběhu ČSN 06 0320 je o 3 % větší než u aproximační křivky Aprox.: BD a při použití křivky ČSN EN 15 316-3 je hodnota V_Z o 9 % větší než u Aprox.:BD.

Z pohledu porovnání reálného odběru u výše popsaných bytových domů je nevhodnější pracovat s profily Aprox.: BD, ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320.

Pakliže bude projektant navrhovat ohřev teplé vody pro bytový dům, je vhodné použít aproximační křivku Aprox.: BD, která byla získána aproximací z ročních naměřených dat spotřeby teplé vody ve čtyřech typických bytových domech. Nicméně v ranních a večerních hodinách je zapotřebí brát v úvahu, zejména ve večerních hodinách, výrazný rozptyl v průběhu odběru u různých bytových domů, který se pohybuje kolem 5 až 10 % z celkové potřeby tepla. V první řadě je nutné kalkulovat s časovou úpravou nabíjení systému TV a v případě zásobníkového ohřevu TV zahrnout i požadovanou minimální akumulaci tepla v TV i po skončení časové periody ohřevu. Tato „rezerva“ se pohybuje v závislosti na dostupném zdroji tepla a tepelnětechnických parametrech použitého výměníku TV v rozsahu od 10 % do 25 % celkové dodané energie TV za časovou periodu.

5 Seznam použité literatury

- [L1] VAVŘIČKA, R. *Příprava teplé vody* [online] [cit. 15. 3. 2016]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Kurz%20Vytapeni/Priprava%20teple%20vody.pdf>
- [L2] JELÍNEK, V. *Navrhování úsporného ohřevu teplé vody*. Praha: GAS s.r.o., 2007. 164 s. ISBN 978-80-7329-137-3.
- [L3] BYSTRICKÝ, V. a POKORNÝ, A. *Technická zařízení budov – A*. Praha: ČVUT, 2003. 205 s. ISBN 80-01-02716-3.
- [L4] BYSTRICKÝ, V. a POKORNÝ, A. *Technická zařízení budov – B*. Praha: ČVUT, 1999. 203 s. ISBN 80-01-03450-X.
- [L5] BONK, S. *Methodology for the Assessment of the Hot Water Comfort of Factory Made Systems and Custom Built Systems* [online]. Quality Assurance in Solar Heating and Cooling Technology [cit. 7. 6. 2016]. Dostupné z: http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/projects/QAiST/QAiST_results/QAiST%20D3.6-7%20HWC%20Method.pdf
- [L6] Evropská komise. *Nariadení Komise v prenesené pravomoci (EU) č. 811/2013 ze dne 18. února 2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů, kombinovaných ohřivačů, souprav sestávajících z ohřivače pro vytápění vnitřních prostorů, regulátoru teploty a solárního zařízení a souprav sestávajících z kombinovaného ohřivače, regulátoru teploty a solárního zařízení*. Brusel, 2013.
- [L7] Evropská komise. *Nariadení Komise v prenesené pravomoci (EU) č. 812/2013 ze dne 18. února 2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů vody, zásobníků teplé vody a souprav sestávajících z ohřivače vody a solárního zařízení*. Brusel, 2013.
- [L8] Evropská komise. *Nariadení Komise (EU) č. 813/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud*

jde o požadavky na ekodesign ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů. Brusel, 2013.

- [L9] Evropská komise. *Nariadení Komise (EU) č. 814/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů vody a zásobníků teplé vody. Brusel, 2013.*
- [L10] Evropská komise. *Sdělení Komise v rámci provádění nariadení Komise (EU) č. 814/2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů vody a zásobníků teplé vody, a nariadení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 812/2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů vody, zásobníků teplé vody a souprav sestávajících z ohřivače vody a solárního zařízení. Brusel, 2014.*
- [L11] European Council for an Energy Efficient Economy. *814/2013 and 812/2013: Water heaters and hot water storage tanks* [online]. 4. 10. 2013 [cit. 8. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.eceee.org/ecodesign/products/water-heaters/>
- [L12] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. Praha: ČNI, 2006.*
- [L13] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy – Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody). Praha: ÚNMZ, 2010.*
- [L14] ČSN EN 13203-2. *Gas-fired domestic appliances producing hot water – Part 2: Assessment of energy consumption. Brusel: CEN, 2015.*

