

České vysoké učení technické
v Praze,
Fakulta elektrotechnická



Bakalářská práce
Energeticky úsporné spotřebiče

Štefan Kecskes

Jiří Vašíček, vedoucí práce

Katedra obhajoby:

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kecskes** Jméno: **Štefan** Osobní číslo: **422652**
 Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
 Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
 Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
 Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Energeticky úsporné spotřebiče

Název bakalářské práce anglicky:

Energy Saving Appliances

Pokyny pro vypracování:

- Vytipujte energeticky náročné spotřebiče v domácnosti
- Vyhodnoťte jejich provoz a využití v rámci dne a roku
- Analyzujte možnosti přesunu spotřeby
- Zhodnoťte efektivitu úspor přesunem spotřeby a porovnejte s jinými metodami úspor

Seznam doporučené literatury:

Srdečný K., Machodla F.: Úspory energie v domě. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi. ISBN 80-247-0523-0
 Kislíngerová E.: Manažerské finance. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2007. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7179-712-8

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Vašíček CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **31.01.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
 Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

 Datum převzetí zadání

 Podpis studenta

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Praze dne _____

Štefan Kecskes

Abstrakt: Tato práce se zabývá úsporami elektrické energie pomocí přesunu spotřeby do pásma nízkého tarifu u dvoutarifních sazeb. Autor vyhodnocuje energeticky náročné spotřebiče v domácnosti a z nich vybírá ty, jejichž spotřebu lze přesunout. Poté se zabývá vyhodnocením denního a ročního využití a provozu spotřebičů v modelové domácnosti. V rámci modelové domácnosti provádí simulaci přesunu spotřeby náročných přesunitelných spotřebičů a vyhodnocuje dopad přesunu na denní diagram zatížení a výši vyúčtování za elektřinu. Nakonec vyhodnocuje ekonomickou efektivitu úspor přesunem a úspor výměnou spotřebiče za nový, úspornější a obě metody úspor porovnává.

Klíčová slova: domácnost, elektrická energie, přesun spotřeby, úspory, energeticky náročné spotřebiče

Abstract: This thesis deals with energy savings by shifting consumption into the low tariff band at two-tariff rates. The author evaluates energy-consuming appliances in a household and one selects those whose consumption can be shifted. Then he focus on the evaluation of the daily and annual use and operation of appliances in a model household. Within the model household, he performs the simulation of the shift of consumption of demanding shiftable appliances and evaluates the impact of the shift on the daily load diagram and the amount of the electricity bill. Finally, he evaluates the economic efficiency of savings by shifting and savings by replacing appliances with a new, more economical, and compares both saving methods.

Keywords: household, electricity, consumption shift, savings, energy consuming appliances

Obsah

1.	Energeticky náročné spotřebiče a metody úspor	12
1.1	Rozložení spotřeby dle účelu	12
1.2	Přehled sazeb elektrické energie	13
1.3	Modelová vyúčtování a váhy k_p , k_w	14
1.4	Řazení spotřebičů dle poměrné energetické náročnosti	15
1.5	Denní diagram zatížení a úspory přesunem spotřeby.....	17
1.5.1	Úspory typu 1 - snížením rezervovaného výkonu.....	18
1.5.2	Úspory typu 2 - přesunem do nízkého tarifu.....	18
1.6	Energeticky náročné spotřebiče a přesunutelnosti spotřeby	19
1.6.1	Spotřebiče snesoucí odklad	19
1.6.2	Spotřebiče bez možnosti odkladu.....	19
1.7	Úspory výměnou spotřebičů za nové efektivnější.....	19
2.	Vyhodnocení spotřeby elektřiny v domácnosti v průběhu dne a roku.....	21
2.1	Modelová domácnost	21
2.2	Týdenní harmonogram MD.....	22
2.3	Simulace denního příkonu.....	23
2.4	Typové diagramy dodávky.....	25
3.	Analýza možností přesunu spotřeby	27
3.1	Typy domácností z hlediska denního časového harmonogramu.....	27
3.1.1	Celodenní domácnost	27
3.1.2	Odpolední domácnost.....	27
3.1.3	Večerní domácnost	28
3.2	Přesun spotřeby v modelové domácnosti.....	29
3.3	Proveditelnost úsporných opatření	31
4.	Hodnocení efektivity úspor přesunem spotřeby a porovnání s jinými metodami úspor	32
4.1	Ekonomická efektivita úspor přesunem spotřeby	32
4.1.1	Úspory u sazby D25d	32
4.1.2	Úspory u sazby D57d	33
4.2	Ekonomická efektivita úspor výměnou spotřebiče	34

4.2.1	Spotřebiče, jejich parametry a ceny.....	34
4.2.2	Rozdílová investice	35
4.2.3	Vliv odkladu investice.....	36
4.3	Porovnání obou metod úspor.....	38
5.	Závěr	40
6.	Citovaná literatura.....	42

Příloha – Simulace a ekonomické srovnání úspor (excelový soubor)

Energeticky úsporné spotřebiče

Úspora na energii v domácnosti je stále aktuálním tématem. A hned při prvním zamyšlení nad ním mi vyvstává několik závažných otázek. Odpovědi na ně nemusí být, zvláště pro člověka bez technického i ekonomického vzdělání, nijak triviální.

Které spotřebiče spotřebovávají nejvíce energie? Jakým způsobem je používáme a jak často? Mění se jejich spotřeba a využití v průběhu roku? Je možné spotřebu těchto spotřebičů přesunout do pásma NT a tak ušetřit? A nakonec, vrátí se mi čas a peníze vložené do provádění takového úsporného opatření? Jaké mám alternativy?

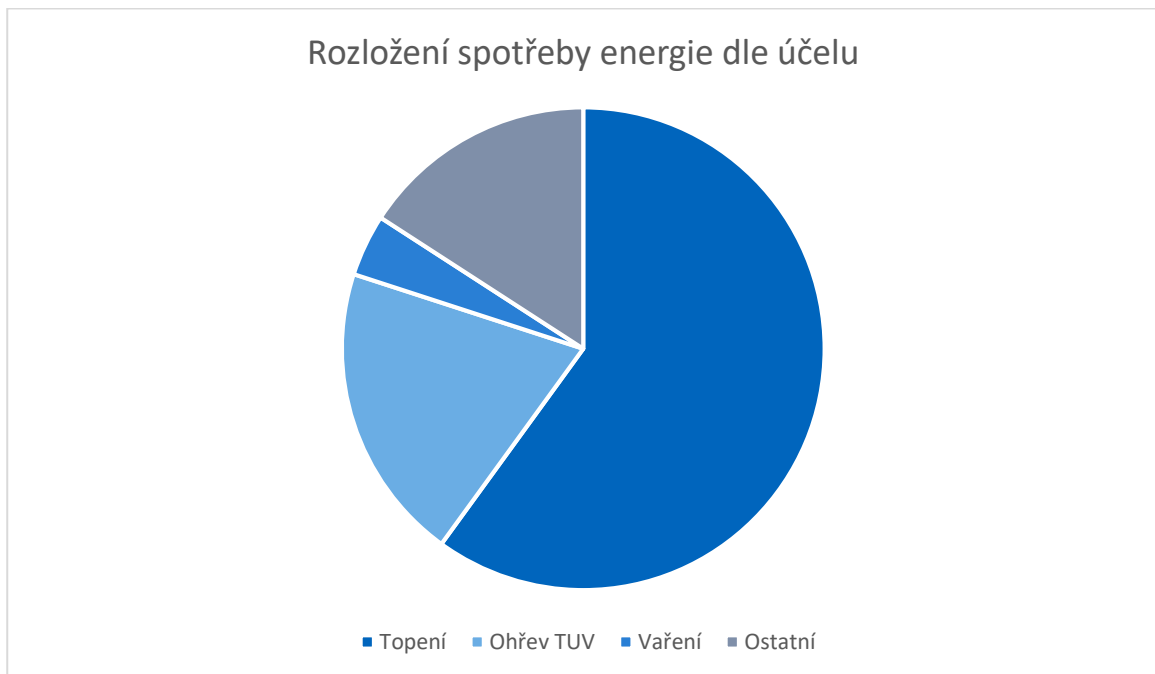
Na tyto otázky se pokusím ve své práci odpovědět. Jelikož obecně jde o téma přesahující rozsah bakalářské práce, zaměřím se na elektrické spotřebiče v rodinném domě, a to takové, které nejsou určeny pro vytápění ani ohřev teplé užitkové vody.

Nejprve si stanovím kritéria pro určení energeticky náročných spotřebičů. Tak najdu ty spotřebiče, na nichž by se mohlo nejvíce ušetřit. Poté popíši způsoby, jakými mohu dosáhnout úspor. V zásadě půjde o úspory přesunem spotřeby a úspory výměnou spotřebiče za nový, úspornější. Následně zanalyzuji využití energeticky náročných spotřebičů v průběhu dne a roku pomocí modelové domácnosti. Zjistím potenciál úspor přesunem spotřeby v rámci modelové domácnosti a modelu TDD. Na závěr provedu ekonomické zhodnocení úspor přesunem včetně srovnání s úsporami výměnou spotřebiče.

1. ENERGETICKY NÁROČNÉ SPOTŘEBIČE A METODY ÚSPOR

1.1 Rozložení spotřeby dle účelu

Jelikož jsou poměry spotřeby na jednotlivé účely závislé na klimatických podmínkách, musím nejprve poznamenat, že dále uváděné rozložení odpovídá klimatu obdobnému jako v České republice. Hlavně se to týká poměru vytápění a ohřevu TUV k ostatní spotřebě. Budu se však zabývat především ostatní spotřebou, která je o mnoho méně závislá na klimatu¹. Ze zdrojů [1], [2] a [3] vyplývá, že množství energie spotřebované domácími spotřebiči v průměrné domácnosti je přibližně 20 % - 30 % celkové spotřeby domácnosti. Tato hodnota se ale mění v závislosti na typu obydlí, tedy převážně na jeho tepelných ztrátách. Vzhledem k tomu, že v oblasti vytápění a izolace dochází k neustálému vývoji (dobře viditelným výsledkem jsou nízkoenergetické a pasivní stavby), lze očekávat, že se množství energie potřebné k vytápění bude podstatně snižovat a podíl na spotřebě příslušející domácím spotřebičům tak bude stále významnější.

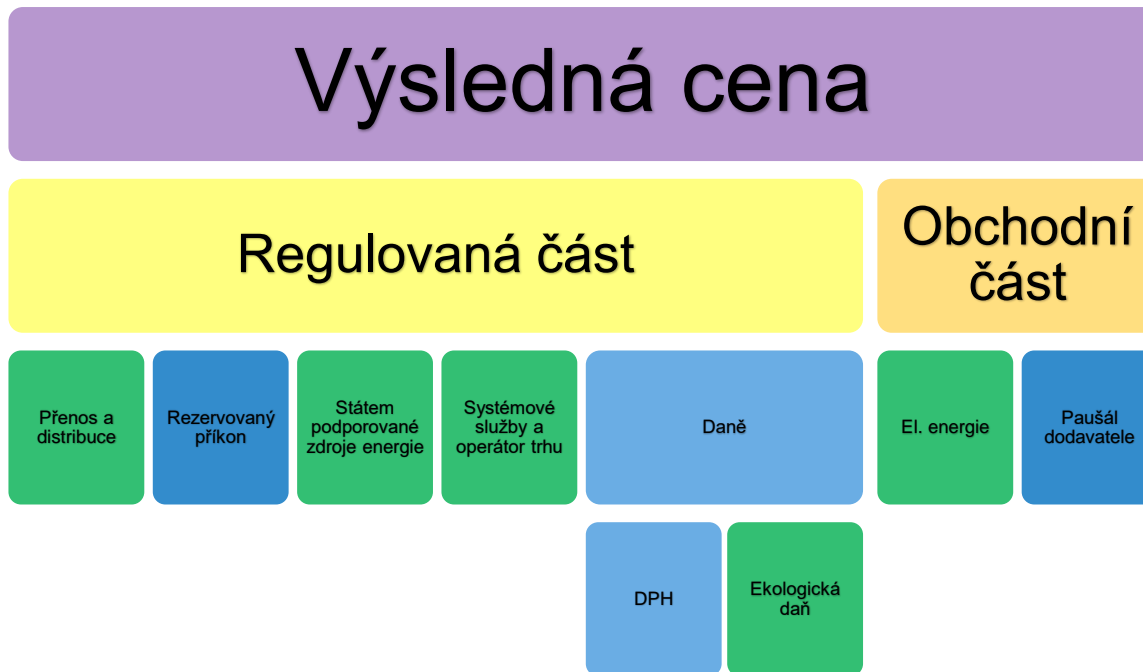


Graf 1 Hlavní rozložení spotřeby energií v domácnosti dle účelu [1]

¹ Samozřejmě vyjma klimatizační techniky, jejíž využití je v teplejších oblastech významně vyšší.

