ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta Elektrotechnická

Diplomová práce

Efektivnost změny způsobu napájení bytového domu elektřinou

Bc. Michal Beránek

2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Beránek** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **372448**

Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**

Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**

Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Efektivnost změny způsobu napájení bytového domu elektřinou

Název diplomové práce anglicky:

Efficiency of changing the way of power supply to the apartment house

Pokyny pro vypracování:

Popis dosavadního způsobu napájení elektřinou bytového domu ve vlastnictví bytového družstva
Legislativní podmínky změny připojení k elektrizační soustavě
Návrh varianty pořízení a instalace vlastního distribučního transformátoru
Vyhodnocení ekonomické efektivnosti návrhu v porovnání s dosavadním stavem

Seznam doporučené literatury:

HÄBERLE, Gregor a kol.: Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi. Europa-Sobotáles, Praha 2006.
FENCL, F.: Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Skriptum ČVUT FEL, Praha, 2006
VÍTEK M.: Ekonomika dopravních energetických systémů. Skriptum ČVUT FEL, Praha, 2008 (2.vyd.).

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc., 13116

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

Datum zadání diplomové práce: **07.02.2019** Termín odevzdání diplomové práce: **22.05.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

Ing. Miroslav Vítek, CSc. podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Pavel Ripka, CSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání Podpis studenta

© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

Nemám námitky proti použití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o autorských právech a právech souvisejících, ve smyslu pozdějších znění tohoto zákona.

V Praze dne _____ Podpis _____

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za odborné konzultace, rady a čas, který mi věnoval v průběhu zpracování této diplomové práce.

Bibliografická citace

BERÁNEK, M.: Efektivnost změny způsobu napájení bytového domu elektřinou. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2020. 70 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje současný stav bytového domu ve vlastnictví bytového družstva, zejména z pohledu napájení elektřinou a charakterem spotřeby. Dále uvádí základní legislativní podmínky pro připojení k distribuční síti a přehled účastníku trhu s elektřinou. V další části se zabývá návrhem změny napájení bytového domu pomocí vlastního distribučního transformátoru s ohledem na zajištění nepřetržité dodávky elektřiny v případě nenadálé poruchy na instalovaném zařízení. Na základě sdružení odběrů do jednoho odběrného místa je hledáno optimální řešení, které by přineslo úsporu za fixní platby a regulovanou složku elektřiny. Závěrečná část je věnována ekonomickému zhodnocení návrhů a jejich porovnání. Cílem práce je ověřit, zda sdružení odběrů a zajištění napájení pomocí vlastního distribučního transformátoru přinese pozitivní ekonomický výsledek při současném udržení uživatelského komfortu.

Klíčová slova

Bytové družstvo, distribuční transformátor, změna napájení, úspora fixních nákladů

Abstract

This thesis describes the current state of an apartment building owned by a housing cooperative, especially in terms of electricity supply and the nature of consumption. It also provides the basic legislative conditions for connection to the distribution network and a brief overview of the electricity market participant. The next part deals with the design of the change of power supply of an apartment house with its own distribution transformer with regard to ensuring the continuous supply of electricity in the event of an unexpected breakdown on the installed equipment. Based on the grouping of offtakes into one offtake point, an optimum solution is sought, which would bring savings for fixed payments and a regulated component of electricity. The final part is devoted to the economic evaluation of proposals and their comparison. The aim of this work is to verify whether the combination of consumption and power supply with its own distribution transformer will bring a positive economic result while maintaining user comfort.

Key words

Housing cooperative, distribution transformer, change of power supply, saving of fixed costs

Obsah

1. Teoretická část 10
1.1. Úvod 10
1.2. Vývoj trhu s elektřinou 11
1.3. Energetický trh v ČR 12
1.3.1. Energetický zákon 12
1.3.2. Energetický regulační úřad 12
1.3.3. Operátor trhu s elektřinou 13
1.3.4. Státní energetická inspekce 13
1.3.5. Účastníci trhu s elektřinou 13
1.4. Podmínky pro připojení k elektrizační soustavě 15
1.5. Kategorizace zákazníků 19
1.6. Popis objektu 19
1.7. Organizační struktura bytového družstva 21
1.8. Popis dosavadního způsobu napájení elektřinou 22
1.9. Analýza spotřeby elektrické energie 24
1.9.1. Hodinová měření 24
1.9.2. Porovnání výsledků s TDD 26
1.9.3. Celková roční spotřeba 29
1.10. Analýza možnosti připojení na distribuční síť VN 30
1.11. Analýza možností připojení na domovní rozvod 30
1.11.1. Úplné odpojení od NN 30
1.11.2. Záložní připojení na NN 31
1.12. Transformátory 31
1.12.1. Přehled vhodných transformátorů 31
1.12.1.1. Olejové transformátory 32
1.12.1.2. Suché transformátory 34
1.12.2. Volba typu transformátoru 35

1.13. Vyhodnocení teoretické části a volba technického řešení 35
2. Technická část 37
2.1. Současný stav 37
2.1.1. Energetická bilance 38
2.1.2. Platby za elektřinu 38
2.2. Varianta 1 41
2.2.1. Volba transformátoru 41
2.2.2. Měření spotřeby – na vstupu 42
2.2.3. Měření spotřeby – koncoví spotřebitelé 42
2.2.4. Vyúčtování spotřeby 42
2.2.5. Revize 43
2.2.6. Připojení k síti 44
2.2.7. Stanovení regulované ceny elektřiny 44
2.2.7.1. Distribuce 44
2.2.7.2. Rezervovaná kapacita 44
2.2.7.3. Platba za systémové služby 45
2.2.7.4. Platba za podporu POZE 46
2.2.7.5. Daň z elektřiny 46
2.2.7.6. Platba za služby operátora trhu s elektřinou 46
2.2.7.7. Poplatek za překročení účiníku 47
2.2.7.8. Výsledná cena 48
2.2.8. Ztráty v transformátoru 50
2.3. Varianta 2 52
2.3.1. Volba transformátoru 52
2.3.2. Měření spotřeby na vstupu 52
2.3.3. Měření spotřeby – koncoví uživatelé 52
2.3.4. Vyúčtování spotřeby 53
2.3.5. Revize 53

2.3.6. Připojení k síti 53
2.3.7. Regulovaná cena elektřiny 54
3. Ekonomická část 55
3.1. Investiční náklady – Varianta 1 55
3.2. Provozní náklady – Varianta 1 56
3.3. Investiční náklady – Varianta 2 58
3.4. Provozní náklady – Varianta 2 58
3.5. Výchozí stav 59
3.5.1. Čistá současná hodnota (NPV) 60
3.5.2. Vnitřní výnosové procento (IRR) 60
3.5.3. Prostá doba návratnosti (PP) 60
3.5.4. Reálná doba návratnosti (DPP) 60
3.6. Ekonomické zhodnocení variant 61
3.7. Citlivostní analýza 62
3.8. Shrnutí výsledků 65
4. Závěr 66

1. Teoretická část

1.1. Úvod

Tato práce si bere za úkol optimalizaci výdajů za energii v bytovém domě v ulici Zázvorkova č.p. 1995-1999 na Praze 5. V tomto případě se jedná o snížení ceny elektrické energie pro koncové odběratele, tj. členy družstva a společnou spotřebu bytového domu. Cílem této práce je posouzení ekonomických důsledků změny napájení bytového domu elektřinou pomocí připojení bytového domu na síť vysokého napětí a zajištění distribuce elektřiny vlastním distribučním transformátorem.

Tuto práci jsem rozčlenil do tří hlavních částí. V úvodu teoretické části představím objekt bytového domu, organizační strukturu bytového družstva (BD) a analyzuji současnou spotřebu elektrické energie v objektu. Dále zvážím technické a legislativní podmínky pro připojení objektu na síť vysokého napětí a možnost připojení vlastního transformátoru na stávající silový rozvod elektřiny v bytovém domě. V závěru teoretické části, na základě shromážděných údajů, zhodnotím dostupné transformátory a vyberu takové, které budou svými parametry nejlépe odpovídat požadované aplikaci.

V technické části práce navrhnu připojení objektu k síti vysokého napětí a zpracuji dvě varianty zapojení vlastních distribučních transformátorů. Navrhnu způsob vyúčtování spotřeby a plán revizí a údržby. Navrhnu také způsob připojení k síti. V závěru této části se zaměřím na způsob měření spotřeby u konečných odběratelů.

Ekonomická část této práce bude obsahovat výpočet ekonomických ukazatelů navrhovaných variant. Po stanovení investičních a provozních nákladů provedu výpočet čisté současné hodnoty (NPV), vnitřního výnosového procenta (IRR), doby návratnosti (PP) a pro vybrané parametry provedu citlivostní analýzu. V závěru kapitoly provedu porovnání jednotlivých variant, jak mezi sebou, tak s původním stavem.

V závěru práce provedu diskuzi nad jednotlivými návrhy nejen z pohledu ekonomického, ale i z pohledu technické náročnosti, spolehlivosti a uživatelského komfortu jednotlivých variant.

1.2. Vývoj trhu s elektřinou

Elektroenergetika je strategickým odvětvím, které je úzce svázáno s hospodářskou prosperitou a růstem životní úrovně. Pro moderní vyspělou společnost je spolehlivá a nepřetržitá dodávka elektrické energie stejně důležitá jako přístup k vodě či potravinám, ostatně bez elektřiny by ani výroba a distribuce těchto komodit nebyla možná. Důležitost tohoto odvětví vedla ve většině evropských zemích po druhé světové válce ke znárodnění tohoto sektoru. To dalo vzniknout národním energetikám, integrovaným na bázi národních států. [1] Státem ovládaný monopol zajišťoval výrobu, přenos, distribuci a prodej elektrické energie koncovým odběratelům za rozumné ceny. V zemích, kde stát neměl absolutní monopol, ale vlastnil či reguloval jeho převážnou část, toto uspořádání zajišťovalo stabilní prostředí pro soukromé investory. Narušení stability tohoto systému přinesly ropné krize v 70. letech. V zemích se státním monopolem v energetice vedly důsledky ropné krize k ještě větší centralizaci a plánované energetice. Ve státech s podílem soukromých společností v energetice však růst cen primárních zdrojů vedl k tlaku soukromých investorů na regulátora trhu – státní podnik, na navýšení tarifů. To mělo za následek růst cen pro koncové odběratele, ale zisky tohoto navýšení nekončili v oboru energetiky. Pro stabilizaci odvětví bylo zapotřebí systémových změn a tato potřeba vyústila v liberalizaci trhu s elektřinou.

Základní dokument, který nastavil právní rámec a umožnil tak sjednocení procesu liberalizace trhu s elektřinou v rámci Evropy byla Maastrichtská smlouva. Tato smlouva je zakládající smlouvou o Evropské unii a významně posílila evropskou integraci a federalizaci. Byla podepsána v Maastrichtu 7. února 1992 a vstoupila v platnost 1. listopadu 1993. Tím se otevřela cesta pro země Evropské unie, aby následovaly liberalizační proces a mezinárodní propojení trhu, jako v případě Nord Poolu, zaváděného ve Skandinávii. Následně byla roku 1995 vydána Bílá kniha - *Energetická politika pro Evropskou unii v roce 1995*, která za hlavní překážku v řešení těchto problémů označila absenci jednotné energetické politiky na komunitární úrovni.

Následovaly tři liberalizační balíčky, na základě kterých se začal postupně otevírat trh s elektřinou. Jednalo se o složitý proces, který musel být několikrát aktualizován, aby dosáhl své nynější podoby. Po dlouhém období centralizace došlo ke vzniku konkurence mezi výrobci i dodavateli, došlo k mezinárodnímu propojení sítí a po prvních váhavých pokusech se spustil obchod s elektřinou. Zejména díky pokroku na poli liberalizace trhu v posledních dvaceti letech se otevřely nové dveře pro koncové uživatele. Již od prvního liberalizačního balíčku z roku 1996 se začal trh otevírat pro oprávněné zákazníky.

Nejprve postupně:

- Při uvedení směrnice pro odběratele se spotřebou > 40 GWh
- Po 3 letech od uvedení směrnice pro odběratele se spotřebou > 20 GWh
- Po 6 letech od uvedení směrnice pro odběratele se spotřebou > 9 GWh

Ale dnes si již každý zákazník může vybrat svého dodavatele a svobodně rozhodovat o své pozici na trhu. Díky těmto skutečnostem, také může vzniknout tato práce.

1.3. Energetický trh v ČR

Na energetickém trhu v České republice není pouze elektřina, v podobném duchu jsou řízeny i obory plynárenství a teplárenství. V této práci se ale zaměřím pouze na trh s elektrickou energií. Od roku 2006 je český trh s elektřinou plně liberalizovaný. Základní právní rámec liberalizace trhu byl dán Energetickým zákonem č. 458/2000 Sb. Všechna pravidla na trhu s elektřinou jsou určována energetickým zákonem. [2]

1.3.1. Energetický zákon

Zákon č. 458/2000 Sb. - Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (Energetický zákon) upravuje podmínky pro podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích. Zákon zohledňuje legislativní vliv Evropské unie na zákony o podnikání a vliv státní správy na energetiku. Energetický zákon platí pro oblast teplárenství a plynárenství. Předmětem podnikání v energetice se rozumí výroba elektřiny, přenos, distribuce nebo jakýkoliv obchod s elektrickou energií. Podnikat s energiemi mohou jen právnické nebo fyzické osoby na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem a jsou vydávány na dobu 25 let pro výrobu elektrické energie nebo na dobu neurčitou pro její distribuci. Licence na obchod s elektrickou energií se uděluje na dobu 5 let. Zákon upravuje práva a povinnosti, které plynou z udělení licence a uvádí hierarchii kontrolních a řídících orgánů v tomto odvětví. Vymezuje bezpečnostní podmínky na provozování těchto zařízení a pojednává o trestech za nedodržení licenčních, či smluvních podmínek. [2]

1.3.2. Energetický regulační úřad

Energetický regulační úřad (ERÚ) byl zřízen 1. ledna 2001 zákonem č. 458/2000 Sb. (Energetický zákon) jako správní úřad pro výkon regulace v energetice. Mezi jeho cíle patří podpora hospodářské soutěže a ochrana zájmů spotřebitelů vůči prodejcům a zprostředkovatelům tam, kde není konkurence. Úřad uděluje a ruší licence na výrobu, přenos a distribuci elektrické energie, reguluje její ceny a schvaluje pravidla pro organizaci trhu s elektřinou. Regulace cen Energetickým regulačním úřadem je prováděna

zveřejněním věstníku, který formou cenového rozhodnutí stanovuje ceny regulovaných složek elektřiny, včetně pravidel, za jakých podmínek mají být účtovány. Energetický regulační úřad také na svých stránkách umožňuje porovnání nabídek všech obchodníků s elektřinou a usnadňuje tak zákazníkům orientaci na trhu. [3]

1.3.3. Operátor trhu s elektřinou

Další nedílnou součástí trhu je Operátor trhu s elektřinou (OTE). Byl založen na základě zákona č. 458/2000 Sb. (Energetický zákon) § 27. Společnost je ze 100 % vlastněna státem, jehož vlastnická práva vykovává Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). Hlavním účelem OTE je organizace krátkodobého denního, vnitrodenního a vyrovnávacího trhu s elektřinou. Provádí vyhodnocování a zúčtování odchylek subjektů zúčtování. Dále zajišťuje vypořádání plateb ve vztahu k účastníkům trhu a zajišťuje aktivaci podpůrných služeb. Zpracovává měsíční a roční zprávy o trhu s elektřinou. Velmi užitečnou činností OTE je zpracování a aktualizace typových diagramů dodávky, které vyjadřují modelový průběh spotřeby různých typů odběratelů v čase. Tyto diagramy jsou vytvářeny na základě měření u vybrané skupiny odběratelů a obsahují parametry pro výpočet spotřeby elektřiny pro každou hodinu v roce. Tyto diagramy se pokusím využít v další části práce, pro zjednodušení výpočtu. [4]

1.3.4. Státní energetická inspekce

Státní energetická inspekce je podřízena Ministerstvu průmyslu a obchodu. Provádí kontrolní činnost danou zákonem o hospodaření s energií. Pokud shledá porušení předpisů, tak může následovat výzva k nápravě nebo sankční opatření. Dále může vydávat závazná stanoviska v řízeních prováděných stavebními úřady. [5]

1.3.5. Účastníci trhu s elektřinou

Účastníky trhu s elektřinou jsou výrobci, provozovatelé přenosových soustav (PPS), provozovatelé distribučních soustav (PDS), operátor trhu s elektřinou, obchodníci s elektřinou a koneční zákazníci. Státními orgány působícími v energetice jsou Ministerstvo průmyslu a obchodu, Energetický regulační úřad a Státní energetická inspekce.

Výrobci

Výrobce elektrické energie musí být držitelem platné licence, při splnění daných podmínek má právo na připojení k síti, na přepravu vyrobené elektřiny a její prodej dalším subjektům. Mimo prodeje elektřiny obchodníkům může být také poskytovatelem podpůrných služeb pro provozovatele přenosové soustavy. Cena, za kterou může výrobce prodávat elektřinu, není omezena cenovým rozhodnutím, ale řídí se pravidly trhu s elektrickou energií. [6]

Provozovatel přenosové soustavy

Provozovatel přenosové soustavy provozuje vedení na napěťových hladinách 400 kV, 220 kV a vybrané vedení 110 kV. Pro tuto činnost je v České republice udělena jen jedna licence, a to společnosti ČEPS a. s. Povinností provozovatele přenosové soustavy je správa a dispečerské řízení přenosové soustavy. Cena za přenos elektrické energie je regulována cenovým rozhodnutím ERÚ. [6]

Provozovatel distribuční soustavy

Provozovatel distribuční soustavy musí být taktéž držitelem licence. PDS zajišťuje distribuci elektrické energie k zákazníkům v kvalitě dané zákonem. V české republice jsou tři hlavní provozovatelé distribučních soustav. V Praze PRE Distribuce a. s., v jižních Čechách a na jižní Moravě E-ON Distribuce a ve zbylých krajích ČEZ Distribuce a. s. Cena za přenos elektrické energie je regulována cenovým rozhodnutím ERU, a však není stejná pro všechny distributory. [6]

Obchodník

Obchodník s elektrickou energií je licencovaným účastníkem trhu. Má umožněn přístup na maloobchodní a velkoobchodní trh. Obchoduje za cílem maximálního zisku, jelikož prodává odběratelům silovou elektřinu, jejíž cena nepodléhá regulaci cenového rozhodnutí, ale je určována na trhu s elektřinou. [6]

Odběratel

Odběratel je konečným konzumentem elektrické energie. Je připojen k síti na základě smlouvy o připojení, kterou uzavírá s obchodníkem. V případě podezření z porušení svých práv, souvisejících s dodávkou elektřiny, se může obrátit na Energetický regulační úřad. [6]

Burza

Burzovní služby v České republice zajišťuje společnost PXE a. s. V roce 2016 se PXE stala součástí skupiny EEX Group, která sdružuje mezinárodní energetické a komoditní trhy spojující více než 500 účastníků obchodování po celém světě. Energetické produkty zajišťované PXE jsou obchodovány na platformě obchodního systému EEX, a účastníci obchodování EEX tak mají přístup k jedenácti západoevropským trhům. [7]

1.4. Podmínky pro připojení k elektrizační soustavě

Podmínky pro připojení k elektrizační soustavě upravuje *Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě*.

Tato vyhláška stanoví

a) podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě,
b) způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu elektřiny a
c) pravidla pro posuzování souběžných požadavků na připojení. [8]

Přestože tato vyhláška není příliš obsáhlá, zmíním zde pouze body týkající se přímo řešení diplomové práce. Jednotlivé odstavce tedy nemusí obsahovat všechny body jako v originálu.

