



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

**SYSTÉM PRO GENEROVÁNÍ DOKUMENTŮ
V OBLASTI OPTIMALIZACE ENERGIÍ**

DOCUMENT GENERATION SYSTEM FOR ENERGY OPTIMIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DAVID HRABĚ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HYNEK, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce



156257

Ústav: Ústav informačních systémů (UIFS)
Student: **Hrabě David**
Program: Informační technologie
Název: **Systém pro generování dokumentů v oblasti optimalizace energií**
Kategorie: Informační systémy
Akademický rok: 2023/24

Zadání:

1. Prostudujte problematiku distribuce energií s důrazem na strategie úspor a optimalizací.
2. Prostudujte problematiku zpracování dat a tvorby aplikačních rozhraní pro účely připojení více webových klientů.
3. Analyzujte datový model firmy Optimal-Energy.cz, a. s., a požadavky na zpracování těchto dat.
4. Navrhněte rozšíření systému firmy Optimal-Energy.cz, a. s., zajišťující generování dokumentů pro produkty optimalizace energií se zaměřením na fotovoltaické elektrárny a tepelná čerpadla.
5. Navržené řešení implementujte.
6. Výsledné řešení otestujte v prostředí firmy Optimal-Energy.cz, a. s.

Literatura:

- Østergaard, P. A., Duic, N., Noorollahi, Y., & Kalogirou, S. (2022). Renewable energy for sustainable development. *Renewable Energy*, 199, 1145-1152.
- Hashempour, N., Taherkhani, R., & Mahdikhani, M. (2020). Energy performance optimization of existing buildings: A literature review. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101967.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
Body 1 - 4.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Hynek Jiří, Ing., Ph.D.**
Konzultant: David Lukáš, Ing.
Vedoucí ústavu: Kolář Dušan, doc. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2023
Termín pro odevzdání: 9.5.2024
Datum schválení: 30.10.2023

Abstrakt

Cílem této práce bylo navrhnout a implementovat softwarové řešení pro firmu Optimal-Energy.cz, a.s., které automaticky navrhuje opatření sloužící k optimalizaci energií budov, zejména instalace fotovoltaických systémů a tepelných čerpadel. Na základě výpočtů generuje dokumenty, které informují zákazníka o navržených optimalizacích a obsahují potřebné smlouvy pro realizaci instalací. V rámci práce byly analyzovány přístupy k tvorbě dokumentů a možnosti její automatizace. Původní výpočty energetické optimalizace byly na základě provedené analýzy zjednodušeny a sjednoceny tak, aby pracovaly se společným modelem. Řešení bylo následně implementováno v prostředí .NET s použitím jazyků F# a C#.

Abstract

The goal of the thesis was the design and implementation of software for the company Optimal-Energy.cz, a.s., which automatically proposes measures for optimizing the resource consumption of buildings, especially the installation of photovoltaic systems and heat pumps. Based on the calculations, it generates documents that inform the customer about the proposed optimizations and contain the necessary contracts for performing the installation. The approaches to document creation and the possibilities of its automation have been analyzed. The original energy optimization calculations have been simplified and unified to operate on a common model based on the performed analysis. The solution was then implemented in the .NET environment using the F# and C# programming languages.

Klíčová slova

distribuce energií, obnovitelné zdroje energií, optimalizace energií, fotovoltaický systém, tepelné čerpadlo, generování dokumentů, PDF, webová aplikační rozhraní, REST, .NET, F#, C#

Keywords

energy distribution, renewable energy sources, energy optimization, photovoltaic system, heat pump, document generation, PDF, web API, REST, .NET, F#, C#

Citace

HRABĚ, David. *Systém pro generování dokumentů v oblasti optimalizace energií*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Jiří Hynek, Ph.D.

Systém pro generování dokumentů v oblasti optimalizace energií

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Jiřího Hynka, Ph.D. Další informace mi poskytli Ing. Lukáš David a Ing. Vojtěch Chaloupka. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....

David Hrabě

9. května 2024

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Jiřímu Hynkovi, Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce, za konzultace, užitečné rady a za poskytnutí pravidelné zpětné vazby k mé práci. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Lukáši Davidovi a Ing. Vojtěchu Chaloupkovi za výbornou spolupráci a za poskytnutí cenných znalostí z oboru.

Obsah

1	Úvod	3
2	Distribuce a optimalizace energií	4
2.1	Distributoři a dodavatelé elektřiny	4
2.1.1	Cena elektřiny	5
2.1.2	Vysoký a nízký tarif	6
2.2	Distributoři a dodavatelé plynu	6
2.2.1	Cena plynu	6
2.3	Fotovoltaika	7
2.3.1	Ekologie a recyklace	7
2.3.2	Montáž na střechy	7
2.3.3	Fotovoltaické systémy	8
2.4	Tepelná čerpadla	8
2.4.1	Typy tepelných čerpadel	9
2.5	Optimalizace energií	9
2.5.1	Optimalizace vody	9
2.5.2	Optimalizace vytápění	10
2.5.3	Nová zelená úsporám	10
3	Zpracování dat a generování dokumentů	11
3.1	Druhy dat	11
3.2	Zpracování dat	12
3.3	Prezentace dat	13
3.4	Prezentace dokumentů	16
3.5	Tvorba dokumentů	16
3.6	Sázení dat do dokumentu	17
3.6.1	Dynamické šablony	18
3.6.2	Kompilované šablony	19
3.7	Webová aplikační rozhraní	19
4	Analýza současného stavu	21
4.1	Firma a její činnosti	21
4.2	Proces energetické optimalizace	21
4.3	Sofwarové prostředky	22
4.4	Problémy se současným řešením	22
4.4.1	Přenos informací a komunikace	23
4.4.2	Problémy s Kalkulátorem	23
4.5	Nové řešení	24

5	Návrh řešení	25
5.1	Základní koncepce	25
5.2	Architektura aplikace	26
5.3	Vstupní data	28
5.4	Výpočtová část	29
5.4.1	Model využití zdrojů	29
5.4.2	Rozbor spotřeby energií	30
5.4.3	Závislost optimalizací	32
5.5	Generování dokumentů	33
5.6	REST API	34
6	Implementace	35
6.1	Použité technologie	35
6.2	Výpočtové jádro	35
6.2.1	Vstupní bod	36
6.2.2	Práce s měrnými jednotkami	37
6.3	Konfigurace	37
6.4	REST API	38
6.5	Validace vstupních dat	39
6.6	Generování dokumentů	40
7	Testování	42
7.1	Jednotkové testy	42
7.1.1	Maximální počet panelů na střechu	43
7.1.2	Korekce počtu hodin slunečního svitu	43
7.1.3	Podíly využití vody	43
7.1.4	Součet výnosů investice	44
7.2	Nasazení aplikace	44
7.3	Uživatelské testování	45
7.4	Souhrn testování	46
8	Závěr	47
	Literatura	48
A	Mapy distributorů	52
B	Třídy typových diagramů dodávek	54
C	Původní a generované dokumenty	55

Kapitola 1

Úvod

V poslední době dochází různými nepříznivými vlivy k oslabení ekonomiky, s čímž je spojen i prudký nárůst cen. Proto je pro domácnosti důležité, aby se naučily efektivně hospodařit s energiemi a vodou. Existuje mnoho opatření, která mohou pomoci spotřebu či cenu energií snížit. Stačí začít pouhou změnou dodavatele či instalací úsporných žárovek a perlátorů. Na trhu je ale značná poptávka i po alternativních, udržitelných zdrojích energie, zejména po fotovoltaike a tepelných čerpadlech. Komplexním řešením této problematiky se zabývají firmy v oblasti energetického poradenství. Tato práce vznikla na základě potřeby firmy Optimal-Energy.cz, která v této oblasti působí.

Firma na výpočet optimalizací a tvorbu nabídky využívá složitý sešit vytvořený v programu Microsoft Excel. Ten na základě informací o zákazníkovi a jeho budově dokáže vypočítat úspory, případně navrhnout vhodnou instalaci fotovoltaiického systému či tepelného čerpadla. Kvůli složitosti výpočtů a stále měnícím se požadavkům se program Microsoft Excel pro tento účel ukázal jako nedostačující. Proto vznikla potřeba navrhnout a implementovat nový systém, který by sešit nahradil.

Cílem této práce je na základě analýzy procesů a potřeb firmy navrhnout vhodné řešení, které by nahradilo stávající sešit. Výsledný systém by měl být schopen vypočítat úspory a navrhnout vhodnou instalaci fotovoltaiického systému či tepelného čerpadla. Na základě toho má následně generovat smlouvy a informační dokumenty pro zákazníky.

Kapitola 2 se zabývá problematikou v oblasti energií a ostatních zdrojů, které domácnosti využívají. V kapitole 3 jsou analyzovány způsoby, kterými lze zpracovávat data a prezentovat je v rámci dokumentů. Jsou zde nastíněny možnosti automatického generování takových dokumentů a tvorby webových aplikačních rozhraní, kterými lze data a dokumenty zpřístupnit vnějšímu světu.

Následuje analýza činností firmy Optimal-Energy.cz, a.s., v kapitole 4. Jsou zde popsány procesy, které firma provádí, jaký software k tomu využívá a jak tyto aspekty utváří požadavky na nový systém. V kapitole 5 je na základě analýzy navržen systém, který by měl požadavky splňovat, včetně vylepšení oproti původnímu řešení.

Kapitola 6 se zabývá implementací navrženého systému. Je zde popsán postup výběru použitých technologií a podrobnosti implementace jednotlivých částí systému. V kapitole 7 jsou popsány implementační testy, dále pak nasazení aplikace v prostředí firmy a průběh a výstupy testování aplikace analytičkou z firmy Optimal Energy. V závěru práce jsou zhodnoceny dosažené výsledky a nastíněny možnosti dalšího vývoje systému.

Kapitola 2

Distribuce a optimalizace energií

Tato kapitola se zabývá problematikou v oblasti energií a ostatních zdrojů, které domácnosti využívají. Pochopení těchto témat je základem pro obor energetického poradenství. Popisuje regulované a tržní části trhu s elektřinou a plynem. Dále se zabývá alternativními zdroji energie pro domácnosti a firmy. V závěru kapitoly jsou popsány možnosti optimalizace spotřeby energií a vody v domácnostech. V závěru kapitoly je uveden dotační program, který cílí na instalaci systémů využívajících obnovitelné zdroje energie.

2.1 Distributoři a dodavatelé elektřiny

V rámci otevírání trhů s elektřinou v Evropské unii vznikla v roce 2003 nová směrnice Evropského parlamentu a rady 2003/54/ES [19], která mimo jiné stanovila, že všechny členské země musí do 1. července 2007 plně otevřít svůj trh s elektřinou. Česká republika tyto podmínky splnila předčasně, a to již k 1. červnu 2006. Obchodem s elektřinou na volném trhu se zabývá I. Chmišinec v knize Obchod s elektřinou [9], ze které tato podkapitola vychází.

Od roku 2006 může na českém trhu s elektřinou obchodovat jakákoliv fyzická či právnická osoba, která pro tento obchod vlastní licenci. Tímto způsobem vzniká volný trh a koneční zákazníci mají na výběr, od koho elektřinu kupují. Osobě, která elektřinu prodává, se říká dodavatel.

Dodavatel elektřiny ale nemá na starost její přenos z výrobního zdroje k zákazníkovi. Vedení elektřiny od výrobce k zákazníkovi zařizují dva typy soustav:

- **přenosová soustava** – velmi vysoké napětí (110 kV – 400 kV),
- **distribuční soustava** – ostatní napětí (230 V – 110 kV).

Přenosová soustava pracuje s velmi vysokým napětím. Díky ní je elektřina přenášena po celém území České republiky a zajišťuje i propojení s okolními zeměmi. Celou přenosovou soustavu spravuje na území České republiky jediný subjekt, konkrétně společnost ČEPS, a.s.

Distribuční soustava je provozována distribučními společnostmi, kde každá z nich má licenci pro dané území ČR. Každému území je přiřazena právě jedna distribuční společnost. Oproti volnému trhu, který funguje na stranách výroby a spotřeby elektřiny, u distribuce působí princip monopolu. Cena za distribuci elektřiny je tedy pro každého distributora regulována a je stejná pro všechny zákazníky na daném území. Významné distribuční společnosti jsou v České republice v současnosti tři: ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PREdistribuce. Rozdělení distributorů na území České republiky je znázorněno v příloze na obrázku A.1.

Vyhláška o Pravidlech trhu s elektřinou [8] předepisuje v příloze č. 7 kategorizaci zákazníků na trhu s elektřinou na základě charakteru zákazníka a jeho připojení k přenosové či distribuční soustavě. Pro účely této práce jsou významní odběratelé připojení k distribuční soustavě s napětím do 1 kV. Ti spadají do následujících kategorií:

- **kategorie D** – účelem odběru je uspokojování potřeby vlastní nebo potřeby ostatních členů domácnosti, a to konkrétně potřeby osobní související s bydlením,
- **kategorie C** – odběratel, který není odběratelem kategorie D.

Pro tyto kategorie vyhláška stanovuje v příloze č. 6 tzv. třídy typových diagramů dodávek (dále TDD), které jsou určeny pro daný charakter odběru elektřiny. Charakterem je myšleno to, jakým způsobem odběratel elektřinu využívá, čemuž odpovídá i typický denní průběh odběru. Jednotlivým charakterům odběru pak vyhláška přiřazuje distribuční sazby viz příloha B.

2.1.1 Cena elektřiny

Platba za distribuci a dodávku lze podle Chemicšince provést najednou, pokud s tím klient souhlasí. V tom případě vystavuje dodavatel klientovi jednu fakturu, ve které je obsažena i cena za distribuci a ostatní poplatky. Ty pak dodavatel za zákazníka odvádí distribuční společnosti. Tato faktura je obsažena v pravidelném vyúčtování za elektřinu, které zákazník obdrží od dodavatele. Cena se tedy skládá z regulované a obchodní části.

Toto podporuje i článek na webu Energetického regulačního úřadu (dále ERÚ) [40], který dále specifikuje obvyklé složky, ze kterých se obchodní část ceny skládá:

- **cena za spotřebu** – cena za elektřinu, kterou zákazník spotřeboval,
- **stálá platba** – pevná částka nezávislá na spotřebě, kterou zákazník platí dodavateli za poskytované služby,
- **daň z elektřiny** – daň, kterou zákazník platí státu za spotřebovanou elektřinu.

Článek ERÚ i Chemicšinec zmiňují, že regulované ceny specifikuje ERÚ ve vybraných věstnících obsahujících cenové rozhodnutí o odběru ze sítí nízkého napětí [15]. Věstník určuje výši následujících částek:

- **cena za distribuci** – cena za distribuci elektřiny,
- **cena za jistič** – cena za hlavní jistič o daném výkonu, který je připojen k distribuční síti,
- **cena za systémové služby** – náklady provozovatele přenosové soustavy,
- **cena za POZE** – vícenáklady spojené s podporou obnovitelných zdrojů energie,
- **cena za činnost operátora trhu** – náklady na zajištění služeb spojených s obchodováním s elektřinou společností OTE, a.s.

Věstník dále určuje, za jakých podmínek mohou být uplatněné jednotlivé distribuční sazby. Dále stanovuje podmínky pro tzv. vysoký a nízký tarif, které jsou popsány v následující sekci.

Na rozdíl od distributora, který zákazníkovi připadá na daném území, si zákazník může dodavatele elektřiny sám vybrat. Změna dodavatele je také jedním z předmětů optimalizace, kterými se firmy v oblasti energetického poradenství zabývají.

2.1.2 Vysoký a nízký tarif

Věstník ERÚ [15] definuje pojmy vysokého a nízkého tarifu. Tarify slouží k měření a účtování množství elektřiny v časových pásmech.

Nízký tarif platí v době, kterou si definuje distributor, avšak tato doba musí splňovat podmínky dané věstníkem ERÚ. V této době je cena za distribuci elektřiny nižší. Některé tarify mají určený časový rozsah v rámci dne, ve kterém musí distributor nabízet nízký tarif o dané minimální celkové délce. Typicky se jedná o noční hodiny, kdy je poptávka po energii nižší a distribuční společnosti tak mohou nabídnout nižší cenu za distribuci. Dále může definovat například minimální délku jednotlivých časových úseků nízkého tarifu, nebo jejich maximální počet.