6 Seznam obrázků

Obr. 1 – Místní ohřev [L1].....	9
Obr. 2 – Ústřední ohřev [L1]	10
Obr. 3 – Centrální (skupinové) ohřívání [L1].....	10
Obr. 4 – Dálkový ohřev	10
Obr. 5 – Akumulační ohřev [L1]	11
Obr. 6 – Průtokový ohřev [L1]	11
Obr. 7 – Beztlaké zařízení [L1]	12
Obr. 8 – Tlakové zařízení [L1]	12
Obr. 9 – Přímý ohřívání zásobníkový ohříváč [L1].....	13
Obr. 10 – Nepřímý ohřívání zásobníkový ohříváč [L1]	14
Obr. 11 – Závislost odběru TV v čase jedné periody (24 hodin).....	16
Obr. 12 – Příklad křivek dodávky a odběru tepla	17
Obr. 13 – Příklad vteřinového průběhu odběru TV u bytového domu za 24 hod [L2] ..	18
Obr. 14 – Ukázky energetických štítků [L7]	19
Obr. 15 – Ukázka z tabulky 0F "Zátěžové profily ohříváče vody"	21
Obr. 16 – Porovnání tabulek (vlevo – z 812/2013 a vpravo – z EN 13203-2)	23
Obr. 17 – Odběrové profily 3XS, XXS, XS	26
Obr. 18 – Odběrové profily S až XXL.....	27
Obr. 19 – Odběrové profily XXL až 4XL	28
Obr. 20 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (3XS-4XL)	28
Obr. 21 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (3XS-S).....	29
Obr. 22 – Podíl odběrů tepla vůči největšímu odběru daného profilu (M-4XL)	29
Obr. 23 – Časový úsek: 6.00 až 9.00	31
Obr. 24 – Časový úsek: 18.00 až 24.00	32
Obr. 25 – Poměrový průběh profilů L-XXL.....	33
Obr. 26 – Poměrový průběh profilů M-4XL.....	33
Obr. 27 – Lineární aproximace profilů M-4XL.....	34
Obr. 28 – Upravená aproximační křivka s preferencí L	35
Obr. 29 – Křivky odběru zátěžových profilů 3XS až S	36
Obr. 30 – Poměrový průběh odběru u profilů 3XS až S.....	37
Obr. 31 – Aproximační křivka 3XS-S	37

Obr. 32 – Aproximační křivky.....	38
Obr. 33 – Měsíční spotřeba TV pro jednotlivé bytové domy	40
Obr. 34 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům A	40
Obr. 35 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům B	41
Obr. 36 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům C	41
Obr. 37 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro bytový dům D	42
Obr. 38 – Denní průběh odběrů tepla v kWh pro jednotlivé bytové domy	43
Obr. 39 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům A	43
Obr. 40 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům B.....	44
Obr. 41 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům C.....	44
Obr. 42 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro bytový dům D	45
Obr. 43 – Poměrový denní průběh odběrů tepla pro všechny bytové domy	46
Obr. 44 – Porovnání denních průběhů tepla	46
Obr. 45 – Kumulativní odběry tepla pro bytový dům A za rok 2015.....	47
Obr. 46 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům B za rok 2015.....	48
Obr. 47 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům C za rok 2015.....	48
Obr. 48 – Poměrové kumulativní odběry tepla pro bytový dům D za rok 2015	49
Obr. 49 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům A.....	50
Obr. 50 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům B	50
Obr. 51 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům C	51
Obr. 52 – Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro bytový dům D.....	51
Obr. 53 – Porovnání aproximačních křivek všech bytových domů.....	52
Obr. 54 – Porovnání aproximační křivky BD s profily XS, M a L	53
Obr. 55 – Porovnání aproximačních křivek: BD, (3XS-S) a (M-4XL)	53
Obr. 56 – Porovnání aproximační křivky BD s křivkami odběru podle norem ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320.....	54
Obr. 57 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům A	59
Obr. 58 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům B	59
Obr. 59 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům C	60
Obr. 60 – Křivky odběru a dodávky tepla pro bytový dům D	60