1.2 Přehled sazeb elektrické energie

Český systém tarifů a sazeb za elektrickou energii se při zběžném pohledu zdá složitý, možná i matoucí. Jde však jen o první dojem. Začněme od tvorby výsledné ceny elektřiny, která má v zásadě dvě hlavní části: regulovanou, která je určována Energetickým regulačním úřadem (ERÚ), a obchodní neboli tržní cenu tzv. silové elektřiny, již určuje dodavatel jako výsledek současné nabídky a poptávky na trhu. Struktura obou částí je vyobrazena na schématu níže (Obrázek 1). Zaměříme se na složky Přenos a distribuce a Rezervovaný příkon.



Obrázek 1 Struktura ceny elektřiny, složky úměrné počtu odebraných kWh zvýrazněny zeleně, složky nezávislé na odebraných kWh zvýrazněny modře

Každá distribuční sazba představuje některý z účelů, kvůli němuž zákazník EE převážně odebírá. V zásadě jsou to:

- malé odběry,
- odběry s ohřevem užitkové vody,
- odběry s elektromobilem,
- odběry s vytápěním akumulacím, pomocí přímotopů nebo tepelných čerpadel
- víkendové odběry (pro chataře apod.).

V současné době je těchto sazeb pro domácnosti jedenáct, avšak získat se jich dá pouze sedm. Některé z nich jsou spjaty s určitými podmínkami a jiné pouze „dobíhají“ (již je získat nelze). Podmínky vážící se k jednotlivým sazbám a sazby samotné vydává ERÚ v podobě závazných cenových rozhodnutí. Pro přehled přidávám tabulku s aktuálně vydávanými sazbami (Tabulka 1).

Sazba	Doba platnosti pásma NT	Podmínky sazby
D01d	jednotarifová sazba	žádné
D02d	jednotarifová sazba	žádné
D25d	8	elektrický akumulární spotřebič pro vytápění nebo ohřev TUV
D26d	8	elektrický akumulární spotřebič pro vytápění nebo ohřev TUV s vyšším příkonem
D57d	20	elektrické vytápění přímotopným nebo hybridním spotřebičem nebo tepelným čerpadlem

Tabulka 1 Seznam aktuálně vydávaných sazeb [4]

Jsou stanovena dvě tarifní pásma vysoký a nízký tarif (VT a NT), představující dvě odlišné cenové hladiny. Pomocí NT je takto zvýhodněný odběr odpovídající účelu dané sazby. Tarify se v průběhu dne pravidelně střídají dle podmínek dané sazby a potřeb distributora. Ovlivňují výši jak obchodní složky za silovou elektřinu, tak regulované složky za přenos a distribuci. Dle těchto tarifů dělíme sazby na jednotarifové a dvoutarifové, kde pro jednotarifové, které jsou určeny pro menší odběry, platí pouze VT.

Pro mou práci je existence těchto sazeb a tarifů zásadní, protože se vzájemně významně liší v regulovaných cenách za distribuci a rezervovaný příkon i v obchodní ceně za čistou EE. Tyto odlišnosti vytvářejí prostor pro optimalizaci.

1.3 Modelová vyúčtování a váhy k_P , k_W

Nyní se dostáváme k mnou navrženým modelovým vyúčtováním, která využijeme k určení vah k_P a k_W pro výpočet energetické náročnosti v kapitole 1.4. Vybral jsem sazby D02d, D25d a D57d jakožto zástupce nejpoužívanějších sazeb el. energie. Ceny jednotlivých položek jsem převzal z ceníku pro rok 2016 základního produktu Comfort společnosti ČEZ Prodej [5]. Společnost ČEZ jsem zvolil, protože distribuuje elektrickou energii na většině území republiky. Modelové konstanty jsem odhadl na základě zkušeností s hospodařením v rodinném domě.

Sazba	D02d	D25d	D57d
Cena silové elektřiny [Kč]	4506	7822	20406
Pevná cena za měsíc [Kč]	871	871	871
Poplatek za distribuci [Kč]	5735	6128	2089
Poplatek za jistič [Kč]	1031	1757	4908
Příspěvek na podporované zdroje [Kč]	1485	2475	6435
Poplatek za systémové služby [Kč]	362	603	1568
Poplatek za operátora trhu [Kč]	96	96	96
Daň z elektřiny [Kč]	85	142	368
Celkem [Kč]	14170	19894	36742
Obchodní část [-]	0,61	0,56	0,41
Regulovaná část [-]	0,38	0,44	0,58
Celkem bez tarifní složky [Kč]	13203	18927	35775
Část závislá na spotřebě (kP) [-]	0,92	0,91	0,86
Část závislá na rezervovaném příkonu (kW) [-]	0,08	0,09	0,14
Modelové konstanty			
Roční spotřeba [MWh]	3	5	13
Spotřeba v NT [MWh]	-	2	11
Jistič [A]	3x20	3x25	3x32

Tabulka 2 Modelová vyúčtování elektřiny

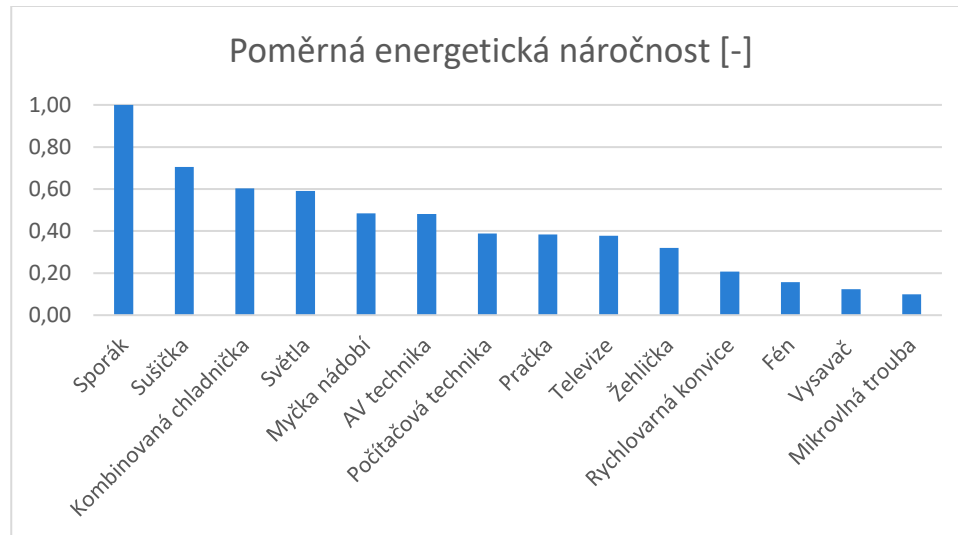
Na základě těchto modelových vyúčtování jsem určil váhy pro výpočet poměrné energetické náročnosti jako $kW = 0,9$ a $kP = 0,1$. Tento poměr v zásadě odpovídá poměru, který je spočítán za veškeré platby na nn za celou ČR. V současné době je proměnná složka plateb (za distribuci a silovou elektřinu celkem) asi 82 %, stálé platby tvoří na nn celkem jen asi 18 %. Poměr fixních a variabilních nákladů distribuce je přibližně 90:10. Pokud by se vzala v úvahu silová elektřina, činí podíl variabilní složky nákladů asi 60 % (je to dáno hlavně cenami z burzy, kde se obchoduje a platí za MWh, ne za výkon).

1.4 Řazení spotřebičů dle poměrné energetické náročnosti

Na grafu níže (Graf 2) uvádím rozdělení běžných spotřebičů dle energetické náročnosti (podrobnější informace v tabulce Tabulka 3), kterou si definuji jako vážený součet spotřeby elektřiny za rok a příkonu (budu používat poměrné hodnoty vůči nejnáročnějšímu porovnávanému spotřebiči). Protože hledáme adepty pro úsporná opatření, neomezují se pouze na spotřebu elektrické energie, ale započítávám i podíl na platbách za příkon domácnosti. Jako vhodné váhy se nabízejí podíly spotřeby elektřiny a platby za jistič na celkovém vyúčtování, jež jsem si spočítal v kapitole 1.3.

$$\text{poměrná en. náročnost} = k_P \frac{P}{P_{max}} + k_W \frac{W}{W_{max}}$$

Rovnice 1 Poměrná en. náročnost - k_P a k_W jsou váhy, P a W hodnoty příkonu a roční spotřeby daného spotřebiče, P_{max} a W_{max} hodnoty příkonu a roční spotřeby nejnáročnějšího porovnávaného spotřebiče



Graf 2 Orientační řazení domácích spotřebičů dle poměrné energetické náročnosti

O přední místa se dělí el. sporák, tedy v dnešní době varná či indukční deska kombinovaná s troubou, a sušička (obzvláště starší typy bez tepelného čerpadla). Hned za nimi následuje chladicí technika (kombinovaná chladnička) a osvětlení, u něhož lze říci, že s postupným přechodem k LED se roční výdej energie na osvětlení významně snižuje, a proto je jeho umístění na horní příčce přinejmenším diskutabilní. Dalšími dosti náročnými spotřebiči jsou myčka na nádobí a AV technika. Téměř stejná náročnost pak vychází pro pračku, počítačovou techniku a televizi, mikrovlnnou troubu a rychlovarnou konvici. K uvedenému řazení je nutno dodat, že každá domácnost je jiná, má jiné zvyklosti v užívání spotřebičů, jiný počet členů apod., a proto je třeba brát ho jako orientační.

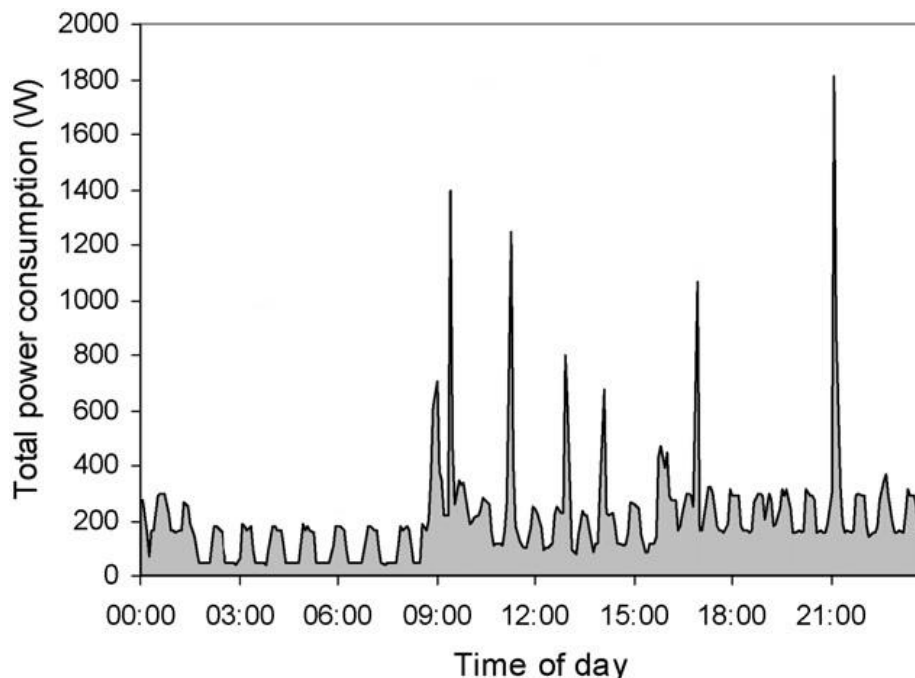
Spotřebič nebo skupina spotřebičů	Příkon [W]	Roční spotřeba [kWh]	Poměrná energetická náročnost [-]
Sporák	5500	571	1,00
Sušička	1525	430	0,70
Kombinovaná chladnička	160	380	0,60
Světla	395	370	0,59
Myčka nádobí	1075	295	0,48
AV technika	50	305	0,48
Počítačová technika	95	245	0,39
Pračka	1450	226	0,38
Televize	85	238	0,38
Žehlička	1725	183	0,32
Rychlovarná konvice	2000	108	0,21
Fén	1500	82	0,16
Vysavač	1150	65	0,12
Mikrovlnná trouba	950	52	0,10

Tabulka 3 Seznam uvažovaných spotřebičů s jejich běžným příkonem, roční spotřebou energie a poměrnou energetickou náročností dle Rovnice 1; výchozí hodnoty jsou průměry zdrojů [3], [6], [7]

1.5 Denní diagram zatížení a úspory přesunem spotřeby

Denním diagramem zatížení (DDZ) rozumíme průběh výkonu odebíraného určitou domácností za jeden den. Jako příklad uvádím DDZ jednotlivého obydlí (Obrázek 2) na němž si ukážeme několik hlavních hladin spotřeby.² Nejprve je to výkon odebíraný nepřetržitě, bude zřejmě spojen se spotřebiči jako AV a PC technika ve stand-by režimu a se svícením ve večerních hodinách. Poté zde vidíme pravidelně se opakující spotřebu, kterou můžeme spojit s cyklickým provozem kompresorů v chladničkách a mrazácích. A asi nejvýraznějšími prvky jsou ostré špičky spotřeby, z nichž ty nižší mohou patřit např. AV a TV technice či méně náročným kuchyňským spotřebičům a ty vyšší pračce, sušičce, elektrickému sporáku, rychlovarné konvici atd.