Vysoký tarif je vždy aktivní mimo dobu nízkého tarifu. Přepínání na vysoký tarif je opět v kompetenci distribuční společnosti, ale nesmí při tom porušit podmínky pro danou distribuční sazbu.

2.2 Distributoři a dodavatelé plynu

Infrastrukturu dopravy zemního plynu mají podobně jako u elektřiny na starosti následující soustavy [29]:

- přenosová soustava,
- distribuční soustava.

Přenosová soustava je provozována společností NET4GAS, s.r.o. [51]. Kromě provozování tranzitu zemního plynu do zemí západní Evropy zásobuje jednotlivé regiony České republiky. Přenosová soustava je provozována na vysokém tlaku přes 4 MPa.

Distribuční soustavy jsou provozovány distribučními společnostmi. Distribučními společnostmi, které vlastní licence na distribuci na většině území České republiky, jsou v současnosti EG.D, a.s., Pražská plynárenská Distribuce, a.s., RWE Distribuční služby, a.s. a GasNet, s.r.o. [16].

2.2.1 Cena plynu

Cena plynu pro odběratele se skládá z částí popsanych v příloze č. 19 k vyhlášce o Pravidlech trhu s plynem [7]. Při obvyklém odběru plynu od dodavatele se cena skládá zejména z těchto složek:

- **cena za distribuční kapacitu** – cena za rezervovanou distribuční kapacitu,
- **cena za distribuci** – cena za distribuovaný plyn,
- **stálý měsíční plat dodavateli** – pevná částka, kterou odběratel platí dodavateli za poskytované služby,
- **cena za dodávku** – cena za dodávku plynu.

Stejně jako podmínky pro trh s elektřinou určuje podmínky pro trh s plynem Energetický regulační úřad [5]. Uděluje licence pro obchodování s plynem a stanovuje ceny a podmínky pro distribuci plynu.

Sazba za rezervovanou kapacitu a za distribuci je rozdělená do pásem na základě roční spotřeby. Sazba za distribuovaný plyn s rostoucí spotřebou klesá, ale poplatek za přistavenou kapacitu se navyšuje. Pokud spotřeba přeroste určitou hranici, sazba za přistavenou kapacitu již není pevně daná jako v případě pásem, ale je stanovena individuálně pro každého odběratele na základě cenového koeficientu.

Hodnoty dvousložkové ceny za distribuci plynu pro jednotlivé distribuční společnosti stanovuje ERÚ ve věstnících obsahujících cenové rozhodnutí o dodávce plynu [16, 7].

2.3 Fotovoltaika

Fotovoltaika je přímý způsob, jak lze převést energii ze slunečního záření na elektrickou energii. Využívá se při tom tzv. fotovoltaický jev, při kterém vzniká elektrické napětí mezi dvěma elektrodami při dopadu světla na systém, který je k elektrodám připojen. Fotovoltaické elektrárny tohoto jevu využívají k výrobě elektrické energie. Těmito tématy se zabývají Hayat et al. ve svém článku [25], ze kterého tato sekce čerpá.

Primární součástí fotovoltaických elektráren jsou samotné solární panely. Ty se skládají z tzv. fotovoltaických článků, které obsahují polovodičový PN přechod, na kterém při nasvícení vzniká fotovoltaické napětí.

2.3.1 Ekologie a recyklace

Fotovoltaické systémy jsou obnovitelným zdrojem energie a jejich používáním se redukuje emise skleníkových plynů, zejména v porovnání s fosilními palivy. Ekologie materiálů použitých na výrobu a výrobních a likvidačních procesů je však stále předmětem výzkumu.

První a v dnešní době nejrozšířenější generace panelů vznikla v 50. letech 20. století a vyrábí se z křemíkových waferů. Nevýhodou této technologie je vysoká cena použitých materiálů a náročnost výrobních procesů. Druhá generace panelů využívá tenké vrstvy materiálu nanášené na substrát. Na výrobu se spotřebuje méně materiálu a díky tomu jsou tyto panely levnější. V současné době probíhá vývoj nových technologií, jako například organické články, barvivem senzitivované články nebo články z perovskitu. Tyto technologie využívají podstatně méně toxických materiálů, čímž se omezí jejich potenciální vypouštění do životního prostředí. [52, 34]

Při zpracování dosloužilých fotovoltaických panelů je stále časté skládkování, které má za následek znečištění životního prostředí. Části panelů, které nejsou předmětem selhání, mohou být vhodné ke znovupoužití při výrobě repasovaných panelů.

Recyklace panelů probíhá v několika krocích. Nejdříve se odmontují mechanicky oddělitelné součásti. Poté se odebere obalový materiál panelu (většinou ethylenvinylacetát) chemicky, tepelně nebo mechanicky. Následně se prach či popel z panelů rozdělí na jednotlivé složky, které se metalurgicky nebo elektrolýzou redukuje zpět na čisté kovy. Každá technologie recyklace představuje jistý kompromis mezi cenou zpracování, ekologičností a čistotou získaných materiálů. [34]

2.3.2 Montáž na střechy

Míra sluneční radiace záleží na mnoha faktorech. Některé z nich nelze u konkrétní instalace ovlivnit, ale stále je třeba je při návrhu zohlednit. Hodnoty slunečního svitu se liší na základě klimatických podmínek v dané lokalitě. V různých zeměpisných šířkách je také rozdílná

obvyklá poloha slunce v průběhu dne a roku. Všeobecně platí, že na severní polokouli je nejvhodnější orientace panelů na jih, na jižní tomu je naopak. [38]

Při návrhu konkrétní instalace v České republice je tedy vhodné primárně zvažovat montáž na stranu střechy, která míří nejvíce na jih, pokud není v cestě nějaká překážka, např. stromy. Je třeba také brát v úvahu sklon dané části střechy. Optimální sklon při orientaci na jih v Česku je mezi $30^\circ - 35^\circ$. Pokud střecha směřuje spíše na sever, osvity jsou větší, čím nižší je úhel sklonu, tedy, čím více je střecha horizontální. [45]

2.3.3 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické panely generují stejnosměrný proud, který je třeba pro použití v domácnosti převést na střídavý. Výkon panelů se také v průběhu dne a roku mění, proto je třeba přebytečnou energii skladovat, případně posílat do distribuční sítě. Komponenty, které tyto funkce zajišťují, jsou součástí fotovoltaického systému.

Nedílnou součástí systému je tzv. *střídač*. Jeho primární funkcí je převod stejnosměrného proudu z panelů na střídavý. Střídač musí být schopný dodávat střídavý proud o stejné frekvenci a stejném napětí, které dodává distribuční síť. Musí také synchronizovat fázi výstupního napětí se sinusoidou distribuční sítě [37].

Střídač také musí dostatečně rychle a kvalitně reagovat při změně osvitu panelů. Tato funkce se nazývá MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) a jejím úkolem je najít optimální parametry výstupu při dané teplotě a osvitu, aby byl výkon panelu co nejvyšší. Technikami MPPT se podrobněji zabývá Ešram ve svém článku [17].

Ve fotovoltaických systémech zastává střídač i další funkce, které jsou nad rámec tradičního pojetí funkcionality střídače. Jde o tzv. hybridní systémy, kde se přebytečná energie primárně ukládá do akumulátoru, případně využívá na ohřev teplé užitkové vody. Ke střídači se připojí akumulátor, případně bojler a střídač se tak stává centrální ovládací jednotkou celého systému. [32]

2.4 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla využívají princip podobný chladničce. Zatímco chladnička odvádí teplo zevnitř do okolí, tepelné čerpadlo přivádí teplo z okolí dovnitř. Využívá tzv. *teplonosné médium*, které odebere z vnějšího prostředí teplo. Teplo se poté vymění na vnitřní tepelné médium, kterým bývá vzduch nebo voda. Vzduch se používá na vytápění, vodu lze využít jako standardní teplou užitkovou vodu. Vnější zdroj tepla může být vzduch, voda nebo zemina. Tepelnými čerpadly se zabývá kniha Volkera Quaschninga [45], ze které vychází tato sekce.

Většina tepelných čerpadel využívá chladicí okruh, podobný tomu v chladničkách. Ve výparníku předává teplonosné médium své teplo chladiwu. Tím je typicky látka s velmi nízkou teplotou varu, která absorbuje teplo potřebné na změnu skupenství a vypařuje se. V kompresoru se chladiwo stlačí a tím se významně zvýší jeho teplota. Poté dojde k výměně tepla s vnitřním tepelným médiem v kondenzátoru a chladiwo se opět zkapalní. Chladiwo prochází skrz expanzní trysku, kde se jeho tlak sníží. Kapalné chladiwo s nízkým tlakem a teplotou ve výparníku opět ochladí teplonosné médium, které proudí zpět do vnějšího prostředí.

2.4.1 Typy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla ze země využívají teplo uložené v zemi. Potrubím zasazeným v zemi proudí nemrznoucí kapalina, která slouží jako teplonosné médium. Potrubí tvoří uzavřený cyklus, kde se kapalina ochlazuje v chladicím okruhu a ohřívá v zemi. Okruh bývá nejčastěji horizontální v hloubce několika metrů, případně vertikální v podobě vrtu do hloubky až 100 m. Vertikální vrty jsou dražší, ale dosahují vyšší účinnosti a pro jejich instalaci není potřeba velká plocha [48].

Pokud pro to jsou vhodné podmínky, lze jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo využívat podzemní vodu. Jejich účinnost je o něco nižší, než u čerpadel ze země. Čerpání vody totiž vyžaduje více energie, než čerpání nemrznoucí kapaliny v uzavřeném oběhu. V České republice je pro využívání podzemních vod jako zdroje tepla potřeba povolení od vodoprávního úřadu [6], což výrazně komplikuje instalaci.

Instalace čerpadel získávajících teplo ze vzduchu je nejjednodušší a nejlevnější. Využívají se především v případech, kdy není možné využít jiné zdroje tepla. Výhodou je, že není potřeba žádná instalace v zemi, ale jejich účinnost je nejnižší ze všech typů tepelných čerpadel.

Při výběru technologie je třeba kromě účinnosti zohlednit cenu a možnost instalace. Čerpadla ze země jsou nejúčinnější, ale jejich instalace je technicky a v případě kolektorů i prostorově náročná. Čerpadla z podzemní vody se dají využít, pokud v zemi proudí dostatek vody pro plynulý provoz čerpadla a podaří se získat povolení pro její využití. Jako poslední možnost zůstávají čerpadla ze vzduchu, která jsou nejlevnější, ale jejich účinnost je nejnižší.

2.5 Optimalizace energií

V roce 2023 nadále na českou ekonomiku působí negativní vlivy, mimo jiné válka na Ukrajině a důsledky pandemie COVID 19 [39]. Ceny se neustále zvyšují a vládní příspěvky domácnostem ekonomické zpomalení nedokázaly zcela zastavit. Vysoké náklady na bydlení jsou způsobeny také vysokými cenami energií. Kvůli tomu se v poslední době stále zvyšuje relevance témat týkajících se úspor na energiích a využití obnovitelných zdrojů energie.

Výrobní procesy jsou neustále modernizovány a ceny technologií umožňujících lokální výrobu udržitelné a levné energie jsou nižší, než kdy dříve [25]. V některých případech pomůže ke snížení nákladů i změna nevhodné distribuční sazby nebo přechod k jinému dodavateli. Významným zdrojem úspor je také snížení spotřeby energie a ostatních zdrojů, které jsou v domácnostech využívány.

2.5.1 Optimalizace vody

Kromě zefektivnění procesu ohřevu vody lze ušetřit potřebnou energii i jiným způsobem. Pokud se podaří snížit spotřebu vody, sníží se nejen cena za odběr studené vody, ale i energie potřebná na její ohřev. Tím lze dosáhnout spolu s optimalizací energií na ohřev multiplikativního efektu, který vede k výraznějším úsporám.

Již v roce 1943 vynalezl řecký inženýr Elie Aghnides perlátor. Jedná se o zařízení, které se montuje na konec vodovodního kohoutku a způsobuje, že místo pouhého proudu vody vytéká proud vody s malými bublinkami vzduchu [14]. Tím se nejen sníží spotřeba vody, ale také se omezí rozprskávání vody při dopadu na povrchy nebo tělo a tlak vody se pocitově zvýší [50].

Spotřebu vody lze snížit i pomocí instalace speciální sprchové hlavice. Nízkoprůtokové hlavice využívají principu perlátoru a dalších technik úpravy proudu vody, aby vytvořily pocit, že voda teče stejně silně, přestože ve skutečnosti teče méně vody. Nízkoprůtokové sprchové hlavice mohou snížit spotřebu vody až o 75 % [33].

2.5.2 Optimalizace vytápění

Tématem omezení tepelných ztrát při vytápění se zabýval například Baldinelli v rámci konference v roce 2008 [2]. Radiátory jsou typicky umístěny u zdi pod oknem, což napomáhá cirkulaci vzduchu v místnosti a urychluje vytápění. Kvůli blízkosti ke zdi však dochází k přenosu tepla do zdi a následně do venkovního prostředí, čímž narůstá tepelná ztráta domu.

Baldinelli zjistil, že ve starých domech, kterým chybí zateplení, je tento efekt nejvýraznější. Zateplení domu je však velmi nákladné a v některých případech není možné ho provést. V takových případech je možné využít speciálních izolačních fólií, které se umísťují za radiátory a zabráňují tak přenosu tepla do zdi. Instalací fólií do domu bez zateplení lze dosáhnout snížení spotřeby energie na vytápění o téměř 9 %.

Naopak v moderních domech, které jsou zateplené, je tento efekt podle Baldinelliho méně výrazný. U dobře zateplených domů nemá instalace fólií smysl, protože izolace ve zdi je velmi účinná a teplo se do venkovního prostředí přenáší pouze z malé části. V takových případech instalace fólie snižuje spotřebu energie na vytápění pouze o necelé 1 %.

2.5.3 Nová zelená úsporám

Jak již bylo zmíněno, téma optimalizace energií je aktuální i z hlediska ekologie. Pro motivaci veřejnosti k úsporám energií byl zaveden dotační program „Nová zelená úsporám“, určený primárně pro rodinné a bytové domy. Program byl zaveden v roce 2014 a čerpá zejména z prostředků Evropské unie. [49]

Program pokrývá mnoho různých oblastí týkajících se úspor energií a ekologie. Jedná se například o zateplení domu, výměnu oken, instalaci solárních panelů, výměnu kotle, instalaci tepelného čerpadla, výměnu osvětlení a další.

Dotace jsou významnou motivací pro investici do úspor energií. Příspěvky snižují náklady na investici a zkracují dobu návratnosti. Například na instalaci fotovoltaiického systému lze získat dotaci až 150 000 Kč.

Kapitola 3

Zpracování dat a generování dokumentů

Pro účely prezentace výsledků optimalizace je třeba surová data nejprve zpracovat. Následně mohou být různými způsoby vizualizována. Vzniklé vizualizace je poté třeba doplnit o doprovodné informace a vytvořit z nich dokument. Pokud mají být informace zobrazeny například v informačním systému, je třeba je zpřístupnit pomocí aplikačního rozhraní. Tato kapitola se zabývá způsoby zpracování dat a generování dokumentů a možnostmi jejich automatizace. Dále jsou rozebrány způsoby zpřístupnění dat a vytváření služeb pomocí webových aplikačních rozhraní.

3.1 Druhy dat

Před tím, než jsou data zpracována, je třeba klasifikovat, o jaký druh dat se jedná. Klasifikací veličin se zabývá Wilke ve své knize [53], ze které tato sekce vychází. Wilke rozlišuje data na základě množství (spojitosti) hodnot, kterých mohou nabývat, a na základě jejich charakteru. Toto rozdělení lze vidět na obrázku 3.1.

Spojitá data mají na daném rozsahu nekonečně mnoho hodnot. Příkladem spojitých dat je například teplota. Diskrétní data mohou na daném rozsahu nabývat pouze konečného množství hodnot. Příkladem diskrétních dat může být počet obyvatel, ale i například kategorie zboží.