Podmínky připojení zařízení k elektrizační soustavě

§ 3

(1) Podmínkami připojení zařízení žadatele k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě jsou

a) žádost o připojení,
b) studie připojitelnosti za podmínek podle § 6 a 7 a
c) smlouva o připojení mezi žadatelem a provozovatelem přenosové soustavy nebo provozovatelem distribuční soustavy nebo změna stávající smlouvy o připojení [8]

§ 4

(1) Žádost o připojení se podává pro každé místo připojení zvlášť. Žádost o připojení zařízení se podává

1) před výstavbou nebo připojením nového zařízení, s výjimkou mikrozdrojů připojovaných k distribuční soustavě postupem podle § 16 [8]

§ 6

(1) Provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy může od žadatele vyžádat zpracování studie připojitelnosti,

a) je-li s přihlédnutím ke všem okolnostem zřejmé, že zařízení, o jehož připojení žadatel žádá, bude mít vliv na provoz přenosové soustavy nebo distribuční soustavy, nebo
b) žádá-li se o připojení zařízení k napěťové hladině vysokého napětí a vyšších.

(2) Studie připojitelnosti není vyžadována v případě snížení rezervovaného příkonu nebo výkonu.

(5) Provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy může vyžádat zpracování studie připojitelnosti do 30 dnů od podání žádosti o připojení. Zároveň musí vymezit požadovaný rozsah studie připojitelnosti. [8]

§ 8

(1) Provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy posuzuje žádost o připojení zařízení s ohledem na

a) místo a způsob požadovaného připojení,
b) velikost požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu a časový průběh zatížení,
c) spolehlivost dodávky elektřiny,
d) charakter zpětného působení zařízení žadatele na přenosovou nebo distribuční soustavu,
e) plánovaný rozvoj soustavy,
f) pořadí podaných žádostí,
g) limity připojitelného výkonu do elektrizační soustavy stanovené provozovatelem přenosové soustavy,
h) velikost instalovaného výkonu výrobny a
i) povinnost přednostně připojit výrobnu elektřiny z podporovaného zdroje k přenosové nebo distribuční soustavě podle zákona o podporovaných zdrojích energie.

(2) Je-li to nezbytné pro náležité posouzení žádosti o připojení, vyzve provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel distribuční soustavy žadatele nejpozději do 15 dnů ode dne obdržení žádosti o doplnění poskytnutých údajů v potřebném rozsahu a stanoví k tomu přiměřenou lhůtu. Současně žadatele upozorní, že v případě nedoplnění údajů v požadovaném rozsahu ve stanovené lhůtě nebude žádost posuzována. [8]

Způsob stanovení podílu na oprávněných nákladech

§ 12

(1) Úhrada podílu na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu (dále jen „podíl na oprávněných nákladech“) se vypočítá jako součin měrného podílu podle přílohy č. 8 k této vyhlášce a žadatelem požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu.

(5) Na základě smlouvy hradí žadatel zálohu na podíl na oprávněných nákladech podle přílohy č. 8 k této vyhlášce, a to ve výši 50 % z hodnoty podílu na oprávněných nákladech, nejvýše však 50 000 000 Kč. Žadatel uhradí zálohu na podíl na oprávněných nákladech do 15 dnů ode dne uzavření smlouvy o připojení nebo smlouvy o smlouvě budoucí o připojení. [8]

Příloha č. 8 k vyhlášce č. 16/2016 Sb.

MĚRNÝ PODÍL ŽADATELE O PŘIPOJENÍ NA OPRÁVNĚNÝCH NÁKLADECH SPOJENÝCH S PŘIPOJENÍM A ZAJIŠTĚNÍM POŽADOVANÉHO PŘÍKONU A VÝKONU

ZA REZERVACI PŘÍKONU

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava		200 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ A	600 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ B	150 000 Kč/MW
distribuční soustava VN		800 000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ B1	200 000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
distribuční soustava NN	1 fázové připojení	200 Kč/A

ZA REZERVACI VÝKONU

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava	v místě připojení podle stanoviska provozovatele přenosové soustavy	500 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ A	1 200 000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ B	150 000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ A	640 000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ B	150 000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
distribuční soustava NN	1 fázové připojení	200 Kč/A

Připojení Typu A je takové připojení, kdy provozovatel distribuční soustavy rozšíří distribuční soustavu až do předávacího místa, kterým je např. trafostanice nebo rozvodna žadatele o připojení.

Připojení Typu B je takové připojení, které nesplňuje podmínky připojení typu A.

Připojení Typu B1 je takové připojení kdy se žadatel připojuje přímo do rozvodny provozovatele distribuční soustavy a není přitom nutná výstavba nové kobky a přípojnic a jsou pouze nutné úpravy technického rázu (např. doplnění vyzbrojení kobky)

V případě požadavku na připojení nebo navýšení rezervovaného příkonu nebo výkonu v objektech již připojených je pro určení výše podílu na oprávněných nákladech rozhodující stávající způsob připojení.

Obr. 1 Poplatky za připojení do sítě

1.5. Kategorizace zákazníků

Podle přílohy č. 7 k vyhlášce č. 408/2015 Sb. se zákazníci dělí do následujících kategorií:

Pro účely organizace trhu s elektřinou se zákazníci dělí do těchto kategorií:

a) odběratel kategorie A - odběratel, jehož odběrné místo je připojeno k přenosové soustavě nebo odběratel, jehož odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi vyšším než 52 kV,

b) odběratel kategorie B - odběratel, jehož odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi od 1 kV do 52 kV včetně,

c) odběratel kategorie C - odběratel, který není odběratelem kategorie A, B nebo D,

d) odběratel kategorie D - fyzická osoba, jejíž odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi do 1 kV včetně a která odebírá elektřinu k uspokojování její osobní potřeby související s bydlením nebo osobních potřeb členů její domácnosti; za odběratele kategorie D se považuje i fyzická nebo právnická osoba v rozsahu odběru elektřiny pouze pro potřeby správy a provozu společných částí domu sloužících pouze pro společné užívání vlastníkům nebo uživatelům bytů. [9]

1.6. Popis objektu

Objekt, pro který bude zpracován návrh změny napájení elektřinou, je soubor budov spadajících pod bytové družstvo „Zázvorkova 1995 – 1999“, který se nachází v Praze 5 – Lužiny, v ulici Zázvorkova, číslo popisné 1995 – 1999. Jedná se o komplex 15 panelových domů s vlastními oddělenými vchody, tvořících monoblok ve varu obráceného U, z něhož 5 domů patří do bytového družstva. Situace je naznačena na Obr. 2. Červeně jsou označeny budovy spadající pod bytové družstvo.

Jedná se o standardní panelový dům, který byl dostavěn v roce 1988. Má 12 nadzemních podlaží a suterén. V přízemí jsou umístěny nebytové prostory – kadeřnictví, kanceláře, sklad, kočárkárny apod. Je rozdělen do několika sekcí. Číslo popisné 1998 a 1999 je v sekci T32 a č. p. 1995 – 1997 v sekci T33. Názvy sekcí vycházení z původní dokumentace objektu, kdy bylo pro tyto sekce zajištěno společné připojení na inženýrské sítě. Toto technologické spojení jednotlivých vchodů pak přirozeně vedlo ke vzniku bytového družstva. Každá z těchto sekcí disponuje kanalizační přípojkou a přípojkou elektrické energie nízkého napětí. Předávací stanice tepla byla umístěna v sekci T32, ale v současnosti již původní připojení na dálkové vytápění není používáno. Na místě původní předávací stanice tepla je umístěna plynová kotelna, která zajišťuje vytápění celého bytového družstva.

Dispoziční řešení bytových jednotek pro jednotlivé vchody je rozdílné. V každém z domů č. p. 1997 a 1998 se nachází 24 bytových jednotek s dispozicí 22 x 3+1 a 2x 1+1. Ostatní domy, č. p. 1995, 1996 a 1999 disponují 36 bytovými jednotkami – 12 x 3+1, 12 x 2+1 a 12 x 1+1. Celkově je tedy součástí bytového družstva 156 bytových jednotek.

Obr. 2 Bytové družstvo Zázvorkova 1995 – 1999

1.7. Organizační struktura bytového družstva

V této části práce zmíním vybrané části stanov bytového družstva, které se týkají organizační struktury a procesu schvalování změn, které mají přímou souvislost s touto prací. V případě ekonomické výhodnosti projektu je totiž potřebné nově navrhovanou změnu napájení objektu schválit.

Bytové družstvo Zázvorkova 1995 – 1999 vzniklo na ustavující schůzi, která se konala dne 15. 11. 2006 a do obchodního rejstříku bylo zapsáno dne 3. 1. 2007 pod číslem Dr 6649. Jeho součástí je 156 bytových jednotek a 5 nebytových prostor. Předmětem činnosti bytového družstva je pronájem nemovitostí, bytů a nebytových prostor bez poskytování jiných než základních služeb zajišťujících řádný provoz nemovitostí, bytů a nebytových prostor. [10] Od roku 2013 však družstvo má koncesovanou ekonomickou činnost - výroba tepla ve vlastní kotelně a od roku 2016 i činnost spočívající v technickém zabezpečení budovy (čipový a kamerový systém). Družstvo má 155 členů a orgány družstva tvoří členská chůze, představenstvo a kontrolní komise. Každý ze členů družstva má s bytovým družstvem uzavřenou smlouvu o pronájmu bytové jednotky.

Nejvyšším orgánem družstva je členská schůze, která je, dle odstavce 5.2.7, schopna se usnášet v následujícím případě:

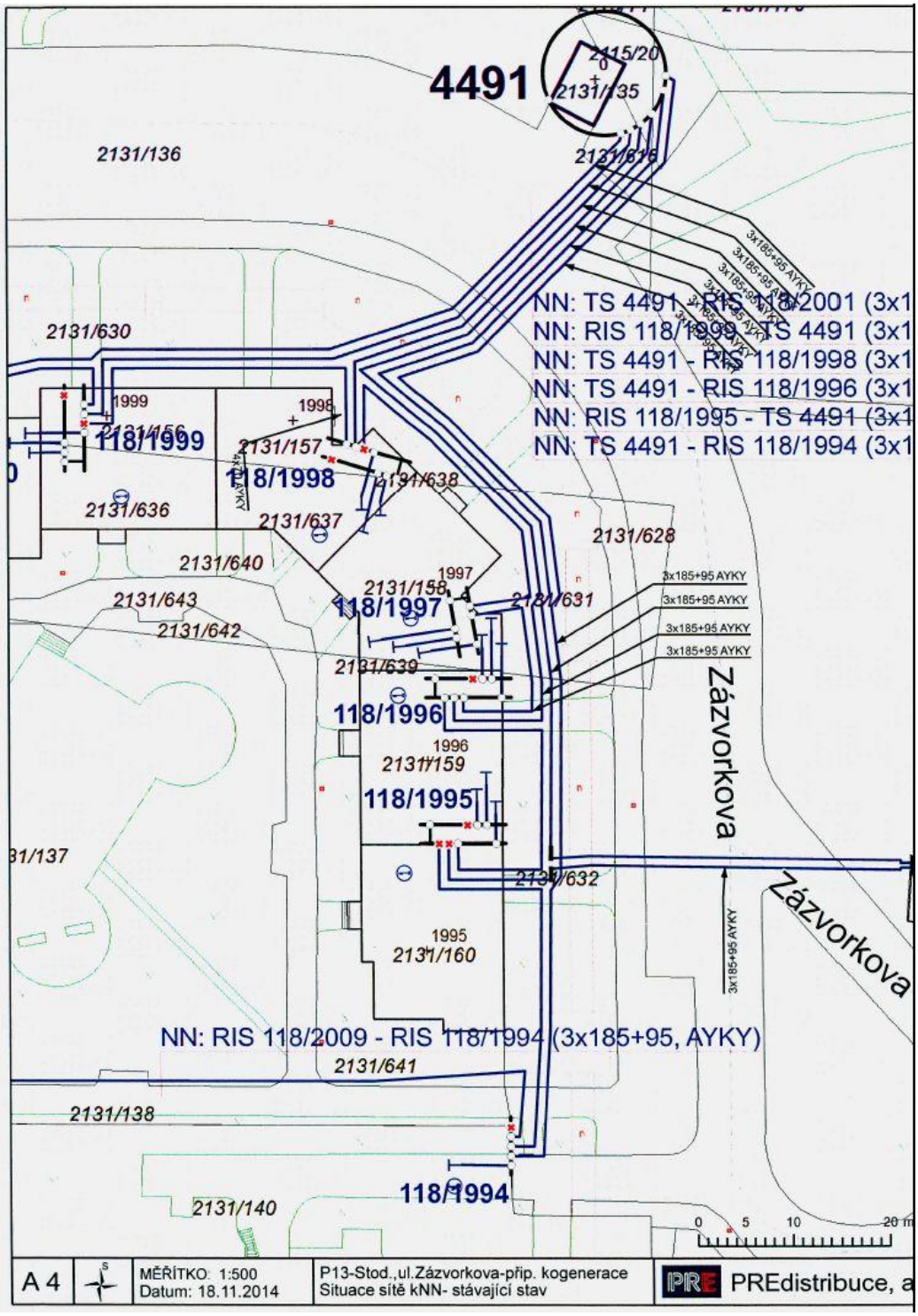
„Členská schůze je schopna se usnášet, pokud je na ní přítomna nadpoloviční většina členů družstva, pokud právní předpisy nevyžadují vyšší počet hlasů (např. v situacích dle § 646 zákona o obchodních korporacích). Každý člen družstva má jeden hlas; to se týká i společných členů. Při posuzování schopnosti členské schůze usnášet se nelze přihlížet k přítomnosti a k hlasům členů, kteří nemohou vykonávat hlasovací právo.“ [10]

Podmínky pro přijetí usnesení jsou definovány v odstavci 5.2.11. následovně:

„K přijetí usnesení členské schůze je třeba hlasů nadpoloviční většiny přítomných členů, pokud není zákonem nebo těmito stanovami vyžadován vyšší počet hlasů (např. v situacích dle § 646 zákona o obchodních korporacích).“ [10]

1.8. Popis dosavadního způsobu napájení elektřinou

Jak jsem již zmínil v kapitole 1.6, bytové družstvo je napájeno ve dvou bodech. Každá ze sekcí T32 a T33 je napojena přes distribuční transformátor PRE a. s., který je umístěn přímo naproti domu, na druhé straně ulice Zázvorkova. Schéma připojení a propojení jednotlivých objektů je na Obr. 3.



Obr. 3 Připojení objektu

Měření spotřeby v bytových jednotkách je řešeno vlastním elektroměrem pro každý byt. Každý z odběratelů si tedy volí svého dodavatele elektřiny nezávisle na bytovém družstvu. Jednotlivá odběrná místa můžeme rozdělit do tří kategorií elektrizace, v závislosti na používaných elektrických zařízeních.

- stupeň A
    - byty, v nichž se elektřina používá k osvětlení a pro domácí elektrické spotřebiče připojované k rozvodu pohyblivým přívodem (na zásuvky) nebo pevně připojené, přičemž příkon žádného spotřebiče nepřesahuje 3,5 kVA
- stupeň B
    - byty s elektrickým vybavením jako mají byty stupně A, v nichž se k vaření a pečení používají elektrické spotřebiče o příkonu nad 3,5 kVA
- stupeň C
    - byty s elektrickým vybavením jako mají byty stupně elektrizace A nebo B, v nichž se pro vytápění nebo klimatizaci používají elektrické spotřebiče, jejichž spotřeba je měřena u jednotlivých odběratelů. [11]

Vzhledem k tomu, že jsou všechny byty centrálně vytápěny plynovou kotelnou umístěnou v objektu, žádný z bytů nespadá do kategorie C. V bytech nejsou zavedeny plynové přípojky, tudíž všechny byty spadají do stupně elektrizace B, jelikož jsou k vaření a pečení používány elektrické spotřebiče. Jištění v těchto bytech je 3 x 25 A. Z těchto údajů tedy odvozuji, že většina odběratelů elektrické energie bude mít s dodavatelem elektřiny sjednaný tarif D02d. Tento údaj budu brát jako výchozí předpoklad pro stanovení úspory za elektrickou energii v dalších částech své práce.

Měření společné spotřeby, tzn. spotřeba na osvětlení společných prostor a provoz výtahů, je měřena pro každý dům zvlášť. Toto rozdělení měření je logické z pohledu různého dispozičního řešení jednotlivých domů a umožňuje spravedlivé rozpočítání nákladů mezi jednotlivé obyvatele. V domě č. p. 1998 je navíc umístěna plynová kotelna, která má vlastní elektroměr a cena za spotřebu je zahrnuta v ceně za teplo. Rozmístění elektroměrů a velikost jejich jištění je uveden v následující tabulce.

Č. p.	Druh odběru	Jištění
1995	Výtah + světla	3 x 25 A
1996	Výtah + světla	3 x 25 A
1997	Výtah + světla	3 x 25 A
1998	Výtah + světla	3 x 25 A
	Kotelna	3 x 50 A
1999	Výtah + světla	3 x 25 A
Družstvo	Celkem	3 x 175 A

Tab. 1 Měření společné spotřeby

1.9. Analýza spotřeby elektrické energie

Pro analýzu spotřeby elektrické energie bytového družstva jsem využil hodnot, které mi poskytl vedoucí práce Ing. Miroslav Vítek, CSc., který je zároveň místopředsedou bytového družstva Zázvorkova 1995 – 1999. K dispozici byla hodinová měření spotřeby vybraných dní roku 2013 a 2014 a hodnoty celkové spotřeby za roky 2010 – 2019. Jedná se sice o starší údaje, ale vzhledem k charakteru odběrných míst nepředpokládám významné změny ve složení spotřebičů a chování jednotlivých odběratelů. Díky značnému počtu odběratelů by se případné dílčí změny u jednotlivců měly v celkovém součtu projevit jen minimálně.

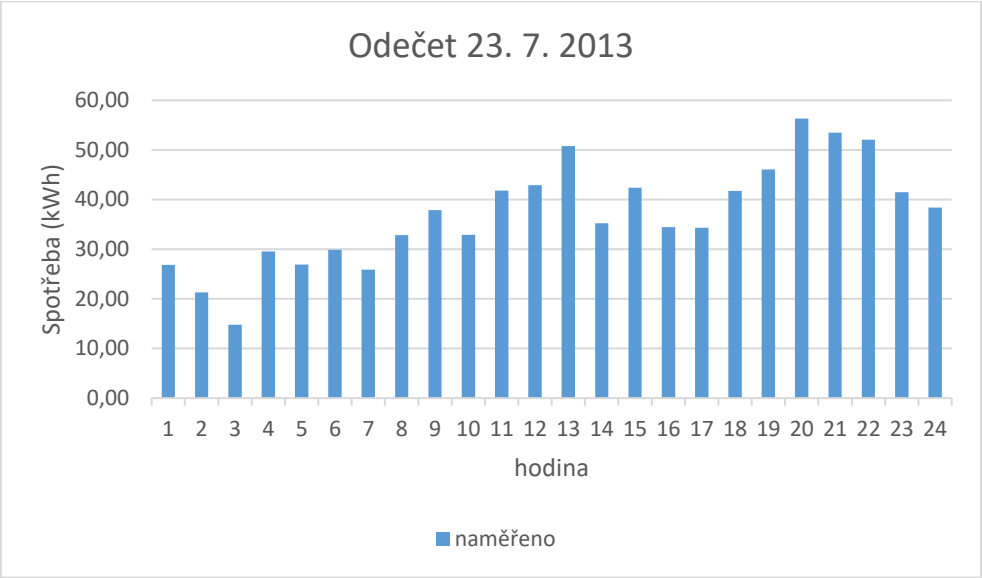
V následující části práce se pokusím analýzou spotřeby ve sledovaných dnech dokázat souvislost spotřeby s některým z typových diagramů dodávek elektřiny (TDD), což by v případě shody mohlo značně usnadnit další výpočty a nebylo by potřeba provádět rozsáhlejší sérii měření.