7 Seznam tabulek

Tab. 1 – Tabulka oblastí působnosti jednotlivých nařízení	20
Tab. 2 – Druhy odběru vody	24
Tab. 3 – Typické použití zátěžových profilů prezentované piktogramy [L5]	25
Tab. 4 – Parametry jednotlivých bytových domů ^{2F}	39
Tab. 5 – Křivky odběru tepla pro ohřev TV	55
Tab. 6 – Potřeba TV a tepla	57
Tab. 7 – Průběhy křivek odběru pro jednotlivé bytové domy	58
Tab. 8 – Průběh křivky dodávky tepla.....	61
Tab. 9 – Maximální rozdíly tepla a objemy zásobníkového ohřívače TV	62

8 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Zátěžové profily podle nařízení komise EU [L9]

Příloha č. 2 – Průběh odběru tepelné energie $Q_{t,i}$ pro jednotlivé zátěžové profily

Příloha č. 3 – Křivky odběru tepla jednotlivých zátěžových profilů

Příloha č. 4 – Procentuální průběh energie $Q_{t,i}$ jednotlivých zátěžových profilů

Příloha č. 5 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV (M-4XL)

Příloha č. 6 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV (3XS-S)

Příloha č. 7 – Náhledy bytových domů (po řádcích: A, B, C, D)