Klasifikací dat na základě charakteru se myslí vlastnost, kterou data popisují. Pokud veličina popisuje množství, ať už spojitě či diskrétně, jedná se o tzv. kvantitativní veličinu. Příkladem kvantitativní veličiny je například teplota, která popisuje množství tepla. Pokud veličina popisuje nějakou pozorovanou vlastnost či kategorii, jedná se o kvalitativní veličinu. Veličiny obsahující datum, čas, či text nejsou ani kvalitativní, ani kvantitativní. S textovou veličinou lze v případě potřeby pracovat jako s veličinou kvalitativní.

Porozumění těmto druhům dat je důležité při výběru způsobu, kterým se data vizualizují. Vizualními prvky, které je vhodné použít pro různé druhy dat, se zabývá sekce 3.3.

Type of variable	Examples	Appropriate scale	Description
Quantitative/ numerical continuous	1.3, 5.7, 83, 1.5×10^{-2}	Continuous	Arbitrary numerical values. These can be integers, rational numbers, or real numbers.
Quantitative/ numerical discrete	1, 2, 3, 4	Discrete	Numbers in discrete units. These are most commonly but not necessarily integers. For example, the numbers 0.5, 1.0, 1.5 could also be treated as discrete if intermediate values cannot exist in the given data-set.
Qualitative/ categorical unordered	dog, cat, fish	Discrete	Categories without order. These are discrete and unique categories that have no inherent order. These variables are also called <i>factors</i> .
Qualitative/ categorical ordered	good, fair, poor	Discrete	Categories with order. These are discrete and unique categories with an order. For example, „fair“ always lies between „good“ and „poor“. These variables are also called <i>ordered factors</i> .
Date or time	Jan. 5 2018, 8:03am	Continuous or discrete	Specific days and/or times. Also generic dates, such as July 4 or Dec. 25 (without year).
Text	The quick brown fox jumps over the lazy dog.	None, or discrete	Free-form text. Can be treated as categorical if needed.

Tabulka 3.1: Klasifikace veličin podle Wilkeho [53]. Dva základní typy veličin jsou veličiny kvantitativní a veličiny kvalitativní. Kvantitativní veličiny mohou být spojité či diskrétní, veličiny kvalitativní mohou být seřazené či neseřazené. Dalšími typy veličin, které se částečně vymykají této klasifikaci, jsou časové, datové a textové.

3.2 Zpracování dat

Nejprve je třeba definovat, co se tímto pojmem myslí. Starší publikace od Frenche [21] definuje zpracování dat jako sběr jednotlivých položek dat a jejich manipulace s cílem získání smysluplných informací. Novější publikace [30, 47] se rozlišování pojmů *data* a *informace* vyhýbají a spíše s nimi pracují jako se synonymy. Zpracování dat se v dnešní době rozvinulo do samostatné disciplíny – *data science*. Tu Shah [47] definuje jako vědu, která se zabývá sběrem, ukládáním a zpracováním dat za účelem získání poznatků.

Před samotným zpracováním dat, tedy jejich analýzou, je podle Shaha třeba data předzpracovat. To obnáší:

- čištění dat,
- integraci dat z více zdrojů,
- transformaci dat,
- redukci dat,
- diskretizaci dat.

Takto připravená data již lze dále analyzovat, často s využitím statistických metod.

Při čištění je třeba odstranit chybné nebo neúplné záznamy. Zároveň, pokud mají vstupní veličiny odpovídat nějakému formátu či nabývat hodnot z určitého intervalu, je třeba identifikovat záznamy, které se těmto podmínkám vymykají. Záznamy obsahující taková neočekávaná data lze buď z analýzy vynechat, nebo, pokud možno, opravit.

Pokud jsou data získána z více zdrojů, je třeba je integrovat. To znamená, že se data z různých zdrojů spojí do jednoho celku. Integrace může být složitá, pokud se zdroje liší formátem nebo strukturou. Důsledkem integrace mohou také vzniknout redundantní data, například atributy, které mají stejné hodnoty, ale v různých zdrojích mají různé názvy. Tyto atributy je třeba identifikovat a redundance se zbavit.

Transformací dat se dosáhne konzistence a čitelnosti dat systémem, který má data analyzovat. Shah uvádí několik příkladů transformací, například vyhlazování, agregaci, normalizaci, nebo vytváření nových atributů z atributů již existujících. Kelleher transformaci definuje jako změnu nebo kombinaci dat z jedné hodnoty na jinou. Proces transformace je podle něj mnoho a v podstatě do této kategorie spadá jakýkoliv kód, který tuto transformaci provádí.

Redukce dat je proces, kdy se z dat vybere pouze to, co je pro daný účel relevantní. To znamená, že je zredukována reprezentace datového souboru tak, aby byly po jejich analýze zachovány stejné nebo podobné výsledky. Pracuje se zde zejména s vyššími dimenzemi dat, kterých se lze procesy redukce zbavit.

Pokud je analyzovaná veličina spojitá (viz předchozí sekce 3.1), může být výhodné tuto nekonečně velkou množinu možných hodnot zredukovat. Tento proces se nazývá diskretizace. Principem fungování je, že se množina rozdělí na konečný počet intervalů, do kterých se hodnoty veličiny zařadí.

Přístupů předzpracování existuje mnoho a jejich významy nelze jednoduše rozdělit do kategorií, protože se často prolínají. Předzpracování dat je však obecně důležitým krokem před samotnou analýzou, protože zajišťuje, že data budou konzistentní a ve tvaru vhodném pro analýzu.

Předzpracovaná data lze analyzovat mnoha způsoby. Shah při popisu analytických přístupů začíná prvotními poznatky, které lze z dat vyčíst. Jedná se zejména o zařazení hodnot do kategorií, analýzu jejich rozložení, nebo hledání korelace mezi veličinami. V závislosti na cíli analýzy lze na základě existujících dat predikovat budoucí hodnoty, případně vyvodit z dat rozhodnutí.

3.3 Prezentace dat

Mulvaney [36] rozlišuje tři způsoby, kterými jdou analyzovaná data prezentovat, a to formou textu, formou tabulky, nebo graficky. Každý z těchto způsobů je v této sekci analyzován. Dále jsou uvedeny formy grafické prezentace a zásady, kterými je vhodné se při vizualizaci řídit.

Textová prezentace ve formě reportu je podle Mulvaney sice jednoduchá, ale vyžaduje čtení a neumožňuje jednoduše porovnávat výsledky. Tomuto způsobu prezentace se tato sekce blíže nevěnuje, předpokládá se, že textová podoba je spíše doprovodným prvkem k jiné, primární prezentaci.

Přehlednějším zobrazením číselných dat je tabulka. Ta umožňuje snadněji porovnávat jednotlivé hodnoty a získat tak přehled o datech. Few [20] vyzdvihuje fakt, že si čtenář v tabulce může velmi rychle najít konkrétní hodnoty, které ho zajímají. Zároveň jako nevýhodu uvádí, že z tabulky nelze snadno vyčíst průběh změny hodnot např. v čase. Mulvaney pozoruje podobný problém v tom, že v tabulce nelze jednoduše vizuálně porovnávat hodnoty, zejména pokud jde o porovnání více než dvojice hodnot.

Grafická prezentace dat podle Wilkeho [53] pracuje s konverzí hodnot na grafické prvky. Few považuje grafickou prezentaci za výhodnější, co se týče sledování průběhu hodnot. Mulvaney prezentuje tento způsob jako vhodnou alternativu k tabulkám, pokud jde o vzájemné porovnání více hodnot. Few ovšem zmiňuje nevýhodu grafů v tom, že v nich nelze vyhledávat hodnoty tak efektivně, jako v tabulkách.

Wilke rozlišuje následující vlastnosti (tzv. *aesthetics*), kterými se ve vizualizacích znázorňují hodnoty:

- pozice,
- tvar,
- velikost,
- barva,
- tloušťka čáry,
- druh čáry.

Při výběru vlastnosti, kterou se veličina znázorní, je podle Wilkeho třeba zvážit spojitost veličiny. Pokud je veličina spojitá, nelze využít druhu čáry nebo tvaru, protože tyto vlastnosti mají omezený počet variant a jsou tak vhodné pouze pro diskrétní veličiny.

Poté, co je vybrána vlastnost, musí být zvolena vazba mezi reprezentovanou hodnotou a její reprezentací. Tato vazba by podle Wilkeho měla být 1:1, tedy každé hodnotě by měla odpovídat právě jedna reprezentace. V opačném případě není význam vizualizace jednoznačný. Pokud má veličina dané pořadí, mělo by být toto pořadí zachováno i v grafické podobě, což zdůrazňuje i Few. Například pokud se jedná o časovou řadu, měla by být časová osa grafu rovněž časově seřazená. V případě, kdy na pořadí nezáleží, například u kategorií, může být pořadí libovolné.

Few k tomuto dodává, že kvalitativní veličiny, ať už seřazené, či neseřazené, není vhodné znázorňovat spojnicovým grafem. Spojnice mezi jednotlivými hodnotami by totiž měly vytvářet dojem spojitosti mezi jednotlivými hodnotami, která ovšem v případě kvalitativních veličin neexistuje. Kvalitativní veličiny je tedy vhodnější znázorňovat sloupcovým grafem, kde jednotlivé sloupce reprezentují jednotlivé hodnoty.

Co se týče typu vizualizací obecně (grafy, mapy apod.), záleží kromě druhu dat i na tom, co má vizualizace komunikovat čtenáři. Stejnou datovou sadu lze prezentovat jako sloupcový graf, histogram, nebo koláčový graf. Každý z těchto typů grafů komunikuje něco jiného. Sloupcový graf je vhodný pro porovnání hodnot, histogram pro zobrazení rozložení četností hodnot a koláčový graf pro zobrazení podílu jednotlivých hodnot na celku. Výběr vhodného typu vizualizace je tedy závislý na tom, co má čtenář z grafu získat a měl by odpovídat

tomu, co se autor snaží sdělit. Různými typy grafů a jejich výhodami a nevýhodami se podrobněji zabývají Wilke [53], Mulvaney [36], Few [20] a Evergreen [18].

Pokud jsou počítačově generované vizualizace součástí dokumentu, musí být ve vhodném formátu. Pro interaktivní dokumenty lze využít knihovny, které umožňují generovat interaktivní vizualizace. Na webových stránkách lze pro tvorbu interaktivních grafů použít např. knihovnu Chart.js¹. Pro složitější vizualizace vyžadující přímý přístup k procesu vykreslování lze použít knihovnu s více nízkoúrovňovým rozhraním, jako např. D3.js². Rozdíl mezi těmito knihovnami je v úrovni abstrakce, kterou poskytují. Chart.js umožňuje popis toho, jak má vizualizace vypadat, přičemž se nespecifikuje, jak má být vykreslena. D3.js naopak poskytuje nízkoúrovňové rozhraní, které umožňuje přímý přístup k vykreslování a umožňuje vytvářet složité vizualizace.

Pro statické dokumenty je třeba vizualizace exportovat ve formátu, který staticky popisuje jejich vzhled. Wilke [53] dělí tyto obrazové formáty na bitmapové (rastrové) a vektorové. Wilke a Healy ve svých knihách [53, 26] uvádějí vlastnosti a principy těchto základních typů formátů. Wilke zmiňuje, že bitmapové formáty popisují obraz pomocí mřížky pixelů, kde si každý pixel nese informaci o své barvě. Haley zdůrazňuje, že tato mřížka pixelů má svou předdefinovanou velikost a každý pixel má na mřížce své konkrétní umístění. Také podotýká, že tento způsob reprezentace obrazu umožňuje efektivní kompresi dat.

Vektorové formáty obsahují místo pixelů informace o rozmístění jednotlivých grafických prvků, ze kterých se obraz skládá. Haley uvádí, že tyto informace jsou uloženy formou instrukcí, které jsou následně interpretovány zobrazovacím softwarem. Autoři se shodují v tom, že vektorové obrázky mohou být libovolně přiblíženy bez zkreslení nebo ztráty detailu.

Při posuzování vhodnosti vektorových formátů Wilke zdůrazňuje, že se vektorová grafika může v různých zobrazovacích programech nebo na různých zařízeních vykreslit rozdílným způsobem. Problém podle něj často nastává u textu, jehož font chybí v zařízení, na kterém se obrázek zobrazuje. Poté se použije jiný font a tím se ztratí zamýšlený vzhled. Existují způsoby, kterými tento problém lze vyřešit, ovšem tato řešení bývají technicky náročnější a pro běžného uživatele nepřístupná. Wilke dále zmiňuje, že vektorové reprezentace velkých nebo složitých obrázků mohou být náročné na úložný prostor a vykreslování. Haley stejný princip aplikuje konkrétně na téma vizualizací, kdy uvádí, že graf obsahující velké množství dat se jako bitmapa uloží do výrazně menšího souboru, než kdyby byl uložen jako vektor.

Healy i Wilke oba uvádí jako příklady vektorových formátů SVG (*Scalable Vector Graphics*) a PDF (*Portable Document Format*). Formát SVG se podle Wilkeho používá zejména online, což je podpořeno tvrzením Healy o tom, že je formát SVG podporován v mnoha webových prohlížečích. Soubory PDF jsou podle Wilkeho vhodné pro všeobecné využití.

Wilke také zhodnocuje vlastnosti rastrových formátů a jejich vhodnost pro různé druhy využití. Komprese, kterou využívají rastrové formáty, může být ztrátová nebo bezztrátová. Beztrátová komprese zachovává všechny informace obsažené v obrázku, zatímco ztrátová komprese může způsobit vizuální zkreslení, přičemž dokáže dosáhnout ještě větší komprese. Wilke uvádí, že beztrátovou kompresi využívá např. formát PNG, zatímco ztrátovou např. formát JPEG. Beztrátová komprese je podle něj nejúčinnější na obrázcích, které obsahují mnoho sousedících pixelů stejné barvy, což tento typ komprese činí vhodným pro ilustrace, vizualizace a text. Ztrátová komprese je podle něj vhodná pro fotografie, kde mají jednotlivé pixely často různé barvy.

¹Domovská stránka projektu Chart.js: <https://www.chartjs.org/>

²Domovská stránka projektu D3.js: <https://d3js.org/>

Tvrzení Healy i Wilkeho se shodují v tom, že vektorové formáty jsou pro vizualizace výhodné pro jejich možnost přiblížení bez ztráty kvality. Co se týče rastrových formátů, Wilke podrobněji rozlišuje rozdíly mezi formáty PNG a JPEG, přičemž doporučuje se pokud možno vyhnout použití formátu JPEG pro vizualizace, a to kvůli možnému zkreslení, zejména při tisku.

Volba vhodného formátu tedy záleží na konkrétních potřebách pro zobrazení a ukládání. Bitmapové formáty jsou vhodné pro jednoduché vizualizace, které neobsahují jemné detaily. Vektorové formáty jsou vhodné pro složitější vizualizace, které obsahují jemné detaily, ale mohou být náročné na úložiště a vykreslování.

3.4 Presentace dokumentů

Existuje několik způsobů, kterými se dá dokument prezentovat. Elektronické dokumenty lze prohlížet na počítači pomocí různých programů, např. webových prohlížečů nebo čteček PDF. Dokument lze také vytisknout do papírové formy. Oba tyto přístupy mají svá specifika, která je třeba zohlednit při tvorbě dokumentu.

Pokud dokument není interaktivní, je na stránce pouze omezené místo, které je tedy třeba vhodně využít. Musí obsahovat všechny potřebné detaily, aby byl dokument srozumitelný i bez dalších informací. Pokud dokument nepracuje s pevnou velikostí stránky, ale přizpůsobuje se velikosti obrazovky, je třeba toto přizpůsobení zohlednit, aby se dokument správně a efektivně zobrazil na různých obrazovkách.

Pokud se má dokument tisknout, plynou z toho další požadavky, které je třeba splnit s ohledem na technologii tisku a výslednou formu. Vytisknuté dokumenty nelze při čtení na rozdíl od prohlížení na počítači jednoduše přiblížit. Tiskárny mají také omezené rozlišení, které dokážou tisknout, tzv. DPI (*dots per inch*). To znamená, že příliš malé písmo a detaily se můžou stát nečitelnými. Naopak příliš velké písmo a grafické prvky mohou být nepřehledné a dokument je nákladnější na tisk.

Pokud se v dokumentu nachází grafické prvky s velkými barevnými plochami, vyžadují velké množství spotřebního materiálu pro tisk (inkoust, toner). To zvyšuje náklady na tisk, nehledě na to, že některé tiskárny mohou na velkých plochách tisknout nekvalitně. Je třeba zvážit, jestli jsou takové prvky v dokumentu nutné a nedají se nahradit například šrafováním či obrysy.