1.9.1. Hodinová měření

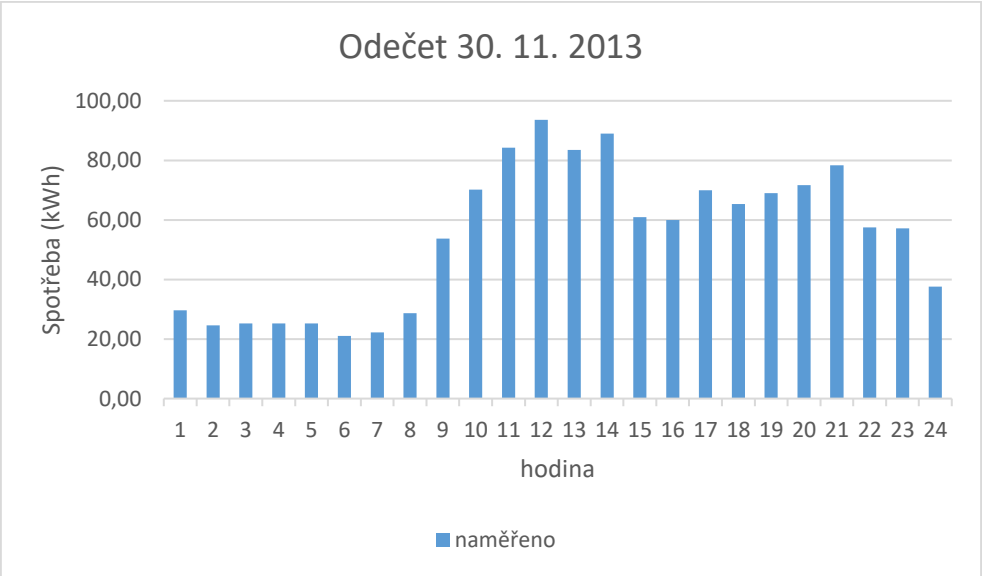
Pro analýzu spotřeby byly k dispozici následující měření, viz Tab. 2. Pro detailní analýzu jsem vybral měření hodinové spotřeby ve dnech 23. 7. 2013 a 30. 11. 2013, jelikož se jedná o dny s minimálním, respektive s maximálním celkovým odběrem za všechna sledovaná období. Měření obsahují manuální odečty elektroměrů všech bytových jednotek a elektroměrů společné spotřeby jednotlivých domů. Výsledné hodnoty tedy představují součet celkové spotřeby bytového družstva v daném čase. Z naměřených hodnot jsem vytvořil grafy, ze kterých je patrný průběh spotřeby.

	Začátek odečtu	Konec odečtu	Celková denní spotřeba (kWh)
všední den	23.07.2013 0:00	24.07.2013 0:00	890
víkend	03.08.2013 12:00	04.08.2013 13:00	949
všední den	14.11.2013 0:00	15.11.2013 0:00	1016
víkend	30.11.2013 0:00	01.12.2013 0:00	1304
všední den	05.02.2014 0:00	06.02.2014 0:00	1033
víkend	odečet neproběhl		
všední den	26.03.2014 0:00	27.03.2014 0:00	978
víkend	29.03.2014 14:00	30.03.2014 15:00	899

Tab. 2 Měření odběrů 2013 – 2014



Graf 1 Průběh spotřeby 23. 7. 2013



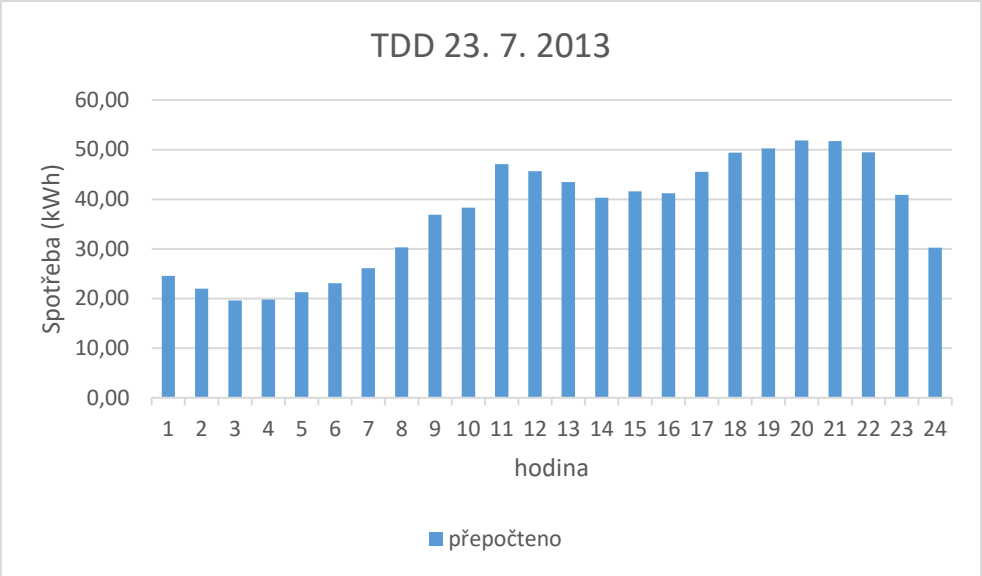
Graf 2 Průběh spotřeby 30. 11. 2013

1.9.2. Porovnání výsledků s TDD

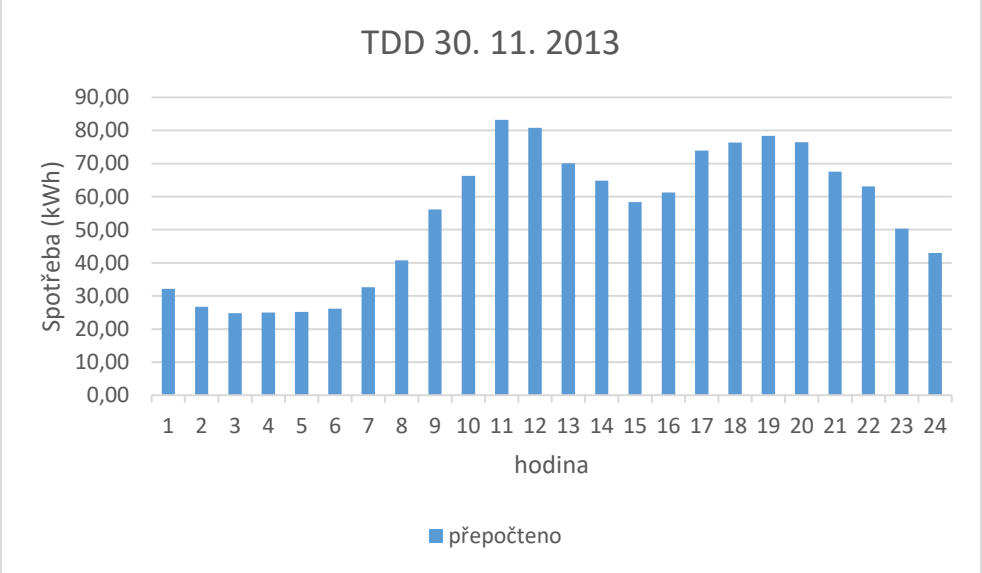
Metoda typových diagramů dodávek elektřiny (TDD) je náhradní postup pro stanovení velikosti hodinového odběru skupiny oprávněných zákazníků s měřením typu C, tj. nahrazuje průběhové měření u této skupiny zákazníků. Pro řešení je použita náhradní metoda zátěžových profilů, kterou reprezentují typové diagramy dodávek elektřiny pro jednotlivé vybrané skupiny zákazníků se srovnatelným charakterem odběru elektřiny. Využívá se při zúčtování odchylek subjektů zúčtování za odběr skupiny konečných zákazníků náležících k příslušnému tvaru typového diagramu dodávek. Na základě statistických dat z měření vzorků těchto typů odběratelů bylo zvoleno 8 charakteristických odběrů skupin zákazníků kategorie C a D, užívající elektřinu pro elektrické spotřebiče. [12]

- Podnikatel - odběr bez tepelného využití elektřiny - TDD č. 1
- Podnikatel - odběr s akumulačním spotřebičem - TDD č. 2
- Podnikatel - odběr s hybridním vytápěním - TDD č. 2
- Podnikatel - odběr s přímotopným systémem vytápění - TDD č. 3
- Podnikatel - odběr s tepelným čerpadlem - TDD č. 3
- Domácnost - odběr bez tepelného využití elektřiny - TDD č. 4
- Domácnost - odběr s akumulačním spotřebičem - TDD č. 5
- Domácnost - odběr s hybridním vytápěním - TDD č. 6
- Domácnost - odběr s přímotopným systémem vytápění - TDD č. 7
- Domácnost - odběr s tepelným čerpadlem - TDD č. 7
- Podnikatel - odběr pro veřejné osvětlení - TDD č. 8

Vzhledem k tomu, že převážná většina spotřeby je tvořena spotřebou bytových jednotek, tak podle výše uvedeného rozdělení TDD je zřejmé, že odběr bytového družstva by měl odpovídat typovému diagramu dodávky č. 4. Typové diagramy dodávek elektřiny jsou vydávány Operátorem trhu s energiemi (OTE), na jehož internetových stránkách je možné vyhledat a stáhnout tabulku normalizovanými TDD pro požadovaný rok. Na základě uvedených hodnot pro danou skupinu TDD a znalosti celkové spotřeby objektu lze následně vypočítat průběh spotřeby pro danou skupinu odběratelů. [13] Z vypočtených hodnot jsem vytvořil grafy, ze kterých je patrný průběh spotřeby odpovídající TDD č. 4.



Graf 3 Průběh spotřeby dle TDD 23. 7. 2013



Graf 4 Průběh spotřeby dle TDD 30. 11. 2013

Pro porovnání průběhu naměřených a vypočtených hodnot použiji Chí-kvadrát test dobré shody. Pomocí této statistické metody ověřím, zda jsou naměřené hodnoty ve shodě s průběhem podle TDD a pakliže tomu tak bude, budu moci další hodnoty pro výpočty dopočítat přes TDD a nebude potřeba dalších detailních měření.

Chí-kvadrát test dobré shody

Chí-kvadrát test dobré shody je primárně určen pro hodnocení diskrétních náhodných veličin, kdy předpokládáme, že náhodná veličina X nabývá r různých hodnot A_1, A_2, …, A_r, každé s pravděpodobností p_1, p_2, …, p_r. Zároveň platí, že $\sum_{i=1}^{r} p_i = 1$. Pokud je uvažovaný pravděpodobnostní model správný, pak by se v případě realizace náhodného výběru o rozsahu n měl počet pozorování v jednotlivých variantách, tzn. pozorované četnosti n_i, blížit hodnotě očekávaných četností $e_i = np_i$. Samozřejmě platí $\sum_{i=1}^{r} n_i = n$. V případě, že náhodná veličina X má předpokládané rozdělení pravděpodobnosti (H_0 platí), má statistika X^2 chí-kvadrát rozdělení s r – 1 stupni volnosti, tedy platí:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{r} \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} \sim \mathrm{X}^2_{(r-1)} \qquad (1)$$

Nulovou hypotézu o shodě rozdělení veličiny X s předpokládaným teoretickým rozdělením zamítáme na hladině významnosti α, když realizace testové statistiky překročí příslušný kvantil chí-kvadrát rozdělení. [24]

Na úvod si určím nulovou hypotézu H_0, kterou budu testovat na hladině významnosti α – 0,05, vůči hypotéze H_1:

- H_0: Naměřené hodnoty odpovídají TDD
- H_1: Naměřené hodnoty neodpovídají TDD

Poté provedu rozdělení hodnot do disjunktních intervalů a vyplním četnosti naměřených a teoretických hodnot TDD. Následuje výpočet X^2. Uvedené hodnoty jsou v následující tabulce.

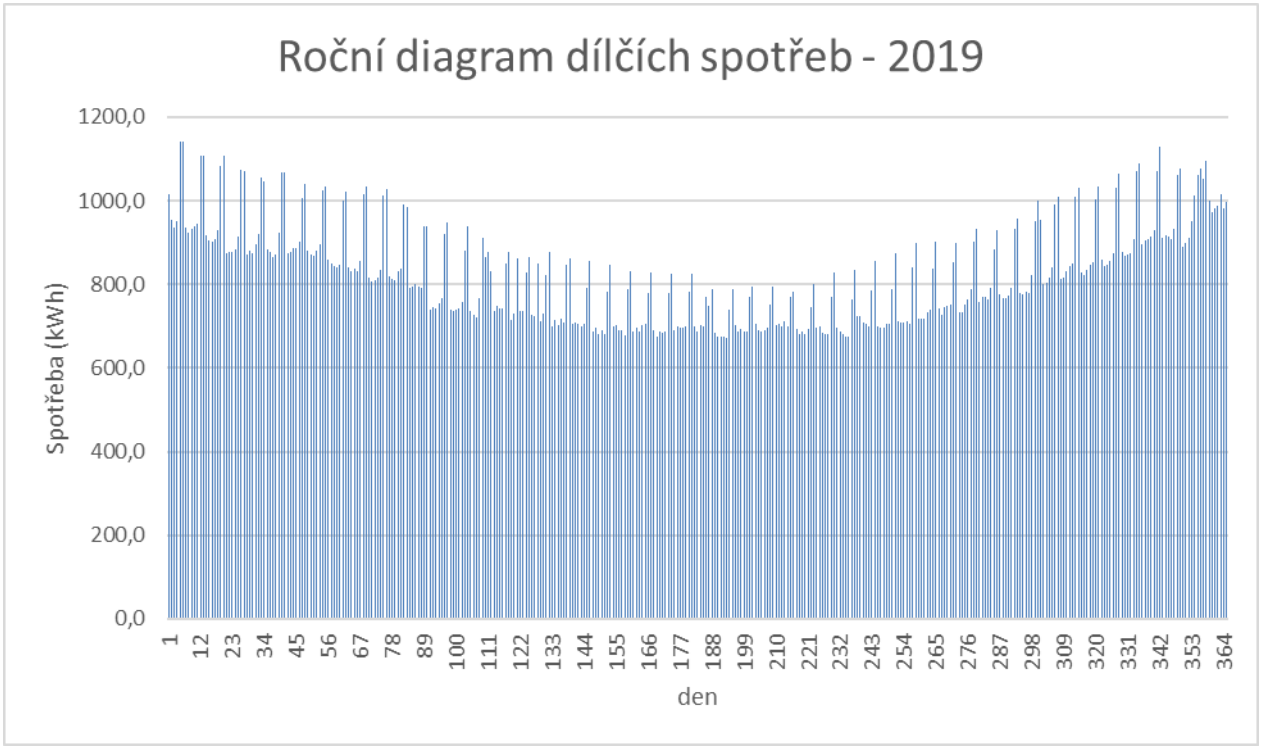
Disjunktní interval (kWh)	n_i	e_i	$\frac{(n_i - e_i)^2}{e_i}$
20 - 30	14	15	0,07
30 - 40	6	8	0,50
40 - 50	11	6	4,17
50 - 60	5	7	0,57
60 - 70	5	5	0,00
70 - 95	7	7	0,00
		celkem	5,30

Tab. 3 Výpočet Chí-kvadrát

Pomocí funkce CHISQ.INV.RT v Excelu jsem s parametry α – 0,05 a stupeň volnosti r – 1 = 5 získal hodnotu kvantilu chí-kvadrát rozdělní $\mathrm{X}^2_{(r-1)}$ = 11,07. Jelikož platí následující $X^2 < \mathrm{X}^2_{(r-1)}$, tak nezamítám hypotézu H_0 na hladině významnosti 5 % a mohu prohlásit, že naměřené hodnoty odpovídají TDD č. 4.

1.9.3. Celková roční spotřeba

Vzhledem k ověření shody naměřených hodnot s TDD nyní mohu vypočítat předpokládanou spotřebu elektrické energie v objektu pro každý den roku 2019 a z těchto údajů určit maximální a minimální zatížení v průběhu roku. Tento údaj bude důležitý pro výběr vhodného transformátoru pro další část práce. Celková odebraná energie za rok 2019 je 306,6 MWh. Diagram dílčích spotřeb v jednotlivých dnech je na následujícím grafu.



Graf 5 Roční diagram dílčích spotřeb – 2019

Po dosazení hodnot do normalizovaného TDD dostávám následující hodnoty:

- maximální zatížení 79,4 kW, sobota 5. 1. 2019 ve 12 hodin
- minimální zatížení 15,3 kW, čtvrtek 19. 9. 2019 ve 4 hodiny

Pro další výpočty beru v úvahu i skutečnost, že hodnota maximálního činného výkonu získaná pomocí TDD vyjadřuje konstantní hodnotu odběru v délce jedné hodiny. Při reálném provozu však okamžitá hodnota kolísá. Z naměřených odchylek při odečtech spotřeby vychází, že tato hodnota se může krátkodobě lišit až o 30 %. Z tohoto důvodu budu pro další výpočty počítat s maximálním, resp. minimálním zatížením o 30 % vyšším, resp. nižším. Výpočtové hodnoty jsou následující:

- hodnota maximálního zatížení 103,2 kW
- hodnota minimálního zatížení 10,7 kW

1.10. Analýza možnosti připojení na distribuční síť VN

Aby mohl být projekt realizován, je potřeba zajistit připojení objektu k vysokonapěťové distribuční síti. Kabelové vedení vysokého napětí 22 kV vede v podzemním kolektoru podél domu a existuje napojení na jednotlivé domy. Nehrozí tedy komplikace s kopáním v okolí domu a natahování silových kabelů. Kabel VN je možné zavést do objektu přes kabelovou lávku, kde jsou ještě volné pozice pro umístění vodičů. Zřízení kabelové přípojky je v kompetenci provozovatele distribuční soustavy. Standardně je přípojka VN do distribuční transformovny ve městě vedena vždy ze dvou stran z důvodu vyšší zabezpečenosti dodávky. Připojení z kolektoru by mohlo být provedeno smyčkou se dvěma odpínači z jedné a druhé strany. Na nákladech na vybudování přípojky by se bytové družstvo podílelo zaplacením oprávněných nákladů pro její vybudování. Souběh kabelů NN a VN bude řešen umístěním VN kabelu nad úrovní NN kabelu. Distribuci v této lokalitě zajišťuje PRE Distribuce a. s., která umožňuje připojení k distribuční síti 22 kV pod podmínkou minimálního rezervovaného příkonu 350 kW, ve zvláštních případech jen 200 kW. Tato podmínka, vzhledem k předchozím výpočtům maximálního odběru, způsobí, že i při nejnižším povoleném rezervovaném příkonu (200 kW), bude přípojka téměř 2x větší, než je maximum odběru. To se negativně promítne do stálých plateb.