² Přestože je tento DDZ okolo deseti let starý, později uvidíte, že se obecně neliší od současných průběhů příkonu v domácnosti.



Obrázek 2 Ilustrační DDZ jednotlivého obydlí [15]

1.5.1 Úspory typu 1 - snížením rezervovaného výkonu

Úspor snížením rezervovaného výkonu, tedy velikosti hlavního jističe, dosáhneme omezením velikosti špiček na DDZ. Jde tedy o vyvarování se hromadného spouštění náročných spotřebičů, čímž vysoké špičky rozdělíme do několika nižších. V praxi by mohlo jít o sadu jednoduchých pravidel typu „Nepouštím současně pračku a sušičku.“, „Nepoužívám najednou rychlovarnou konvici a mikrovlnku.“ apod., aplikovaných buď úpravou chování nebo pomocí automatizačního systému řídicího připojení náročných spotřebičů na síť. Ten může být realizován například pomocí spínaných zásuvek (nenáročná instalace), přednostních relé (do rozvodné skříně) či jiných soustav spínačů zapojených na míru. Pro obydlí využívající fotovoltaické panely či malé větrné elektrárny lze využít například systém Wattrouter. Bohužel kromě aplikace na vlastní zdroj energie nelze v současnosti tyto úspory realizovat.³ Možná bude v budoucnu systém tarifů a sazeb úsporám typu 1 více nakloněn, nyní je však zbytečné se jimi zabývat.

1.5.2 Úspory typu 2 - přesunem do nízkého tarifu

Úspory přesunem do NT jsou možné pouze u dvoutarifových sazeb a spočívají, jak název napovídá, v přesunu špiček do období NT. Tento způsob úspor, ve své základní intuitivní formě, je v ČR vcelku oblíbený a užívaný. V současnosti si mohou jednotliví distributoři období NT poměrně volně upravovat, a tak se může velká část NT vyskytovat i v denních hodinách. Vzhledem k tomu, že velká část dnešních spotřebičů obsahuje funkci odloženého startu, jeví se tento způsob úspor jako vcelku slibný. Na otázku, jak moc slibný, se pokusím odpovědět v dalších částech mé práce.

³ Velikost jističe je většinou určována projektantem elektrických rozvodů dané stavby a závisí hlavně na spotřebičích s vysokým příkonem jako jsou průtokové ohřívače, elektrické sporáky, 3f motory a podobné.

1.6 Energeticky náročné spotřebiče a přesunutelnosti spotřeby

Podívejme se nyní na energeticky náročné spotřebiče z pohledu přesunutelnosti jejich spotřeby. Zatím se budeme bavit o možných technických překážkách a o překážkách zjevně narušujících chod domácnosti. Časové možnosti uživatele rozeberu později. Jak jsem již dříve uvedl, za největší spotřebiče energie můžeme považovat el. sporák a sušičku, poté chladicí techniku, světla, myčku, AV, TV a PC techniku.

1.6.1 Spotřebiče snesoucí odklad

Elektrický sporák. Po technické stránce je možno jeho spotřebu odložit. Jednodušší to jistě bude u trouby, která je i často vybavena odloženým startem. U samotného vaření bude záležet hlavně na překryvu časového harmonogramu uživatele s obdobími NT a na jeho stravovacích zvyklostech. Elektrický sporák je proto na hraně této kategorie.

Sušička. Většinou je vybavena možností odloženého startu, a je proto plně připravena na přesun spotřeby.

Myčka. Dnešní myčky také podporují odložený start, avšak na rozdíl od sušičky využívá myčka velké množství vody a je zde tudíž riziko úniku vody při poruše. Proto je vhodné vybavit myčku hadicí s funkcí aquastop (pokud jí již nedisponuje). Po této úpravě bude i myčka připravena k přesunu její spotřeby.

Pračka. Jde o obdobný případ jako myčka.

1.6.2 Spotřebiče bez možnosti odkladu

Chladicí technika. Jelikož jde o kontinuálně běžící spotřebič⁴, je zřejmé, že jeho spotřebu odložit nelze.

Svícení. Technické překážky v tomto případě nehrají velkou roli. Jde o spotřebu závislou hlavně na potřebě uživatele a její přesun je pro běžného uživatele zcela pochopitelně nemyslitelný.

AV a TV technika. Podobně jako u svícení jde opět o spotřebu závislou na aktuálním rozmaru či aktuální potřebě uživatele a tyto zastíňují technickou proveditelnost.

1.7 Úspory výměnou spotřebičů za nové efektivnější

Vývoj v oblasti elektrických spotřebičů „pádí“ mílovými kroky, a nám jsou tak stále nabízeny „novější a efektivnější“ spotřebiče. Úspory touto cestou jsou velmi diskutovanou záležitostí a já bych proto pouze zmínil nejzávažnější odlišnosti od úspor přesunem spotřeby. Jako první nás zřejmě napadne cena, tedy přesněji řečeno vstupní investice. S lepší energetickou třídou a s vybaveností úspornými funkcemi většinou stoupá cena spotřebiče, což může být pro domácnost s průměrnými příjmy argument pro nákup méně efektivního spotřebiče. Výměna za úspornější spotřebič se za předpokladu dostatečně dlouhé životnosti vyplatí [8]. Je však otázkou, zda je s dnešním trendem snižování životnosti spotřebičů možné dosáhnout žádaného finančního bodu zvratu, který přichází dlouho po skončení záruční doby. Mimo to výrobci elektrických spotřebičů

⁴ Přesněji řečeno cyklicky spínaný, pokud se zaměříme na kompresor, představující hlavní část spotřeby chladničky i mrazáku.

neustále implementují nové funkce, jež bychom měli do svého rozhodování zahrnout také, čímž se nám výběr nejvhodnějšího nového spotřebiče komplikuje. Naproti tomu úspory přesunem spotřeby vyžadují minimální vstupní investice, nejsou závislé na používaných spotřebičích a domnívám se, že je může začít ihned využívat téměř každý. Značnou nevýhodou však může být nutnost více či méně upravit své chování, tedy životní rytmus a styl. Pro přísně racionálně uvažujícího člověka ekonomického by byly úspory přesunem jasnou volbou. Pojďme zjistit, jak velkých úspor jimi můžeme opravdu dosáhnout my jako zástupci moderního člověka rozumného.

2. VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY ELEKTŘINY V DOMÁCNOSTI V PRŮBĚHU DNE A ROKU

2.1 Modelová domácnost

V druhé části své práce se budu věnovat vyhodnocení spotřeby pomocí simulace denního příkonu domácnosti a typového denního diagramu (TDD). Simulaci provozu domácnosti provedu pro dva dny v roce, první lednové pondělí a první červencové pondělí. Budu dále uvažovat čtyřčlennou domácnost v rodinném domě ve Středočeském kraji. Z pohledu níže uvedeného dělení dle časového harmonogramu jde o celodenní domácnost.

Jako základ pro výběr spotřebičů a určení jejich využití jsem použil čerstvý průzkum ENERGO 2015. Byl vypracován ČSÚ s cílem získat aktuální podklady (údaje) pro rozdělení spotřeb paliv a energií v domácnostech podle účelu použití na konkrétní činnost (na vytápění vnitřních prostor, na chlazení vnitřních prostor, na ohřev vody, vaření, osvětlení a elektrické spotřebiče a ostatní koncové užití) a další strukturální informace se spotřebou spojené. [9] Využil jsem části zabývající se vybaveností, využíváním a spotřebou domácích spotřebičů a shrnul jsem je v tabulce níže (Tabulka 4). Na základě těchto výsledků jsem se rozhodl nezahrnout do modelové domácnosti sušičku, kvůli jejímu malému výskytu v domácnostech v RD.

V modelové domácnosti tedy uvažuji tyto spotřebiče: pračku, myčku, kombinovanou chladničku, TV, PC techniku, světla, žehličku a rychlovarnou konvici.

	Pračka	Sušička	Myčka	Chladnička kombinovaná	TV	PC, NTB
vybavenost [domácnosti v RD]	95,1 %	8,0 %	45,6 %	89,9 %	98,6 %	73,3 %
využití	3,4 cykly/týden	3,8 cykly/týden	4,8 cykly/týden	nepřetržitě	29,6 hod./týden	22,7 hod./týden
spotřeba [kWh/rok]	180	332	194	261	194	127

Tabulka 4 Použité výsledky průzkumu ENERGO 2015 [9], hodnoty pro domácnosti v RD

Zdrojem konkrétních průběhů příkonů jednotlivých spotřebičů byl výzkum UK Domestic Appliance Level Electricity (UK-DALE) [10]. Využil jsem průběhy příkonu spotřebičů v jednom cyklu, měřené v pětisekundových intervalech, a převedl je na pětiminutové průměry. Použité průběhy byly naměřeny v letech 2013 a 2014, přesněji v prvním lednovém a červencovém pondělí.

Všechny dále uváděné simulace a výpočty jsem přiložil ve formě excelového souboru (Příloha – Simulace a ekonomické srovnání úspor).

2.2 Týdenní harmonogram MD

Než přejdu k simulaci denních průběhů, nastíním týdenní využití náročných spotřebičů. Tento týdenní harmonogram jsem sestavil v souladu s výše uvedenými výsledky ENERGO 2015 (Tabulka 4) na základě vlastních zkušeností s vedením domácnosti. Je zde vidět, že pondělí, které si vyberu pro denní simulaci, je z hlediska celého týdne energeticky nejnáročnějším dnem.

Pondělí

- Pračka - 2 c.
- Myčka - 1 c.
- Žehlička - 25 min.
- PC - 3 hod.
- TV - 4 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly
- Fén - 5 min.

Úterý

- Pračka - 1 c.
- Žehlička - 25 min.
- PC - 3 hod.
- TV - 4 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly

Středa

- Myčka - 1 c.
- PC - 3 hod.
- TV - 4 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly
- Fén - 5 min.

Čtvrtek

- PC - 3 hod.
- TV - 4 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly
- Fén - 5 min.
- Vysavač - 45 min.

Pátek

- Myčka - 1 c.
- PC - 4 hod.
- TV - 4 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly

Sobota

- Myčka - 1 c.
- PC - 4 hod.
- TV - 5 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly
- Fén - 5 min.

Neděle

- PC - 3 hod.
- TV - 5 hod.
- Rychlovarná konv. - 3 cykly

2.3 Simulace denního příkonu

Simulaci denního příkonu jsem provedl za využití dat z UK DALE [10] pomocí následujícího scénáře:

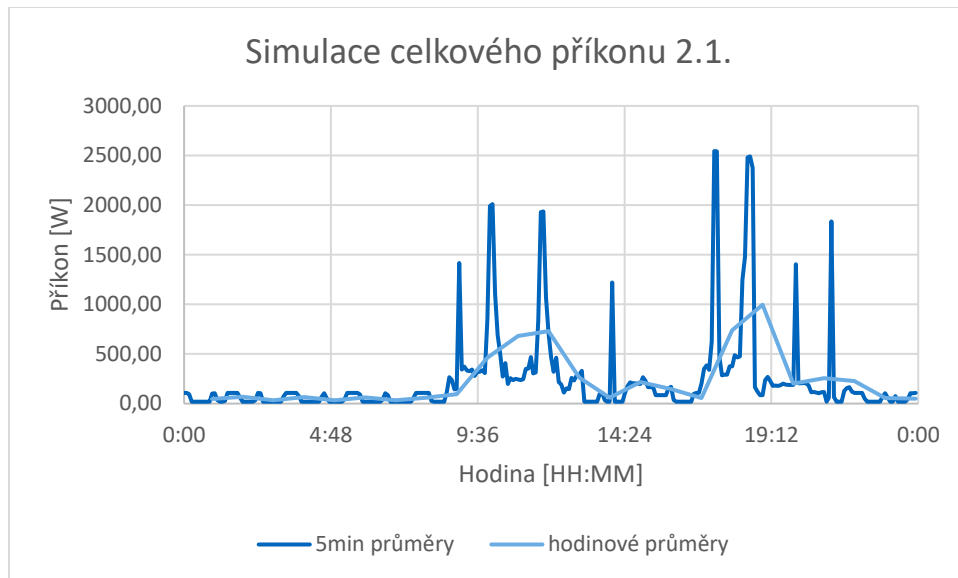
9 h	<ul style="list-style-type: none"> •9:00 rychlovarná k. - 1 c. •9:00 TV - 1 hod.
10 h	<ul style="list-style-type: none"> •10:00 pračka - 1 c. •10:40 PC - 1 hod.
11 h	<ul style="list-style-type: none"> •11:35 pračka 1 c.
14 h	<ul style="list-style-type: none"> •14:00 rychlovarná konvice. - 1 c. •14:25 TV - 1 hod.
15 h	<ul style="list-style-type: none"> •15:00 PC - 1 hod.
17 h	<ul style="list-style-type: none"> •17:00 myčka - 1 c.
18 h	<ul style="list-style-type: none"> •18:00 žehlička - 25 min. •18:30 PC - 1 hod.
19 h	<ul style="list-style-type: none"> •19:00 TV - 2 hod.
20 h	<ul style="list-style-type: none"> •20:00 rychlovarná k. - 1 c. •20:55 fén - 5 min.