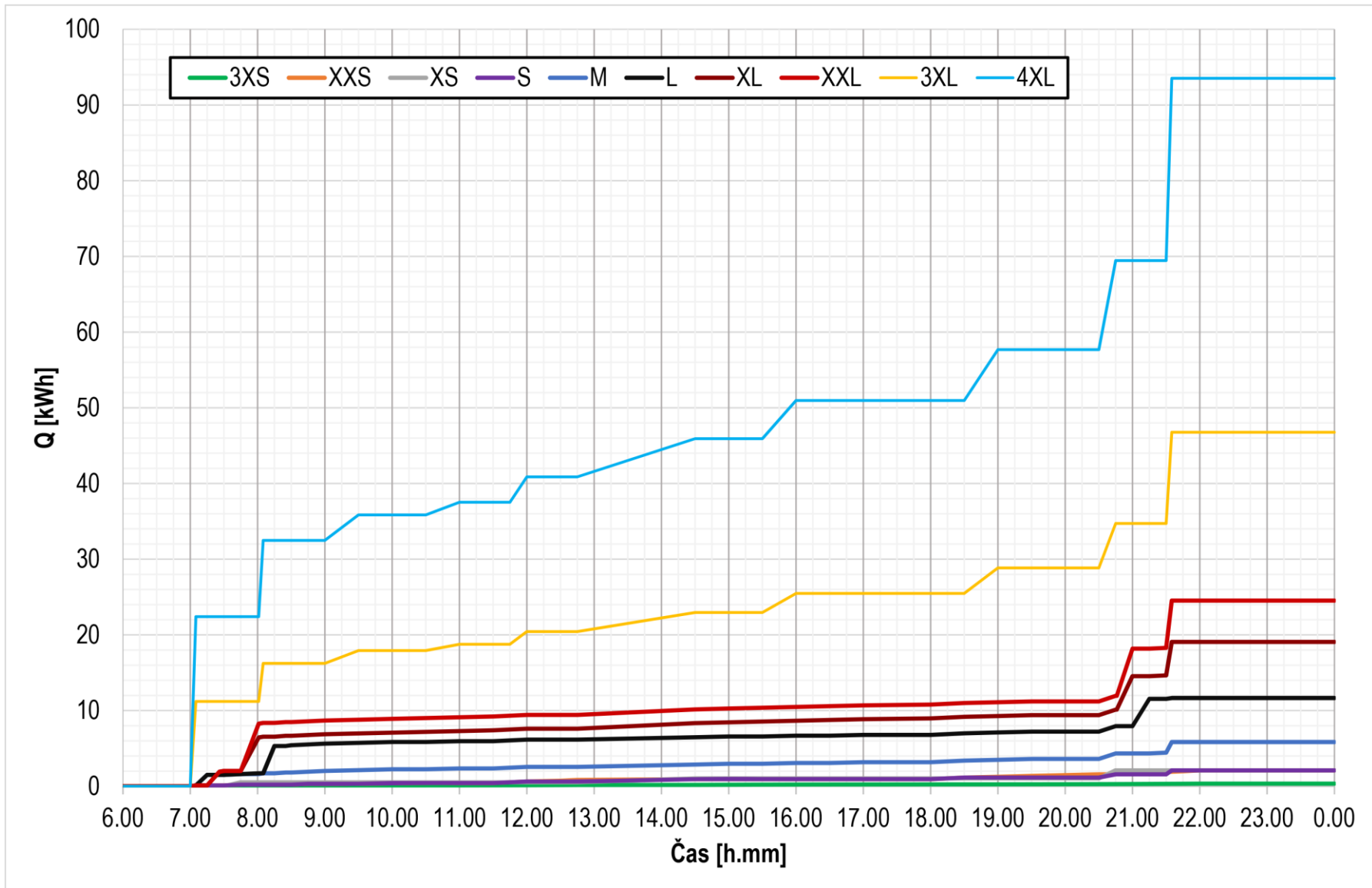
čas	3XS			XXS			XS			S				M				L				XL				XXL				3XL				4XL				
	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	Q _{tap} kWh	f l/min	T _m °C	T _p °C	
7.00	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		11,200	48	40		22,400	96	40		
7.05	0,015	2	25											1,400	6	40		1,400	6	40																		
7.15	0,015	2	25																			1,820	6	40		1,820	6	40										
7.26	0,015	2	25																			0,105	3	25		0,105	3	25										
7.30	0,015	2	25	0,105	2	25	0,525	3	35	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25																		
7.45																		0,105	3	25		4,420	10	10	40	6,240	16	10	40									
8.01														0,105	3	25						0,105	3	25		0,105	3	25		5,040	24	25		10,080	48	25		
8.05																	3,605	10	10	40																		
8.15														0,105	3	25						0,105	3	25		0,105	3	25										
8.25																						0,105	3	25														
8.30				0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
8.45														0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
9.00	0,015	2	25											0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		1,680	24	25		3,360	48	25		
9.30	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
10.00																																						
10.30														0,105	3	10	40	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40	0,840	24	10	40	1,680	48	10	40	
11.00																						0,105	3	25		0,105	3	25										
11.30	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
11.45	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		1,680	24	25		3,360	48	25		
12.00	0,015	2	25	0,105	2	25																																
12.30	0,015	2	25	0,105	2	25																																
12.45	0,015	2	25	0,105	2	25	0,525	3	35	0,315	4	10	55	0,315	4	10	55	0,315	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	2,520	32	10	55	5,040	64	10	55	
14.30	0,015	2	25											0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
15.00	0,015	2	25																			0,105	3	25		0,105	3	25										
15.30	0,015	2	25											0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		2,520	24	25		5,040	48	25		
16.00	0,015	2	25																			0,105	3	25		0,105	3	25										
16.30														0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
17.00																						0,105	3	25		0,105	3	25										
18.00				0,105	2	25				0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
18.15				0,105	2	25				0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40										
18.30	0,015	2	25	0,105	2	25								0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40		3,360	24	25		6,720	48	25		
19.00	0,015	2	25	0,105	2	25								0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25										
19.30	0,015	2	25	0,105	2	25																																
20.00				0,105	2	25																																
20.30							1,050	3	35	0,420	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	5,880	32	10	55	11,760	64	10	55	
20.45				0,105	2	25																																
20.46																																						
21.00				0,105	2	25																3,605	10	10	40													
21.15	0,015	2	25	0,105	2	25								0,105	3	25						0,105	3	25		0,105	3	25										
21.30	0,015	2	25							0,525	5	45		1,400	6	40		0,105	3	25		4,420	10	10	40	6,240	16	10	40	12,040	48	40		24,080	96	40		
21.35	0,015	2	25	0,105	2	25																																
21.45	0,015	2	25	0,105	2	25																																
Souhm	0,345			2,100			2,100			2,100				5,845			11,655				19,070				24,530				46,760					93,520				

Priloha č. 1 – Zátěžové profily podle nařízení komise EU [L9]