Barevné dokumenty je nejlepší vytisknout barevně, aby se zachoval původní vzhled dokumentu. To je ale oproti černobílému tisku nákladnější. Pokud to příliš neuškodí prezentaci, je levnější dokument vytisknout černobíle. Při tisku barevného dokumentu černobíle se ale může stát, že se ztratí kontrast mezi jednotlivými barvami. V těchto případech je vhodné dokument převést na černobílý a odstíny šedi upravit ručně, aby byl kontrast zachován.

3.5 Tvorba dokumentů

V této sekci jsou popsány přístupy, kterými lze tvořit dokumenty. Každý z nich má svůj způsob, kterým se definuje struktura dokumentu a styly. Přístupy byly seřazeny podle složitosti od grafických aplikací po definici dokumentu v podobě zdrojového kódu.

Pro běžného uživatele, který je zvyklý na používání grafických aplikací, jsou obvyklou volbou kancelářské aplikace, jako je Microsoft Word nebo Microsoft Excel. Tyto aplikace umožňují vytvářet dokumenty pomocí grafického rozhraní. Uživatel si vybírá z nabídky,

jaké prvky chce do dokumentu přidávat, a tyto prvky může libovolně umisťovat na stránku. V nabídce si určuje zarovnání textu, barvu písma, umístění obrázku apod.

Dalším z přístupů jsou tzv. sázecí systémy. Ty umožňují vytvářet dokumenty pomocí speciálních jazyků kombinujících vlastní text s instrukcemi, které popisují, jak má dokument vypadat. Uživatel, který má zájem o vytváření typograficky kvalitních dokumentů, může použít systém $\text{\LaTeX}$, jehož výhody popisuje Kottwitz ve své knize [31]. $\text{\LaTeX}$ obsahuje pokročilé algoritmy pro zarovnávání textu, umístění obrázků a podobně. Kromě vědeckých článků se $\text{\LaTeX}$ používá i pro tvorbu knih, prezentací, notového materiálu a dalších dokumentů. Mezi sázecí systémy také lze zařadit technologii XSL-FO³, která je významná zejména z hlediska automatického převodu dat na dokumenty pomocí transformací XSLT⁴.

Dokumenty lze také tvořit pomocí webových technologií, tedy s využitím jazyků HTML a CSS. HTML popisuje strukturu dokumentu a CSS definuje jeho vzhled. Výhodou tohoto přístupu je, že dokumenty lze snadno zobrazit v prohlížeči a případně je i publikovat na internetu. Aby byly dokumenty vhodné pro tisk, lze pomocí technologie CSS3 přizpůsobit styly specificky pro stránkované dokumenty (tzv. *paged media*) [22].

Posledním z přístupů je tvorba dokumentů pomocí programovacích jazyků. To znamená, že programátor napíše v daném jazyce program, který provedením jednotlivých instrukcí sestaví dokument. V případě webových technologií by se mohlo jednat o jazyk JavaScript, ve kterém lze sestavit např. pomocí objektového rozhraní DOM⁵ dokument HTML. Výhodou tohoto přístupu je, že lze dokumenty přímo generovat z jakýchkoliv dat, která jsou v rámci běhu programu dostupná, například s využitím dat z databáze nebo z REST API. Tyto pokročilé přístupy jsou blíže popsány v sekci 3.6, která se zabývá sázením dat do dokumentu.

Formáty dokumentů kancelářských aplikací, sázecích systémů a webových technologií vyžadují speciální software buď pro jejich zobrazení, nebo pro renderování do zobrazitelného formátu. Pro šíření dokumentů proto nejsou tyto formáty vhodné. K tomu se používají formáty, které jsou běžně podporované a zobrazitelné na většině zařízení. Nejrozšířenějším takovým formátem je PDF (*Portable Document Format*).

Formát PDF vytvořila společnost Adobe Systems v roce 1993. První plně otevřený standard ISO⁶ byl vydán až v roce 2008 [46]. V současné době je formát PDF široce rozšířený a používá se pro ukládání dokumentů, které mají být prezentovány na obrazovce, nebo vytisknuty. V tomto směru je PDF vhodnější než například formát HTML, který je určený primárně pro prezentaci na obrazovce ve webovém prohlížeči.

Jelikož je PDF složitý binární formát, který nelze upravovat v textovém editoru a veškerý multimediální obsah je vložen jako binární sekvence, dokumenty PDF není praktické vytvářet ručně. Jak již bylo zmíněno v předchozí sekci 3.5, z pohledu běžného uživatele je nejjednodušší tvořit dokument vizuálně, případně v sázecím jazyce. Tyto dokumenty lze následně exportovat nebo kompilovat do formátu PDF [23, 31, 41].

3.6 Sázení dat do dokumentu

Data lze do dokumentu zasadit vícero způsoby. Technicky nejjednodušším způsobem je manuální vložení dat do dokumentu. K tomu lze využít textový procesor, např. Microsoft Word, ale i zmíněné nástroje $\text{\LaTeX}$, XSL-FO a webové technologie. Tento způsob je však

³XSL-FO, zkratka pro Extensible Stylesheet Language Formatting Objects

⁴XSLT, zkratka pro Extensible Stylesheet Language Transformations

⁵DOM, zkratka pro *Document Object Model*, objektová stromová struktura popisující strukturu dokumentu

⁶Standard ISO 32000-1:2008: <https://www.iso.org/standard/51502.html>

neefektivní, protože při každé změně dat je třeba dokument upravit ručně. Tento způsob je vhodný pouze pro dokumenty s velmi malým množstvím dat, případně pro dokumenty, které se nebudou často měnit.

Dokumenty lze vytvořit také pomocí tabulkového procesoru, například Microsoft Excel. V tomto případě je možné data zadat do tabulky, ze které se automaticky použitím vzorců vloží do části představující výsledný dokument. Tabulkové procesory také umožňují zpracování dat a jejich vizualizaci v podobě tabulek a grafů, případně i jednoduché programování pro automatizaci některých úkonů. Ani tento způsob, ač je částečně automatizovaný, se však neobejde bez lidské obsluhy a může tak být náchylný k lidským chybám. Pokud je potřeba vytvořit velké množství dokumentů z velkého množství dat, proces se stává velmi pomalým a náročným na lidskou práci.

Pokud se má lidská práce potřebná pro vytvoření dokumentu omezit na minimum, je třeba využít automatizace. To znamená, že se data zpracují a vloží do dokumentu automaticky. Výsledný dokument je tedy vždy aktuální a neobsahuje lidské chyby. Tento způsob tvorby dokumentů je vhodný pro dokumenty, které se často mění, nebo obsahují velké množství dat.

Pro vytvoření dokumentu je třeba definovat jeho strukturu a styly pro následnou prezentaci. Pro popis sémantické struktury se často využívají tzv. značkovací jazyky. Přidělují jednotlivým částem dokumentu význam, například „nadpis kapitoly“, „odstavec“, nebo „seznam“ [11]. Poté přichází na řadu stylovací jazyk, ve kterém se určuje, jakým způsobem budou jednotlivé sémantické části dokumentu zobrazeny [55].

Vyhodnocení kódu zmíněných jazyků zařídí převod ze sémantické definice dokumentu s předdefinovaným obsahem a stylovacími pravidly na výsledný dokument. V oblasti automatického generování dokumentů je ale zpravidla třeba obsah dokumentu generovat dynamicky z dat. K tomu slouží tzv. šablonový procesor, který kombinuje definovanou šablonu s daty. Výsledek může být prakticky v jakémkoliv formátu, ale zpravidla jde o textový formát. Šablonové procesory jsou často specializovány pro daný cílový formát, například HTML a CSS, nebo XML.

Šablonovací systémy se liší tím, jakým způsobem jsou šablony definovány. Šablony mohou být předprogramované a přiložené ke zdrojovému kódu aplikace (statické), nebo mohou být interpretované za běhu programu (dynamické).

3.6.1 Dynamické šablony

Dynamické šablony jsou definovány ve formě zdrojového kódu, který lze interpretovat za běhu programu, který dokumenty generuje. Znamená to, že šablony lze například ukládat do databáze a za běhu programu upravovat. Typickými zástupci jsou například Handlebars⁷ a Latte⁸. Pokud jsou šablony rozšířeny o vizuální editor, může být jejich úprava přístupná a srozumitelná i pro koncové uživatele.

Nevýhodou je, že tyto šablony typicky nejsou kontrolovány z hlediska validity a typové bezpečnosti, protože jsou interpretovány za běhu programu. To může vést k chybám v generovaných dokumentech, které mohou být obtížně odhalitelné. Při ukládání šablon do databáze nelze bez speciální obsluhy zpětně zjišťovat historii změn. Bez možnosti verzování šablon se nelze vrátit k předchozí verzi, pokud dojde v nové verzi například k chybnému generování dokumentů nebo ke znehodnocení šablony chybnou úpravou.

⁷Domovská stránka šablonového procesoru Handlebars: <https://handlebarsjs.com/>

⁸Domovská stránka šablonového procesoru Latte: <https://latte.nette.org>

3.6.2 Kompilované šablony

Kompilované šablony jsou ze svého zdrojového kódu převedeny na jinou reprezentaci, která je vhodná pro přiložení k binárnímu souboru programu. Tyto šablony jsou často při kompilaci kontrolovány z hlediska validity generovaných dokumentů a případných typových chyb při manipulaci s daty [42, 27].

Šablony mohou být definovány v externím jazyce, který je kompilován do strojového kódu a přiložen k programu. Existují ale knihovny, které umožňují definovat šablony přímo v jazyce, ve kterém je psán program, který dokumenty generuje. To zjednodušuje přístup ke statické typové kontrole a umožňuje refaktorování šablon spolu s datovými strukturami v programu. Lze přitom využít plnou sílu programovacího jazyka, například funkce, pokročilé datové struktury, knihovny, nebo dokonce objektové programování [56]. Nevýhodou tohoto přístupu je omezená možnost optimalizace šablon, protože jsou přímo součástí programu.

Když je při vývoji využíván systém pro správu verzí, je možné verzovat i šablony. To umožňuje jednodušeji zpětně zjistit, kdy a kým byla šablona změněna a proč. Dále je možné využít nástroje repozitáře pro návrh změn, tzv. *pull request*, který umožňuje diskutovat o změnách a případně je odmítnout, nebo přijmout [28].

Využitím průběžné integrace lze automatizovat kompilaci šablon, případně i jejich testování [13]. To umožňuje při návrhu nových změn zjistit, zda tyto změny nezpůsobí typovou či vizuální chybu v generovaných dokumentech.

3.7 Webová aplikační rozhraní

Pokud se dokumenty negenerují přímo na zařízení uživatele, který si dokument vyžádal, musí mít uživatel možnost dokument ze vzdáleného zařízení získat. Zároveň je třeba nějakým způsobem generování dokumentu zahájit z klientské aplikace. K tomu mohou být potřeba doplňující informace ze strany uživatele. To vše umožňují webová aplikační rozhraní, kterým se tato sekce věnuje.

Webové aplikační rozhraní stanovuje způsob, kterým lze přistupovat k webové službě pomocí HTTP. Tato služba může být používána nejen z webového prohlížeče, který ovládá člověk, ale i jakýmkoliv jiným počítačovým programem [1]. Pro tvorbu webových služeb byla dlouhou dobu používána technologie SOAP⁹. Poté, co vznikla specifikace REST, začala díky své jednoduchosti částečně vytlačovat technologii SOAP z trhu. SOAP v poslední době nadále ztrácí popularitu a uvolňuje prostor na trhu pro nové technologie, jako je například GraphQL [44].

SOAP má pro své služby definované rozhraní pomocí WSDL¹⁰. Toto rozhraní je v podobě XML dokumentu, který popisuje, jaké služby jsou dostupné, jaké parametry přijímají a jaké odpovědi vrací. Tento dokument je možné automaticky zpracovat a vytvořit na jeho základě klienta, který umožní snadnou komunikaci se službou.

Celá specifikace SOAP je ale velmi rozsáhlá a náročná na implementaci. Komunikace probíhá nejčastěji pomocí HTTP POST požadavků, jejichž korektní ukládání do vyrovnávací paměti je obtížné [24]. Formát XML, pomocí kterého se v protokolu SOAP kódují zprávy, je z hlediska velikosti dat neefektivní, což může být problém při přenosu velkého množství dat [57].

⁹SOAP, zkratka pro Simple Object Access Protocol

¹⁰WSDL, zkratka pro Web Services Description Language

Specifikaci REST popsal spoluzakladatel projektu *Apache HTTP Server* Roy Fielding ve své disertační práci v roce 2000. REST není protokol, ale spíše doporučení týkající se architektury služeb na webu. Je kladen důraz na přístup k zdrojům, které jsou identifikovány pomocí URI¹¹ [35]. Komunikace probíhá pomocí HTTP požadavků a využívá různé HTTP metody pro různé operace [24]. To usnadňuje ukládání odpovědí do cache, protože URI u správně vytvořených REST API postačuje na jednoznačnou identifikaci zdroje.

Specifikace REST se zaměřuje spíše na architekturu API a neříká nic o formátu dat, která se přenášejí [24]. To umožňuje pro komunikaci používat efektivnější formáty než XML. Formát JSON, který se často v REST API využívá, je kompaktnější a několikanásobně rychlejší při zpracování než XML [3]. REST také nepředepisuje způsob tvorby kontraktu mezi serverem a klientem. Příkladem možných způsobů definice takového kontraktu je Swagger/OpenAPI nebo WADL. Analýzou těchto specifikací se zabývá například Dos Santos ve svém článku [12].

Moderní alternativou architektury REST je protokol GraphQL, jehož specifikaci zveřejnila v roce 2015 společnost Facebook. Snaží se řešit problémy, které se s určitou závažností mohou vyskytnout u REST API. Pokud různí klienti potřebují načítat data z jednoho REST API, stává se, že se v API objevují různé reprezentace stejného zdroje, které jsou optimalizované pro konkrétního klienta. Těmto problémům se říká *overfetching* a *underfetching* a blíže se jimi zabývá například kniha *Learning GraphQL* [43]. Místo popisu struktury API jako kolekci jednotlivých zdrojů v podobě URI, GraphQL reprezentuje data v podobě propojeného grafu [4].

Typické GraphQL API vystavuje jeden koncový bod, na kterém lze provádět pomocí stejnojmenného dotazovacího jazyka GraphQL dotazy a operace. Lze si povšimnout, že se tímto GraphQL částečně vrací k architektuře SOAP. Využití požadavků POST má zde stejné nevýhody jako u protokolu SOAP, což vyžaduje složitější, vlastní implementaci cache na straně klienta [4]. GraphQL je podobné SOAP také v tom, že má standardizovaný způsob definice kontraktu. Služba je popsána jako kolekce datových typů a vztahů mezi nimi spolu s dotazy a operacemi, které slouží jako vstupní body do API [43].

¹¹URI, zkratka pro Uniform Resource Identifier

Kapitola 4

Analýza současného stavu

V této kapitole jsou nejprve prezentovány činnosti a procesy firmy Optimal-Energy.cz, a.s.¹ (dále jen Optimal Energy). Blíže je zde popsán proces komunikace s klientem, analýzy jeho potřeb a tvorby nabídky. Hlavním záměrem této kapitoly je analyzovat současný stav a postup práce firmy s ohledem na využití softwarových prostředků. Na základě analýzy vznikají požadavky na nové softwarové řešení, které bude možné využít pro zjednodušení práce a zvýšení efektivity.

4.1 Firma a její činnosti

Firma Optimal Energy nabízí fyzickým osobám, firmám, i celým obcím poradenství a zprostředkování služeb v oblasti energetiky. Jde o řešení, která kladou důraz na využití obnovitelných zdrojů energie a snížení pravidelných nákladů na energie a ostatní zdroje, které budovy využívají.

Zájemci o jeden konkrétní typ optimalizace mohou využít samostatné služby, například instalace fotovoltaického systému nebo změnu dodavatele energie. Hlavním produktem firmy je ale komplexní optimalizace, tzv. *ModroZelená Úsporám*, zkráceně MZÚ. Tato služba zahrnuje celou řadu optimalizací, které jsou navrženy na míru konkrétnímu klientovi.