1.11. Analýza možností připojení na domovní rozvod

Při změně napájení objektu elektrickou energií ze standardního rozvodu nízkého napětí zajišťovaného PRE Distribuce a. s., je nutné zachovat stabilitu dodávky. Nahrazení tohoto připojení instalací vlastního distribučního transformátoru napojeného na síť vysokého napětí nesmí negativně ovlivnit koncové spotřebitele. Musí být tedy splněny požadavky na pokrytí maxima odběru s přiměřenou výkonovou rezervou a musí být zajištěna spolehlivost dodávky i při údržbě nebo poruše vlastního zařízení. Při zajištění napájení pouze přes jeden transformátor by v případě poruchy hrozil i několika denní výpadek napájení elektrickou energií, což by znamenalo i odstavení plynové kotelny, zajišťující vytápění domu. V zimních měsících by tak obyvatelé domů zůstali nejen bez elektřiny, ale i bez zdroje tepla a teplé vody (TV). Takové řešení je neakceptovatelné. Pro zajištění spolehlivosti dodávky jsem tedy navrhl následující 2 varianty, které budou i předmětem dalšího zkoumání a porovnání.

1.11.1. Úplné odpojení od NN

První variantou je úplné odpojení objektu od nízkonapěťové sítě a zajištění spolehlivosti dodávky pomocí dvou vlastních distribučních transformátorů. Transformátory budou zapojeny paralelně a nabízí se dva způsoby provozu. Jedním ze způsobů je trvalý chod obou transformátorů, při kterém se zatížení rozloží mezi oba transformátory a dosáhne se tak snížení celkových ztrát nakrátko, ovšem taktéž dojde ke zvýšení ztrát naprázdno. Druhou možností je zapojení pouze jednoho transformátoru a ponechání druhého jako zálohy pro případ poruchy. V tomto případě bude výše ztrát přesně opačná,

tedy dojde ke snížení ztrát naprázdno, ale zvýší se celkové ztráty nakrátko. Volba vhodného zapojení bude řešena v technické části práce v závislosti na určení doby plných ztrát. V každém případě by ale každý z transformátorů měl být dimenzován s dostatečnou výkonovou rezervou, aby byl schopen dodat potřebný výkon v případě poruchy druhého transformátoru.

1.11.2. Záložní připojení na NN

Druhou variantou změny napájení je připojení objektu na síť vysokého napětí přes vlastní distribuční transformátor se současným zachováním připojení na síť nízkého napětí. Hlavní zásobování objektu elektřinou by zajišťoval distribuční transformátor a v případě poruchy by došlo k přepojení na napájení ze sítě nízkého napětí. U této varianty předpokládám nižší investiční náklady, avšak do celkového ekonomického hodnocení se promítnou stále platby nejen za rezervovaný příkon na straně vysokého napětí, ale bude nutné zahrnout i náklady na rezervovaný příkon na straně nízkého napětí. Obě připojení musí splňovat požadavek na pokrytí maximálního odebíraného výkonu s přiměřenou rezervou i za nejméně příznivého stavu – ve špičce odběru, aby byla zajištěna nepřerušená dodávka elektrické energie do objektu.

1.12. Transformátory

V rámci návrhu nového napájení objektu je potřeba zvolit transformátory odpovídajících parametrů. Výběr optimální varianty provedu v technické části práce na základě výpočtu ztrát v závislosti na předpokládaném zatížení. V této části práce se zaměřím na popis rozdílů mezi jednotlivými typy transformátorů a porovnám transformátory nabízené firmami Elpro-Energo s.r.o., BV elektronik s.r.o. a Iskra energo s.r.o., z nichž na základě dostupných parametrů vyberu optimální variantu.

1.12.1. Přehled vhodných transformátorů

Při výběru transformátoru budu vycházet z vypočtených hodnot ročního maxima odebíraného výkonu. Tato hodnota odpovídá 103 kW a jedná se o hodnotu hodinového maxima odebíraného činného výkonu v průběhu roku. Celkový účiník odběru byl měřen v průběhu sledovaného období, s naměřenými hodnotami v rozsahu 1 – 0,6. Pro výpočet byla použita střední hodnota těchto měření, tedy cos φ = 0,8. Výpočet jsem provedl podle následujícího vztahu.

$$S = \frac{P}{cos\varphi} = \frac{103}{0{,}8} = 129\ kVA \qquad (2)$$

S – zdánlivý výkon (kVA)

P – činný výkon (kW)

Pro umístění v budově připadají v úvahu dva typy transformátorů – olejové a suché. Každý z těchto typů má své výhody i nevýhody. Co mají ale společné je odstupňování standardních dodávaných typů podle zdánlivého jmenovitého výkonu. Nejbližší výkonovou hladinou splňující požadavky na minimální požadovaný výkon je model 160 kVA následuje 250 kVA a 400 kVA.

1.12.1.1. Olejové transformátory

Olejové transformátory jsou již desítky let standardním zařízením pro změnu parametrů elektrické energie. Jedná se ověřenou konstrukci, která se vyznačuje dlouhou životností. Mezi hlavní přednosti této konstrukce patří nízké hodnoty ztrát nakrátko a naprázdno oproti cenově a výkonově srovnatelných suchým transformátorům, nízká úroveň hluku, tepelná stabilita při provozu ve vyšších výkonech a možnost trvalého provozu při jmenovitém zatížení. Konstrukce nádoby těchto transformátorů je přesně navržena pracovním tlakům v transformátoru a nevyžaduje použití přetlakového ventilu. [15]

Olejové transformátory nemají však jen pozitiva. Díky použití oleje na bázi ropy, který zajišťuje izolaci a chlazení, může v případě poruchy nebo zkratu dojít k jeho vznícení a vyvolává tedy zvýšené riziko požáru. Únik transformátorového oleje navíc představuje riziko ohrožení životního prostředí. V Tab. 4 uvádím přehled dostupných transformátorů zmiňovaných výrobců včetně jejich technických parametrů. Údaje čerpám z internetových stránek výrobců. [15], [27], [28]

Výrobce	Typ	S [kVA]	u_k [%]	P_o [W]	P_k [W]	D [mm]	Š [mm]	V [mm]	M [kg]	H [kg]	L_{pA} [dB]
Elpro-Energo	**DOTEL 160H/20**	160	4	210	2350	1010	730	1340	850	170	39
	DOTEL 250H/20	250	4	300	3250	1030	720	1530	1050	210	40
	DOTEL 400H/20	400	4	430	4600	1140	820	1500	1340	250	42
Iskra energo	**LEMI OIL 160 kVA**	160	4	210	2350	1120	710	1480	1050	200	49
	LEMI OIL 250 kVA	250	4	300	3250	1250	850	1400	1180	240	55
	LEMI OIL 400 kVA	400	4	430	4600	1300	910	1710	1820	380	58
BV elektronik	**Standard 160 kVA**	160	4	500	2900	1000	620	1240	700	150	X
	Standard 250 kVA	250	4,5	770	3950	1085	730	1300	950	220	X
	Standard 400 kVA	400	5	1150	6000	1270	790	1430	1300	270	X

Tab. 4 Přehled olejových transformátorů

S – zdánlivý výkon [kVA]

U_k – napětí nakrátko [%]

P_0 – ztráty naprázdno [W]

P_k – ztráty nakrátko [W]

D – délka [mm]

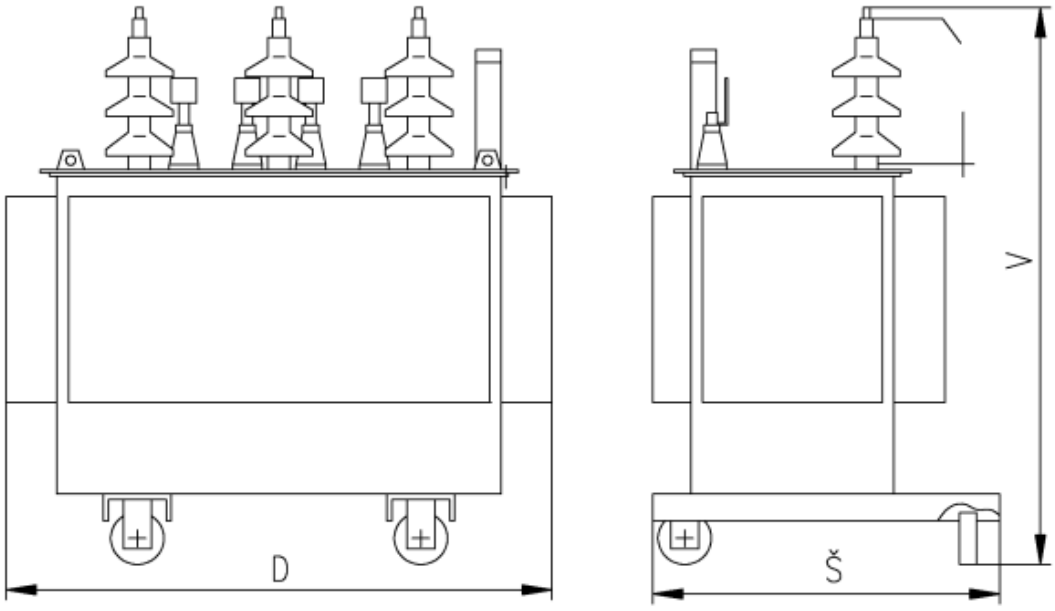
Š – šířka [mm]

V – výška [mm]

M – hmotnost bez náplně [kg]

H – hmotnost oleje [kg]

L_{pA} – hladina akustického tlaku [dB]



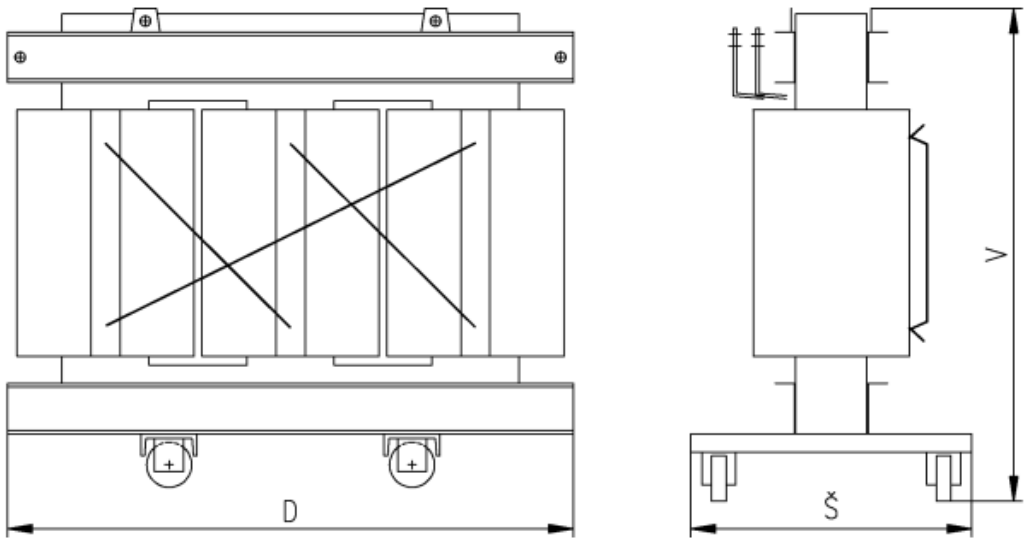
Obr. 4 Olejový transformátor

1.12.1.2. Suché transformátory

Suché transformátory si získaly vysokou oblibu díky vysoké odolnosti proti vzniku požáru a odolnosti proti krátkodobému přetížení. Chlazení je zajištěno vzduchem a nehrozí tedy znečištění životního prostředí únikem kapalného chladiva, jako u olejových transformátorů. Použitím nuceného chlazení lze navíc dosáhnout zvýšení výkonu transformátoru i v řádu desítek procent. Na druhou stranu je potřeba při provozu ve vyšších výkonech zajistit stabilní teplotu zařízení, čehož se v některých případech nedá dosáhnout jinak než aktivním chlazením, jehož instalace vyvolává dodatečné náklady. Zároveň mají suché transformátory oproti olejovým vyšší pořizovací náklady na jednotku výkonu a v provozu vykazují vyšší hodnoty ztrát naprázdno a nakrátko. Přehled základních parametrů suchých transformátorů je uveden v následující tabulce.

Výrobce	Typ	S [kVA]	u_k [%]	P_o [W]	P_k [W]	D [mm]	Š [mm]	V [mm]	M [kg]	L_{pA} [dB]
Elpro-Energo	**DTTHZ1N 250/20**	250	6	520	3800	1300	670	1660	1360	X
	DTTHZ1N 400/20	400	6	750	5500	1330	820	1690	1410	X
Iskra energo	**LEMI CR 250/22**	250	4	520	3400	1350	780	1480	1200	46
	LEMI CR 400/22	400	4	750	5500	1350	850	1550	1400	48
BV elektronik	**Standard 250 kVA**	250	6	880	3400	1300	670	1300	1010	54
	Standard 400 kVA	400	6	1200	5000	1400	820	1400	1400	56

Tab. 5 Přehled suchých transformátorů



Obr. 5 Suchý transformátor

1.12.2. Volba typu transformátoru

Vyhodnocením dostupných informací jsem došel k závěru, že pro zajištění potřeb projektu bude nejlepší volbou olejový transformátor. Vzhledem k nižším pořizovacím nákladům a nižším ztrátám bude mít tato varianta větší šanci na dosažení požadovaného cíle úspory ceny za elektrickou energii. Zároveň by bylo potřeba pro provoz suchého transformátoru zajistit odvětrávání, což by vyvolalo dodatečné stavební úpravy a navýšení nákladů na realizaci. Porovnáním parametrů nabízených transformátorů jsem vyhodnotil, že nejlepší volbou pro realizaci projektu bude transformátor od společnosti Elpro-Energo s.r.o. Oproti produktům firmy BV elektronik s.r.o. se vyznačuje nižšími ztrátami a v porovnání s transformátory společnosti Iskra Energo s.r.o., které mají ztráty srovnatelné, nabízí tišší provoz, což je při umístění transformátoru v obytné budově jednoznačně výhodou. Pro minimalizaci rizika požáru a poškození životního prostředí v případě úniku transformátorového oleje navrhuji použití syntetického oleje MIDEL 7131. Jedná se o syntetickou izolační kapalinu na bázi organických esterů. Používá se jako náhrada za minerální oleje v transformátorech tam, kde je nutná zvýšená ochrana lidí a majetku před nebezpečím ohně nebo v místech, kde jsou zvýšené požadavky na ochranu životního prostředí. [15] Při zajištění pravidelných revizí a použití minerálního oleje je riziko nehody transformátoru srovnatelné s rizikem provozování plynové kotelny v domě.

S ohledem na klesající trend spotřeby bytového družstva v posledních letech a vypočtený minimální zdánlivý výkon transformátoru jsem z dalších úvah vyřadil transformátor s výkonem 400 kVA, který by svým výkonem dalece přesahoval potřeby bytového družstva. Naproti tomu transformátor s výkonem 160 kVA by současnou spotřebu dokázal pokrýt s rezervou cca 20 %. Tato rezerva by se však do budoucna mohla stát omezující, vezmu-li v úvahu současný rozvoj na poli elektromobility. Družstvo by pak mohlo přijít o možnost vytvoření dobíjecích stanic pro členy družstva. Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro další pokračování v práci zvolit transformátor o výkonu 250 kVA, který spolehlivě pokryje současné potřeby bytového družstva a zároveň ponechává možnosti k dalšímu rozšíření bez nutnosti výměny transformátoru.

1.13. Vyhodnocení teoretické části a volba technického řešení

V rámci teoretické části práce jsem na základě dostupných informací ověřil průběh spotřeby objektu, vypočetl maxima a minima odběru napájeného objektu a seznámil se s místní situací a principem fungování bytového družstva. Vypočtené hodnoty jsou cennou informací pro návrh řešení v technické části. Ověřil jsem podmínky připojení objektu k síti VN a seznámil se s provedením elektroinstalace. Navrhl jsem možné přístupy k řešení změny napájení bytového domu elektřinou a provedl diskuzi nad možností volby vhodného transformátoru.

V další části práce zpracuji technický návrh 2 variant řešení. První variantu s úplným odpojením od distribuční sítě NN a zajištěním spolehlivosti dodávky pomocí dvou vlastních transformátorů a druhou variantu s jedním transformátorem a ponecháním záložního připojení na síť NN. Obě varianty budou mít zvýšené náklady na minimální rezervovaný příkon na straně VN a ve variantě se záložním připojením na síť NN ještě větší, ale zda tento fakt zapříčiní ekonomickou neefektivitu řešení bude předmětem dalšího zkoumání.

2. Technická část

V této části práce budou představeny jednotlivé varianty změny napájení elektřinou bytových domů spadajících pod bytové družstvo, které budou v další části práce sloužit jako podklad pro ekonomické vyhodnocení výhodnosti projektu.

2.1. Současný stav

Z předešlé analýzy spotřeby elektrické energie bytového družstva byly určeny parametry a předpoklady, ze kterých budu vycházet pro další postup. Vyjmenuji zde ty nejzásadnější. Bytové družstvo má 156 bytových a 5 nebytových jednotek se stupněm elektrizace typu B. Předřazené jističe bytových jednotek jsou shodné – 3 x 25 A a nebytových jednotek 1 x 25 A, odtud pro srovnávací výpočty nákladů na elektrickou energii předpokládám tarif D02d. Na základě porovnání odečtů spotřeby s typovými diagramy dodávek jsem prokázal shodu s TDD č. 4 a v dalších výpočtech tedy budu vycházet z normovaných hodnot. Bytové družstvo dále disponuje plynovou kotelnou s jištěním 3 x 50 A a měřením spotřeby ve společných prostorách pro každý vchod zvlášť, tedy 5 odběrných míst s jištěním 3 x 25 A. Celková roční spotřeba bytového družstva má klesající charakter a její hodnota za rok 2019 je 306,6 MWh, včetně společné spotřeby. Celé bytové družstvo je v této době napájeno ze dvou přípojek NN, které jsou ve vlastnictví PRE Distribuce a. s.

Z výše uvedených údajů jsem vytvořil tabulku, ve které je přehledně vyobrazen přehled odběrných míst včetně celkové velikosti předřazených jističů. Pomocí vzorce pro výpočet výkonu v trojfázové síti jsem vypočetl současný celkový rezervovaný příkon pro bytový dům. Jak bylo uvedeno v kapitole 1.12.1 účiník cos φ = 0,8.

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \cos\varphi}{1000} \ (kW) \qquad (3)$$

Typ	Počet	Jistič	Celkem
Byty	156	3x25 A	3x3900 A
Nebytové prostory	5	1x25 A	1x125 A
Společné prostory	5	3x25 A	3x125 A
Kotelna	1	3x50 A	3X50 A
Celkem			3x4075 A
			1x125 A
Rezervovaný výkon			2811 kW

Tab. 6 Rezervovaný výkon - současný stav

Z tabulky je patrné, že rezervovaný příkon bytového domu je v porovnání s vypočteným maximem odebíraného výkonu, které odpovídá 103 kW, velmi předimenzovaný.

2.1.1. Energetická bilance

Dále jsem vypočítal energetickou bilanci bytového domu, která by měla lépe odrážet maximální soudobou spotřebu elektřiny v objektu a je standardně používána pro návrh elektrického rozvodu, dimenzování vodičů a nastavení ochran. Bilance je uvedena v následující tabulce.

Typ	počet	Instalovaný příkon (kW)	Soudobost	Soudobý příkon (kW)
byty (kategorie B - 11 kW)	156	1716	0,28	480
nebytové prostory (7 kW)	5	35	0,47	16
společné prostory (5 kW)	5	25	0,56	14
kotelna (43 kW)	1	43	1	43
Celkem				554
Meziskupinová soudobost	0,85			
Maximální soudobý příkon (kW)				471

Tab. 7 Energetická bilance

Vypočtený maximální soudobý příkon názorně ukazuje, že maximální rezervovaná kapacita objektu může být cca 6krát nižší, než je tomu v současné době. Tím se potvrzuje původní předpoklad, že sjednocením napájení do jednoho odběrného místa bude možné snížit fixní platby a snížit tím tak celkovou cenu elektrické energie pro konečné odběratele.