Obrázek 3 Scénář spínání spotřebičů významných z hlediska spotřeby pro typické pondělí simulované domácnosti

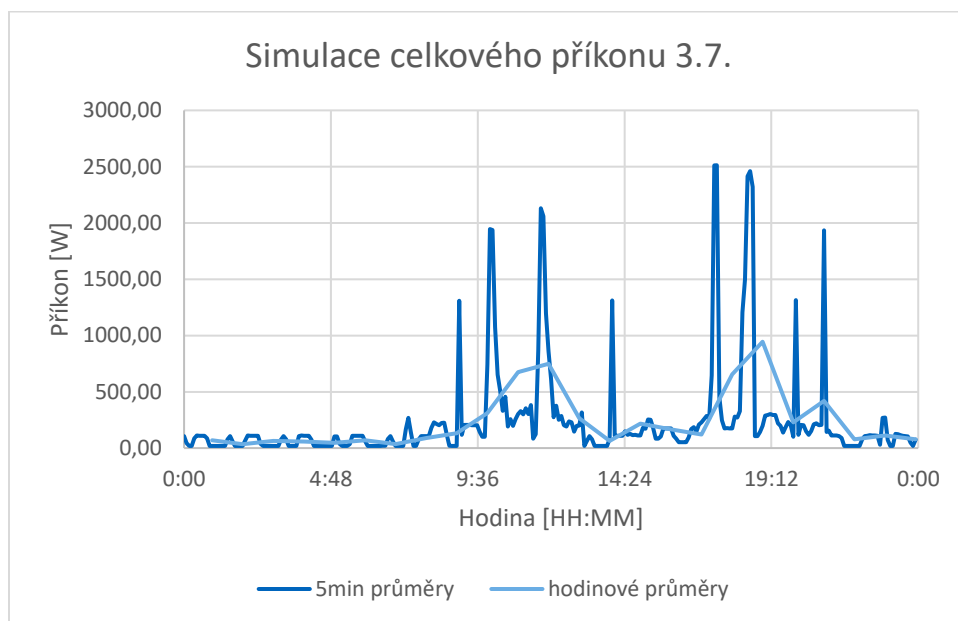
Mohlo by jít například o tří až čtyřčlennou rodinu, kde matka pečuje o dítě/děti do pěti let a otec pracuje z domova. Proto jsem zvolil pro užívání spotřebičů období od 9:00 do 22:00 hodin.

Krom spotřebičů ze scénáře jsem do simulace zahrnul ještě kombinovanou ledničku a světla. Tyto dva spotřebiče mají rozdíly ve spotřebě v průběhu roku, což je znát i na výsledných průbězích celkového příkonu v zimě a v létě. TV má nepřetržitý stand-by příkon 4 W. Obdobně je zahrnut i stand-by příkon PC techniky ve výši 15 W.

Výsledné příkony pro oba dny jsem poté vynesl do grafů (Graf 4, Graf 3).



Graf 3 Simulace celkového příkonu domácnosti, využity záznamy příkonů z UK DALE [10]



Graf 4 Simulace celkového příkonu domácnosti, využity záznamy příkonů z UK DALE [10]

Dále jsem spočítal denní spotřeby jednotlivých spotřebičů a simulace jako celku.

2.1.	Myčka	TV	PC	Rychlovar. konvice	Fén	Lednice	Světla	Pračka	Žehlička	Celková spotřeba
celkem za 24 h [kWh]	1,22	0,47	0,56	0,30	0,14	0,87	0,48	1,46	0,14	5,64

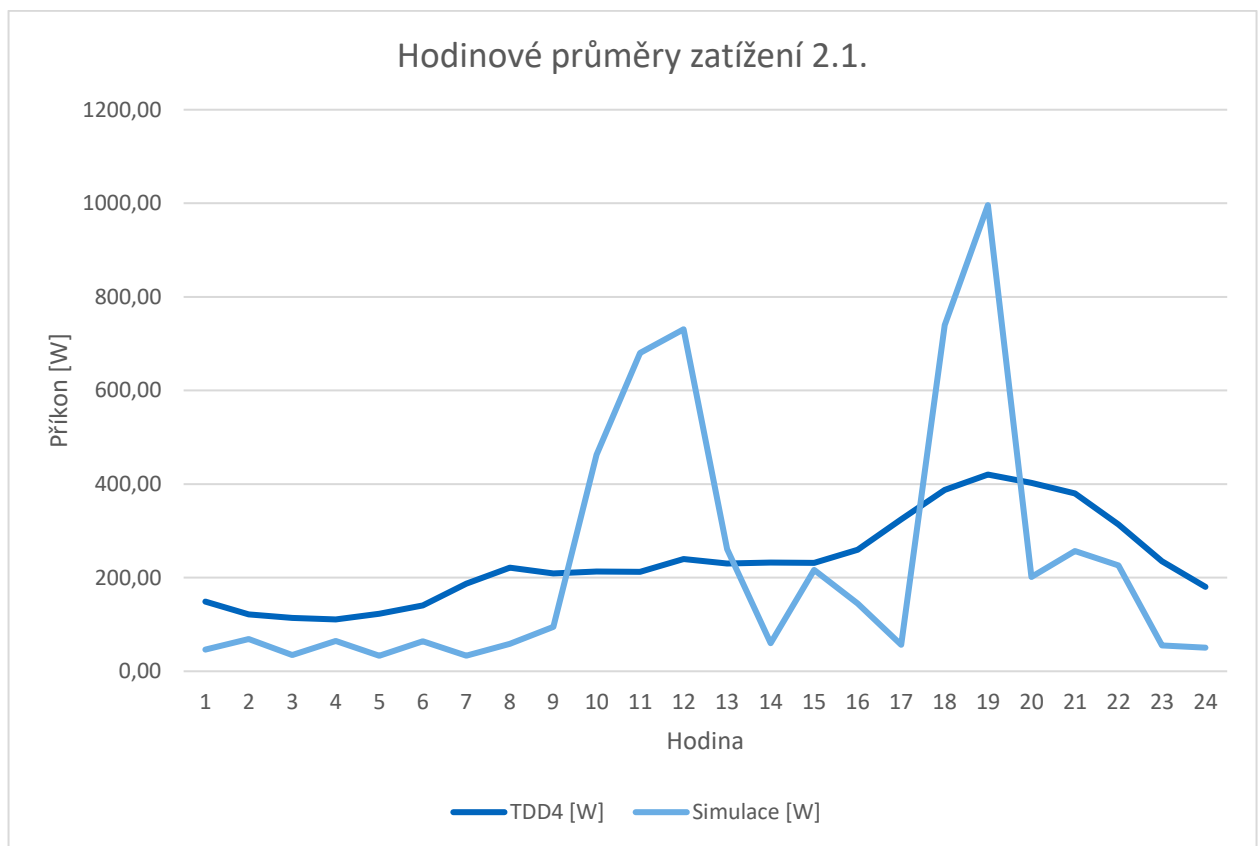
Tabulka 5 Denní spotřeba jednotlivých spotřebičů a simulace jako celku 2.1.

3.7.	Myčka	TV	PC	Rychlovar. konvice	Fén	Lednice	Světla	Pračka	Žehlička	Celková spotřeba
celkem za 24 h [kWh]	1,22	0,47	0,57	0,30	0,14	1,04	0,34	1,46	0,14	5,68

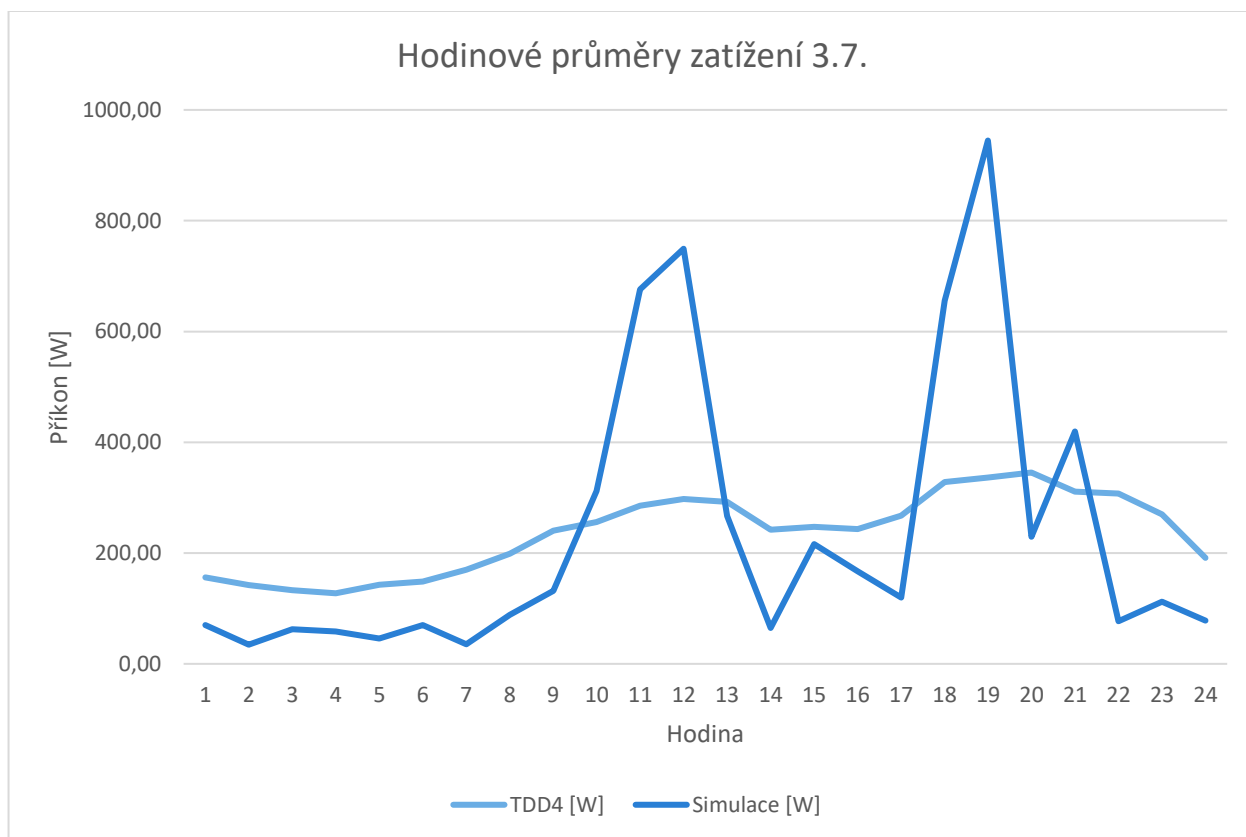
Tabulka 6 Denní spotřeba jednotlivých spotřebičů a simulace jako celku 3.7.

2.4 Typové diagramy dodávky

Nakonec jsem ještě provedl výpočet pomocí TDD jako běžně používaného nástroje k určení průběhu odběru. Použil jsem TDD 4, tedy odběr bez využití elektřiny k topení nebo ohřevu TUV. Hodnoty jsou ze souboru poskytovaného OTE pro rok 2017 [11]. Hodnotu P_{\max} jsem zvolil takovou, aby se výsledná denní spotřeba TDD rovnala denní spotřebě výše uvedené simulace (Tabulka 5 a Tabulka 6).



Graf 5 Hodinové průměry zatížení 2.1.



Graf 6 Hodinové průměry zatížení 3.7.

Na grafech (Graf 5, Graf 6) jsou dobře vidět rozdíly průměru reprezentovaného TDD a skutečného odběru zastoupeného mou simulací. Jak ukáží později ve čtvrté části, tyto rozdíly se mohou značně promítnout do vyúčtování ceny u dvoutarifních sazeb.