Q [kWh]										
čas [hod]	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.05	0,0150	0,1050	0,0000	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	11,2000	22,4000
7.15	0,0300	0,1050	0,0000	0,1050	1,5050	1,5050	0,1050	0,1050	11,2000	22,4000
7.26	0,0450	0,1050	0,0000	0,1050	1,5050	1,5050	1,9250	1,9250	11,2000	22,4000
7.30	0,0600	0,1050	0,0000	0,1050	1,5050	1,5050	2,0300	2,0300	11,2000	22,4000
7.45	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,6100	1,6100	2,0300	2,0300	11,2000	22,4000
8.01	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,6100	1,7150	6,4500	8,2700	11,2000	22,4000
8.05	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,7150	1,7150	6,5550	8,3750	16,2400	32,4800
8.15	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,7150	5,3200	6,5550	8,3750	16,2400	32,4800
8.25	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,8200	5,3200	6,6600	8,4800	16,2400	32,4800
8.30	0,0750	0,2100	0,5250	0,2100	1,8200	5,4250	6,6600	8,4800	16,2400	32,4800
8.45	0,0750	0,3150	0,5250	0,3150	1,9250	5,5300	6,7650	8,5850	16,2400	32,4800
9.00	0,0750	0,3150	0,5250	0,3150	2,0300	5,6350	6,8700	8,6900	16,2400	32,4800
9.30	0,0900	0,3150	0,5250	0,3150	2,1350	5,7400	6,9750	8,7950	17,9200	35,8400
10.00	0,1050	0,4200	0,5250	0,4200	2,2400	5,8450	7,0800	8,9000	17,9200	35,8400
10.30	0,1050	0,4200	0,5250	0,4200	2,2400	5,8450	7,1850	9,0050	17,9200	35,8400
11.00	0,1050	0,4200	0,5250	0,4200	2,3450	5,9500	7,2900	9,1100	18,7600	37,5200
11.30	0,1050	0,4200	0,5250	0,4200	2,3450	5,9500	7,3950	9,2150	18,7600	37,5200
11.45	0,1200	0,5250	0,5250	0,5250	2,4500	6,0550	7,5000	9,3200	18,7600	37,5200
12.00	0,1350	0,6300	0,5250	0,6300	2,5550	6,1600	7,6050	9,4250	20,4400	40,8800
12.30	0,1500	0,7350	0,5250	0,6300	2,5550	6,1600	7,6050	9,4250	20,4400	40,8800
12.45	0,1650	0,8400	0,5250	0,6300	2,5550	6,1600	7,6050	9,4250	20,4400	40,8800
14.30	0,1800	0,9450	1,0500	0,9450	2,8700	6,4750	8,3400	10,1600	22,9600	45,9200
15.00	0,1950	0,9450	1,0500	0,9450	2,9750	6,5800	8,4450	10,2650	22,9600	45,9200
15.30	0,2100	0,9450	1,0500	0,9450	2,9750	6,5800	8,5500	10,3700	22,9600	45,9200
16.00	0,2250	0,9450	1,0500	0,9450	3,0800	6,6850	8,6550	10,4750	25,4800	50,9600
16.30	0,2400	0,9450	1,0500	0,9450	3,0800	6,6850	8,7600	10,5800	25,4800	50,9600
17.00	0,2400	0,9450	1,0500	0,9450	3,1850	6,7900	8,8650	10,6850	25,4800	50,9600
18.00	0,2400	0,9450	1,0500	0,9450	3,1850	6,7900	8,9700	10,7900	25,4800	50,9600
18.15	0,2400	1,0500	1,0500	1,0500	3,2900	6,8950	9,0750	10,8950	25,4800	50,9600
18.30	0,2400	1,1550	1,0500	1,1550	3,3950	7,0000	9,1800	11,0000	25,4800	50,9600
19.00	0,2550	1,2600	1,0500	1,1550	3,5000	7,1050	9,2850	11,1050	28,8400	57,6800
19.30	0,2700	1,3650	1,0500	1,1550	3,6050	7,2100	9,3900	11,2100	28,8400	57,6800
20.00	0,2850	1,4700	1,0500	1,1550	3,6050	7,2100	9,3900	11,2100	28,8400	57,6800
20.30	0,2850	1,5750	1,0500	1,1550	3,6050	7,2100	9,3900	11,2100	28,8400	57,6800
20.45	0,2850	1,5750	2,1000	1,5750	4,3400	7,9450	10,1250	11,9450	34,7200	69,4400
20.46	0,2850	1,6800	2,1000	1,5750	4,3400	7,9450	10,1250	11,9450	34,7200	69,4400
21.00	0,2850	1,6800	2,1000	1,5750	4,3400	7,9450	14,5450	18,1850	34,7200	69,4400
21.15	0,2850	1,7850	2,1000	1,5750	4,3400	11,5500	14,5450	18,1850	34,7200	69,4400
21.30	0,3000	1,8900	2,1000	1,5750	4,4450	11,5500	14,6500	18,2900	34,7200	69,4400
21.35	0,3150	1,8900	2,1000	2,1000	5,8450	11,6550	19,0700	24,5300	46,7600	93,5200
21.45	0,3300	1,9950	2,1000	2,1000	5,8450	11,6550	19,0700	24,5300	46,7600	93,5200
21.50	0,3450	2,1000	2,1000	2,1000	5,8450	11,6550	19,0700	24,5300	46,7600	93,5200
23.59	0,3450	2,1000	2,1000	2,1000	5,8450	11,6550	19,0700	24,5300	46,7600	93,5200