2.1.2. Platby za elektřinu

Pro možnost zhodnocení ekonomické efektivity navrhovaných řešení je nutné stanovit průměrnou cenu 1 MWh bytového družstva při současném stavu připojení. Pro výpočet budu uvažovat jednotný tarif pro všechny odběry D02d, od PRE Distribuce a.s. – KOMFORT + NEO 2/2020. Údaje čerpám ze stránek Energetického regulačního úřadu [16].

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Platba za silovou elektřinu	1 MWh	1 510 Kč	1 510 Kč	317 Kč	1 827 Kč
Stálý plat (silová elektřina)	12 měsíců	69 Kč	828 Kč	174 Kč	1 002 Kč
Stálý plat (platba za jistič)	12 měsíců	41 Kč	492 Kč	103 Kč	595 Kč
Platba za zajišťování dístribuce	1 MWh	1 626 Kč	1 626 Kč	341 Kč	1 967 Kč
Daň z elektřiny	1 MWh	28 Kč	28 Kč	6 Kč	34 Kč
Platba za systémové služby	1 MWh	77 Kč	77 Kč	16 Kč	93 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	1 MWh	495 Kč	495 Kč	104 Kč	599 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč

Tab. 8 Detailní rozpis platby pro jistič 1x25A, odběr 1 MWh

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Platba za silovou elektřinu	1 MWh	1 510 Kč	1 510 Kč	317 Kč	1 827 Kč
Stálý plat (silová elektřina)	12 měsíců	69 Kč	828 Kč	174 Kč	1 002 Kč
Stálý plat (platba za jistič)	12 měsíců	103 Kč	1 236 Kč	260 Kč	1 496 Kč
Platba za zajišťování dístribuce	1 MWh	1 626 Kč	1 626 Kč	341 Kč	1 967 Kč
Daň z elektřiny	1 MWh	28 Kč	28 Kč	6 Kč	34 Kč
Platba za systémové služby	1 MWh	77 Kč	77 Kč	16 Kč	93 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	1 MWh	495 Kč	495 Kč	104 Kč	599 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč

Tab. 9 Detailní rozpis platby pro jistič 3x25A, odběr 1 MWh

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Platba za silovou elektřinu	1 MWh	1 949 Kč	1 949 Kč	409 Kč	2 358 Kč
Stálý plat (silová elektřina)	12 měsíců	- Kč	- Kč	- Kč	- Kč
Stálý plat (platba za jistič)	12 měsíců	206 Kč	2 472 Kč	519 Kč	2 991 Kč
Platba za zajišťování dístribuce	1 MWh	1 626 Kč	1 626 Kč	341 Kč	1 967 Kč
Daň z elektřiny	1 MWh	28 Kč	28 Kč	6 Kč	34 Kč
Platba za systémové služby	1 MWh	77 Kč	77 Kč	16 Kč	93 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	1 MWh	495 Kč	495 Kč	104 Kč	599 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč

Tab. 10 Detailní rozpis platby pro jistič 3x50A, odběr 1 MWh

Na základě rozpadu ceny na jednotlivé položky jsem provedl výpočet celkové ceny za elektřinu všech odběrný míst v bytovém domě, tj. 161 přípojných míst 3x25 A, 5 přípojných míst 1x25 A a jednou 3x50 A, s celkovou odebranou energií 307 MWh. Celkové náklady na elektřinu jsou tedy 1 506 100 Kč bez DPH, resp. 1 822 381 Kč s DPH. Celková cena 1 kWh je tedy rovna 4,91 Kč, resp. 5,94 Kč a cena 1 MWh bez nákladů na silovou elektřinu je 2,92 Kč, resp. 3,54 Kč. Cena za silovou elektřinu je udávána trhem a lze předpokládat, že pro velkoodběratele bude snazší dojednat nižší cenu než je tomu v tomto případě maloodběru. Hlavní úsporu ale budu hledat ve fixních nákladech – platba za jistič a platba za zajišťování distribuce, jelikož zredukováním připojení do jednoho odběrného místa by mělo dojít ke snížení ceny těchto položek. Další nemalá úspora by měla být zajištěna odběrem z vyšší napěťové hladiny - 22 kV, kde předpokládám nižší měrné náklady na zajištění distribuce. Všechny tyto platby jsou označeny v Tab. 11 světle zelenou barvou.

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Platba za silovou elektřinu	307 MWh	- Kč	471 033 Kč	98 917 Kč	569 950 Kč
Stálý plat (silová elektřina)	12 měsíců	11 454 Kč	137 448 Kč	28 864 Kč	166 312 Kč
Stálý plat (platba za jistič)	12 měsíců	16 994 Kč	203 928 Kč	42 825 Kč	246 753 Kč
Platba za zajišťování dístribuce	307 MWh	1 626 Kč	499 182 Kč	104 828 Kč	604 010 Kč
Daň z elektřiny	307 MWh	28 Kč	8 688 Kč	1 825 Kč	10 513 Kč
Platba za systémové služby	307 MWh	77 Kč	23 676 Kč	4 972 Kč	28 648 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	307 MWh	495 Kč	151 965 Kč	31 913 Kč	183 878 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	848 Kč	10 180 Kč	2 138 Kč	12 318 Kč
Celkem		31 523 Kč	1 506 100 Kč	316 281 Kč	1 822 381 Kč

Tab. 11 Detailní rozpis platby pro bytový dům, odběr 307 MWh

2.2. Varianta 1

První variantou změny napájení bytového družstva je úplné odpojení od napájení NN a zajištění napájení pomocí vlastního transformátoru z VN přípojky. Bude zapotřebí zrušení smlouvy o připojení u všech současných odběrných míst a vytvoření nové přípojky na hladině vysokého napětí 22 kV. Pro zajištění rozvodu elektrické energie bude využito stávajícího rozvodu, avšak bude potřeba provést dílčí úpravy. Jedná se zejména o zaslepení přípojek NN v sekcích T32 a T33. Dále propojení obou sekcí pro možnost napájení z jednoho místa. Napojení na VN bude realizováno v suterénu bytového domu 1998 natažením kabelu z kolektoru kabelovou šachtou, ze které je do domu vyvedena kabelová lávka, disponující volným místem pro umístění silového kabelu. K napojení objektu na nový zdroj napájení tedy nebude potřeba stavebních úprav. Transformátor bude umístěn taktéž v suterénu budovy, přímo u vstupu kabelové lávky do objektu. Odtud již bude vyvedena přípojka NN na současný domovní rozvod.

2.2.1. Volba transformátoru

Pro napájení je potřeba zvolit vhodný transformátor, aby byla zajištěna nepřetržitá dodávka elektrické energie v potřebném množství a aby byla zároveň zajištěna přiměřená rezerva pro případ růstu spotřeby v budoucnu. Z předešlé analýzy dostupných transformátorů v teoretické části jsem se rozhodl pro použití olejového transformátoru. Vzhledem k tomu, že tato varianta nepočítá se záložním napájením z jiného zdroje, není akceptovatelné, aby napájení objektu zajišťoval jediný transformátor. V případě revize, poruchy či údržby by došlo k výpadku napájení všech bytových jednotek, včetně výtahů a plynové kotelny. Pro tuto variantu jsem tedy zvolil instalaci dvou transformátorů shodného výkonu. Jeden transformátor bude pokrývat transformaci celého výkonu a druhý bude sloužit jako záloha. Aby byla zajištěna kontinuální dodávka během výpadku primárního transformátoru, budou tyto transformátory připojeny k domovnímu rozvodu přes automatický přepínač sítí. Ten v případě výpadku primárního transformátoru zajistí automatické přepnutí na záložní transformátor a nebude tak ohrožena dodávka elektřiny.

Vzhledem k provedeným měřením spotřeby a následnému výpočtu předpokládaného maximálního zatížení, které vyšlo 129 kVA jsem se rozhodl pro instalaci dvou transformátorů o výkonu 250 kVA. Každý z transformátorů tak bezpečně pokryje výkonové maximum a ještě disponuje solidní rezervou pro případný nárůst spotřeby v budoucnu.

Chlazení transformátorů bude vyřešeno pomocí dvou tepelných výměníků o výkonu 10 kW, které budou napojeny na olejovou nádobu každého z transformátorů. Tepelný výměník bude napojen na vodovodní řad vedoucí do přípravy TV. Oběh chladiva bude zajištěn průtokem vody při doplňování

zásobníku TV a cirkulace transformátorového oleje bude zajištěna samovolnou konvekcí. Tím bude zajištěna optimální teplota transformátoru a zároveň bude odpadní teplo dále využito.

2.2.2. Měření spotřeby – na vstupu

Jelikož bude objekt připojen na vysoké napětí 22 kV, stane se bytové družstvo odběratelem kategorie B, tudíž je nutné provádět průběhové měření. Měření spotřeby bude probíhat na přípojnici před vstupem do transformátoru, protože ten bude ve vlastnictví družstva a družstvo tedy bude muset do nákladů na elektrickou energii započítat i ztráty v transformátoru. Vlastní elektroměr bude z důvodu měření na straně vysokého napětí připojen přes měřící transformátor proudu a měřící transformátor napětí. Volba a instalace elektroměru je zajišťována distribuční společností, která zřizuje přípojku. Zákazníkovi jsou potom účtovány oprávněné náklady na její vybudování a instalaci zařízení, podle Vyhlášky č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě.

2.2.3. Měření spotřeby – koncoví spotřebitelé

Měření spotřeby na straně koncových spotřebitelů bude probíhat ve stejném režimu jako doposud. Stávající odběrná místa budou osazena novými elektroměry, které budou ve vlastnictví bytového družstva a to bude zajišťovat odečty, na základě kterých bude prováděno vyúčtování. Výhodou tohoto řešení je, že může být zřízen libovolný počet odběrných míst bez dalších nákladů na připojovací poplatky. Jediným nákladem v případě přidání odběrného místa bude náklad na rozšíření sítě, elektroměr a jeho instalaci.

2.2.4. Vyúčtování spotřeby

Vyúčtování spotřeby elektřiny pro jednotlivá odběrná místa v rámci bytového družstva bude probíhat na základě odečtů elektroměrů. Jelikož se z pohledu družstva bude jednat o poskytování služby, stejně jako je tomu např. u teplé vody, bude měsíční záloha za elektřinu zahrnuta v ceně poplatků družstvu. Výše zálohy bude nastavena jednotná pro všechny členy družstva, tj. udělat aritmetický průměr z celkové spotřeby předešlého roku, ponížené o náklady na elektřinu ve společných prostorách a kotelně. Náklady na spotřebu ve společných prostorách by se pak rozpočítaly mezi odběratele v rámci jednotlivých vchodů a spotřeba kotelny by byla zahrnuta v ceně za teplo. Výše takové zálohy by se potom za rok 2019 vypočítala následovně.

$$Z_V = \frac{C_E}{12n} + \frac{C_V}{12n_V} \ (Kč/měsíc) \qquad (4)$$

Z_V – výše zálohy za odběrné místo a měsíc

C_E – celková cena za elektřinu v předchozím roce bez spol. prostor a kotelny

C_V – cena za elektřinu v předchozím roce za spol. prostor v daném vchodě

n – celkový počet odběrných míst

n_V – celkový počet odběrných míst v daném vchodě

Roční vyúčtování by proběhlo na bázi odečtu skutečně odebrané energie a vynásobení cenou elektřiny stanovenou družstvem. Stanovení ceny je závislé na zvoleném technickém řešení a bude řešeno v další části práce.

2.2.5. Revize

Pro zajištění bezproblémového a bezpečného provozu transformátoru je potřeba zajistit každý rok údržbu a kontrolu zařízení odborným pracovníkem. Výrobce SGB pro transformátory o výkonu 250 kVA doporučuje následující:

Jednou ročně:

Zkontrolovat nedochází-li k úniku oleje, ověřit stav těsnosti nádoby transformátoru, průchodek, vypouštěcího ventilu, utažení šroubu svorníkových ok včetně svorky uzemnění (pozor na doporučené 3 utahovací momenty). Zajistit důkladné očistění průchodek, povrchu nádoby a víka transformátoru.

Jednou za pět let:

Společně s revizí transformační stanice zajistit kontrolu provozního uzemnění a provést měření

elektrických veličin a kontrolu izolačního stavu:

- měření převodu
- měření odporu vinutí
- měření izolačního stavu

V případě uspokojivých výsledků není nutno odebírat vzorek oleje po celou dobu životnosti transformátoru (cca 45 let). V případě špatných výsledků měření izolačních stavů zajistit odběr vzorku oleje a jeho rozbor. [17]

2.2.6. Připojení k síti

Kabelové vedení VN, na které se má objekt připojit spadá pod PRE Distribuce a. s. Společnost PRE Distribuce a. s. na vysokonapěťové soustavě 22 kV na distribuční úrovni umožňuje připojení odběrného místa pro rezervované příkony 350 kW až 2000 kW, ve zvláštních případech od 200 kW. [18] Podle oficiálních informací je každá žádost o připojení posuzována individuálně a není tedy možné bez konkrétní žádosti o připojení zjistit, zda je možné sjednat přípojku s rezervovaným příkonem od 200 kW. Pro další výpočty budu brát tuto možnost v úvahu, jelikož rezervovaný příkon 350 kW je pro potřeby tohoto projektu naddimenzovaný a poplatky za rezervovanou kapacitu by mohly ohrozit ekonomickou výhodnost navrhovaného řešení.

2.2.7. Stanovení regulované ceny elektřiny

Na základě navrženého řešení nyní vypočítám cenu regulované složky elektřiny. Při výpočtech vycházím z cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 5/2019. [19]

2.2.7.1. Distribuce

Podle odstavce 4.38. je cena za použití sítí provozovatele distribuční soustavy nad 1 kV:

Provozovatel distribuční soustavy	Hladina napětí	Cena za použití sítí VVN a VN v Kč/MWh
ČEZ Distribuce, a. s.	VVN	42,85
	VN	66,79
E.ON Distribuce, a.s.	VVN	58,56
	VN	72,56
PREdistribuce, a.s.	VVN	54,12
	VN	73,83
UCED Chomutov s. r.o.	VN	39,84
SV servisní, s.r.o.	VN	77,12

Tab. 12 Cena za distribuci

Jelikož bude objekt připojen v síti PRE Distribuce a. s., je cena za použití sítí VN **73,83 Kč/MWh**. [19]

2.2.7.2. Rezervovaná kapacita

Podle odstavce 4.17. je cena za rezervovanou kapacitu pro odběr z distribuční soustavy uplatňována na kalendářní rok s měsíční cenou za roční rezervovanou kapacitu nebo na kalendářní měsíc s měsíční cenou za měsíční rezervovanou kapacitu, přičemž měsíční cenu za roční rezervovanou kapacitu lze kombinovat s měsíční cenou za měsíční rezervovanou kapacitu pro daný kalendářní rok. Došlo-li v odběrném nebo předávacím místě ke zvýšení roční rezervované kapacity v průběhu kalendářního roku, účtuje se platba za zvýšenou kapacitu počínaje kalendářním měsícem, pro který bylo navýšení roční rezervované kapacity uplatněno. Roční rezervovanou kapacitu zákazníka, výrobce elektřiny druhé kategorie nebo provozovatele lokální distribuční soustavy lze v odběrném nebo předávacím místě

snížit až po uplynutí doby 12 měsíců od poslední změny výše roční rezervované kapacity, nebo na základě změny zákazníka, výrobce elektřiny druhé kategorie nebo provozovatele lokální distribuční soustavy v odběrném nebo předávacím místě, pokud se smluvní strany nedohodnou jinak. [19]

Vzhledem k tomu, že se během roku nebude měnit hodnota rezervované kapacity, zvolil jsem platbu formou měsíční ceny za roční rezervovanou kapacitu, jelikož se jedná se o cenově výhodnější nabídku a výhod změny měsíční rezervované kapacity by se v praxi stejně nevyužilo.

Cena za rezervovanou kapacitu provozovatele distribuční soustavy je tedy **190 360 Kč/MW/měsíc**.

Kompletní přehled cen za rezervovanou kapacitu provozovatele distribuční soustavy je uveden v následující tabulce.

Provozovatel distribuční soustavy	Hladina napětí	Měsíční cena za roční rezervovanou kapacitu v Kč/MW a měsíc	Měsíční cena za měsíční rezervovanou kapacitu v Kč/MW a měsíc
ČEZ Distribuce, a. s.	VVN	73 069 Kč	81 691 Kč
	VN	177 031 Kč	197 921 Kč
E.ON Distribuce, a.s.	VVN	68 239 Kč	76 722 Kč
	VN	158 233 Kč	177 903 Kč
PREdistribuce, a.s.	VVN	73 846 Kč	81 413 Kč
	VN	190 360 Kč	209 867 Kč
UCED Chomutov s. r.o.	VN	231 631 Kč	250 161 Kč
SV servisní, s.r.o.	VN	166 697 Kč	181 389 Kč

Tab. 13 Cena za rezervovanou kapacitu provozovatele distribuční soustavy

2.2.7.3. Platba za systémové služby

Podle odstavce 3.1. je cena za systémové služby poskytované provozovatelem přenosové soustavy účastníkům trhu s elektřinou, jejichž zařízení je připojeno k elektrizační soustavě České republiky:

77,12 Kč/MWh

Tuto cenu účtuje provozovatel distribuční soustavy výrobci elektřiny nebo zákazníkovi připojenému k distribuční soustavě ke každé MWh celkového množství elektřiny dopravené provozovatelem distribuční soustavy výrobci elektřiny nebo zákazníkovi, jehož zařízení je připojeno k jeho distribuční soustavě. [19]

2.2.7.4. Platba za podporu POZE

Podle odstavce 5.1. je složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie:

Pro odběrná a předávací místa na území České republiky připojená k přenosové soustavě nebo k distribuční soustavě na napěťové hladině VVN a VN na základě sjednaného rezervovaného příkonu **57 674,52 Kč/MW/měsíc**.

Odstavec 5.4. však říká, že maximální platba za složku ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie za odběrné nebo předávací místo za fakturované období je určena součinem částky **495 Kč/MWh** a celkového odebraného množství elektřiny z přenosové soustavy nebo distribuční soustavy v odběrném nebo předávacím místě za fakturované období. Do tohoto celkového množství se nezahrnuje množství elektřiny podle jiného právního předpisu. [19]

V tomto případě tedy záleží na hodnotě maximálního rezervovaného příkonu. V případě, že bude společností PRE Distribuce a. s. umožněno připojení s rezervovanou kapacitou 200 kW a za předpokladu průměrného měsíčního odběru 26 MWh, pak je měsíční poplatek za rezervovaný příkon:

$$57\,674{,}52 \cdot 0{,}2 = \mathbf{11\,534{,}90\ K\check{c}} < 495 \cdot 26 = 12\,870\ K\check{c} \qquad (5)$$

Platba za podporu POZE tedy bude nižší než maximální částka určená odstavcem 5.4. Ale v případě, že minimální rezervovaný příkon bude 350 kW, tak bude situace opačná a poplatek nepřekročí zvýrazněnou hodnotu:

$$57\,674{,}52 \cdot 0{,}35 = 20\,186{,}08\ K\check{c} < 495 \cdot 26 = \mathbf{12\,870\ K\check{c}} \qquad (6)$$

Pro další výpočet budu tedy uvažovat poplatek za podporu POZE ve výši **495 Kč/MWh**.