Pro zpracování energetické optimalizace a záznam firemních procesů se využívá na zakázku vytvořený informační systém *NIS*, který umožňuje zadávat data o klientech, prováděných měřeních a nabídce a celý proces sleduje. Pro účely výpočtů a generování dokumentů slouží tzv. *Kalkulátor*, který je vytvořený v softwaru Microsoft Excel. Softwarové prostředky jsou blíže popsány v sekci 4.3.

4.2 Proces energetické optimalizace

Optimalizace MZÚ začíná osobní konzultací s klientem. Tu má na starost poradce, který se v produktu vyzná a dokáže na základě informací od klienta zvážit, které optimalizace by byly vhodné. Sbírá základní informace o stavu budovy, např. jaké jsou v budově radiátory, jakým způsobem se ohřívá voda, či jestli je budova zateplená. Dále se ptá na spotřebu energií, např. kolik klient platí za elektřinu, plyn a vodu. Zároveň od klienta získá užitečné dokumenty, jakými jsou například vyúčtování za energie.

V systému NIS poradce vytvoří novou tzv. *pomůcku*, která umožní zadání dat o zakázce. Do této pomůcky může data zadávat přímo, případně si je zapíše na papír a zadá je do

¹Domovská stránka firmy Optimal-Energy.cz, a.s.: <https://optimal-energy.cz/>

systému později. Do pomůcky nahraje i získané dokumenty, ke kterým mají přístup ostatní činitelé, kteří na případu pracují.

Dále je třeba získaná data analyzovat a vytvořit konkrétní nabídku, což má na starosti analytik. Zatímco poradce je spíše obchodník, analytik je proškolený a dokáže interpretovat získaná data a dokumenty. Ze systému NIS exportuje data do Kalkulátoru, kde vznikne prvotní návrh vhodných optimalizací a s tím spojené návrhy smluv. Pokud potřebuje doplňující informace, získává je přes poradce.

Pokud vzniká v rámci optimalizace zájem o instalaci fotovoltaiky nebo tepelného čerpadla, je třeba, aby specialista na danou oblast vytvořil konkrétní návrh systému. Specialista přímo u klienta zjistí další potřebné informace a provede fotodokumentaci, případně měření. Na základě těchto informací posoudí reálnost a aspekty technické realizace. Informace zadává do systému k danému obchodnímu případu. Na každou takovou instalaci vzniká samostatný obchodní případ, který je v systému NIS spojen s příslušným zákazníkem.

Pokud v důsledku práce specialisty není třeba nabídku upravit, může zákazník rovnou podepsat smlouvu, kterou připravil analytik. Stává se ale například, že je možné a vhodné na střechu umístit víc panelů, případně má klient zájem o další doplňky k systému. V tom případě se podepisuje plná moc, která opravňuje firmu za stanovených podmínek smlouvu upravit a podepsat za klienta. Smlouvu pak podepisuje analytik.

Zakázky na fotovoltaiku a tepelná čerpadla jsou na základě smluv předány partnerským společnostem, které instalace realizují. Firma Optimal Energy zajišťuje pouze optimalizace týkající se změny dodavatele, případně instalace menších úsporných zařízení, jako jsou například perlátory a radiátorové fólie.

4.3 Sofwarové prostředky

Hlavním informačním systémem firmy je systém NIS. Byl vytvořen externí společností na míru dle potřeb firmy. Systém umožňuje evidovat zákazníky a k nim navázané obchodní případy a smlouvy. Dále umožňuje evidovat měření, která se provádějí v rámci optimalizace. Systém je využíván všemi činiteli působící v rámci optimalizace, kteří v něm evidují své aktivity a předávají si pomocí něj informace. Systém má webové rozhraní a jeho serverová část je implementována v jazyce C# na platformě .NET.

Pro výpočty různých optimalizací a generování dokumentů se využívá Kalkulátor, který je vytvořen v softwaru Microsoft Excel. Kalkulátor vytvořil Ing. Vojtěch Chaloupka a od jeho vzniku vydal přibližně 300 nových verzí. Kalkulátor obsahuje vzorce, které na základě zadaných dat o zákazníkovi a výsledků měření navrhuje vhodné energetické optimalizace. Na základě optimalizací vzniká nabídka, jejíž data se automaticky dosazují do šablon pro dokumenty na oddělených listech. Na listech s dokumenty jsou implementována makra, která umožňují export dokumentu do formátu PDF. Kalkulátor je využíván analytiky, kteří v něm vytvářejí nabídky a smlouvy pro klienty.

4.4 Problémy se současným řešením

Při práci se systémem NIS a s Kalkulátorem se vyskytují některé problémy, které zpomalují práci a zvyšují chybovost. Tyto problémy byly na základě konzultací se zaměstnanci firmy analyzovány a jsou podkladem pro návrh nového řešení.

4.4.1 Přenos informací a komunikace

Podstatným problémem je, že dochází k častému manuálnímu přepisování dat mezi nosiči. Pokud si například poradce zapisuje informace od klienta na papír, musí je následně přepsat do systému NIS. Stejně tak musí analytik přepisovat některá data z NIS do Kalkulátoru.

Další nadbytečná komunikace a administrativa vzniká v již zmíněném případě, kdy je třeba upravit nabídku, kterou analytik vytvořil. V takovém případě je třeba vytvořit plnou moc a specialista musí změny v nabídce komunikovat analytikovi, který na základě těchto informací smlouvu upraví a podepíše.

4.4.2 Problémy s Kalkulátorem

Kalkulátor sice v tuto chvíli potřeby firmy plní, ale s novými požadavky a změnami v legislativě se postupně stává neudržitelným. Vzhledem k očekávanému zavedení legislativy týkající se komunitní energetiky firma plánuje svou nabídku rozšířit o související služby. Současný stav Kalkulátoru však neumožňuje snadné rozšíření o nové funkce. Když dojde k přidání nových funkcí, není ve firmě standardizovaný způsob, jakým by se Kalkulátor distribuoval.

Častým problémem jsou kopírované vzorce. Pokud je třeba jeden vzorec aplikovat na řadu buněk, je tento vzorec zkopírován pro každou buňku. Pokud je třeba vzorec změnit, je třeba jej změnit ve všech buňkách, kde se nachází. Je tedy možné, že pokud nejsou nové vzorce aktualizovány ve všech buňkách, může dojít k chybám ve výpočtech.

Při analýze Kalkulátoru bylo zjištěno, že je velmi obtížné číst vzorce a navigovat se mezi nimi. Vzorce jsou často velmi dlouhé a složité. Odkazy na buňky ve formátu řádek–sloupec čtenáři nijak nenapoví jejich význam. Čtenář tedy musí každou buňku zvlášť vyhledat a zjistit, co obsahuje.

Microsoft Excel umožňuje graficky zobrazit závislosti mezi buňkami, a to jak předchůdce, tak následníky. To pomáhá v orientaci v rámci jednoho listu, ale odkazy napříč listy zobrazí jako seznam, který se navíc při každé navigaci na jednu z položek zavře. Nepodařilo se najít vhodnější způsob, kterým by se v Kalkulátoru dalo zorientovat bez nutnosti vytvořit si externí dokumentaci.

Analýzu vzorců také ztěžuje fakt, že nejsou zdokumentované. Vzorce jsou často velmi složité a vyskytují se v nich „magická čísla“, která nemají žádný popis. V těchto případech je obtížné rozlišit, zda se jedná o zjednodušený vzorec, nebo o chybu.

Některé části Kalkulátoru se již nevyužívají, ale nikdy nebyly odstraněny. Často jde o listy sloužící ke generování dokumentů, které už firma nahradila jinými, případně jde o dokumenty týkající se produktů, které firma již nenabízí. Ve výpočtové části jsou sekce týkající se např. chladniček, které firma již prakticky neřeší. Tyto sekce se ale v Kalkulátoru stále nachází a nejsou nijak odlišeny. Mohou i zasahovat do vzorců, které se využívají pro výpočet jiných produktů. Při návrhu nového řešení je tedy potřeba tyto části z analýzy vynechat.

Co se týče distribuce verzí Kalkulátoru, autor novou verzi vždy rozesílá jako přílohu e-mailu. S tímto způsobem distribuce vzniká velké množství problémů. Především není jasné definováno, která verze je aktuální. Někteří zaměstnanci mají starší verzi, někteří novější. Pokud by bylo potřeba v rámci obchodního případu přejít na novější verzi Kalkulátoru, vstupní data by musela být přepsána ručně.

Dalším problémem je, že Kalkulátor obsahuje konstanty použité pro výpočet, například distribuční sazby, které se v čase mohou měnit. Ty jsou ale svým způsobem součástí

zdrojového kódu Kalkulátoru. Pokud je třeba konstanty změnit, je třeba vydat novou verzi Kalkulátoru.

Kalkulátor je tedy vzhledem k jeho současnému stavu a použité technologii obtížně rozšiřitelný. Reimplementací Kalkulátoru s použitím stejné technologie by se některé problémy dočasně vyřešily, ale po čase by se mohly opět objevit.

4.5 Nové řešení

Na základě problémů se současným řešením vznikla ve firmě potřeba nového softwarového řešení, které by nahradilo Kalkulátor. Toto nové softwarové řešení, které je předmětem mé práce, budu po zbytek textu práce nazývat také *Generátor*. Hlavním cílem implementace a integrace Generátoru je omezit manuální přepisování dat a zbytečnou komunikaci specialistů a analytiků.

Generátor má být zintegrován do systému NIS a měl by plně nahrazovat funkce Kalkulátoru, který se tak stane nepotřebným. Výhodou je, že Generátor bude mít přístup k datům v NIS a nebude třeba je ručně přepisovat tam a zpět. Nové řešení by mělo být také snadno rozšiřitelné o další funkce, které by mohly v budoucnu vzniknout.

Vzhledem k tomu, že je systém NIS vytvořen na platformě .NET, je vhodné, aby i Generátor byl vytvořen na této platformě. Výhodou je také, že většina zaměstnanců firmy již má zkušenosti s vývojem na platformě .NET a může po dokončení prvotní verze převzít další vývoj.

V rámci návrhu nového řešení také vznikla ve firmě akční skupina, která se zabývá jeho integrací do systému NIS. Má za úkol navrhnout změny ve formátu dat, která se do systému v rámci MZÚ zadávají. Na jedné straně je analyzován Kalkulátor a jeho vstupní data, na druhé straně potřeby analytiků a specialistů. Výsledkem by měl být jakýsi kompromis, ze kterého vyplynou změny v systému NIS a změny v novém řešení v porovnání s Kalkulátorem.

Akční skupina také rozhodne o tom, která pomocná data k výpočtu se mění častěji a bylo by vhodné je moci upravovat pomocí webového rozhraní, a která se naopak prakticky nemění. Neměnnými pomocnými daty mohou být například koeficienty účinnosti solárních panelů vlivem úhlu jejich instalace. V rámci návrhu bude třeba blíže specifikovat umístění těchto neměnných dat.

Další aktivitou ze strany firmy je probíhající redesign vzhledu dokumentů. Současný design je zastaralý a je třeba ho aktualizovat a sjednotit. Tento redesign ale bude připraven až později, přičemž je třeba souběžně implementovat co největší část Generátoru tak, aby byl co nejlépe připraven na pozdější změnu vzhledu dokumentů.

Kapitola 5

Návrh řešení

Tato kapitola konkrétně popisuje návrh implementace Generátoru na základě provedené analýzy požadavků. Nejdříve je uvedena jeho základní koncepce. Dále je znázorněna role systému NIS ve spolupráci s Generátorem. Na závěr je popsána vnitřní architektura Generátoru a jeho jednotlivé části.

5.1 Základní koncepce

Jednou z uvažovaných možností bylo nové funkce implementovat přímo v kódu systému NIS. Znamenalo by to vytvoření nového projektu, případně více projektů, v rámci *řešení*¹ systému NIS. To by bylo výhodné z hlediska přístupu k datům, protože by bylo možné přímo využít již existujících mechanismů přístupu k datům v systému NIS. Znamenalo by to ale také pevnější spojení obou systémů.

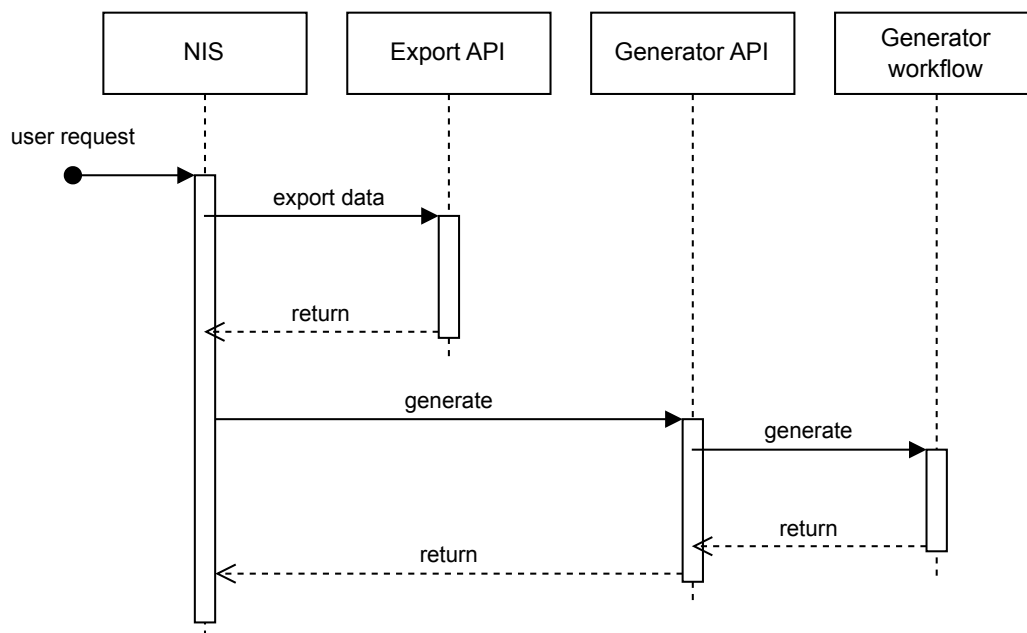
Systém NIS byl původně vytvořen externě na zakázku, ale postupem času došlo i k úpravám ze strany IT oddělení firmy Optimal Energy. Je však snaha tyto úpravy omezit na minimum a raději pro nové potřeby vytvářet oddělené služby, jejichž vývoj je plně v kompetenci firmy. Proto jsem na základě konzultace integraci projektu přímo do systému NIS navrhl ve prospěch samostatného systému, který vystaví API pro systém NIS. Tím budou lépe odděleny zodpovědnosti obou systémů a zároveň nebude třeba nové nasazení systému NIS při každé změně v novém řešení.

Jako formát pro přenos dat mezi existující infrastrukturou a Generátorem byl zvolen formát XML. Přestože může formát XML být považován za překonaný (např. formátem JSON), v kontextu existujících softwarových prostředků firmy využití tohoto formátu dává smysl. Součástí softwarové infrastruktury firmy je totiž exportní služba, která navenek zpřístupňuje data z databáze ve formátu XML, a to pomocí XSLT transformací. Stačí tak do exportní služby přidat novou šablonu, která bude produkovat XML ve formátu, který vyžaduje Generátor, čímž se velmi usnadní přenos dat mezi systémy.

Pro komunikaci bude použito REST API, protože je nejvíce rozšířené, jednoduše se implementuje a pro účely této aplikace se považuje za dostačující. Systém NIS pro svou komunikaci také využívá REST API, takže by měla být integrace těchto systémů relativně snadná. Co se týče zabezpečení, přestože se jedná primárně o interní službu, API Generátoru by mělo být alespoň základním způsobem zabezpečené, aby se zabránilo možnému zneužití například v případě nechtěného zpřístupnění API v rámci internetu vlivem nesprávné konfigurace. Zabezpečení je blíže specifikováno v sekci 5.6.