Příloha č. 2 – Průběh odběru tepelné energie Q_{ti} pro jednotlivé zátěžové profily

barevná škála: od nejnižších (zelená) hodnot po nejvyšší (červená)

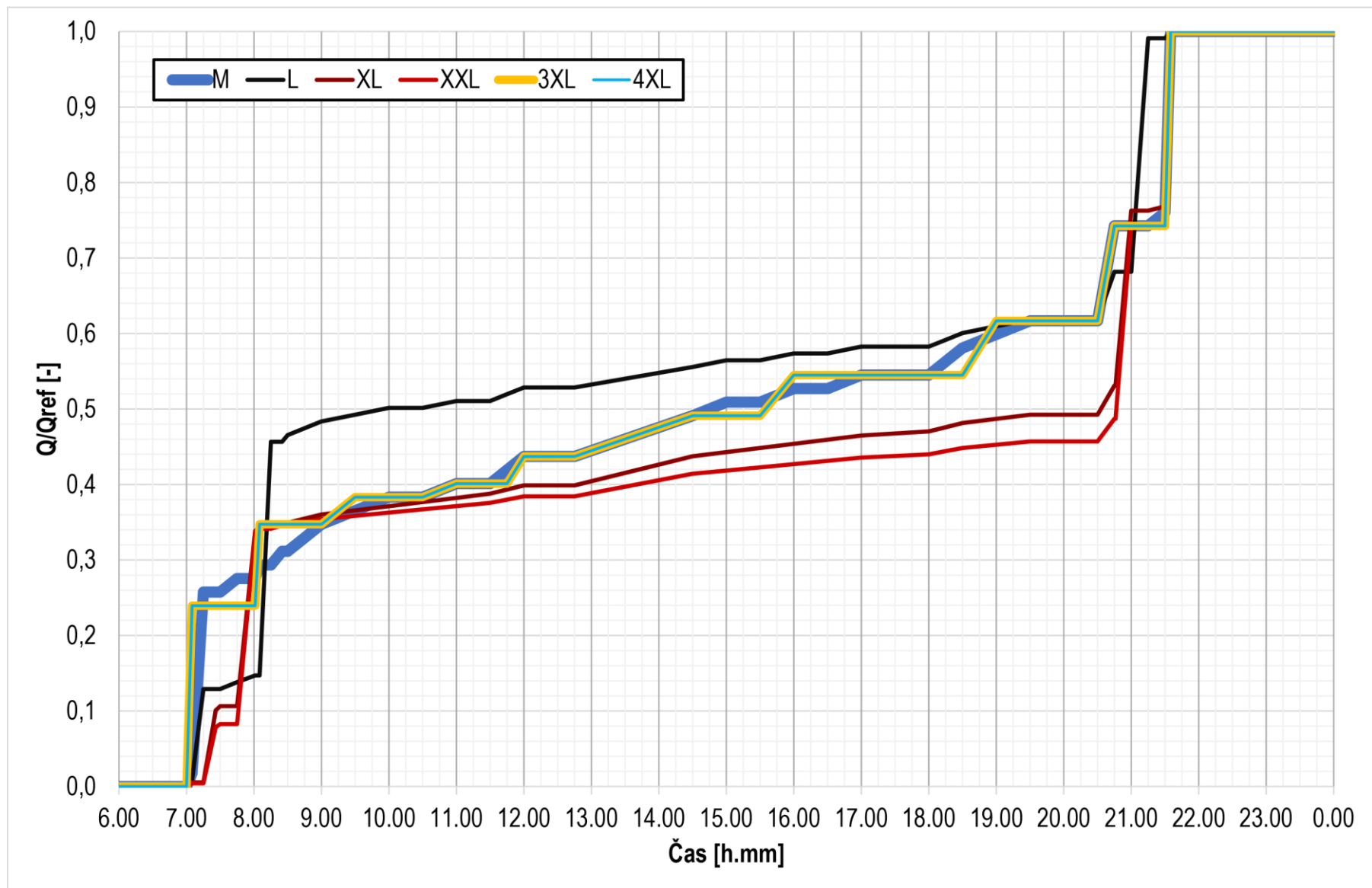


Příloha č. 3 – Křivky odběru tepla jednotlivých zátěžových profilů

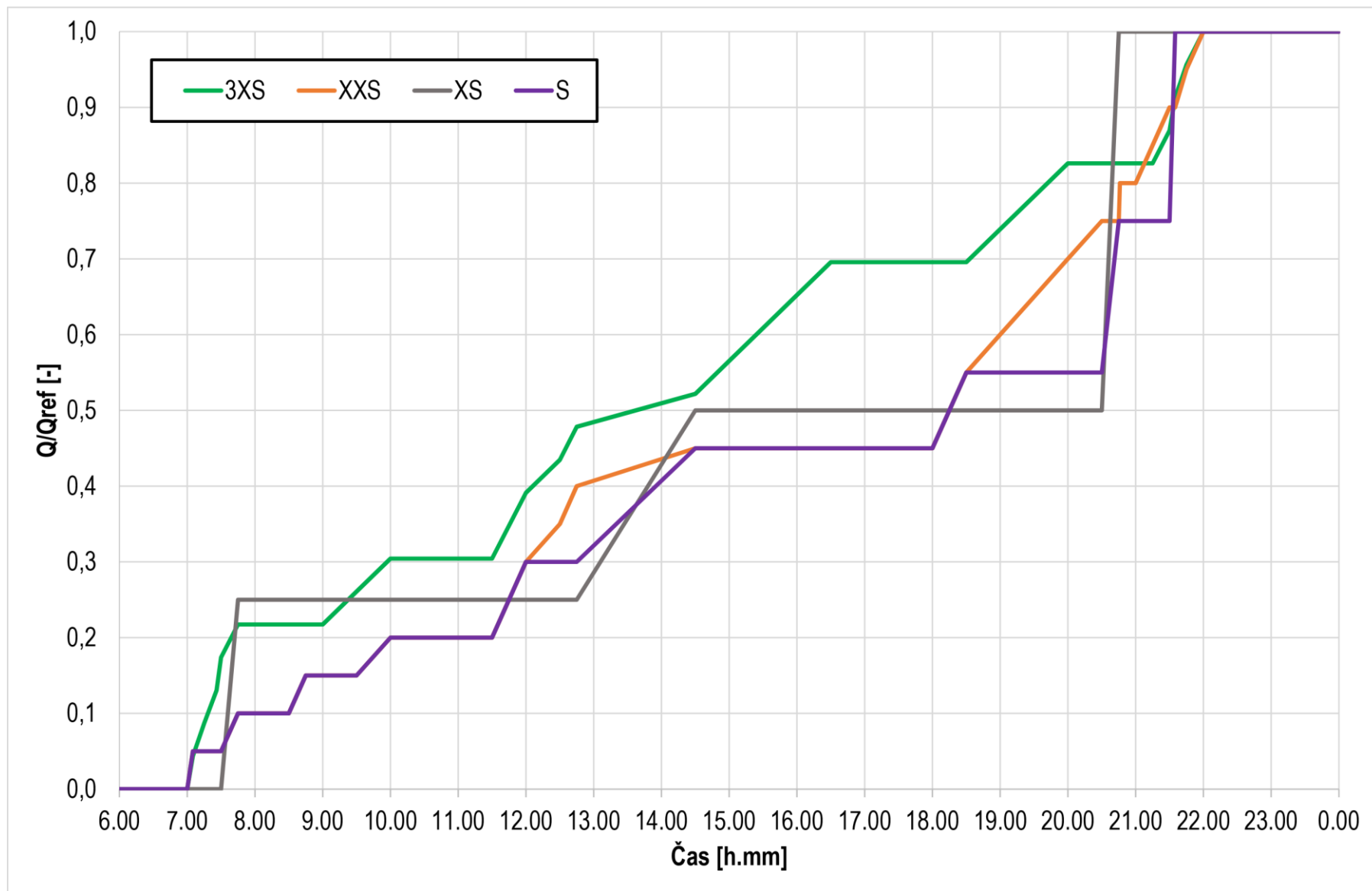
čas [hod]	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
0.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7.05	4%	5%	0%	5%	2%	1%	1%	0%	24%	24%
7.15	9%	5%	0%	5%	26%	13%	1%	0%	24%	24%
7.26	13%	5%	0%	5%	26%	13%	10%	8%	24%	24%
7.30	17%	5%	0%	5%	26%	13%	11%	8%	24%	24%
7.45	22%	10%	25%	10%	28%	14%	11%	8%	24%	24%
8.01	22%	10%	25%	10%	28%	15%	34%	34%	24%	24%
8.05	22%	10%	25%	10%	29%	15%	34%	34%	35%	35%
8.15	22%	10%	25%	10%	29%	46%	34%	34%	35%	35%
8.25	22%	10%	25%	10%	31%	46%	35%	35%	35%	35%
8.30	22%	10%	25%	10%	31%	47%	35%	35%	35%	35%
8.45	22%	15%	25%	15%	33%	47%	35%	35%	35%	35%
9.00	22%	15%	25%	15%	35%	48%	36%	35%	35%	35%