2.2.7.5. Daň z elektřiny

Daň z elektřiny je stanovena na **28,30 Kč/MWh.**

2.2.7.6. Platba za služby operátora trhu s elektřinou

Podle odstavce 6.2. cenu za činnosti operátora trhu tvoří:

a) cena za činnosti související se zúčtováním odchylek ve výši **1,62 Kč/odběrné místo/měsíc**,

b) cena za činnosti související s výplatou a administrací podpory z podporovaných zdrojů ve výši

1,07 Kč/odběrné místo/měsíc,

c) poplatek na činnost Energetického regulačního úřadu podle jiného právního předpisu, stanovený nařízením vlády, kterým se stanoví sazba poplatku na činnost Energetického regulačního úřadu v odvětví elektroenergetiky, v Kč/odběrné místo/měsíc. [19]

Celková cena za činnost operátora trhu je tedy **5,08 Kč/odběrné místo/měsíc**.

2.2.7.7. Poplatek za překročení účiníku

Podle odstavce 4.52. platí, že pokud se cos φ pohybuje v mezích 0,95 – 1,00, neplatí účastník trhu definovaný v bodě (4.46. - zákazník připojený na napěťových hladinách VVN nebo VN) cenu za nedodržení účiníku. Pokud je vypočtený účiník podle naměřených hodnot menší než 0,95, platí účastník trhu definovaný v bodě (4.46.) provozovateli distribuční soustavy cenu za nedodržení účiníku vycházející z přirážky stanovené podle níže uvedené tabulky. Hodnota tg φ pro určení přirážky se zaokrouhlí na tři desetinná místa dolů. [19]

Pásma účiníku	Přirážka za nedodržení účiníku				
	tg ϕ min	tg ϕ max	cos ϕ min	cos ϕ max	Přirážka
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	0	0,328	0,95	1	0
2	0,329	0,484	0,9	0,949	0,0285
3	0,485	0,75	0,8	0,899	0,1238
4	0,751	1,02	0,7	0,799	0,2807
5	1,021	1,333	0,6	0,699	0,4858
6	1,334	a více	0	0,599	1

Tab. 14 Přirážka za nedodržení účiníku

Jelikož měřením bylo zjištěno, že účiník cos φ = 0,8, musím při výpočtu regulovaných složek elektřiny započítat i pokutu za jeho nedodržení v povolené toleranci. V reálném provozu bude účiník měřen pomocí elektroměru s průběhovým měřením, proto jsem spočítal dílčí poplatky za překročení účiníku pro každou hodinu v roce pomocí TDD 4. K výpočtu jsem použil metodiku ERÚ. Stanovení ceny za nedodržení účiníku se vypočítá podle následujícího vzorce.

$$c_P = [P_{max} \cdot c_{rk} \cdot u] + [(c_{ps} + c_{se}) \cdot u \cdot W] \qquad (7)$$

c_p – cena za nedodržení účiníku (Kč)

P_{max} – nejvyšší naměřený čtvrthodinový odebraný el. výkon za vyhodnocované období (MW)

c_{rk} – cena za rezervovanou kapacitu na příslušné napěťové hladině (Kč/MW)

u – přirážka za nedodržení účiníku podle hodnot uvedených v Tab. 14 (-)

c_{ps} – cena za použití sítí na příslušné napěťové hladině (Kč/MWh)

c_{se} – cena za silovou elektřinu podle tabulky uvedené v [19] (4.52.) (Kč/MWh)

W – množství elektřiny za vyhodnocované období (MWh)

Po výpočtu přes TDD4 vyšla výsledná roční cena za překročení účiníku následovně:

$$c_p = \mathbf{82\ 342\ K}\check{\mathbf{c}}$$

2.2.7.8. Výsledná cena

Pro výpočet celkové regulované ceny za elektřinu jsem vytvořil přehlednou tabulku. Zeleně označené řádky jsem při výpočtu výchozího stavu označil jako potenciální možnosti úspory. Za určitých vstupních parametrů se opravdu podařilo náklady snížit. Na druhou stranu jsem musel vzít v úvahu nepříznivou hodnotu účiníku, která se při odběru z hladiny vysokého napětí negativně projeví formou platby za jeho překročení. Výsledek výpočtu ukazuje, jak zásadní roli ve výsledné ceně hraje velikost rezervované kapacity. Pro případ základní rezervované kapacity garantované distributorem pro připojení k síti, tedy 350 kW, vychází výsledná cena regulované složky na 4,29 Kč/kWh, což je více něž při současném stavu, kdy je cena 3,54 Kč/kWh. Pokud by však byla možná varianta s připojením s rezervovanou kapacitou 200 kW, pak je výsledná cena regulované složky již příznivější – 2,94 Kč/kWh a dává prostor k ekonomickému využití této varianty.

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Rezervovaná kapacita provozovatele distribuční soustavy	Kč/MW/měsíc	190 360 Kč	456 864 Kč	95 941 Kč	552 805 Kč
Použití sítí PDS	307 MWh	74 Kč	22 666 Kč	4 760 Kč	27 426 Kč
Daň z elektřiny	307 MWh	28 Kč	8 688 Kč	1 825 Kč	10 513 Kč
Platba za systémové služby	307 MWh	77 Kč	23 676 Kč	4 972 Kč	28 648 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	307 MWh	495 Kč	151 965 Kč	31 913 Kč	183 878 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč
Platba za překročení účiníku	12 měsíců		82 342 Kč	17 292 Kč	99 634 Kč
Celkem			746 262 Kč	156 715 Kč	902 977 Kč

Tab. 15 Detailní rozpis regulované složky platby pro bytový dům, odběr 307 MWh, rezervovaná kapacita 200 kW

2.2.8. Ztráty v transformátoru

Jelikož budou transformátory umístěny uvnitř budovy a napojeny až za hlavním elektroměrem, je potřeba vypočítat ztrátový výkon, resp. ztracenou energii v transformátoru. Na základě tohoto výpočtu budou v ekonomické části práce vypočítány náklady na krytí ztrát, které budou součástí provozních nákladů. Pro výpočet ztrát v transformátoru jsem využil výpočet pomocí doby plných ztrát. Nejprve jsem vypočítal dobu využití maxima výkonu podle vzorce:

$$T_m = \frac{1}{P_m} \cdot \int_0^T p(t)\, dt = \frac{W}{P_m} = \frac{307\,000}{103} = 2980\ h \qquad (8)$$

T_m – doba využití maxima (h)

P_m – roční maximum odebíraného výkonu (kW)

W – celková energie odebraná za rok (kWh)

T – roční doba provozu transformátoru (h)

Poté jsem dosadil do rovnice pro výpočet doby plných ztrát, která je dána normou ČSN 341610.

$$T_z = \left[0{,}2 \cdot \frac{T_m}{T} + 0{,}8 \cdot \left(\frac{T_m}{T}\right)^2\right] \cdot T = \left[0{,}2 \cdot \frac{2980}{8760} + 0{,}8 \cdot \left(\frac{2980}{8760}\right)^2\right] \cdot 8760 = 811\ h \qquad (9)$$

Nakonec jsem vypočetl ztráty pro jeden transformátor a skupinu dvou transformátorů Dotel 250H/20.

- Výpočet ztrát pro jeden transformátor:

$$P_z = P_0 + P_k \cdot \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 = 0{,}3 + 3{,}25 \cdot \left(\frac{129}{250}\right)^2 = 1{,}165\ kW \qquad (10)$$

$$W_z = P_0 \cdot T_{pr} + P_k \cdot \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \cdot T_z = 0{,}3 \cdot 8760 + 3{,}25 \cdot \left(\frac{129}{250}\right)^2 \cdot 811 = 3330\ kWh \qquad (11)$$

- Výpočet ztrát pro skupinu dvou transformátorů:

$$P_{zs} = n \cdot \left(P_0 + P_k \cdot \left(\frac{S_m}{S_n \cdot n}\right)^2\right) = 2 \cdot \left(0{,}3 + 3{,}25 \cdot \left(\frac{129}{250 \cdot 2}\right)^2\right) = 1{,}03\ kW \qquad (12)$$

$$W_{zs} = n \cdot \left(P_0 \cdot T_{pr} + P_k \cdot \left(\frac{S_m}{S_n \cdot n}\right)^2 \cdot T_z\right)$$

$$= 2 \cdot \left(0{,}3 \cdot 8760 + 3{,}25 \cdot \left(\frac{129}{250 \cdot 2}\right)^2 \cdot 811\right) = 5607\ kWh \qquad (13)$$

T_z – roční doba plných ztrát [h]

P_z – roční maximum ztraceného výkonu v transformátoru [kW]

S_m – roční maximum zatížení transformátoru [kVA]

S_n – jmenovitý výkon transformátoru [kVA]

W_z – roční ztráty energie v transformátoru [kWh]

P_{zs} - roční maximum ztraceného výkonu ve skupině transformátorů [kW]

W_{zs} - roční ztráty energie ve skupině transformátorů [kWh]

n – počet transformátorů ve skupině [-]

Tento výpočet potvrzuje výhodnost navrženého řešení, kdy pracuje pouze jeden transformátor a druhý funguje jako záloha, jelikož dochází k menším ztrátám energie.

2.3. Varianta 2

Druhou variantou změny napájení bytového družstva je napájení pomocí vlastního transformátoru z VN přípojky se zachováním přípojky NN, jako rezervního zdroje napájení. Jako v předcházejícím případě bude zapotřebí zrušení smlouvy o připojení u všech současných odběrných míst a vytvoření nové přípojky na hladině vysokého napětí 22 kV. Pro zajištění rozvodu elektrické energie bude využito stávajícího rozvodu, avšak bude potřeba provést dílčí úpravy. Rozdílem oproti předchozí variantě je ponechání NN přípojky v sekci T33. Opět bude nutné propojení obou sekcí pro možnost napájení z jednoho místa. Napojení na VN bude realizováno v suterénu bytového domu 1996. Zajištění nepřerušené dodávky elektřiny bude zajištěno napojením výstupu z transformátoru a přípojky z NN do automatického přepínače sítí. Jako primární zdroj napájení bude fungovat distribuční transformátor a odběr z NN bude realizován pouze v případě výpadku tohoto zdroje.

2.3.1. Volba transformátoru

Jelikož je v tomto případě zajištěna spolehlivost dodávky záložním napájením ze sítě NN, není nutné instalovat dva transformátory. Jako primární zdroj napájení bude z důvodů uvedených v kapitole 2.2.1 použit olejový transformátor o výkonu 250 kVA. Jeho chlazení bude vyřešeno pomocí tepelného výměníku o výkonu 10 kW napojeného na olejovou nádobu transformátoru, který bude napojen na vodovodní řad vedoucí do přípravy TV. Oběh chladiva bude zajištěn průtokem vody při doplňování zásobníku TV a cirkulace transformátorového oleje bude zajištěna samovolnou konvekcí. Tím bude zajištěna optimální teplota transformátoru a zároveň bude odpadní teplo dále využito.

2.3.2. Měření spotřeby na vstupu

Jelikož bude objekt připojen na vysoké napětí 22 kV, stane se bytové družstvo pro toto odběrné místo odběratelem kategorie B, tudíž je nutné provádět průběhové měření. Jelikož ale bude zároveň disponovat přípojkou na NN bude zároveň odběratelem kategorie C. I přes stávající napojení na NN, bude nutné podat žádost o připojení, jelikož se jedná o nový odběr. Výběr měřících přístrojů, jejich instalaci a revizi opět zajišťuje provozovatel distribuční soustavy.

2.3.3. Měření spotřeby – koncoví uživatelé

Měření spotřeby na straně koncových spotřebitelů bude probíhat ve stejném režimu jako doposud. Záložní přípojka na NN nebude mít vliv na měření spotřeby koncových uživatelů. Stávající odběrná místa budou osazena novými elektroměry, které budou ve vlastnictví bytového družstva a to bude zajišťovat odečty, na základě kterých bude prováděno vyúčtování.

2.3.4. Vyúčtování spotřeby

Vyúčtování spotřeby elektřiny pro jednotlivá odběrná místa v rámci bytového družstva bude probíhat totožně jako v případě první varianty. Pokud by došlo k výpadku primárního zdroje napájení, bude spotřeba kryta ze záložního zdroje, ale na vyúčtování to nebude mít vliv. Do celkové částky za elektřinu, která se bude vyúčtovávat jednotlivým odběratelům, budou přičteny náklady za odběr z NN a princip zůstane stejný. Pro tuto variantu jsem opět zvolil zálohový systém založený na jednotné záloze vypočtené za spotřebu předcházejícího roku. Tedy:

$$Z_V = \frac{C_E}{12n} + \frac{C_V}{12n_V} \ (Kč/měsíc) \qquad (14)$$

Z_V – výše zálohy za odběrné místo a měsíc

C_E – celková cena za elektřinu v předchozím roce bez spol. prostor a kotelny

C_V – cena za elektřinu v předchozím roce za spol. prostor

n – celkový počet odběrných míst

n_V – celkový počet odběrných míst v daném vchodě

2.3.5. Revize

Vzhledem k instalaci stejného typu transformátoru jako v předchozí variantě, zůstává i plán údržby a revize stejný jako v kapitole 2.2.5.

2.3.6. Připojení k síti

Pro připojení k vedení VN platí stejná pravidla jako ve variantě 1, tedy je umožněno připojení s rezervovaným příkonem 350 kW až 2000 kW, ve zvláštních případech od 200 kW. [18] Vzhledem k individuálnímu posuzování žádosti však není možné připojení na 200 kW garantovat.

Kabelové vedení NN, na které se má objekt připojit spadá také pod PRE Distribuce a. s. Společnost PRE Distribuce a. s. na nízkonapěťové soustavě 3x400 V umožňuje připojení odběrného místa pro rezervované příkony 60 kW až 200 kW, ve zvláštních případech do 350 kW pod podmínkou přímého připojení na distribuční transformátor 22/0,4 kV. [18] To je v tomto případě splněno, není tedy vyžadováno budování nového zařízení a do 30 dní od podání žádosti o připojení by měla být zaslána smlouva o připojení. Pro potřeby záložního napájení je maximální rezervovaný příkon 200 kW postačující. Navrhuji použití tarifu C01d – AKTIV + FAVORIT 2 01/2020, 3x300A od PRE Distribuce a. s.

2.3.7. Regulovaná cena elektřiny

Na základě navrženého řešení nyní vypočítám cenu regulované složky elektřiny. Při výpočtech vycházím z cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 5/2019. [19] Vzhledem k detailnímu rozepsání jednotlivých položek regulované ceny elektřiny u předchozí varianty nyní uvedu jen celkový přehled plateb. Rozdíl oproti předchozí variantě je v tom, že nyní budou navýšeny fixní výdaje o platby za rezervovanou kapacitu záložního zdroje, tj. platba za jistič a platba za činnosti operátora trhu. Do stálých plateb se navíc promítla i stálá platba za silovou elektřinu, ta sice není regulovanou položkou, ale ponechám jí ve výpočtu, jelikož ovlivňuje výslednou cenu bez ohledu na výši odběru. Protože předpokládám jen minimální podíl NN odběru na spotřebě (max 10 dní), tak jsem zvolil tarif C01d, který má nejnižší fixní platby.

Z tabulky níže je patrné, že samotné platby za rezervovaný příkon, vlivem záložního napájení z NN, vzrostly jen o něco málo přes 7300 Kč, což v celkovém součtu téměř nemá vliv na cenu, a tudíž má i tato varianta určitý ekonomický potenciál.

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Rezervovaná kapacita provozovatele distribuční soustavy	Kč/MW/měsíc	190 360 Kč	456 864 Kč	95 941 Kč	552 805 Kč
Použití sítí PDS	307 MWh	74 Kč	22 666 Kč	4 760 Kč	27 426 Kč
Daň z elektřiny	307 MWh	28 Kč	8 688 Kč	1 825 Kč	10 513 Kč
Platba za systémové služby	307 MWh	77 Kč	23 676 Kč	4 972 Kč	28 648 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	307 MWh	495 Kč	151 965 Kč	31 913 Kč	183 878 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč
Platba za překročení účiníku	12 měsíců		82 342 Kč	17 292 Kč	99 634 Kč
Stálý plat (za silovou elektřinu) (nn)	12 měsíců	99 Kč	1 188 Kč	249 Kč	1 437 Kč
Stálý plat (platba za jistič) (nn)	12 měsíců	621 Kč	6 048 Kč	1 270 Kč	7 318 Kč
Platba za činnosti operátora trhu (nn)	12 měsíců	5 Kč	83 Kč	17 Kč	100 Kč
Platba za zajišťování distribuce (nn)	1 MWh	3 079 Kč			
Daň z elektřiny (nn)	1 MWh	28 Kč			
Platba za systémové služby (nn)	1 MWh	77 Kč			
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie (nn)	1 MWh	495 Kč			
Celkem			753 581 Kč	158 252 Kč	911 833 Kč

Tab. 16 Detailní rozpis platby pro bytový dům, odběr 307 MWh, Varianta 2

.

3. Ekonomická část

V ekonomické části práce provedu zhodnocení jednotlivých návrhů změny napájení. Budu porovnávat hodnoty čisté současné hodnoty (NPV), vnitřního výnosového procenta IRR, prosté a reálné doby návratnosti. Provedu citlivostní analýzu vybraných parametrů a nakonec provedu vyhodnocení obou variant.

3.1. Investiční náklady – Varianta 1

Pro ekonomické porovnání varianty s výchozím stavem je potřeba vytvořit přehled investičních nákladů této varianty. Pro řadu položek je velmi těžké sehnat alespoň přibližné ceny. Část položek se mi podařilo dohledat na internetových stránkách prodejců, ale cenu některých položek jsem musel odhadnout. Cenu výměníku tepla jsem získal z [20], cenu pojistek z [21], cenu transformátoru z [22] největší problém však byl s odhadem ceny práce a projektové dokumentace. Pokusil jsem se o co nejpřesnější odhad na základě vlastní zkušenosti.

Investiční náklady bytových družstev jsou zatíženy sazbou DPH 15 %. Jedinou výjimkou je připojovací poplatek, který je účtován bez DPH, jelikož se nejedná se o úhradu za zdanitelné plnění a nevzniká tedy povinnost přiznat daň. [25]

Položka	počet	jednotka	jednotková cena	cena celkem	cena vč. DPH
Transformátor 250 kVA	2	ks	300 000 Kč	600 000 Kč	690 000 Kč
Automatický přepínač sítí Atys p B4	1	ks	15 000 Kč	15 000 Kč	17 250 Kč
Výkonový odpojovač	2	ks	15 000 Kč	30 000 Kč	34 500 Kč
ELEKTROMĚR ET 10-60 A	162	ks	750 Kč	121 500 Kč	139 725 Kč
Elektroměr EJ 5-60 A CZ CEJCH	5	ks	450 Kč	2 250 Kč	2 588 Kč
Jistič BH400	2	ks	12 000 Kč	24 000 Kč	27 600 Kč
Pojistka PM45 16A 22/25kV	6	ks	1 950 Kč	11 700 Kč	13 455 Kč
Vodiče AYKY 3x240+120	80	m	243 Kč	19 440 Kč	22 356 Kč
Výměník tepla SWEP B8THx10	2	ks	2 690 Kč	5 380 Kč	6 187 Kč
Potrubí	1	[-]	8 000 Kč	8 000 Kč	9 200 Kč
Instalační materiál	1	[-]	3 000 Kč	3 000 Kč	3 450 Kč
Drobný materiál	1	[-]	6 000 Kč	6 000 Kč	6 900 Kč
Připojovací poplatek	1	[-]	160 000 Kč	160 000 Kč	160 000 Kč
Projektová dokumentace	1	[-]	80 000 Kč	80 000 Kč	92 000 Kč
Práce	1	[-]	120 000 Kč	120 000 Kč	138 000 Kč
Celkem				1 206 270 Kč	1 363 211 Kč

Tab. 17 Investiční náklady varianty 1

3.2. Provozní náklady – Varianta 1

Během životnosti projektu bude nutné investovat do údržby a provádět pravidelné revize zařízení. Tyto činnosti budou společně s náklady na ztráty energie v transformátoru, kalibraci elektroměrů, odečty a zpracování vyúčtování tvořit provozní náklady. Provozní náklady jsou zatíženy sazbou DPH 21 %.