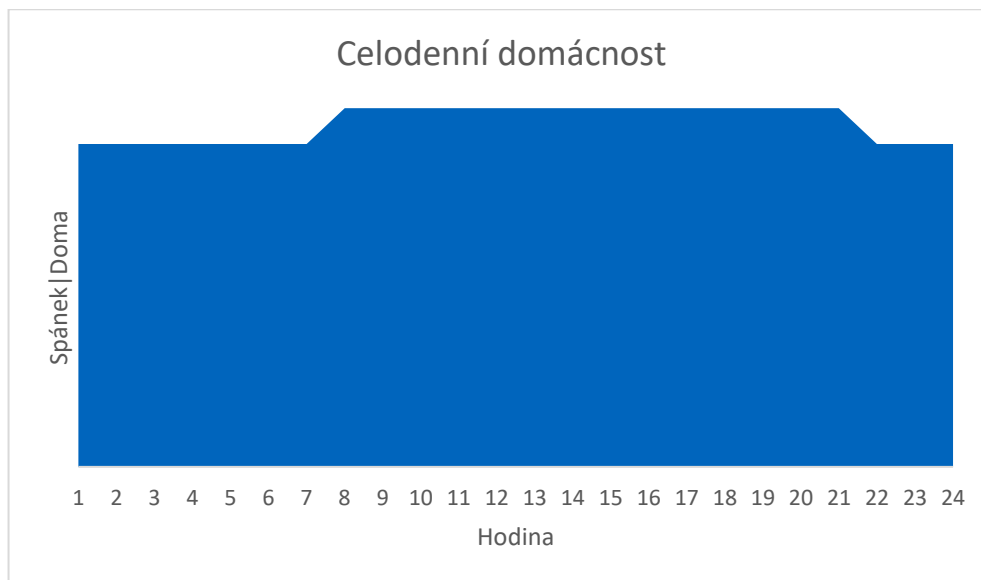
3. ANALÝZA MOŽNOSTÍ PŘESUNU SPOTŘEBY

3.1 Typy domácností z hlediska denního časového harmonogramu

Rozdělím si nyní domácnosti na tři typy dle času, po který se členové domácnosti zdržují doma. V úvahu беру pouze ty členy domácnosti, které lze zapojit do úsporných opatření.

3.1.1 Celodenní domácnost

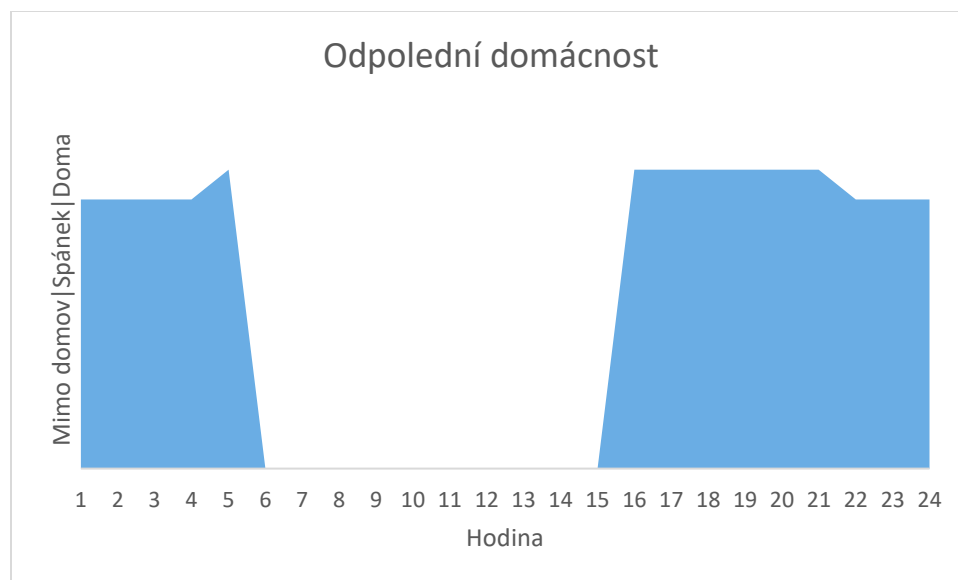
Jde o domácnost, ve které je některý z členů přítomen po většinu dne. Vhodnými příklady mohou být: domácnosti s matkami na mateřské, důchodci, lidé pracující z domova. Den v této domácnosti je průměru rozdělen do dvou částí. Od 8:00 do 22:00 hodin je alespoň jeden ze členů přítomen a od 22:00 do 8:00 hodin členové domácnosti spí.



Graf 7 Přítomnost členů celodenní domácnosti.

3.1.2 Odpolední domácnost

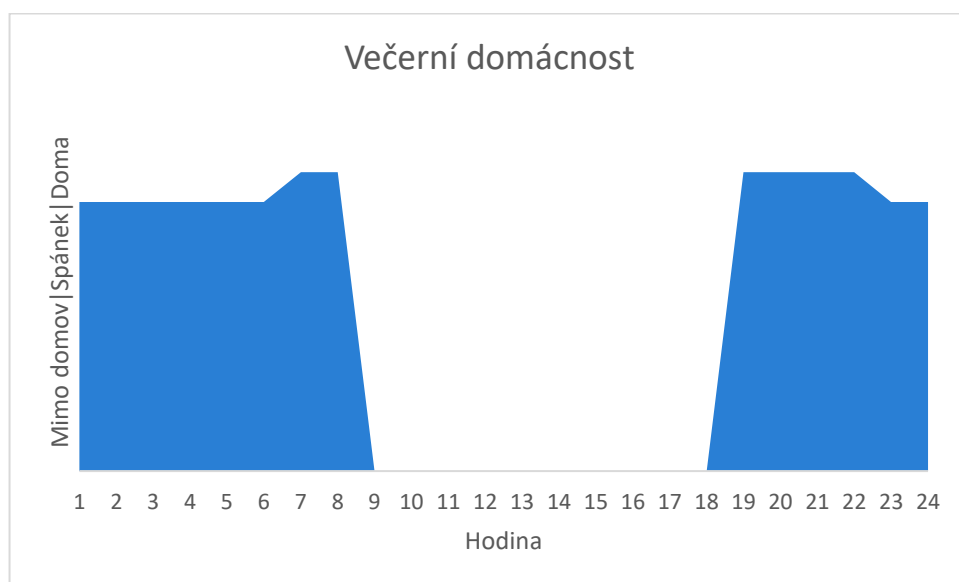
Jde o domácnost, kde jsou členové obvykle přítomni pouze v odpoledních a večerních hodinách. Jde tedy především o domácnosti, kde jejich členové pracují na ranní směnu. Spí se od 22:00 do 5:00 hodin. Poté jednu hodinu trvá než odjedou do práce. Domů se vrací v 16:00 hodin.



Graf 8 Přítomnost členů odpolední domácnosti

3.1.3 Večerní domácnost

Jde obecně o domácnosti, jejichž členové se příliš nezdržují doma, jsou plně vytíženi. Domnívám se, že hlavně půjde o mladé jednotlivce či partnerské páry, pracující na směny od 9:00 do 17:00 hodin apod. Spí se od 23:00 do 7:00 hodin. Do práce se odchází mezi 8:00 a 9:00. Typicky se vrací domů v 19:00 hodin.



Graf 9 Přítomnost členů večerní domácnosti

Lze říci, že v celodenní domácnosti jsou nejvhodnější časové podmínky pro úspory přesunem spotřeby. V odpolední domácnosti méně, i když zřejmě nepůjde o tak značné zhoršení, protože denní část pásma NT se často vyskytuje v odpoledních hodinách. Zajímavá situace nastává u večerních domácností, kde bude hrát velkou roli ochota využívat funkci odloženého startu.

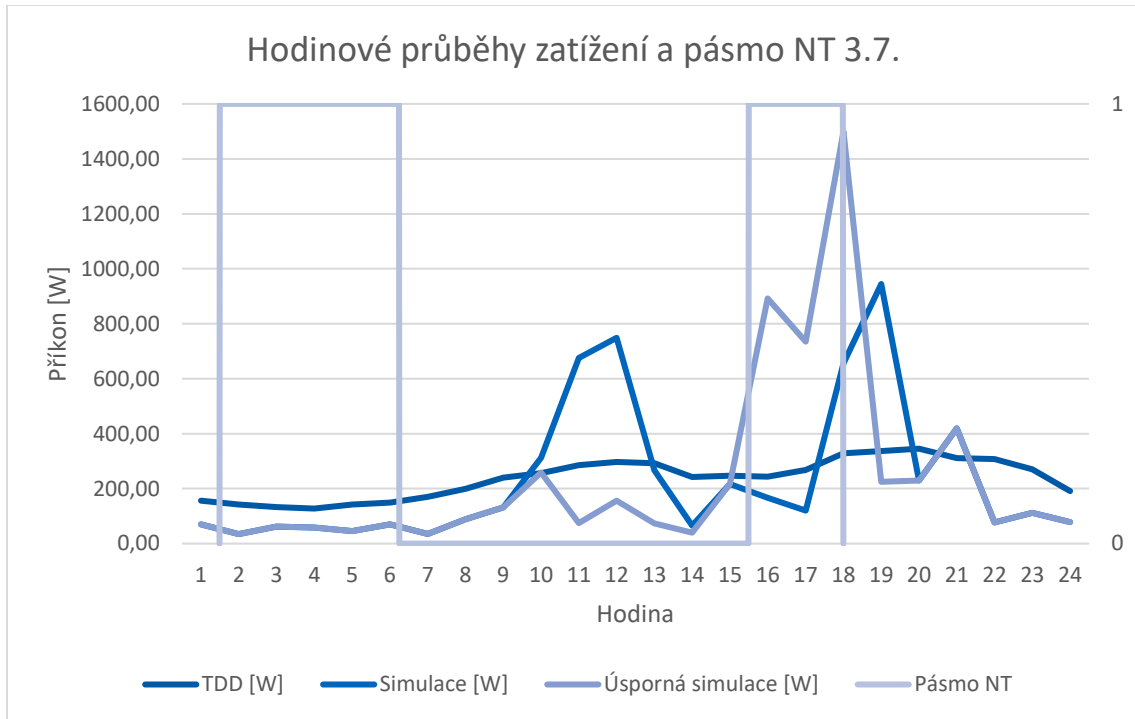
3.2 Přesun spotřeby v modelové domácnosti

Má modelová domácnost uvažuje dva spotřebiče patřící do kategorie „náročné a přesunutelné“. Prvním je myčka. Jde o velmi užívaný spotřebič. Se svými 5 cykly za týden a roční spotřebou okolo 300 kWh se řadí mezi nejnáročnější přesunutelné spotřebiče. Lze očekávat, že jeho přesunem dosáhnou poměrně výrazných úspor. Druhý spotřebičem je pračka, která v mém žebříčku náročných spotřebičů leží zhruba ve středu. I u tohoto spotřebiče tedy můžeme očekávat značné úspory.

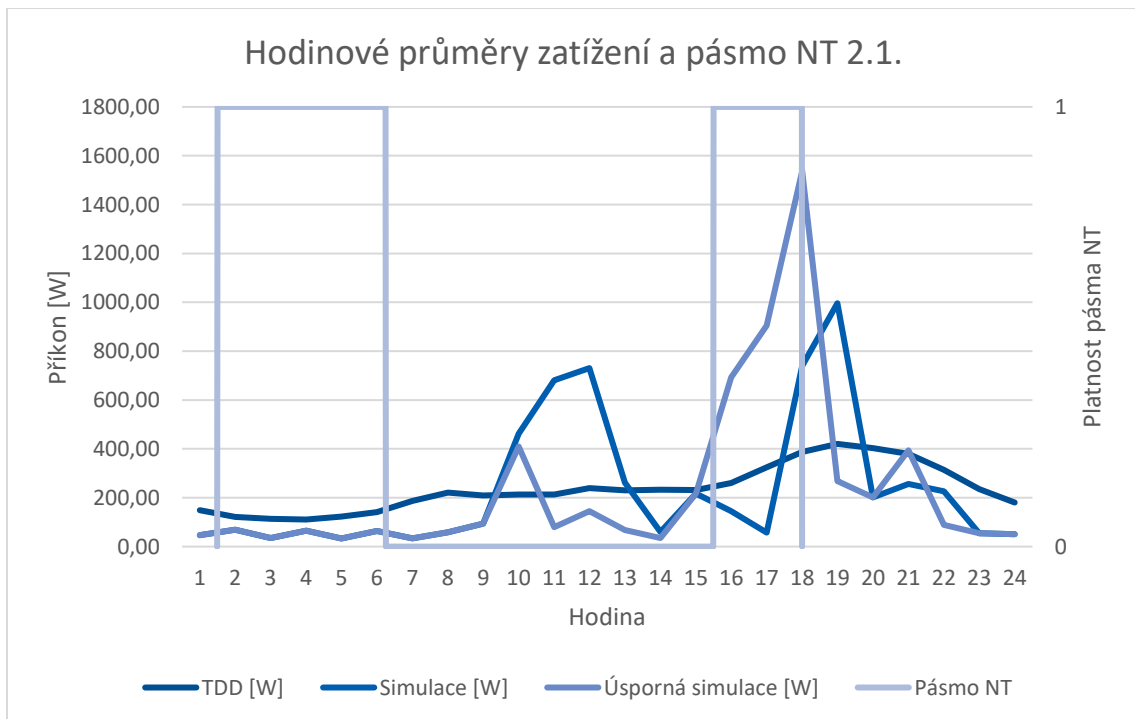
Upravil jsem výše uvedenou simulaci přesunem obou spotřebičů do pásma NT. Uvažoval jsem odpolední část NT pro sazbu D25d pro střeďočeský kraj. Obvykle jde o časový úsek od 15:30 do 18:00 to platí asi v létě, v zimě začíná NT jistě o něco dříve a končit musí cca do 16:30-17:00 hodin v době, kdy se již stmívá. V rámci zachování „lidského faktoru“ nejsou oba spotřebiče spuštěny současně ihned po začátku pásma NT, ale s rozestupem 5-10 minut.