¹ *řešením* se v tomto případě myslí kontejner sady Visual Studio pro více sdružených projektů

Úkolem Generátoru bude tedy vystavit REST API umožňující generování dokumentů na základě výpočtu energetické optimalizace. Požadavek vzejde od systému NIS, když si uživatel danou službu vyžádá v jeho webovém rozhraní. Systém NIS zavolá exportní službu, která vrátí data ve formátu, který Generátor očekává. Tato data pošle v požadavku Generátoru, který se na základě těchto dat pokusí požadavek splnit. Generátor pak výsledek vrátí systému NIS, který ho může prezentovat uživateli. Sekvence těchto volání je znázorněna na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Sekvenční diagram znázorňující komunikaci mezi existujícími systémy a Generátorem. Systém NIS na základě uživatelského požadavku zavolá exportní službu. Získaná data poté pošle v požadavku na REST API Generátoru, který zavolá workflow generující dokument. Výsledek nakonec vrací v odpovědi systému NIS.

5.2 Architektura aplikace

Na základě požadavků a analýzy původního Kalkulátoru byla navržena architektura nové aplikace. Ta se bude skládat z těchto hlavních částí:

- REST API,
- validace vstupních dat,
- konfigurace,
- výpočet optimalizací,
- vizualizace,
- generování dokumentů,
- propojovací workflow.

REST API bude obsahovat koncové body pro generování jednotlivých dokumentů. Na vstupu budou veškerá vstupní data potřebná k výpočtu a generování dokumentů. Výstupem bude v případě úspěšného zpracování dokument ve formátu PDF, který se nějakým definovaným způsobem vrátí uživateli API.

Vstupní data bude třeba validovat, aby bylo zajištěno, že jsou ve správném formátu a obsahují všechny potřebné informace. Některá vstupní data nelze validovat triviálně způsobem povinné/nepovinné položky, nýbrž bude například možné zadat údaje o střeše, nebo přímo maximální počet panelů, přičemž zadání maximálního počtu panelů přepíše údaje o střeše. Dále je třeba validovat, zda-li lze všechny položky případné existující objednávky nalézt v cenících.

Pomocná data, která se prakticky nebudou měnit, nebude třeba posílat v každém požadavku. Namísto toho budou umístěna v programové konfiguraci přiložené k aplikaci. V rámci implementace je třeba definovat i způsob změny této konfigurace, pokud by do ní bylo třeba zasáhnout.

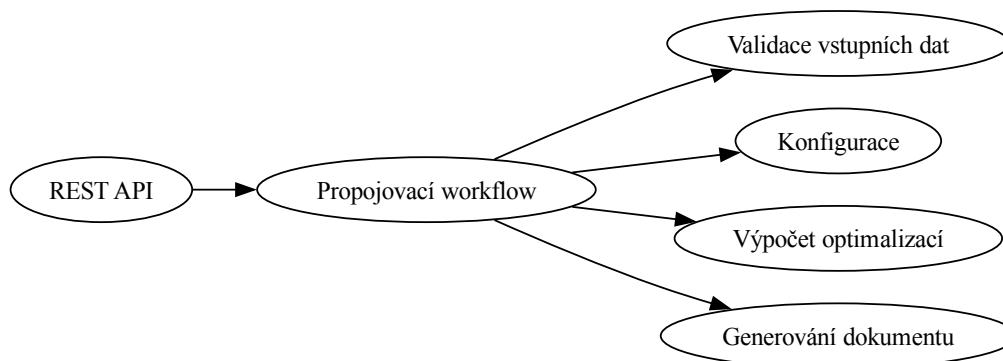
Výpočtová část má implementovat funkce Kalkulátoru týkající se optimalizace energií. Bude obsahovat moduly pro jednotlivé typy optimalizací, např. optimalizaci vody, instalaci vhodného tepelného čerpadla či fotovoltaiického systému. Dále bude umožňovat výpočet souvisejících finančních hledisek, například návratnosti investice. Tato část aplikace je blíže popsána v sekci 5.4.

Na základě navržených optimalizací jsou klientovi v rámci generovaného dokumentu předloženy vizualizace, které znázorňují například návratnosti investice nebo snížení nákladů na energie. K tomu bude sloužit vizualizační část aplikace, která na základě vstupních dat vygeneruje patřičnou vizualizaci v takovém obrazovém formátu, který lze vložit do generovaného dokumentu.

Poslední částí aplikace je generátor dokumentů, který bude obsahovat funkce pro jednotlivé typy dokumentů. Jeho vstupem jsou data o klientovi spolu s nabídkou vycházející z vypočtené optimalizace, případně rozšířenou o služby či produkty za příplatek. Na základě těchto dat vytvoří potřebné vizualizace a vygeneruje podle příslušné šablony dokument ve formátu PDF.

Propojovací workflow slouží ke spojení všech částí aplikace do jednoho funkčního celku. Implementuje postup, kterým se budou postupně volat jednotlivé části aplikace a zaštiťuje tak celý proces od zpracování vstupního požadavku ve formátu XML až po vygenerování dokumentu.

REST API je díky existenci workflow odstíněné od vnitřní struktury aplikace. To umožňuje snadnější rozšiřování a úpravy jednotlivých částí aplikace, aniž by bylo třeba měnit rozhraní API. Závislosti jednotlivých částí aplikace lze vidět na obrázku 5.2.



Obrázek 5.2: Diagram znázorňující závislosti jednotlivých částí aplikace. REST API je hlavním rozhraním aplikace. Volá propojovací workflow, které postupně provádí validaci, načtení konfigurace, výpočty a generování dokumentu.

5.3 Vstupní data

Generátor ke své práci potřebuje vstupní data, na základě kterých může provádět energetickou optimalizaci, vytvářet nabídku a generovat dokumenty. Tato data lze rozdělit do následujících kategorií:

- informace o klientovi a domácnosti,
- existující objednávka,
- data o tepelných čerpadlech,
- data o fotovoltaike,
- nabídka poradce.

Informace o klientovi a domácnosti obsahují základní identifikaci klienta, např. jméno a adresa bydliště, a dále parametry budovy a údaje o spotřebě energií a vody. Tyto informace jsou získány při sběru dat blíže popsáném v sekci 4.2 a jsou základem pro výpočet energetických optimalizací a úspor.

K jednotlivým optimalizacím vznikají objednávky, ať už u energetického poradce v případě perlátorů a fólií, nebo u obchodních partnerů v případě fotovoltaiky a tepelných čerpadel. Některé aspekty objednávky lze automaticky dopočítat, což je zvlášť žádané zejména u optimalizací, které nelze jednoduše spočítat ručně. Objednávky je ale třeba přizpůsobit konkrétním potřebám klienta, a proto je třeba mít možnost je přepsat, případně do objednávky přidat další služby a produkty nad rámec základní sestavy. K tomu slouží právě vstupní data týkající se existujících objednávek.

Nabídka tepelných čerpadel se může v průběhu času měnit. Na vstupu je potřeba mít aktuální data o jednotlivých nabízených typech tepelných čerpadel a jejich ceník. Ceník obsahuje všechny nabízené sestavy tepelných čerpadel a jejich ceny. Dále je zde konfigurace

pro automatický výběr čerpadla, která obsahuje pouze základní sestavy čerpadel s obvyklými komponentami (jedná se tedy o podmnožinu ceníku). Tato konfigurace každé základní sestavě stanovuje maximální výkon vytápění, které je čerpadlo schopné pokrýt. Na základě toho pak algoritmus stanovuje vhodné čerpadlo pro danou budovu.

Podobně jako u tepelných čerpadel je třeba mít aktuální data o nabídce fotovoltaických systémů. Na vstupu jsou tedy data o jednotlivých nabízených typech fotovoltaických systémů a jejich ceník. Každý fotovoltaický systém na vstupu obsahuje informaci o jeho základní sestavě, tedy například baterie, počet panelů, základní cenu a další údaje využívané k optimalizaci. Pro sestavu objednávky je také stanoven ceník příplatkových služeb a produktů, které lze k fotovoltaickému systému přikoupit.

Nabídka poradce obsahuje informace o produktech, které poradce prodává. Tyto produkty jsou většinou menší úsporná zařízení, jako jsou perlátory nebo radiátorové fólie. Nabídka poradce obsahuje informace o jednotlivých produktech a jejich ceně. Na základě této nabídky a objednávky může Generátor spočítat náklady na danou optimalizaci, posoudit její výhodnost a případně zahrnout tuto objednávku do výsledné faktury.

5.4 Výpočtová část

Výpočtovou část Kalkulátoru lze rozdělit na logické implementační celky. Současný Kalkulátor obsahuje tyto hlavní části:

- výpočet úspory na základě instalace perlátorů,
- výpočet úspory na základě instalace radiátorových fólií,
- doporučení tepelného čerpadla a výpočet vzniklé úspory,
- doporučení fotovoltaického systému a výpočet vzniklé úspory,
- výpočet návratnosti investice.

V této sekci popisují problémy, které se vyskytují v původním Kalkulátoru a návrh, jak se těmto problémům vyhnout při implementaci nového řešení.

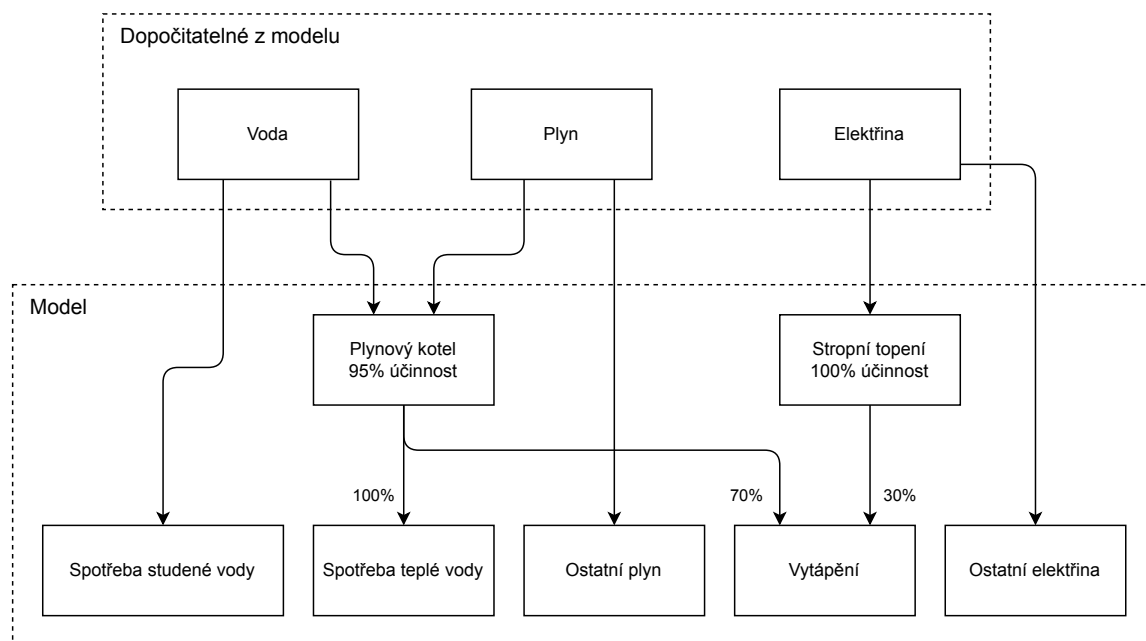
5.4.1 Model využití zdrojů

Některé optimalizace v původním Kalkulátoru využívají navzájem odlišné způsoby analýzy vstupních dat. Může se tedy stát, že optimalizace perlátorů počítá se spotřebou teplé vody za rok na základě zadané spotřeby podle vyúčtování, ale optimalizace tepelného čerpadla spočítá energii na ohřev této vody na základě zdrojů využívaných na ohřev a vstupních spotřeb energií. To znamená, že například zvýšením spotřeby teplé vody na vstupu nedojde k doporučení silnějšího tepelného čerpadla a celková optimalizace je tedy nekonzistentní.

Původní nejednotný model také zvyšuje náročnost výpočtu některých optimalizací. Například instalace tepelného čerpadla musí zvlášť spočítat úspory na jednotlivých zdrojích energie, které tepelné čerpadlo nahrazuje. Tepelné čerpadlo ale potřebuje ke své funkci elektrickou energii a její spotřeba se musí k původní spotřebě přičítat, což zesložituje výpočet. Každá optimalizace v Kalkulátoru počítá kvůli nejednotnému modelu úsporu jiným způsobem, což je náchylné k chybám a obtížně udržitelné.

Po rozsáhlé analýze všech optimalizací jsem navrhl jednotný a univerzální model využití zdrojů, který bude konzistentní napříč všemi optimalizacemi. Nový model obsahuje údaje

o spotřebě studené a teplé vody a energii potřebnou na vytápění. Dále obsahuje ostatní spotřeby energií, které se v rámci optimalizace považují za neovlivnitelné. Zásadním rozdílem oproti původnímu Kalkulátoru je informace o zdrojích energie, které se využívají na ohřev teplé vody a vytápění. Tyto zdroje lze aplikovat v různých poměrech a pracují i s účinností, která se u různých způsobů ohřevu liší. Jednoduchý příklad modelu využití zdrojů je na obrázku 5.3.



Obrázek 5.3: Model využití zdrojů. Na modelu lze vidět, že se na ohřev teplé vody využívá plynový kotel s 95% účinností. Ten se zároveň používá také na 70 % vytápění. Domácnost na zbylých 30 % vytápění používá elektrické stropní topení se 100% účinností.

Na tomto modelu mohou univerzálně pracovat veškeré optimalizace v rámci produktu MZÚ. Celkové náklady na energie pak lze vypočítat jednoduše tak, že se nejprve z modelu dopočítají vstupní množství energií a vody, vynásobí se s ceníkem a částky se sečtou. Tímto způsobem lze univerzálně stanovit úspory na základě jakékoliv optimalizace. Stačí provést tento výpočet před danou optimalizací a po ní, vypočítané celkové náklady od sebe odečíst, a výsledkem jsou roční úspory. Dalším zásadním zlepšením je fakt, že tento model dokáže univerzálně pracovat s vícero způsoby ohřevu teplé vody a vytápění i v rámci jednoho zdroje energie. Původní Kalkulátor pro každý zdroj energie podporuje pouze jeden způsob ohřevu a nelze definovat poměr, ve kterém se jednotlivé způsoby ohřevu kombinují.

5.4.2 Rozbor spotřeby energií

Vstupních data obsahují údaje o celkových spotřebách energií a vody a údaje o zdrojích pro ohřev vody a vytápění. Model pro optimalizace ale přímo s celkovými spotřebami nepracuje, nýbrž potřebuje znát celkové množství spotřebované teplé vody a množství energie na vytápění. Tyto údaje je třeba z celkových spotřeb energií a vody odvodit. Tím vzniká již na vstupu jistá nepřesnost, ale výhodou je výsledný jednotný model pro optimalizaci. Tím se oddělí zodpovědnosti tak, aby optimalizace byla odstíněna od surových vstupních

dat, které pro ni nejsou užitečné. Centralizace odvozovacího procesu také umožní rychlou adaptaci při změnách ve formátu vstupních dat.

Množství teplé vody lze dopočítat na základě spotřeby studené vody a způsobů jejího využití. Množství energie potřebné pro vytápění se pak zpravidla počítá tak, že se od celkové spotřeby energie odečtou ostatní známé či odhadnuté spotřeby energií. Zde je přehled jednotlivých typů energií a částí, na které se rozebírají:

- elektrická energie
 - spotřeba na vaření
 - spotřeba na ohřev vody
 - spotřeba na vytápění
 - ostatní spotřeby
- plyn
 - spotřeba na vaření
 - spotřeba na ohřev vody
 - spotřeba na vytápění
 - ostatní spotřeby
- tuhá paliva
 - spotřeba na vytápění

V prvním kroku se určí spotřeby na vaření. Celková spotřeba na vaření se počítá normovaně podle počtu osob v domácnosti a následně se rozdělí v zadaném poměru na elektřinu a plyn. Spotřeba na ohřev vody se počítá na základě spotřeby teplé vody a zadaných zdrojů teplé vody. V dalším kroku je třeba určit spotřebu na vytápění. Tento krok se dělí podle zdrojů vytápění na následující scénáře:

- dálkové vytápění,
- vytápění pouze tuhými palivy,
- vytápění libovolnou kombinací elektřiny, plynu a tuhých paliv.