Pro výpočet pravidelné roční údržby a revize transformátoru budu uvažovat náklady ve výši 1 % celkové výše investice, snížené o náklady na práci, projektovou dokumentaci, připojovací poplatek, elektroměry a vodiče. Celkem se tedy bude jednat o částku **8 500 Kč/rok**. Dále je výrobcem transformátoru doporučena jednou za 5 let kontrola provozního uzemnění, měření elektrických veličin a kontrola izolačního stavu. Náklady na tuto činnost odhaduji na 4 % z celkové výše investice, snížené o náklady na práci, projektovou dokumentaci, připojovací poplatek a vodiče. Celkově se jedná o částku **34 000 Kč** jednou za 5 let.

Dále jsem provedl ocenění ztrát transformátoru cenami jednotlivých složek tarifu pro připojení na VN a cenou silové elektřiny podle aktuálního tarifu, viz následující tabulka:

Položka	Jednotek	Cena jednotky	Platba		
		[Kč]	Bez DPH	DPH	Včetně DPH
			[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
Silová elektřina	3,33 MWh	1 650 Kč	5 495 Kč	1 154 Kč	6 648 Kč
Rezervovaná kapacita provozovatele distribuční soustavy	Kč/MW/měsíc	190 360 Kč	2 661 Kč	559 Kč	3 220 Kč
Použití sítí PDS	3,33 MWh	74 Kč	246 Kč	52 Kč	297 Kč
Daň z elektřiny	3,33 MWh	28 Kč	94 Kč	20 Kč	114 Kč
Platba za systémové služby	3,33 MWh	77 Kč	257 Kč	54 Kč	311 Kč
Složka ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie	3,33 MWh	495 Kč	1 648 Kč	346 Kč	1 995 Kč
Platba za činnosti operátora trhu	12 měsíců	5 Kč	61 Kč	13 Kč	74 Kč
Platba za překročení účiníku	12 měsíců		690 Kč	145 Kč	835 Kč
Celkem			11 152 Kč	2 342 Kč	13 494 Kč

Tab. 18 Ocenění ztrát v transformátoru

Celkové náklady na ztráty v transformátoru jsou **13 494 Kč/rok**.

Pro zajištění přesnosti měření spotřeby v jednotlivých odběrných místech bude prováděna kalibrace elektroměrů jednou za 10 let. Náklady na kalibraci se skládají z ceny za kalibraci – 641 Kč/kus [26] a nákladů na demontáž a opětovné osazení – 60 Kč/kus. Celkově se tedy jedná o částku 117 067 Kč. Odečty elektroměrů budou pro potřeby vyúčtování prováděny jednou ročně. Sběr dat, zpracování a vyúčtování spotřeby pro jednotlivé odběratele odhaduji na 4 MD. Při ceně práce 350 Kč/h jsou celkové náklady na odečet a vyúčtování **11 200 Kč/rok**.

Přehled celkových provozních nákladů je uveden v následující tabulce.

Položka	Cena bez DPH	Cena vč. DPH	Četnost
Revize periodická	7 025 Kč	8 500 Kč	1x ročně
Revize velká	28 099 Kč	34 000 Kč	1x za 5 let
Ztráty transformátoru	11 152 Kč	13 494 Kč	1x ročně
Odečty + vyúčtování	9 256 Kč	11 200 Kč	1x ročně
Kalibrace	96 750 Kč	117 067 Kč	1x za 10 let

Tab. 19 Provozní náklady varianty 1

3.3. Investiční náklady – Varianta 2

Pro ekonomické porovnání varianty s výchozím stavem jsem vytvořil přehled investičních nákladů. Oproti variantě 1 klesly náklady na pořízení druhého transformátoru a příslušného přístrojového vybavení, ale na druhou stranu přibyl další připojovací poplatek za připojení k NN síti. V konečném součtu je ale tato varianta investičně o více než 200 000 Kč méně náročná. Přehled investičních nákladů je v následující tabulce.

Položka	počet	jednotka	jednotková cena	cena celkem	cena vč. DPH
Transformátor 250 kVA	1	ks	300 000 Kč	300 000 Kč	345 000 Kč
Automatický přepínač sítí Atys p B4	1	ks	15 000 Kč	15 000 Kč	17 250 Kč
Výkonový odpojovač	1	ks	15 000 Kč	15 000 Kč	17 250 Kč
ELEKTROMĚR ET 10-60 A	162	ks	750 Kč	121 500 Kč	139 725 Kč
Elektroměr EJ 5-60 A CZ CEJCH	5	ks	450 Kč	2 250 Kč	2 588 Kč
Jistič BH400	1	ks	12 000 Kč	12 000 Kč	13 800 Kč
Pojistka PM45 16A 22/25kV	3	ks	1 950 Kč	5 850 Kč	6 728 Kč
Vodiče AYKY 3x240+120	80	m	243 Kč	19 440 Kč	22 356 Kč
Výměník tepla SWEP B8THx10	1	ks	2 690 Kč	2 690 Kč	3 094 Kč
Potrubí	1	[-]	4 000 Kč	4 000 Kč	4 600 Kč
Instalační materiál	1	[-]	2 000 Kč	2 000 Kč	2 300 Kč
Drobný materiál	1	[-]	4 000 Kč	4 000 Kč	4 600 Kč
Připojovací poplatek VN	1	[-]	160 000 Kč	160 000 Kč	160 000 Kč
Připojovací poplatek NN	1	[-]	150 000 Kč	150 000 Kč	150 000 Kč
Projektová dokumentace	1	[-]	80 000 Kč	80 000 Kč	92 000 Kč
Práce	1	[-]	100 000 Kč	100 000 Kč	115 000 Kč
Celkem				993 730 Kč	1 096 290 Kč

Tab. 20 Investiční náklady varianty 2

3.4. Provozní náklady – Varianta 2

Provozní náklady varianty 2 budou počítány stejným způsobem jako v případě varianty 1. Budou tvořeny předepsanou údržbou a revizí zařízení, doplněné o náklady na ztráty energie v transformátoru, kalibraci elektroměrů, odečty a zpracování vyúčtování. Hlavním rozdílem oproti variantě 1 jsou nižší náklady na údržbu a revize z důvodu instalace jednoho transformátoru. Celkový přehled provozních nákladů je uveden v následující tabulce.

Položka	Cena bez DPH	Cena vč. DPH	Četnost
Revize periodická	3 605 Kč	4 363 Kč	1x ročně
Revize velká	14 422 Kč	17 450 Kč	1x za 5 let
Ztráty transformátoru	11 152 Kč	13 494 Kč	1x ročně
Odečty + vyúčtování	9 256 Kč	11 200 Kč	1x ročně
Kalibrace	96 750 Kč	117 067 Kč	1x za 10 let

Tab. 21 Provozní náklady varianty 2

3.5. Výchozí stav

Základní předpokladem pro plánování investičních variant je ten, že družstvo má ve fondu oprav dostatečné množství peněz, které pokryje každou z hodnocených investic. Zároveň na straně družstva ani není vůle se kvůli projektu zadlužovat, takže budou obě varianty plně financovány ze zdrojů investora. Co se týče zhodnocování volných finanční prostředků, je bytové družstvo spíše konzervativního charakteru, takže uvažovaný diskont nebude příliš vysoký.

Existují zde ale omezení vycházející z principu fungování družstva. Bytové družstvo je určeno k zajišťování bytových služeb svých členů. Takovéto družstvo musí vždy nést označení „bytové družstvo“ a nesmí být, mimo zvláštní případy, kdy je to umožněno zákonem, založeno za jiným účelem, než je právě zajišťování bytových služeb členů družstva. Tímto omezením podnikatelské činnosti se bytové družstvo odlišuje od jiných typů družstev. [23] Družstvo tedy ze své podstaty může svým členům zajistit dodávku elektřiny formou poskytování služby, nesmí ale z tohoto poskytování generovat zisk. Součástí ekonomického zhodnocení tedy bude i stanovení ceny, při které budou umořeny náklady na realizaci a provoz projektu, ale výsledné NPV bude rovno 0.

Jelikož investice nesouvisí s ekonomickou činností družstva a není možný odpočet DPH, počítám s cenami včetně DPH. Bytové družstvo jako investor spadá do daňové sazby 15 %, která bude uplatněna na investiční výdaje. Vyúčtování služeb pak bude zatíženo sazbou 21 %.

DPH by bylo možné odečíst za předpokladu spojení investice s ekonomickou činností bytového družstva. Toho by bylo možné docílit dvěma způsoby.

1. Družstvo by získalo licenci na provoz lokální distribuční soustavy. Toto řešení však vyvolává značnou byrokratickou zátěž jak při jejím pořízení, tak při provozování. Tato varianta není v daném případě optimální.
2. Druhou možností je pořízení vlastního zdroje elektřiny např. FVE. Při instalovaném výkonu do 10 kW navíc není potřeba získání licence. Pokud by byla FVE jako zdroj pro plynovou kotelnu, byla by zde již návaznost na ekonomickou činnost družstva a změna napájení domu vlastním transformátorem by mohla být zahrnuta do investice pro provoz výrobny. Tím by byl možný odpočet DPH.

3.5.1. Čistá současná hodnota (NPV)

Čistá současná hodnota neboli NPV vyjadřuje celkovou současnou hodnotu všech diskontovaných peněžních toků za dobu hodnocení investice. Výhodou této metody je, že odráží časovou hodnotu peněz. Vypočítá se podle následujícího vzorce.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_ž} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN \qquad (15)$$

CF_t – cash flow v roce t (Kč)

r – diskontní míra (-)

IN – investiční výdaje (Kč)

$T_ž$ – doba hodnocení projektu (rok)

3.5.2. Vnitřní výnosové procento (IRR)

Vnitřní výnosové procento je ukazatelem relativního výnosu projektu během doby hodnocení. Stejně jako NPV respektuje časovou hodnotu peněz, ale i přes relativní podobnost můžeme pro stejnou investici dostat rozdílné hodnoty těchto parametrů. Vypočítá se podle následujícího vzorce.

$$\sum_{t=1}^{T_ž} CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} - IN = 0 \qquad (16)$$

3.5.3. Prostá doba návratnosti (PP)

Prostá doba návratnosti je nejjednodušším kritériem, které nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Udává, za kolik let příjmy pokryjí danou investici. Vypočítá se podle následujícího vzorce.

$$T_s = \frac{IN}{CF} \qquad (17)$$

T_s – doba návratnosti [rok]

3.5.4. Reálná doba návratnosti (DPP)

Reálná doba návratnosti má oproti prosté době návratnosti vyšší vypovídací hodnotu, jelikož do výpočtu zanáší diskontní míru. Vypočítá se podle následujícího vzorce.

$$\sum_{t=1}^{T_{ds}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0 \qquad (18)$$

T_{ds} – doba návratnosti [rok]

3.6. Ekonomické zhodnocení variant

Na základě zjištěných informací jsem provedl ekonomické zhodnocení variant. Ekonomickou efektivitu řešení posuzuji na základě ceny za regulovanou složku elektřiny. Cenu za silovou elektřinu do řešení nezahrnuji. Za referenční model jsem zvolil variantu s rezervovaným příkonem 200 kW. Vypočetl jsem hotovostní toky na základě nákladů a výnosů z nezaplacených prostředků na budoucí spotřebu. Díky tomu jsem mohl dále vypočítat NPV a na základě toho určit cenu regulované složky elektřiny, která zajistí NPV rovno 0. Tím je zajištěna neziskovost projektu pro investora, ale veškeré úspory z navrženého řešení zajistí pokles ceny pro odběratele – členy družstva. Poté jsem vypočetl ostatní ekonomické ukazatele. Ty jsou zobrazeny v následující tabulce. Hodnota NPV_Z a IRR_Z představuje dosaženou úsporu. Jedná se v podstatě o zisk, resp. vnitřní výnosové procento, kterého by bylo dosaženo, pokud by po realizaci projektu byla stále placena cena původní. Podrobné výpočty jsou v přiloženém excelu.

Varianta 1	
NPVz	1 554 563 Kč
IRRz	8,3%
NPV	- Kč
IRR	1%
PP	11 let
DPP	12 let

Tab. 22 Ekonomické zhodnocení varianty 1

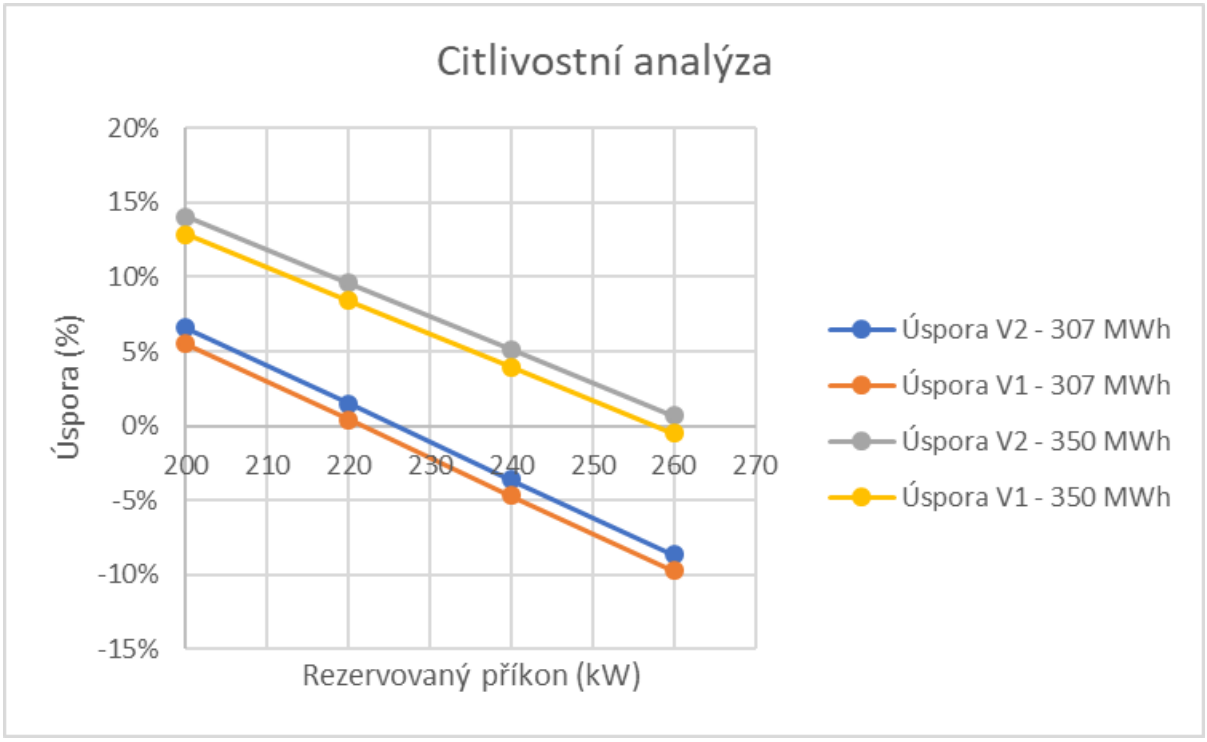
Varianta 2	
NPVz	1 847 245 Kč
IRRz	11,1%
NPV	- Kč
IRR	1%
PP	8 let
DPP	9 let

Tab. 23 Ekonomické zhodnocení varianty 2

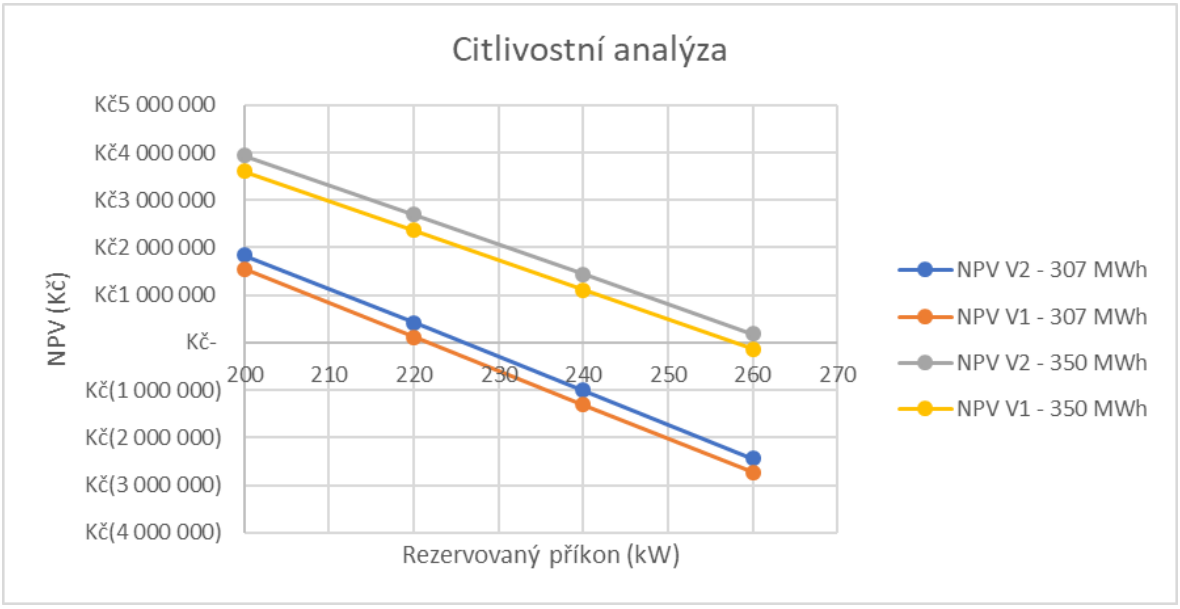
Z tabulek je patrné, že varianta 2 vykazuje výhodnější ekonomické ukazatele. Sjednocením odběrných míst se podařilo snížit cenu za regulovanou složku elektřiny z původních 3,54 Kč/kWh na 3,34 Kč/kWh u varianty 1, resp. 3,31 Kč/kWh u varianty 2. V podmínkách pro připojení k síti VN však není zaručeno, že bude umožněno připojení s rezervovanou kapacitou 200 kW. Proto jsem výpočty podrobil citlivostní analýze na změnu rezervovaného příkonu.