Dále jsem spočítal energii spotřebovanou jednotlivými simulacemi v pásmech VT a NT. Jak je vidět na grafech (Graf 11, Graf 10), úsporná opatření přesunula značnou část spotřeby do odpolední části pásma NT (samozřejmě za cenu značného zvýšení špičkového příkonu). Naproti tomu u modelu TDD je vidět vyšší základní zatížení v noční části pásma NT. Obojí znamená zvýšení spotřeby v pásmu NT oproti původní simulaci. Výsledky porovnání všech variant jsem proto shrnul do tabulek (Tabulka 7, Tabulka 8), kde jasně vidíme, že úsporná opatření byla opravdu účinná. Do pásma NT se u úsporné simulace podařilo přesunout jednu třetinu spotřeby oproti simulaci bez opatření a jednu čtvrtinu spotřeby oproti modelu TDD. Pro lepší představu jsem tato čísla ještě převedl na finanční rozdíl oproti úsporné simulaci⁵. Je však důležité poznamenat, že jde o úsporu v jednom, z hlediska týdenního schématu, nadprůměrném dni. V poslední části své práce se budu těmito úsporám hlouběji věnovat a pokusím se odhadnout úspory a výhodnost v ročním i delším časovém horizontu.

⁵ Použil jsem ceny spol. ČEZ Prodej pro základní produkt Comfort se sazbou D25d. [5]



Graf 10 Hodinové průměry zatížení modelové domácnosti a pásmo NT 3.7.



Graf 11 Hodinové průměry zatížení modelové domácnosti a pásmo NT 2.1.

2.1.	Simulace	TDD	Úsporná simulace
Spotřeba v NT [kWh]	1,17	1,57	3,08
Spotřeba ve VT [kWh]	4,47	4,07	2,56
Rozdíl oproti úsporné simulaci	9,64 Kč	7,60 Kč	

Tabulka 7 Spotřeba v pásmech NT a VT pro různé modely a vyplývající finanční rozdíl pro den 2.1.

3.7.	Simulace	TDD	Úsporná simulace
Spotřeba v NT [kWh]	1,17	1,53	3,00
Spotřeba ve VT [kWh]	4,51	4,15	2,69
Rozdíl oproti úsporné simulaci	9,18 Kč	7,37 Kč	

Tabulka 8 Spotřeba v pásmech NT a VT pro různé modely a vyplývající finanční rozdíl pro den 3.7.

3.3 Proveditelnost úsporných opatření

Matematické, finanční, logické a jim podobné úvahy nám často ukazují lákavé výhody ekonomického chování. Jak jsem se však již zmínil, lidé nejsou stroje a neuvažují vždy přísně racionálně. Z tohoto důvodu se musím obrátit na průzkumy z oblasti společenské, abych do svých úvah mohl zahrnout lidský faktor. Tím v této souvislosti míním ochotu spotřebitelů, tedy členů domácností, ke změnám chování. Zvláště k těm změnám, které by mohly způsobit omezení jejich osobního komfortu. V Národní studii AMM [12] se uvádí:

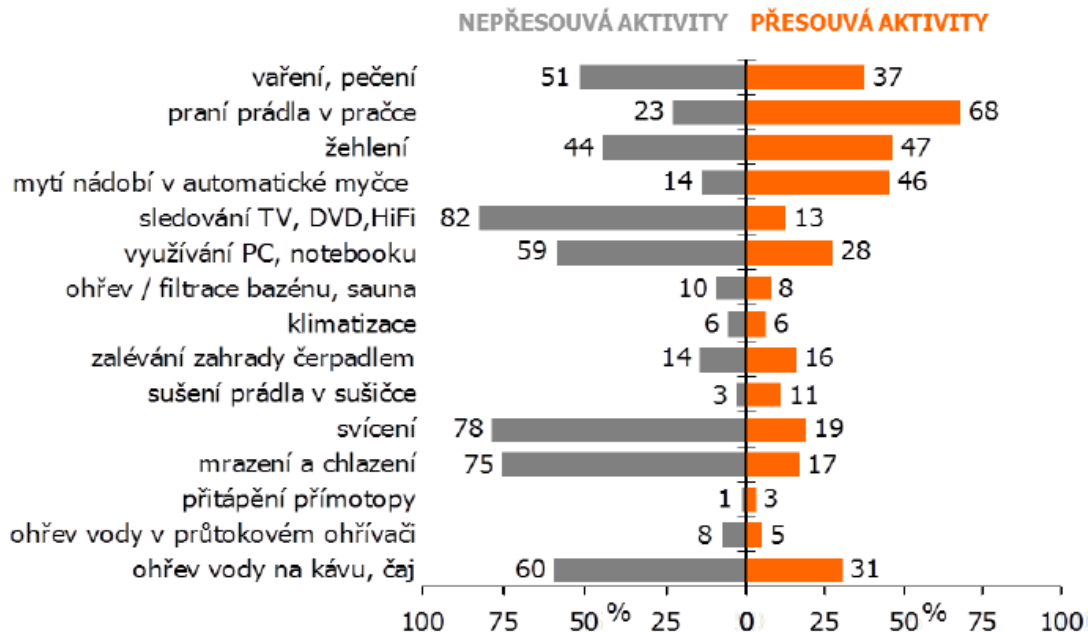
„... výsledky pilotních projektů PDS v ČR (40 tis. elektroměrů) ... indikují jednoznačnou neochotu zákazníků slevit ze spotřebitelského komfortu.“

„Z průběžných výsledků se dále ukazuje, že zákazníci, kteří přijali testovací AMM dvoutarif, byli ochotni přesunout v průměru 1,4 % spotřeby z doby platnosti VT do doby platnosti NT.“

Tyto závěry vycházejí hlavně z pilotního projektu WPP AMM společnosti ČEZ Měření. Mimo technické aspekty inteligentních měřicích systémů, tento projekt zkoumal také zájem zákazníků o vícetarifní sazby a s tím související ochotu přesouvat spotřebu do pásma NT. Součástí byl i průzkum mapující návyky zákazníků. Konkrétní výsledky pro běžné domácí spotřebiče jsou shrnuty na obrázku níže (Obrázek 4). Je vidět, že zákazníci přesouvají do pásma NT praní, sušení prádla, žehlení a mytí nádobí. Tento výčet z větší části souhlasí i s mými předpoklady v kapitole 1.6.1.⁶

⁶ Tvrdil jsem, že je technicky možné přesouvat spotřebu elektrického sporáku, pračky, sušičky a myčky (vzhledem k malé en. náročnosti jsem žehličku nebral v úvahu).

Z výše uvedených argumentů vyplývá, že zájem spotřebitelů o úspory přesunem je zacílen vhodným směrem. Ve světle ekonomických argumentů, které předložím v poslední části své práce, bude jasné, že bychom tento trend měli podporovat. A s nástupem technologií automatizovaného spínání spotřebičů do domácností bude tato podpora stále snazší.



Obrázek 4 Ochota spotřebitelů přesouvat spotřebu běžných domácích spotřebičů [14]

4. HODNOCENÍ EFEKTIVITY ÚSPOR PŘESUNEM SPOTŘEBY A POROVNÁNÍ S JINÝMI METODAMI ÚSPOR

4.1 Ekonomická efektivita úspor přesunem spotřeby

4.1.1 Úspory u sazby D25d

Úspory přesunem jsem zjišťoval dvěma způsoby. Nejprve jsem provedl odhad pomocí úspory na jednom cyklu pračky, myčky a sušičky násobené průměrným počtem cyklů za rok. Takto odhadnuté úspory se pohybují řádově ve stovkách korun. Pokud bychom přesunuli spotřebu všech těchto spotřebičů, dostaneme se na necelých 1500 Kč. To již pro některé domácnosti může být zajímavá částka.

Spotřebič	Spotřeba na cyklus [10] [kWh]	Spotřeba na cyklus [13] [kWh]	Spotřeba na cyklus (průměr) [kWh]	Prům. počet cyklů týdně [9]	Náklady závislé na spotřebě v VT [Kč]	Náklady závislé na spotřebě v NT [Kč]	Úspora na jednom cyklu [Kč]	Úspora za rok [Kč]
					Sazba D25d			
Pračka	0,73	0,41	0,57	3,4	2,19 Kč	0,68 Kč	1,52 Kč	268,06 Kč
Sušička	-	0,64	0,64	3,8	2,46 Kč	0,76 Kč	1,70 Kč	336,39 Kč
Myčka	1,22	1,40	1,31	4,8	5,04 Kč	1,56 Kč	3,48 Kč	869,76 Kč

Tabulka 9 Odhad úspor přesunem spotřeby u tarifu D25d

Dále jsem počítal úspory u dříve použité modelové domácnosti. V jejím denním scénáři jsem provedl přesun spotřeby do pásma NT popsány v předchozí části. Tuto úspornou simulaci jsem porovnal vůči původní simulaci a TDD. Dostal jsem rozdíly ve vyúčtování za pondělí, které jsem poté pomocí srovnání v rámci týdenního scénáře přepočítal na průměrný den v týdnu. Jelikož je v simulaci nejnáročnějším spotřebičem pračka, která se v pondělí spouští dokonce dvakrát, provedl jsem to odečtením podílu její spotřeby (Rovnice 2).

$$\text{koef. přep. na prům. den} = 1 - \frac{\text{denní spotřeba pračky}}{\text{PRŮMĚR}(\text{celk. denní spotř. 3.7.}; \text{c. d. spotř. 2.1.})}$$

Rovnice 2 Koeficient přepočtu na průměrný den v týdnu

Poté jsem vypočítal průměr z úspor v letním a zimním dni a vynásobil ho 365 dny. Odhadované úspory jsou zhruba 2500 Kč (2000 Kč oproti TDD) (Tabulka 10). Domnívám se, že u domácnosti podobné mému modelu by byly reálné roční úspory spíše nižší. Hlavním důvodem nižších úspor by mohly být hlavně nepravidelnosti v úsporných opatřeních dané lidskou leností, zapomětelností a podobnými faktory.

Simulace přesunu myčky, pračky a žehličky v modelové domácnosti		
Úspora oproti	simulaci bez přesunu	TDD
2.1.	9,64 Kč	7,60 Kč
3.7.	9,18 Kč	7,37 Kč
Ročně	2 547,14 Kč	2 024,70 Kč

Tabulka 10 Úspory přesunem u modelové domácnosti

4.1.2 Úspory u sazby D57d

U sazby D57d je rozdíl mezi cenou v pásnu NT a VT velmi malý. První odhad ukazuje, že jde o úsporu řádově desítek korun ročně (Tabulka 11). Myslím si, že vzhledem k námaze

vynaložené na úsporná opatření nejsou takové úspory atraktivní ani pro opravdu nízkopříjmové domácnosti. Z tohoto důvodu jsem se tímto tarifem dále nezabýval.

Spotřebič	Spotřeba na cyklus [10] [kWh]	Spotřeba na cyklus [13] [kWh]	Spotřeba na cyklus (průměr) [kWh]	Průměr. počet cyklů týdně [9]	Náklady závislé na spotřebě v VT [Kč]	Náklady závislé na spotřebě v NT [Kč]	Úspora na jednom cyklu [Kč]	Úspora za rok [Kč]
					Sazba D57d			
Pračka	0,73	0,41	0,57	3,4	1,02 Kč	0,98 Kč	0,04 Kč	7,05 Kč
Sušička	-	0,64	0,64	3,8	1,15 Kč	1,10 Kč	0,04 Kč	8,85 Kč
Myčka	1,22	1,40	1,31	4,8	2,34 Kč	2,25 Kč	0,09 Kč	22,89 Kč

Tabulka 11 Odhad úspor přesunem spotřeby u tarifu D57d

4.2 Ekonomická efektivita úspor výměnou spotřebiče

Jako alternativu k úsporám přesunem spotřeby jsem zvolil výměnu spotřebiče za nový, úspornější. V současnosti je vyvíjen značný tlak na zvyšování účinnosti spotřebičů. Díky tomu dnes v obchodech kupujeme převážně jen spotřebiče energetických tříd vyšších než A. Tomu odpovídá i fakt, že v domácnostech mají nejvyšší zastoupení právě třídy A a A+ (Tabulka 12). Výjimku tvoří sušičky, kde mají nejvyšší zastoupení třídy A++ a A+++ . Je to zřejmě proto, že jsou osazovány tepelnými čerpadly, pomocí nichž by měly být mnohem úspornější.