9.30	26%	15%	25%	15%	37%	49%	37%	36%	38%	38%
10.00	30%	20%	25%	20%	38%	50%	37%	36%	38%	38%
10.30	30%	20%	25%	20%	38%	50%	38%	37%	38%	38%
11.00	30%	20%	25%	20%	40%	51%	38%	37%	40%	40%
11.30	30%	20%	25%	20%	40%	51%	39%	38%	40%	40%
11.45	35%	25%	25%	25%	42%	52%	39%	38%	40%	40%
12.00	39%	30%	25%	30%	44%	53%	40%	38%	44%	44%
12.30	43%	35%	25%	30%	44%	53%	40%	38%	44%	44%
12.45	48%	40%	25%	30%	44%	53%	40%	38%	44%	44%
14.30	52%	45%	50%	45%	49%	56%	44%	41%	49%	49%
15.00	57%	45%	50%	45%	51%	56%	44%	42%	49%	49%
15.30	61%	45%	50%	45%	51%	56%	45%	42%	49%	49%
16.00	65%	45%	50%	45%	53%	57%	45%	43%	54%	54%
16.30	70%	45%	50%	45%	53%	57%	46%	43%	54%	54%
17.00	70%	45%	50%	45%	54%	58%	46%	44%	54%	54%
18.00	70%	45%	50%	45%	54%	58%	47%	44%	54%	54%
18.15	70%	50%	50%	50%	56%	59%	48%	44%	54%	54%
18.30	70%	55%	50%	55%	58%	60%	48%	45%	54%	54%
19.00	74%	60%	50%	55%	60%	61%	49%	45%	62%	62%
19.30	78%	65%	50%	55%	62%	62%	49%	46%	62%	62%
20.00	83%	70%	50%	55%	62%	62%	49%	46%	62%	62%