V případě dálkového vytápění je spotřeba na vytápění zadaná na vstupu podle vyúčtování. V případě vytápění pouze tuhými palivy se spotřeba bere z konfigurace podle typu budovy. V případě kombinace zdrojů se spotřeba daného zdroje energie zjistí zmíněným rozdílem celkové spotřeby a již spočtených spotřeb na vaření a ohřev vody. Pokud se v tomto případě využívají tuhá paliva, jejich množství se vypočítá podle zadaného poměru z celkového vytápěcího výkonu elektřiny a plynu. Nakonec je třeba podle vypočtených dílčích spotřeb energií upravit poměry využívaných zdrojů energie, jinak by dílčí spotřeby neodpovídaly zadaným poměrům, protože se tyto poměry při výpočtu ignorují.

5.4.3 Závislost optimalizací

Kalkulátor často počítá úspory oproti původní platbě. Tím se otevírá možnost chyb ve výpočtu. Vezměme jako zjednodušený příklad klienta, který za ohřev teplé užitkové vody platí 1000 Kč měsíčně, díky fólii ušetří 10 % a díky perlátoru ušetří 20 %. Kalkulátor úsporu spočítá následně:

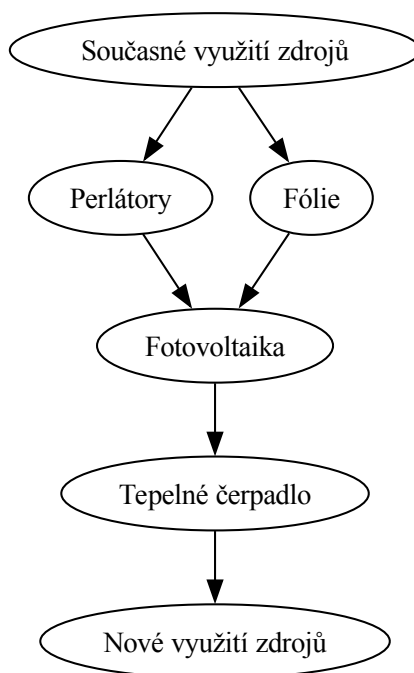
$$1000 \text{ Kč} \cdot 0,1 + 1000 \text{ Kč} \cdot 0,2 = 300 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

Správnější je ale původní platbu snížit o úspory násobením:

$$1000 \text{ Kč} \cdot (1 - 0,1) \cdot (1 - 0,2) = 720 \text{ Kč} \quad (5.2)$$

$$1000 \text{ Kč} - 720 \text{ Kč} = 280 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Aby byly úspory správně spočítány, musí se tedy všechny optimalizace integrovat do jednoho procesu tak, aby pokud možno počítaly s podmínkami, které budou platné i po instalaci všech dalších optimalizací. To znamená, že pokud se například po instalaci perlátorů sníží spotřeba teplé vody, musí se tepelné čerpadlo doporučit na základě této nové spotřeby.



Obrázek 5.4: Návrh postupu energetické optimalizace. Nejprve se provedou optimalizace, které snižují spotřebu zdrojů, následně se navrhne tepelné čerpadlo a nakonec fotovoltaika. Vstupem je model současného využití zdrojů, výstupem je model využití zdrojů po instalaci všech optimalizací.

Nově zvolené pořadí energetických optimalizací lze vidět na obrázku 5.4. Nejprve se provedou optimalizace, které mají za úkol snížit spotřebu zdrojů, tedy perlátory a fólie. Dále se na základě nových spotřeb navrhne instalace tepelného čerpadla. Jako poslední se instaluje fotovoltaika, která se počítá na základě celkové spotřeby elektrické energie v domácnosti, kterou ovlivňuje i případná instalace tepelného čerpadla.

Jednotlivé optimalizace o sobě navzájem ovšem nemusí „vědět“. Stále se pracuje se stejným modelem domácnosti, do kterého optimalizace postupně provedou změny. Tepelné čerpadlo se například projeví jako zdroj ohřevu vody a vytápění, který využívá elektřinu pro ohřev s 300% účinností. Pokud bude třeba do budoucna přidat nové optimalizace, nemusí to ovlivnit optimalizace již existující.

5.5 Generování dokumentů

Dokumenty jsou primárním výstupem Generátoru. Na základě vstupních dat a vypočtených úspor je třeba vytvořit dokumenty, které budou prezentovat výsledky optimalizace a budou sloužit jako smluvní podklady pro zakázku u obchodních partnerů. Dokumenty budou generovány ve formátu PDF, který je vhodný pro tisk a distribuci.

Vzhledem k probíhajícímu redesignu, který je zmíněn v sekci 4.5, je vhodné se nejprve zaměřit na generování dokumentů, které vycházejí z energetické optimalizace a jejich obsah je dynamický. Jedná se o následující dokumenty:

- Doporučené elektrárny,
- Optimalizace,
- Plná moc na fotovoltaiku,
- Smlouva na fotovoltaiku,
- Smlouva na tepelné čerpadlo.

Implementace statických částí dokumentů v šablonách v tuto chvíli není prioritní, protože se po redesignu bude většina těchto částí měnit a zůstane maximálně jejich obsah, který lze do šablony podle potřeby jednoduše zkopírovat. Vytváření statické části dokumentů je tak spíše časově náročná, ale v zásadě mechanická práce, kde nejvíce času zabere stylování. Nejdůležitější je tedy do dokumentů primárně sázet dynamická data, hlavně výsledky výpočtů energetické optimalizace, případně pak osobní údaje klienta potřebné pro smlouvy. Co se týče vzhledu, hlavní je rozložení prvků na stránce, pokročilé stylování zatím není třeba.

Šablony v generátoru dokumentů by neměly příliš často obsahovat konkrétní hodnoty pro stylování, zejména fonty, velikosti písma a barvy. Je důležité v rámci implementace používat tzv. design systém v podobě palety nejčastěji používaných hodnot pro stylování. Výhodou tohoto přístupu je, že pokud dojde ke změně některých prvků design systému, je jednodušší je nahradit na jednom konkrétním místě.

Co se týče vstupního datového modelu dokumentů, bude oddělen od samotných šablon. Jednotlivé šablony budou přijímat hotový vstupní model jako datovou strukturu a dále na něm již nebudou provádět žádnou složitější logiku ani výpočty. Výjimkou je např. formátování číselných hodnot, které bude ponecháno šabloně jako její zodpovědnost.

Výstupy optimalizace spolu s ostatními vstupními daty se budou konvertovat na model dokumentu ve dvou fázích. V první fázi dojde zejména ke spojení informací ze vstupu, například sestavení objednávky na základě požadovaných položek a ceníku. V druhé fázi dojde

hlavně k matematickým výpočtům a kopírování údajů, které se objevují ve více částech daného dokumentu. Díky tomu budou šablony lépe oddělené od výpočtů a konkrétního tvaru vstupních dat. Například při změně struktury dokumentu (aniž by se změnila množina obsažených informací) stačí upravit model dokumentu a kód jeho druhé mapovací fáze.

5.6 REST API

Jak již bylo zmíněno v sekci 5.1, pro komunikaci s ostatními službami má Generátor vystavit REST API, jehož vlastnosti jsou popsány v této sekci. Pro každý typ dokumentu bude vystaven koncový bod, který přijímá požadavky typu POST. V těle požadavku přijme vstupní data ve formátu XML a vrátí výstupní dokument ve formátu PDF, v případě chyby pak chybovou hlášku.

Každý požadavek bude autentizován pomocí klíče, který bude posílat klient API v hlavě požadavku a v případě neplatného klíče bude vrácena chybová hláška a odpověď s kódem 401. Tento způsob autentizace je dostatečný pro účely této aplikace, protože API s největší pravděpodobností nebude vystaveno veřejně. Díky tomu, že se veškerá data posílají v požadavku a Generátor nemá přístup k datům v NIS, nemůže se stát, že by útočník, který by autentizaci prolomil, získal přes Generátor neoprávněný přístup k těmto datům. Pouze by si mohl neoprávněně na základě vlastních vstupních dat vygenerovat dokumenty, které jsou navíc bez podpisu oprávněné osoby neplatné.

Následuje seznam koncových bodů, které by měly být vystaveny Generátorem v rámci první verze, spolu s příslušným dokumentem, který generují:

- `/generatePhotovoltaicsRecommendedSystems` – Doporučené elektrárny,
- `/generateOptimization` – Optimalizace,
- `/generatePhotovoltaicsAuthorization` – Plná moc na fotovoltaiku,
- `/generatePhotovoltaicsContract` – Smlouva na fotovoltaiku,
- `/generateHeatPumpContract` – Smlouva na tepelné čerpadlo.

Kapitola 6

Implementace

Tato kapitola popisuje průběh a způsob implementace navrženého systému. Nejprve je popsán a zdůvodněn výběr programovacích jazyků. Dále je popsána celková architektura aplikace a jednotlivé části implementovaného systému.

6.1 Použité technologie

Na základě analýzy požadavků byla pro nové řešení zvolena platforma .NET verze 8, tedy nejnovější verze v době vývoje. Dále bylo třeba vybrat programovací jazyk, ve kterém bude systém implementován. Na platformě .NET lze kromě jazyka C# využít také funkcionální programovací jazyk F#. Funkcionální paradigma se nabízelo jako vhodné pro implementaci výpočtové části, protože se i výpočty v původním Kalkulátoru dají považovat za čistě funkcionální. Jazyk F# jsem si vybral také díky jeho minimální syntaxi a deklarativnímu způsobu formulace problémů. Další výhodou jsou mé předchozí zkušenosti s funkcionálním jazykem Haskell, který je svou syntaxí a základními koncepty podobný jazyku F#. To mi pomohlo se s jazykem F# rychle seznámit.

Jazyky C# a F# sice nelze kombinovat v rámci jednoho projektu, ale lze je kombinovat v rámci jednoho řešení. To znamená, že pro jednotlivé části programu lze zvolit různé jazyky. Interoperabilita těchto jazyků ale není zcela ergonomická a bez překážek. V C# oproti F# chybí některé syntaktické konstrukce, které snadněji a přehledněji umožňují práci s datovými strukturami. Navíc je třeba explicitně převádět mezi typy kolekcí v obou jazycích.

Na začátku vývoje bylo s firmou dohodnuto, že v C# bude implementováno REST API, generátor dokumentů a vizualizace. Vzhledem k nepraktickému volání F# kódu z jazyka C# byl odsouhlasen můj návrh implementovat REST API v jazyce F# a v průběhu vývoje jsem tento jazyk použil k implementaci většiny projektů v rámci řešení. Jazyk C# byl přesto využit pro vizualizace a generování dokumentů, protože použité knihovny mají objektové rozhraní a nebylo by přehledné ani výhodné je používat z funkcionálního jazyka.

6.2 Výpočtové jádro

Výpočtové jádro aplikace je umístěné ve složce **src/Calc**. Jedná se o kolekci modulů, které obsahují funkce potřebné k energetické optimalizaci. Jedná se zejména o malé výpočtové funkce a datové typy, které lze skládat dohromady pro výpočet specifických optimalizací a jejich dopadů na platby za energie. Výpočetní jádro se skládá z následujících významnějších částí:

- **Electricity** – analýza spotřeby elektrické energie v průběhu roku
- **Heating** – tvorba objednávky radiátorových fólií, výpočet návratnosti investice
- **HeatPump** – automatický výběr tepelného čerpadla
- **Inference** – rozbor spotřeby energií pro jednotlivé účely (viz sekce 5.4.2)
- **Investment** – analýza investice – návratnost, celkové a průměrné úspory
- **Photovoltaics** – moduly týkající se fotovoltaiiky
 - **Efficiency** – výpočet účinnosti fotovoltaiického systému a jeho celkové roční produkce elektřiny podle lokace a parametrů střechy
 - **Optimization** – výběr nejvýhodnějšího fotovoltaiického systému z nabídky
 - **Roof** – výpočet maximálního počtu panelů na střechu
 - **Subsidy** – výpočet dotace na fotovoltaiiku
 - **Usage** – analýza využití elektřiny z fotovoltaiiky v průběhu roku
- **Pricing** – definice DPH a pomocné funkce pro práci s cenami s DPH
- **Resources** – zdroje energie, jejich využití a roční platby (viz sekce 5.4.1)
 - **Payment** – výpočet plateb za energie
 - **Price** – ceník energií
 - **Sources** – způsoby ohřevu a vytápění, jejich poměry využití a účinnosti
 - **Usage** – model využití energií a vody v domácnosti
- **Water** – analýza spotřeby vody v domácnosti a úspora na základě instalace perlátorů
- **Optimizer.fs** – společná logika pro jednotlivé optimalizace
- **Workflow.fs** – hlavní vstupní bod pro energetickou optimalizaci

Jak lze vidět, všechny tyto moduly pouze provádějí výpočty, a nepotřebují tak ke své činnosti jakékoliv vedlejší efekty, např. čtení souborů či posílání požadavků po síti. Se všemi hodnotami se v těchto funkcích pracuje jako s neměnnými, tj. do proměnných se přiřadí pouze jednou při jejich vzniku. Prvky polí a objektů se také nemění, při změně hodnoty prvku se zbytek struktury zkopíruje. Tato omezení umožňují referenční průhlednost funkcí. To znamená, že všechny funkce v těchto modulech vždy vrátí stejný výsledek pro stejné vstupní hodnoty. Díky tomu lze jednoduše a spolehlivě jednotlivé funkce a moduly testovat.

6.2.1 Vstupní bod

Hlavním vstupním bodem je funkce `optimizationWorkflow` v souboru `Workflow.fs`, která pomocí dodaných závislostí provede komplexní energetickou optimalizaci na základě údajů o spotřebě a využití zdrojů konkrétního klienta. Implementace vstupního bodu je inspirována knihou *Domain Modeling Made Functional* [54], kdy dané *workflow* dostává jako parametry veškeré vnější závislosti. Cílem je, aby toto workflow nebylo úzce vázané na konkrétní strukturu vstupních dat.

Externími závislostmi jsou tedy zejména funkce, které vytváří instalace optimalizací. Tyto instalace následně workflow posuzuje, typicky podle návratnosti investice. Díky tomu, že jsou instalace odděleny od samotného workflow, mohou vnitřně například pracovat s různými ceníky, slevami apod. a tato logika bude oddělená od samotného výpočtu optimalizace.

6.2.2 Práce s měrnými jednotkami

Jazyk F# umožňuje v rámci typového systému pracovat s měrnými jednotkami. Programátor má kromě základních jednotek definovaných v rámci standardní knihovny také možnost definovat vlastní jednotky. Výhodou je, že při použití měrných jednotek je zajištěno, že se nesčítají nekompatibilní jednotky a výsledky výpočtů jsou vždy v požadované jednotce. To znamená, že nelze omylem sečíst například 10 kW a 10 W, protože se jedná o různé jednotky a jazyk přinutí programátora jednu z hodnot převést do druhé jednotky.

Vlastní jednotky jsou definované v souboru `src/Types/Units.fs`. Nachází se zde také konverzní poměry, tedy např. že 1 kW odpovídá 1000 W. Jazyk umí pracovat i s násobky, podíly a mocninami jednotek, což umožňuje např. následující výpočet:

```
let wattsPerKw = 1000.0<W / kW>
let watts = 100.0<W>
let kilowatts = watts / wattsPerKw // 0.1<kW>
let energy = kilowatts * 2.0<hour> // 0.2<kW hour>
```

Tato unikátní vlastnost jazyka F# umožňuje programátorovi pracovat s měrnými jednotkami přímo v kódu a zároveň zajišťuje, že výsledky výpočtů budou vždy v požadované jednotce. To vyřazuje řadu chyb, které by mohly vzniknout v jiných jazycích, kde jsou všechny hodnoty obyčejná čísla a programátor nemá žádnou představu o tom, v jakých jednotkách dané hodnoty jsou. Díky tomu, že jednotky existují pouze při kompilaci a nejsou součástí běhového prostředí, nemá tato funkce žádný vliv na výkon aplikace.

6.3 Konfigurace

Programová konfigurace je umístěna ve složce `src/Config`. Původním záměrem bylo vytvořit konfigurační soubor například ve formátu YAML, který by se načítal při běhu aplikace. To by znamenalo udržovat kód, který by tuto konfiguraci načítal, validoval a převáděl do datových struktur.