Spotřebič	A+++	A++	A+	A	B a nižší
Chladnička kombinovaná	9,7	20,8	26,0	31,6	11,9
Pračka	8,7	22,2	26,6	30,8	11,7
Sušička	24,3	31,7	23,8	15,1	5,1
Myčka	11,7	25,4	28,8	28,2	5,9

Tabulka 12 Domácnosti v RD vybavené vybranými spotřebiči podle energetických tříd (v procentech), převzato z [9]

4.2.1 Spotřebiče, jejich parametry a ceny

Vzhledem k tomu, že spotřebiče třídy A se většinou už jen doprodávají, rozhodl jsem se porovnávat spotřebiče třídy A+ vůči nejlepší třídě A+++ . Vybral jsem základní modely v rámci daných tříd, každý pár od stejného výrobce a s obdobnými parametry. Ceny jsem získal z oblíbeného internetového obchodu Alza.cz a zaokrouhlil je na stovky korun⁷. Kombinované ledničky a pračky jsou značky Whirlpool, sušičky značky Beko a myčky značky Candy.

⁷ Ceny platné k 28. březnu 2017

Spotřebič	Model	Cena [Kč]	Roční spotř. [kWh]	Model	Cena [Kč]	Roční spotř. [kWh]
Chladnička kombinovaná	BSNF 8121 W	8 000	311 (A+)	BSNF 8123 W	12 000	163 (A+++)
Pračka	AWO/C 51211	6 000	165 (A+)	AWO/C 6304	6 500	147 (A+++)
Sušička	DPU 8360 X	12 000	299 (A+)	DH8534 CS RX	17 000	176 (A+++)
Myčka	CDP 1L39W	6 300	295 (A+)	CDP 6S3TAW-S	8 000	244 (A+++)

Tabulka 13 Seznam porovnávaných spotřebičů s jejich parametry, ceny převzaty z alza.cz 28.3.2017

Roční spotřeby jsem dále přepočtl na přímé náklady za spotřebovanou elektřinu, a tak jsem získal i roční úsporu při provozu úsporného spotřebiče.

Spotřebič	Přímé náklady za rok A+	Přímé náklady za rok A+++	Roční úspora
lednička	1 060,51 Kč	555,83 Kč	504,68 Kč
pračka	562,65 Kč	501,27 Kč	61,38 Kč
myčka	1 005,95 Kč	832,04 Kč	173,91 Kč
sušička	1 019,59 Kč	600,16 Kč	419,43 Kč

Tabulka 14 Přímé roční náklady na spotřebovanou elektřinu a roční úspora, ceny elektřiny dle [5]

4.2.2 Rozdílová investice

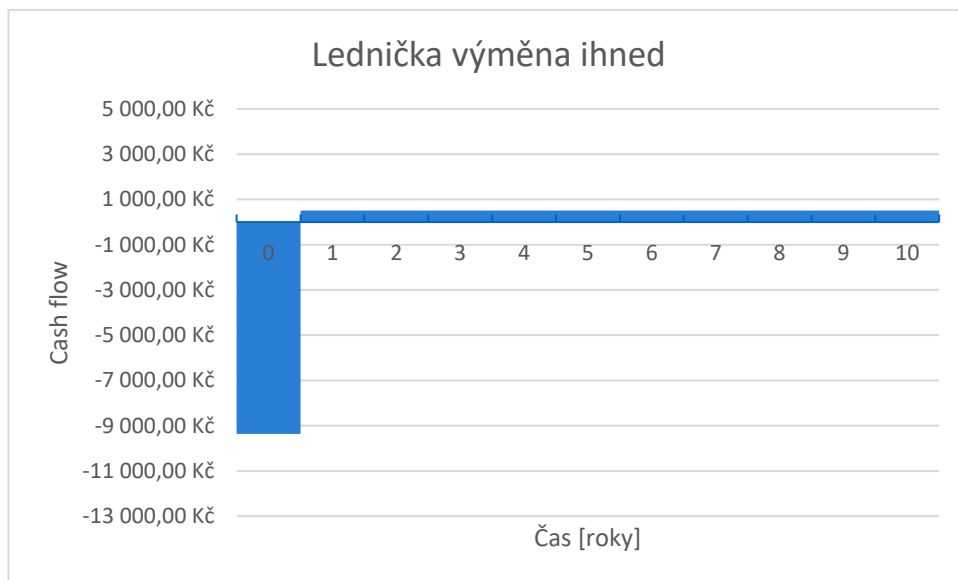
Při posuzování výhodnosti investice do úspornějšího spotřebiče jsem nejprve zjišťoval, zda úspory na provozu úspornějšího spotřebiče pokryjí rozdíl v ceně. Jako kritérium rozhodování jsem vybral čistou současnou hodnotu (NPV). Předpokládám životnost všech spotřebičů 10 let a diskont 3 %. Je vidět, že v desetiletém časovém horizontu se vyplatí pouze investice do úspornější ledničky a pračky. Investice do úsporné myčky, a zvláště sušičky, se jeví jako prodělečná.

rok	Lednička rozdílová inv.	Pračka rozdílová inv.	Myčka rozdílová inv.	Sušička rozdílová inv.
0	-4 000,00 Kč	-500,00 Kč	-1 700,00 Kč	-5 000,00 Kč
1	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
2	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
3	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
4	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
5	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
6	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
7	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
8	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
9	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
10	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
NPV	305,02 Kč	23,58 Kč	-216,51 Kč	-1 422,18 Kč

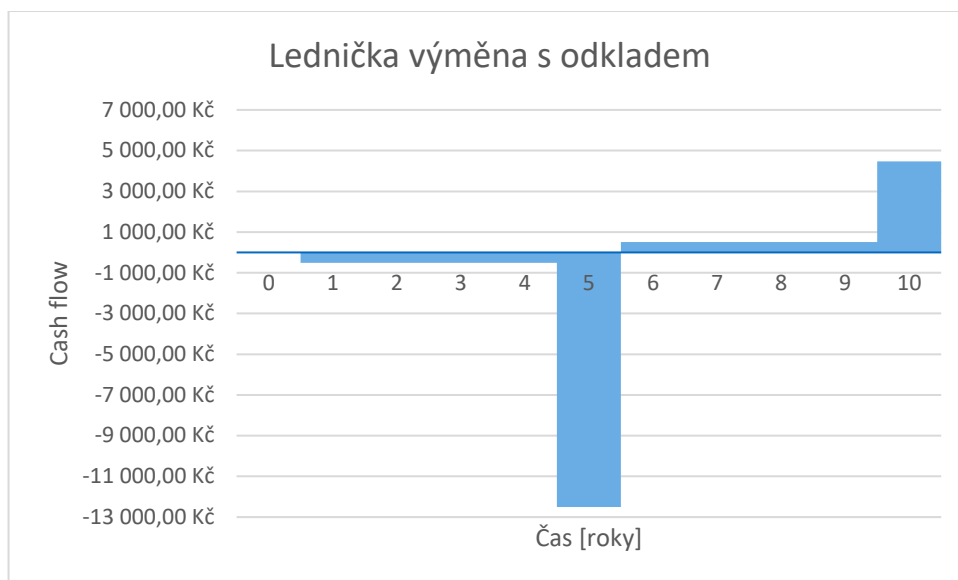
Tabulka 15 CF a NPV rozdílových investic

4.2.3 Vliv odkladu investice

Pro další porovnání jsem zvolil následující situaci. Vlastním spotřebič třídy A+, který je v polovině své desetileté životnosti, a rozhoduji se, zda ho prodat za zbytkovou cenu a koupit nový, úspornější (A+++), nebo zda počkat, až doslouží, a poté koupit nový. V druhém případě mi navíc v desátém roce, tedy na konci z hlediska investice, zůstane zbytková hodnota spotřebiče v polovině životnosti. Pro přesnější představu jsem výsledné roční cash flow obou případů pro ledničku vynesl do grafů (Graf 12 a Graf 13). Jako kritérium hodnocení jsem opět použil NPV. Zbytkovou hodnotu spotřebiče v polovině jeho životnosti jsem stanovil na 33 % původní hodnoty.



Graf 12 Roční CF při výměně ledničky ihned



Graf 13 Roční CF při výměně ledničky na konci životnosti

V tabulkách (Tabulka 16 a Tabulka 17) jsou roční CF a NPV pro všechny spotřebiče. Z nich je vidět, že lze obecně doporučit investici neodkládat. Výjimkou je sušička, pro kterou vycházejí obě varianty téměř rovnocenně. Pokud bych určil zbytkovou hodnotu spotřebiče jako nulovou, změnil se i u sušičky doporučení na neodkládat. U ostatních spotřebičů tato změna nijak významně neprojeví.

rok	Lednička výměna ihned	Pračka výměna ihned	Myčka výměna ihned	Sušička výměna ihned
0	-9 360,00 Kč	-4 520,00 Kč	-5 921,00 Kč	-14 360,00 Kč
1	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
2	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
3	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
4	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
5	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
6	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
7	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
8	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
9	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
10	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
NPV	-5 054,98 Kč	-3 996,42 Kč	-4 437,51 Kč	-10 782,18 Kč

Tabulka 16 CF a NPV při výměně spotřebiče ihned

rok	Lednička výměna s odkladem	Pračka výměna s odkladem	Myčka výměna s odkladem	Sušička výměna s odkladem
0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
1	-504,68 Kč	-61,38 Kč	-173,91 Kč	-419,43 Kč
2	-504,68 Kč	-61,38 Kč	-173,91 Kč	-419,43 Kč
3	-504,68 Kč	-61,38 Kč	-173,91 Kč	-419,43 Kč
4	-504,68 Kč	-61,38 Kč	-173,91 Kč	-419,43 Kč
5	-12 504,68 Kč	-6 561,38 Kč	-8 173,91 Kč	-17 419,43 Kč
6	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
7	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
8	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
9	504,68 Kč	61,38 Kč	173,91 Kč	419,43 Kč
10	4 464,68 Kč	2 206,38 Kč	2 813,91 Kč	6 029,43 Kč
NPV	-7 722,24 Kč	-4 049,50 Kč	-5 045,89 Kč	-10 753,89 Kč

Tabulka 17 CF a NPV při výměně spotřebiče na konci životnosti

4.3 Porovnání obou metod úspor

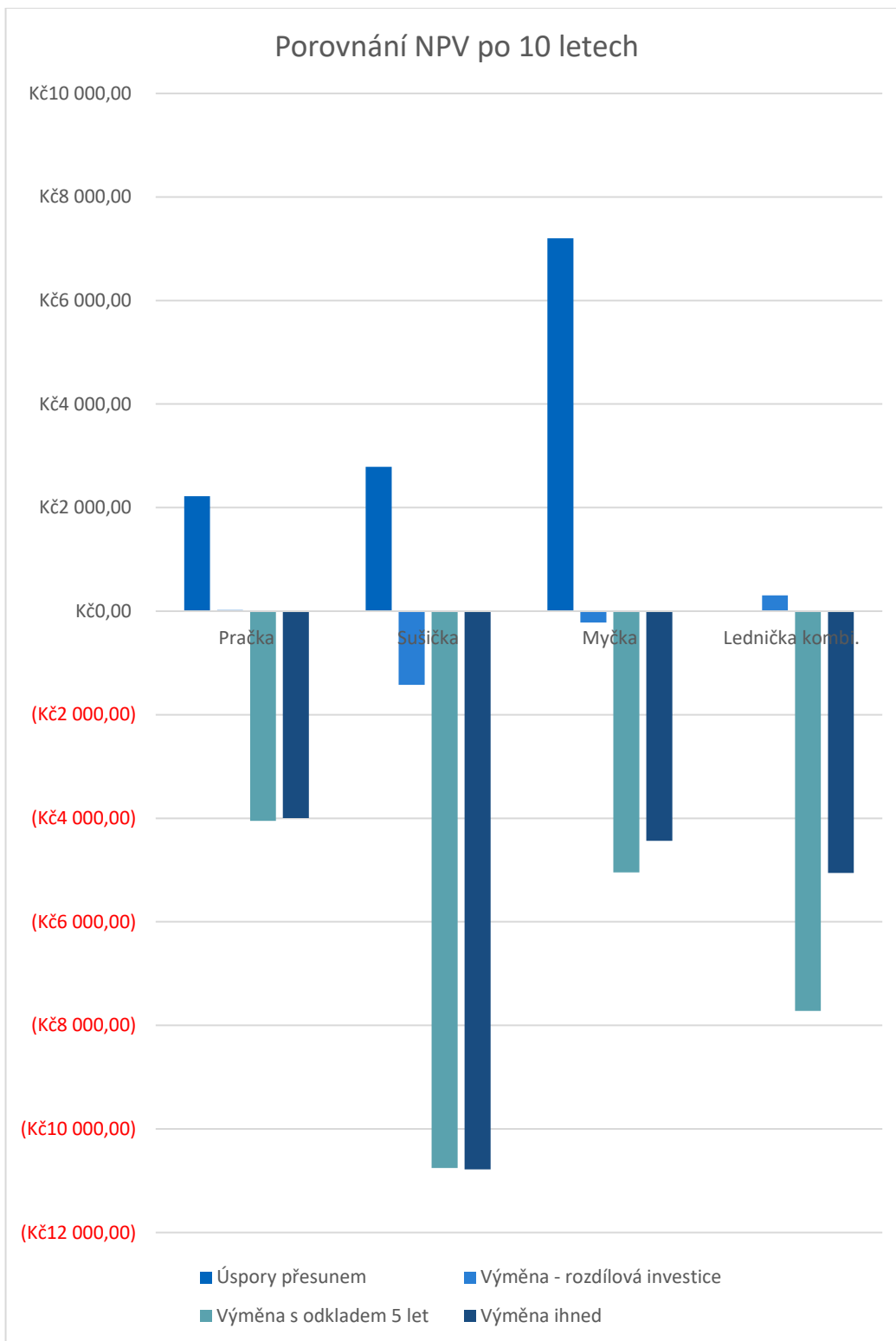
V poslední části mé práce nyní porovnám zmíněné varianty úspor, tedy úspory přesunem spotřeby, rozdílovou investici výměny spotřebiče, investici výměnou ihned a investici výměnou s odkladem o 5 let. Do následujícího grafu jsem vynesl jejich NPV. Hodnoty pro úspory přesunem jsem počítal jako NPV z roční úspory pro tarif D25d (Tabulka 9).