20.30	83%	75%	50%	55%	62%	62%	49%	46%	62%	62%
20.45	83%	75%	100%	75%	74%	68%	53%	49%	74%	74%
20.46	83%	80%	100%	75%	74%	68%	53%	49%	74%	74%
21.00	83%	80%	100%	75%	74%	68%	76%	74%	74%	74%
21.15	83%	85%	100%	75%	74%	99%	76%	74%	74%	74%
21.30	87%	90%	100%	75%	76%	99%	77%	75%	74%	74%
21.35	91%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
21.45	96%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
21.50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
23.59	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Příloha č. 4 – Procentuální průběh energie $Q_{i,i}$ jednotlivých zátěžových profilů

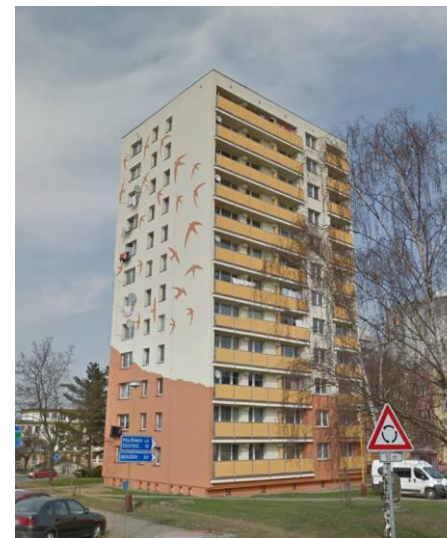
barevná škála: od nejnižších (zelená) hodnot po nejvyšší (červená)



Příloha č. 5 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV (M-4XL)



Příloha č. 6 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV (3XS-S)



Příloha č. 7 – Náhledy bytových domů (po řádcích: A, B, C, D)