3.7. Citlivostní analýza

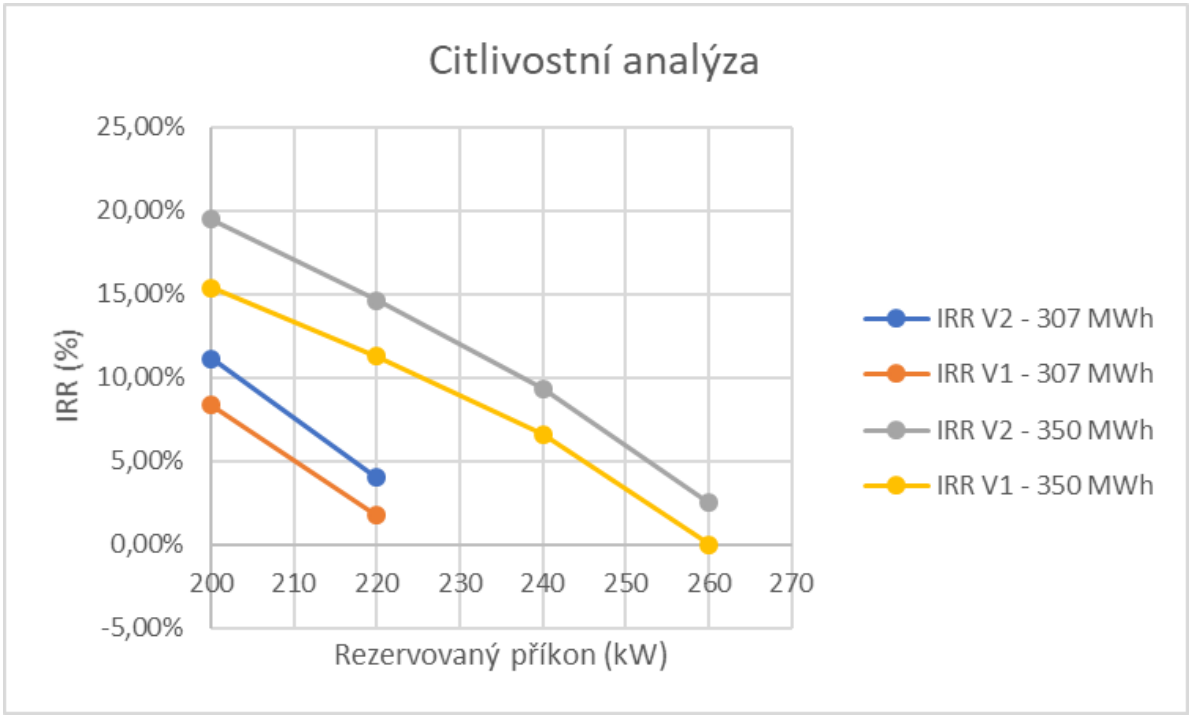
Citlivostní analýzu jsem provedl v rozsahu 200 kW až 260 kW s krokem 20 kW a pro 2 hodnoty celkového odběru 307 MWh a 350 MWh. Obě varianty reagují na zvýšení rezervovaného příkonu téměř stejně, ale při současné nízké spotřebě se nedosahuje příliš vysokých úspor. Proto jsem provedl výpočet i pro variantu s vyšším odběrem, při které lze dosáhnout již zajímavých úspor. To dává prostor například pro vybudování nabíjecích stanic pro elektromobily. Z výsledků se dá odečíst, že zlomovou hodnotou rezervovaného příkonu při současném odběru 307 MWh je u obou variant hodnota 220 kW. Při překročení této hodnoty již projekty ztrácí svou ekonomickou výhodnost. Tyto výsledky poskytují dobré podklady pro budoucí rozhodování o realizaci projektu. Výsledky jsou v znázorněny v následujících grafech.



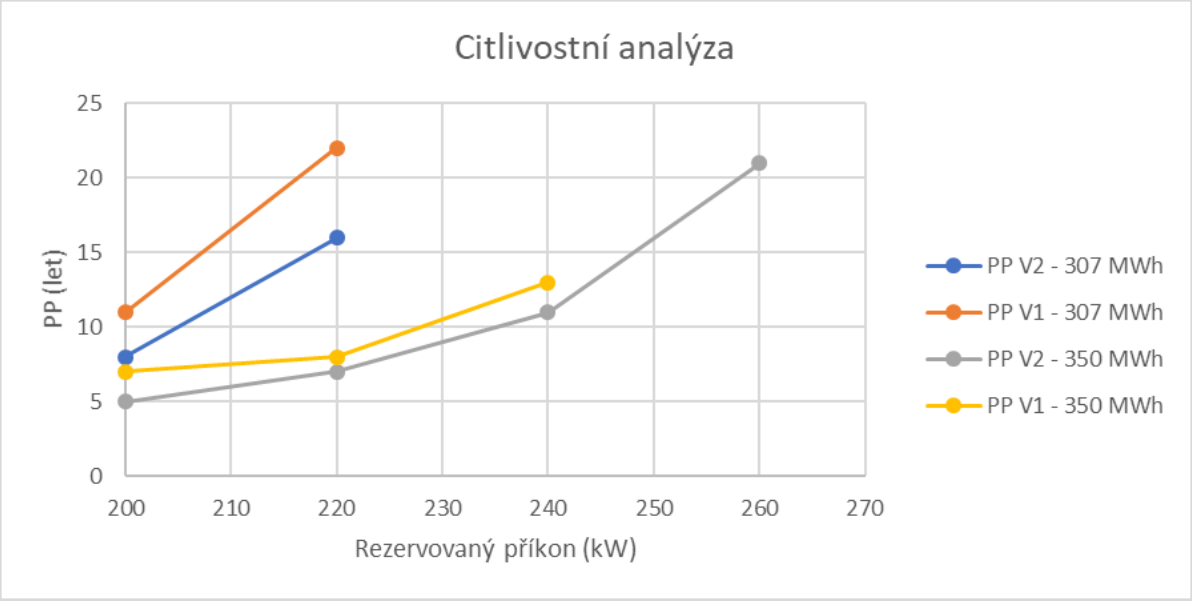
Graf 6 Citlivostní analýza – úspora



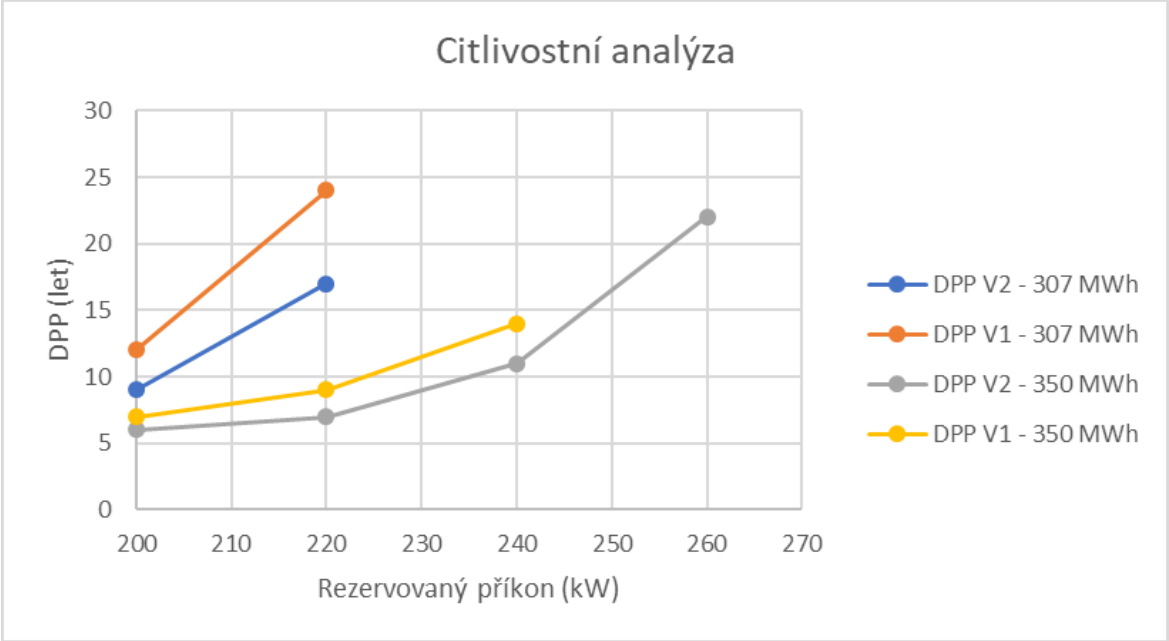
Graf 7 Citlivostní analýza – NPV



Graf 8 Citlivostní analýza – IRR



Graf 9 Citlivostní analýza – Prostá doba návratnosti



Graf 10 Citlivostní analýza – Reálná doba návratnosti

3.8. Shrnutí výsledků

V rámci diplomové práce se podařilo navrhnout dvě řešení, která za definovaných podmínek splňují požadavky, které byly na počátku stanoveny. Sdružením odběrných míst a provozem vlastního distribučního transformátoru lze dosáhnout očekávané úspory za elektřinu. Obě navrhovaná řešení jsou schopna zajistit nepřetržitou dodávku elektřiny v požadované kvalitě a množství. Pro realizaci projektu bych doporučil variantu 2, s jedním distribučním transformátorem a záložním napájením z hladiny NN, která vykazuje větší ekonomický potenciál. Jde o řešení, které může nabídnout vyšší stabilitu provozu, z důvodu fyzického oddělení přípojek, stejně tak jako v případě poruchy na jedné napěťové hladině může být napájení obnoveno z hladiny druhé. Další nemalou výhodou jsou nižší investiční náklady. Původní obavy o navýšení stálých plateb způsobených dvěma odběrnými místy se nepotvrdily. Pokud bude umožněno připojení na VN s nižším rezervovaným příkonem než 220 kW, přikláněl bych se k realizaci tohoto projektu.

4. Závěr

V rámci diplomové práce jsem vypracoval návrh změny napájení bytového domu elektřinou pomocí vlastního distribučního transformátoru. Celá práce byla koncipována následujícím způsobem.

V první části práce jsem se zaměřil na popis vzniku volného trhu s elektřinou a organizaci trhu s elektřinou na území České republiky. Představil jsem hlavní účastníky trhu a jejich povinnosti a pravomoci. Dále jsem se zaměřil na podmínky připojení odběratele k distribuční síti a rozebral kategorizaci odběratelů elektrické energie. Převážnou část teoretické části jsem ale věnoval analýze bytového družstva, pro které vznikla tato studie. Seznámil jsem se s organizační strukturou družstva a na základě poskytnutých údajů o měření spotřeby jsem vytvořil denní diagramy spotřeby a porovnal je s typovými diagramy dodávky. Díky prokázané shodě jsem v dalších výpočtech mohl vycházet z normovaných diagramů. Ověřil jsem dostupnost připojení na distribuční VN síť a provedl jsem základní výpočty pro získání potřebných hodnot, podle kterých jsem mohl začít s výběrem vhodného transformátoru. Na závěr teoretické části práce jsem provedl úvodní analýzu vhodných transformátorů.

V technické části jsem přistoupil k analýze odběrných míst a provedl soupis veškerých jističů v bytovém družstvu. Porovnáním celkové rezervované kapacity odvozené od součtu velikosti jističů s výpočtovým zatížením pro skupinu bytů jsem si potvrdil domněnku, že je zde velký prostor pro optimalizaci. Udělal jsem celkovou analýzu plateb za elektrickou energii a ukázalo se, že je zde potenciál pro úsporu za fixní a regulované položky. Nabízelo se tedy zrušit jednotlivé přípojky a nahradit je centrálním odběrem, který by mohl disponovat několikanásobně menší rezervovanou kapacitou a tím dosáhnout úspory. V druhé polovině technické části jsem provedl kompletní návrh dvou možných variant na změnu napájení. Konkrétně se jednalo o úplné odpojení od sítě NN a zajištění napájení z jednoho přípojného místa VN pomocí dvou distribučních transformátorů. Tato konfigurace měla zajistit nepřetržitou dodávku i v případě poruchy zařízení. Druhou variantou bylo umístění pouze jednoho distribučního transformátoru a pro potřeby záskoku, v případě výpadku, zřídit ještě jednu centrální přípojku na hladině nízkého napětí. Pro obě varianty jsem navrhl způsob měření na straně vstupu i dodávky, plán revize a vypočítal jsem náklady na platby fixních a regulovaných složek elektřiny. Na první pohled se zdálo, že by řešení mělo fungovat, ale bylo ještě potřeba ověřit tento model pomocí ekonomických ukazatelů v rámci ekonomické části práce.

Základem ekonomické části bylo určení kompletních investičních a provozních nákladů stanovení výchozích podmínek pro realizaci záměru. Celá investice měla být pokryta investorem, ale je zde omezení, že provoz zařízení nesmí generovat zisk. Bytové družstvo totiž nemá oprávnění na obchodování s elektřinou, takže může zajišťovat napájení spotřebitelů, ale jen za cenu,

která bude pokrývat jeho náklady na provoz a investici. S tímto problémem jsem se v rámci ekonomické analýzy vypořádal a pomocí NPV, IRR, prosté a reálné doby návratnosti jsem potvrdil funkčnost návrhu. Jediným zádrhelem byla nejasná velikost minimální rezervované kapacity přípojky. Řešení, které by vyhovovalo mému návrhu je možné získat, ale není distributorem garantováno. Vyšší rezervovaná kapacita totiž ohrožuje ekonomickou výhodnost návrhu díky nárůstu fixních plateb. Podrobil jsem tedy tento parametr citlivostní analýze a podařilo se určit hraniční hodnotu, nad kterou již nemá smysl projekt realizovat.

V závěru práce jsem provedl diskuzi nad oběma projekty, a i když oba prokázaly splnění zadání, nakonec se jako lepší jevil model s jedním transformátorem a záložním připojením na NN síť. Touto studií se mi tedy povedlo ověřit, že změna napájení bytového domu může přinést úspory a je možné ji realizovat.

Zdroje

[1] Úvod do liberalizované energetiky, Kolektiv autorů, [online] dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/kniha-trh-s-elektrinou.pdf

[2] ZÁKON 458/200 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)

[3] ERU, informace o působnosti úřadu, [online] dostupné z: https://www.eru.cz/cs/o-uradu

[4] OTE, Informace o působnosti úřadu, [online] dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/o-spolecnosti/zakladni-udaje

[5] SEI, Informace o působnosti úřadu, [online] dostupné z: https://www.cr-sei.cz/?page_id=77

[6] Účastníci trhu s elektřinou, [online] dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou

[7] PXE, Informace o oblastech působnosti, [online] dostupné z: https://www.pxe.cz/dokument.aspx?k=co-je-pxe

[8] *Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě*.

[9] ERU, Příloha č. 7 k vyhlášce č. 408/2015 Sb., [online] dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/463080/PTE+P%C5%99%C3%ADloha+7/7acd5436-173f-4765-bbef-967dedaad509

[10] Stanovy bytového družstva Zázvorkova 1995 – 1999 (2014)

[11] Norma ČSN 332130 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody

[12] BENEŠ, Výpočty TDD, [online] dostupné z http://home.zcu.cz/~benesj/MMEE/CV5_obchod2.pdf

[13] OTE, Typové diagramy dodávek elektřiny, [online] dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd?date=2019-01-01

[14] SWEP COMPANY, Výměníky tepla, [online] dostupné z: https://www.vymeniky-tepla.cz/obchod/Vymenik_tepla.php?vymenik=B8TH

[15] ELPO-ENERGO, Distribuční transformátory, [online] dostupné z: www.elpro-energo.cz

[16] ERU, srovnání nabídek elektřiny, [online] dostupné z: http://www.eru.cz/cs/srovnani-nabidek-elektriny

[17] ELPRO-ENERGO, Předpis pro obsluhu TRF, [online] dostupné z: http://www.elpro-energo.cz/download/olejove-transformatory/Predpis_pro_obsluhu_2015_SGB_olej.pdf

[18] PRE Distribuce, Podmínky připojení k distribuční soustavě, [online] dostupné z : https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/zakaznici/pripojeni-k-distribucni-soustave/#69B7F2C67FC9CB5341EEF0CFAD08B220

[19] ERU, Energetický regulační věštník 8/2019, [online] dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/5228943/ERV8_2019.pdf/a5385f13-b36f-487a-8783-6c46cb01a9ca

[20] SWEP COMPANY, Výměníky tepla, [online] dostupné z: https://www.vymeniky-tepla.cz/obchod/Vymenik_tepla.php?vymenik=B8TH

[21] ELEKTROTECHNIKA SHOP, výkonové pojistky, [online] dostupné z: https://www.elektrotechnika-shop.cz/pojistka-pm45-16a-2225kv

[22] UUR, Ceny dle rozpočtových ukazatelů a ceníků, [online] dostupné z: https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerne-ceny-TI/2017/04-elektro-ceny-ti-2017.pdf

[23] ČERNÁ, S., ŠTENGLOVÁ, I.,PELIKÁNOVÁ, I. a kol. *Právo obchodních korporací*. Praha: Wolters Kluwer, 2015

[24] Miloslav Kaňok. Statistické metody v managementu. ČVUT. 2002

[25] Finanční správa, Informace o uplatňování HPH v energetice, [online] dostupné z: https://www.financnisprava.cz/cs/dane/dane/dan-z-pridane-hodnoty/informace-stanoviska-a-sdeleni/ruzne/2005/informace-o-uplatnovani-dph-v-energetice-2102

[26] Český metrologický institut, Ceník, [online] dostupné z: https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/CEN%C3%8DK%202019.pdf

[27] BV Elektronik, Produkty [online] dostupné z: http://www.bvelektronik.cz/vyrobky/vn-transformatory-a-tlumivky/vykonove-a-distribucni-olejove-transformatory

[28] Iskra energo, Produkty, [online] dostupné z: https://www.iskraenergo.cz/distribucni-transformatory/olejove-distribucni-transformatory

Seznam tabulek

Tab. 1 Měření společné spotřeby 24
Tab. 2 Měření odběrů 2013 – 2014 25
Tab. 3 Výpočet Chí-kvadrát 28
Tab. 4 Přehled olejových transformátorů 32
Tab. 5 Přehled suchých transformátorů 34
Tab. 6 Rezervovaný výkon - současný stav 37
Tab. 7 Energetická bilance 38
Tab. 8 Detailní rozpis platby pro jistič 1x25A, odběr 1 MWh 39
Tab. 9 Detailní rozpis platby pro jistič 3x25A, odběr 1 MWh 39
Tab. 10 Detailní rozpis platby pro jistič 3x50A, odběr 1 MWh 39
Tab. 11 Detailní rozpis platby pro bytový dům, odběr 307 MWh 40
Tab. 12 Cena za distribuci 44
Tab. 13 Cena za rezervovanou kapacitu provozovatele distribuční soustavy 45
Tab. 14 Přirážka za nedodržení účiníku 47
Tab. 15 Detailní rozpis regulované složky platby pro bytový dům, odběr 307 MWh, rezervovaná kapacita 200 kW 49
Tab. 16 Detailní rozpis platby pro bytový dům, odběr 307 MWh, Varianta 2 54
Tab. 17 Investiční náklady varianty 1 55
Tab. 18 Ocenění ztrát v transformátoru 56
Tab. 19 Provozní náklady varianty 1 57
Tab. 20 Investiční náklady varianty 2 58
Tab. 21 Provozní náklady varianty 2 58
Tab. 22 Ekonomické zhodnocení varianty 1 61
Tab. 23 Ekonomické zhodnocení varianty 2 61

Seznam grafů

Graf 1 Průběh spotřeby 23. 7. 2013 25
Graf 2 Průběh spotřeby 30. 11. 2013 25
Graf 3 Průběh spotřeby dle TDD 23. 7. 2013 27
Graf 4 Průběh spotřeby dle TDD 30. 11. 2013 27
Graf 5 Roční diagram dílčích spotřeb – 2019 29
Graf 6 Citlivostní analýza – úspora 62
Graf 7 Citlivostní analýza – NPV 63
Graf 8 Citlivostní analýza – IRR 63
Graf 9 Citlivostní analýza – Prostá doba návratnosti 64
Graf 10 Citlivostní analýza – Reálná doba návratnosti 64

Seznam obrázků

Obr. 1 Poplatky za připojení do sítě 18
Obr. 2 Bytové družstvo Zázvorkova 1995 – 1999 20
Obr. 3 Připojení objektu 22
Obr. 4 Olejový transformátor 33
Obr. 5 Suchý transformátor 34