Z uvedených dat (Graf 14, Tabulka 18) je vidět, že investice do úspornějších spotřebičů se výrazněji vyplatí spíše výjimečně. V mém modelu pouze pro kombinovanou ledničku. Také lze doporučit vyměňovat spotřebiče dříve než na konci životnosti za podmínek, že nový spotřebič bude úspornější než vyměňovaný a že vyměňovaný spotřebič lze prodat za dostatečnou zbytkovou cenu. V mém případě se jako dostatečná jeví třetina nákupní hodnoty spotřebiče⁸. Úspory přesunem tedy na první pohled vycházejí výrazně výhodněji. Měli bychom však brát v úvahu také čas investovaný do úsporných opatření.

Spotřebič	Úspory přesunem	Výměna - rozdílová investice	Výměna s odkladem 5 let	Výměna ihned
Pračka	2 220,04 Kč	23,58 Kč	-4 049,50 Kč	-3 996,42 Kč
Sušička	2 785,93 Kč	-1 422,18 Kč	-10 753,89 Kč	-10 782,18 Kč
Myčka	7 203,10 Kč	-216,51 Kč	-5 045,89 Kč	-4 437,51 Kč
Lednička kombi.	nehodnoceno	305,02 Kč	-7 722,24 Kč	-5 054,98 Kč

Tabulka 18 Porovnání NPV všech variant úspor po 10 letech

⁸ U sušičky by zřejmě byla třeba zbytková cena o něco větší.



Graf 14 Porovnání NPV všech variant úspor po 10 letech

5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá úspornými spotřebiči v domácnosti. Jelikož jde o obsáhlé téma, vymezil jsme se pouze na některé spotřebiče užívající elektrickou energii. Jsou to takové, které nejsou určeny k vytápění ani ohřevu TUV. Dále jsem se zabýval pouze domácnostmi v rodinných domech. Hlavním cílem této práce bylo popsat a zhodnotit možnosti úspor u těchto spotřebičů.

V souladu se zadáním jsem si v úvodu položil několik stěžejních otázek. Nyní, po předchozí analýze, se na ně pokusím zodpovědět.

Které spotřebiče v domácnosti spotřebovávají nejvíce energie? Abych mohl odpovědět na tuto otázku vytvořil jsem si kritérium „poměrná energetická náročnost“. Pomocí tohoto kritéria jsem seřadil běžné domácí spotřebiče současně z hledisek roční spotřeby elektřiny a jmenovitého příkonu. Zjistil jsem, že nejnáročnějšími spotřebiči jsou elektrický sporák, sušička, kombinovaná chladnička, světla a myčka.

Kromě toho, jsem se v první kapitole zabýval také způsoby úspor. Vybral jsem dva základní. Úspory přesunem spotřeby spočívají v odložení spotřebiče na období NT. Jsou tedy použitelné pouze pro domácnosti s dvoutarifní sazbou. Náročné spotřebiče jsem pro účely úspor přesunem rozdělil na přesunutelné a bez možnosti přesunu. Za nejdůležitější přesunutelné spotřebiče považuji sušičku, myčku a pračku. Druhým způsobem úspor jsou úspory výměnou spotřebiče za nové efektivnější, jejichž název napovídá vše podstatné.

Jakým způsobem a jak často domácí spotřebiče používáme? Na tuto otázku jsem odpověděl simulací základních spotřebičů v rámci modelové domácnosti. Modelovou domácnost jsem na základě výsledků průzkumu ENERGO 2015 vytvořil pomocí vhodných sekvencí okamžitých příkonů z výzkumu UK-DALE. Zahrnul jsem následující spotřebiče: myčku, TV, PC techniku, rychlovarnou konvici, fén, kombinovanou chladničku, světla, pračku a žehličku. Výsledkem byly denní spotřeby jednotlivých spotřebičů a celé domácnosti a denní diagramy zatížení. Dále jsem provedl simulaci obdobné domácnosti pomocí typového diagramu dodávky (TDD).

Mění se spotřeba a využití domácích spotřebičů v průběhu roku? V rámci simulace jsem zaznamenal menší změny spotřeby u kombinované chladničky a u světel. V konečném součtu šlo řádově o setiny kWh za den. Výraznější byly změny rozložení spotřeby na denních diagramech zatížení.

Je možné spotřebu náročných spotřebičů přesunout do pásma NT a tak ušetřit? Ano, ale... Provedl jsem úpravy v původní simulaci modelové domácnosti tak, že jsem přesunul spotřebu pračky a žehličky do odpoledního období NT (uvažoval jsem sazbu D25d). Tím se mi podařilo přesunout do pásma NT o jednu třetinu více spotřeby než u původní simulace a o jednu čtvrtinu více spotřeby než u simulace TDD. Pro sazbu D25d to odpovídá úspoře zhruba 9 Kč denně oproti původní simulaci (respektive 7 Kč za den oproti TDD). A teď to důležité „ale“. Z Národní studie AMM vyplývá značná neochota spotřebitelů slevovat ze svých nároků na komfort. Jelikož úspory přesunem jsou většinou o úpravě chování a životního rytmu, stylu, jsou jejich reálné možnosti značně nejisté. Následující ekonomické odhady tak nemusí být relevantní pro velkou část běžných

domácností. Národní studie AMM ale uvádí i pozitivnější závěry. Spotřebitelé jsou totiž nejvíce nakloněni přesunu právě spotřeby pračky, myčky, sušičky a také žehličky.

Vrátí se mi čas a peníze vložené do provádění úsporných opatření? Pro modelovou domácnost odhaduji roční úspory přesunem okolo dvou tisíc korun. Samozřejmě za předpokladu, že budou úsporná opatření dodržovat při všech možných příležitostech. Pro reálnou domácnost budou úspory nejspíše nižší. Spočetl jsem také NPV pro jednotlivé spotřebiče při horizontu 10 let a diskontu 3 %. Výsledky jsou zaokrouhleně 2200 Kč pro pračku, 2800 Kč pro sušičku a 7200 Kč pro myčku. Zda jsou tyto úspory dostatečné je na každé domácnosti.

Jakou mám alternativu k úsporám přesunem? Jak jsem již nastínil, jde o úspory pomocí výměny spotřebiče za nový, úspornější. Jde o klasickou investici, kdy na počátku zakoupím spotřebič a poté inkasuji úsporu na vyúčtování za elektřinu. Vzhledem k zastoupení jednotlivých energetických tříd v domácnostech a na trhu s domácími spotřebiči jsem se rozhodl pro situaci, kdy vlastním spotřebič třídy A+ a budu ho vyměňovat za spotřebič třídy A+++. Životnost spotřebičů je 10 let a diskont 3 %. Dále jsem uvažoval myčku, pračku, sušičku a kombinovanou chladničku. Nejprve jsem spočítal NPV rozdílové investice, kde na počátku zaplatím rozdíl v ceně spotřebičů a poté získávám úsporu na provozu. NPV vychází kladné pouze pro chladničku (přibližně 300 Kč) a pračku (okolo 20 Kč). Poté jsem uvažoval situaci, kdy vlastním spotřebič A+ starý 5 let a rozhoduji se, zda vyměnit nyní nebo až na konci jeho životnosti (za 5 let). Předpokládám, že spotřebič v polovině jeho životnosti jsem schopný prodat za třetinu původní ceny. Z výsledných rozdílů NPV vyplývá, že pro všechny spotřebiče mino sušičku se vyplatí vyměňovat ihned (pro sušičku je rozdíl NPV okolo -30 Kč).

Pokud jsou jediným užitekem z výměny spotřebiče úspory, pak se výměna většinou nevyplatí⁹. Když se pro výměnu rozhodnu, je většinou výhodnější vyměnit spotřebič v polovině životnosti, než na konci životnosti. Kromě ekonomických aspektů jsou úspory přesunem spotřebičem příjemnější, protože nevyžadují změnu chování. Vyžadují však nemalou vstupní investici. Naproti tomu úspory přesunem spotřeby vstupní investice nevyžadují a nabízejí zajímavé úspory. Jsou však z hlediska komfortu spotřebitele výrazně náročnější. Většinou vyžadují dlouhodobou změnu chování a životního stylu.

⁹ Nové spotřebiče však často obsahují i nové funkce, které mohou přinášet další užitek. I ten bude ovlivňovat rozhodování spotřebitele, ale domnívám se, že míra ovlivnění bude značně individuální.

6. CITOVANÁ LITERATURA

- 1] M. Haluza a J. Macháček, „Spotřeba elektrické energie domácností, predikce a potenciální úspory pomocí BACS,“ 7 Květen 2012. [Online]. Available: <http://elektro.tzb-info.cz/8570-spotreba-elektricke-energie-domacnosti-predikce-a-potencialni-uspory-pomoci-bacs>. [Přístup získán 13 Únor 2017].
- 2] A. d. Almeida, P. Fonseca, B. Schlomann a N. Feilberg, „Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations,“ *Energy and Buildings* 43, p. 8, 23 Květen 2011.
- 3] J.-P. Zimmermann, M. Evans, J. Griggs, N. King, L. Harding, P. Roberts a C. Evans, „Intertek Report R66141,“ Květen 2012. [Online]. Available: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/208097/10043_R66141HouseholdElectricitySurveyFinalReportissue4.pdf. [Přístup získán 13 Únor 2017].
- 4] Energetický regulační úřad, „Cenové rozhodnutí č. 8/2016,“ 25 Listopad 2016. [Online]. Available: http://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_11_2016/7d55bec4-1526-4aec-858e-f01b2efe838e. [Přístup získán 23 Květen 2017].
- 5] ČEZ Prodej, „CENÍK ELEKTŘINY,“ 1 Leden 2016. [Online]. Available: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/new_cez_cz_ele_cenikmoo_2016-31-10_comfort.pdf. [Přístup získán 13 Únor 2017].
- 6] ISR-University of Coimbra, Dep. of Electrical Engineering, „REMODECE,“ Listopad 2008. [Online]. Available: http://remodece.isr.uc.pt/downloads/REMODECE_PublishableReport_Nov2008_FINAL.pdf. [Přístup získán 13 Únor 2017].
- 7] tzb-info.cz, „Porovnání nákladů na vytápění TZB-info,“ 2012. [Online]. Available: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>. [Přístup získán 13 Únor 2017].
- 8] A. Linhartová, Náklady na energii v domácnostech, bakalářská práce, Praha: FEL ČVUT v Praze, 2015.
- 9] Český statistický úřad, „SPOTŘEBA PALIV A ENERGIÍ V DOMÁCNOSTI,“ Český statistický úřad, Praha, 2017.

- 10] J. Kelly, *UK Domestic Appliance Level Electricity (UK-DALE) - Disaggregated (6s) appliance power and aggregated (1s) whole house power*, London: UK Energy Research Centre Energy Data Centre (UKERC-EDC), 2012-2015.
- 11] OTE, a.s., „OTE ČR,“ [Online]. Available: <http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd>. [Přístup získán 24 Květen 2017].
- 12] Ministerstvo průmyslu a obchodu, „Ekonomické posouzení všech dlouhodobých přínosů a nákladů pro trh a jednotlivé zákazníky při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice ČR,“ Ministerstvo průmyslu a obchodu, Praha, 2012.
- 13] J. Ptáček, „Jak se nám doma chovají elektrospotřebiče?,“ *Energetika*, pp. 42,47, Leden 2017.
- 14] J. Vastl, *Využití Smart meteringu v systému*, bakalářská práce, Praha: FEL ČVUT, 2016.
- 15] S. Firth, K. Lomas, A. Wright a R. Wall, „Identifying trends in the use of domestic appliances from household electricity consumption measurements,“ *Energy and Buildings* 40, p. 5, 17 Červenec 2007.