Konfigurace byla nakonec definována přímo v kódu, a to v rámci zdrojového souboru `src/Config/Config.fs`. Výhodou tohoto přístupu je především to, že konfigurace musí odpovídat definovanému typu, což se kontroluje přímo při kompilaci. Navíc je v rámci této konfigurace povinnost zadávat měrné jednotky u hodnot, které mají jednotky deklarované v jejich typu. To znamená, že pokud je hodnota v konfiguraci deklarována jako `float<W>`, je třeba zadat hodnotu včetně jednotky, např. `10.0<W>`. Pokud programátor v rámci vývoje změní měrnou jednotku v typové definici položky konfigurace, je chybou při kompilaci upozorněn na potřebu změnit i hodnotu v konfiguraci, což je další výhodou oproti konfiguraci v externím souboru.

Hodnoty v konfiguračním souboru nejsou výstupem mé práce, nýbrž jsou dodané firmou Optimal Energy. Tyto konfigurační hodnoty jsou obchodním tajemstvím firmy a byly mi zpřístupněny pouze pro testování. V rámci testování jsem ověřil, že aplikace funguje i s kompletně jinými konfiguračními hodnotami. Zdrojový kód v odevzdaném archivu je pouze ukázkou validní konfigurace, pro běh aplikace je možné dodat vlastní konfiguraci s jinými hodnotami.

6.4 REST API

REST API je implementováno v jazyce F# pomocí knihovny Giraffe. Giraffe je nadstavbou nad aplikačním rámcem ASP.NET, přičemž namísto modelu MVC používá funkcionální, deklarativní způsob definice koncových bodů. To znamená, že koncové body jsou definovány jako kompozice funkcí, tzv. kombinátorů. Hlavní kombinátory slouží k řazení obsluhy koncových bodů do sekvence, případně jako alternativy. Jako kombinátor pro sekvenci slouží knihovnou definovaný operátor `>=>`. Pro výběr odpovídajícího koncového bodu z více možností slouží kombinátor `choose`. Jako příklad zde uvádím definici dvou koncových bodů, které jsou dostupné na cestách `/hello` a `/world`, přičemž první koncový bod je dostupný pouze pro metodu GET a druhý pouze pro metodu POST:

```
let webApp =
    choose [
        route "/hello" >=> GET >=> hello
        route "/world" >=> POST >=> world
    ]
```

V tomto příkladu jsou funkce `hello` a `world` obslužné funkce, které jsou volány v případě, že je požadavek směrován na koncový bod `/hello` resp. `/world`. Funkce `GET` a `POST` jsou kombinátory, které zajišťují, že obsluha koncového bodu je volána pouze v případě, že požadavek je typu GET, resp. POST.

Mějme definovanou obslužnou funkci `mustPassApiKey`, která v případě neúspěšné autentizace pomocí klíče vrátí chybovou odpověď a přeruší jakoukoliv další obsluhu požadavku. Operátorem `>=>` je možné před obsluhu obou koncových bodů z předchozího příkladu přidat autentizaci pomocí `mustPassApiKey` následovně:

```
let webApp =
    mustPassApiKey
    >=> (choose [
        route "/hello" >=> GET >=> hello
        route "/world" >=> POST >=> world
    ])
```

REST API Generátoru definuje koncové body pro generování jednotlivých dokumentů. Vstupem je XML dokument obsahující veškeré informace o zákazníkovi a seznam nabízených produktů spolu s jejich konfigurací a aktuálním ceníkem. Samotné API neobsahuje žádnou logiku související s prováděnou optimalizací. Pouze provede autentizaci volajícího a načte programovou konfiguraci a tělo požadavku. Poté zavolá workflow pro energetickou optimalizaci s následnou inicializací generátoru daného dokumentu. Na základě úspěchu či neúspěchu celého procesu generuje dokument, který přímo zapisuje do odpovědi pomocí třídy *Stream*, resp. vrátí chybovou hlášku.

Autentizační klíč klient posílá v hlavičce požadavku s názvem `X-API-KEY` a na serveru se porovnává s klíčem, který aplikace přijímá při spuštění v proměnné prostředí `GENERATOR_API_KEY`. Pokud se klíče shodují, autentizace projde úspěšně a požadavek je předán k dalšímu zpracování. V opačném případě je vrácena chybová odpověď s kódem 401.

6.5 Validace vstupních dat

Vstupní XML dokument se po úspěšné syntaktické analýze předává k validaci na základě schématu XSD. Tím se vyloučí jakékoliv závažnější chyby ve struktuře XML. Schéma XSD také využívá knihovna `FSharp.Data`¹, která na základě definic v XSD souboru vygeneruje typové definice pro práci s XML dokumentem. Tím se zajišťuje konzistence XSD schématu a vstupního datového modelu, na který se XML dokument mapuje.

Další krok validací je již definován v kódu, a to ve zdrojových souborech umístěných ve složce `src/DataAccess/NIS`. U výčtových hodnot, které jsou v XSD definovány jako řetězce, dochází k validaci a převodu na příslušný výčtový typ. V případě, že je zadána hodnota, která ve výčtu neexistuje, vrací validace chybovou hlášku, která obsahuje všechny akceptované hodnoty výčtu. Také zde dochází ke složitějším validacím, zejména k ověření, zda všechny položky objednávek existují v ceníku.

Chyby, ke kterým při validacích dojde, se pokud možno sbírají paralelně. K tomu slouží typ `Validation` definovaný v souboru `src/Util/Validation.fs`. Hodnota tohoto typu může obsahovat buď úspěšný výsledek, nebo kolekci chyb. V případě, že dojde k chybě, je výpočet přerušen a chybová hláška je vrácena klientovi. V případě úspěchu je výsledek předán k dalšímu zpracování. Paralelní sběr chyb je umožněn implementací funkce `zip`, která umožňuje kombinovat dva výsledky validace do jednoho:

```
let a = Ok 3
let b = Ok 2
let c = Error ["Chyba 1"]
let d = Error ["Chyba 2"]

zip a b // Ok (3, 2)
zip a c // Error ["Chyba 1"]
zip c d // Error ["Chyba 1"; "Chyba 2"]
```

Jazyk F# má pro tento koncept speciální syntaxi, tzv. *computation expressions*². V rámci tohoto bloku lze úspěšné výsledky validace přiřazovat do proměnných a na konci bloku je kombinovat. K obsluze chybového stavu tedy dochází na pozadí a je tak možné se zaměřit na samotnou logiku validace:

¹Domovská stránka projektu `FSharp.Data`: <https://fsprojects.github.io/FSharp.Data/>

²Dokumentace *computation expressions*: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/fsharp/language-reference/computation-expressions>

```
validation {
  let! a = Ok 3
  and! b = Ok 2

  return a + b
} // Ok 5

validation {
  let! a = Error ["Chyba 1"]
  and! b = Error ["Chyba 2"]

  return a + b
} // Error ["Chyba 1", "Chyba 2"]
```

Kompilátor přitom nepovolí, aby výpočet hodnoty **b** byl závislý na hodnotě **a**. To zaručuje, že tyto validace probíhají nezávisle na sobě a veškeré chybové hlášky se na konci zkombinují.

Tento způsob validací je zároveň uživatelsky přívětivý, protože vrací všechny chyby najednou a uživatel tak nemusí procházet cyklem opravy chyb, kdy jednu chybu opraví, pošle nový požadavek a zjistí, že se vyskytla další chyba. Všechny chyby jsou uživateli zobrazeny najednou a může je tak rovnou opravit všechny.

6.6 Generování dokumentů

Pro automatické generování PDF dokumentů jsem našel pouze dvě moderní a udržované knihovny, a to QuestPDF³ a IronPDF⁴. IronPDF se zaměřuje především na generování PDF dokumentů z HTML, což by vyžadovalo použití značkovacího jazyka. QuestPDF lze na základě členění, které je popsáno v sekci 3.6, zařadit do kategorie kompilovaných šablon. Tato knihovna umožňuje generovat PDF dokumenty na základě šablon definovaných přímo ve zdrojovém kódu jazyka C#. Zvolil jsem knihovnu QuestPDF pro dobrou dokumentaci, ergonomické rozhraní a v neposlední řadě i výrazně nižší cenu licence oproti IronPDF.

Části generování dokumentu popsané v sekci 5.5 byly implementovány v následujících umístěních:

- první fáze mapování – modul `src/Workflow/Documents.fs`,
- druhá fáze mapování a datové modely dokumentů – složka `src/DocumentInput`,
- šablony dokumentů – složka `src/DocumentGenerator/Documents`,
- design systém – složka `src/DocumentGenerator/Styles`.

První fáze mapování v rámci celkového aplikačního workflow má za úkol z celé struktury pro dokumenty vybrat pouze ty části, které jsou relevantní pro daný dokument, případně provést výběry a transformace z ceníků a objednávek na požadovaný tvar. Ve stejném souboru je tato první fáze napojena na druhou fázi a konstrukci generátoru dokumentů.

³Domovská stránka projektu QuestPDF: <https://www.questpdf.com/>

⁴<https://ironpdf.com/>

Tato funkce se pak dá zařadit do celkového workflow energetické optimalizace a generování dokumentů.

Každý dokument má svůj datový model, na který se ve druhé fázi mapuje výstup z první fáze. Pro každý dokument se ve složce `src/DocumentInput/Document` nachází samostatný soubor obsahující typy `Input` a `Model` a funkci `Model.create`, která provádí druhou fázi mapování, tedy převod z typu `Input` na typ `Model`.

Šablony dokumentů jsou definované ve zdrojových souborech, které jsou umístěné ve složce `src/DocumentGenerator/Documents`. Každá šablona dokumentu je definována ve vlastním zdrojovém souboru jako třída implementující rozhraní `IDocument`. Kromě definice metadat a ostatních nastavení dokumentu obsahuje metodu `Compose`, která na objektu implementující rozhraní `IDocumentContainer` vytvoří dokument. Šablony se definují pomocí tzv. *Fluent API*, což znamená, že se jednotlivé prvky dokumentu skládají dohromady pomocí metod, které vrací instanci třídy, na které lze volat další metody.

Design systém je implementován ve složce `src/DocumentGenerator/Styles`. Jedná se o sadu tříd, které v podobě konstant obsahují definice stylů společné pro všechny dokumenty. Soubor `Theme.cs` obsahuje třídy pro velikosti písma, barvy a fonty. Soubor `Typography.cs` obsahuje design systém pro typografii, který na základě kombinace různých aspektů písma, jako jsou velikost, barva, tloušťka atd. definuje různé styly písma, které lze použít v dokumentech, např. písmo pro odstavce, nadpisy atd.

Pomocné funkce pro formátování hodnot obsahuje třída `Formatters` definovaná v souboru `src/DocumentGenerator/Util.cs`. Kromě základních funkcí pro převod celých a desetinných čísel na řetězce obsahuje i pokročilejší funkce, které zaokrouhlují čísla na daný počet desetinných míst, vypisují desetinná čísla jako procenta, nebo formátují finanční obnosy s oddělením tisícových řádů.

Na základě poznatků popsaných v sekci 3.3 jsem si pro vizualizaci dat pomocí grafů vybral knihovnu `ScottPlot`. Tato knihovna podporuje všechny potřebné typy grafů a umožňuje pokročilé přizpůsobení jejich vzhledu. Vytvořené grafy lze exportovat do souboru v bitmapovém či vektorovém formátu, případně vykreslit v paměti pomocí knihovny `SkiaSharp` pro další použití.

Grafy v generovaných dokumentech spolu navzájem nemají téměř nic společného. Z toho důvodu jsem se rozhodl grafy generovat přímo v rámci šablon dokumentů. Každý graf je tvořen metodou, která vrací objekt třídy `Plot`, který se následně vykresluje na plátno knihovny `SkiaSharp`, které zpřístupňuje knihovna `QuestPDF` v rámci prvku `Canvas`⁵.

Z dokumentů byly pro prvotní implementaci v souladu se sekci 5.5 návrhu vybrány zejména části obsahující výsledky výpočtů. Do vybraných částí dokumentů byly přidány pro demonstraci i styly a další vizuální prvky, čímž bylo ověřeno, že tyto prvky a styly bude možné přidat po redesignu a tím dostat dokumenty do finální podoby. Porovnání generovaných částí dokumentů s původními lze vidět v příloze C.

⁵Tento prvek byl ve verzi `QuestPDF 2024.3.0` odebrán spolu s přechodem na vlastní vykreslovací jádro. Implementace využívá původní verzi `2023.12.6` s tím, že po stabilizaci nového vykreslovacího jádra bude migrována na novou verzi knihovny.

Kapitola 7

Testování

Testování aplikace bylo prováděno ve dvou rovinách, a to testování kódu jednotkovými testy a testování ve spolupráci s firmou Optimal Energy. V této kapitole je popsán průběh testování, dále jsou shrnuty výsledky testování a nakonec je popsán přínos nového řešení.

7.1 Jednotkové testy

Při běžném jednotkovém testování se jednotky testují na základě programátorem určených vstupních dat. Skutečné výstupy se poté porovnávají s výstupy očekávanými, které také určuje programátor. Nevýhodou tohoto přístupu je, že pokud má dojít co největšímu pokrytí možných vstupů a výstupů, musí programátor všechny tyto kombinace ručně definovat. To může být velmi pracné a náchylné k chybám. Ve specifickém případě výpočtové části Generátoru, kde výpočty závisí na mnoha parametrech a výpočtových konstantách, které se mohou napříč verzemi měnit, by údržba příslušných výstupních hodnot byla velmi náročná a správnost výstupních hodnot v testech obtížně ověřitelná.

Při jednotkovém testování jsem na základě zmíněných problémů zvolil přístup testování na základě vlastností (tzv. *property-based testing*). Tento přístup jako první předvedli Claessen a Hughes na konferenci spolu s knihovnou QuickCheck pro jazyk Haskell, která tento přístup implementuje [10]. Tento přístup je založen na tom, že programátor definuje vlastnosti, které by měly platit pro daný kód. Knihovna náhodně generuje vstupy, které jsou následně testovány na splnění těchto vlastností. Pokud nějaký vstup nesplňuje danou vlastnost, celý test selže. Každý test se většinou spouští na stovkách až tisících náhodně vygenerovaných vstupech.

Jednotkové testy se nachází ve složce `tests/Calc.Tests` a jsou napsány v jazyce F#. Pro property-based testing v tomto jazyce jsem využil knihovnu FsCheck¹, která je portem knihovny QuickCheck do jazyka F#. Testy se spouští pomocí knihovny xUnit.net², pro kterou FsCheck poskytuje integraci.

Při výběru jednotek jsem se zaměřil na netriviální, ale zároveň ne příliš komplexní části výpočtu. Pro demonstraci testování jsem se rozhodl testovat následující jednotky:

- `calculateMaxPanels` – výpočet maximálního počtu panelů na střechu,
- `calculatePVPeakSunHours` – korekce počtu hodin slunečního svitu podle tvaru a orientace střechy,

¹Domovská stránka projektu FsCheck: <https://fscheck.github.io/FsCheck/>

²Domovská stránka projektu xUnit.net: <https://xunit.net/>

- `calculateHouseholdWaterUsagePortions` – výpočet podílů jednotlivých způsobů využití vody na celkové spotřebě studené a teplé vody,
- `cumulativeSum` – součet výnosů investice v čase počítající s inflací.

V následujících podsekcích jsou popsány jednotlivé testy a výsledky testování.

7.1.1 Maximální počet panelů na střechu

Výpočet maximálního počtu panelů na střechu se řídí následujícími parametry střechy: plochou půdorysu, sklonem, tvarem, orientací a počtem překážek v instalaci (střešní okno, komín). Testy ověřují následující vlastnosti:

1. Maximální počet panelů musí být vždy nezáporný.
2. Sклон střechy ovlivňuje maximální počet panelů kvůli přepočtu plochy půdorysu na skutečnou plochu střechy. U rovné střechy je tento parametr ignorován – testuje se, že sklon střechy nemá na rovné střeše vliv na maximální počet panelů.
3. Rostoucí počet překážek v instalaci snižuje maximální počet panelů.
4. Větší plocha střechy umožňuje instalaci více panelů.

Při tomto testování bylo zjištěno, že v případě, kdy je počet překážek na střeše dostatečně velký a plocha střechy dostatečně malá, výsledný počet panelů může být záporný. Tento problém byl identifikován a opraven.

7.1.2 Korekce počtu hodin slunečního svitu

Korekce počtu hodin slunečního svitu podle tvaru a orientace střechy se řídí následujícími parametry: orientací střechy, tvarem střechy, sklonem střechy a původními měsíčními počty hodin slunečního svitu. Testy ověřují následující vlastnosti:

1. Na rovné střeše je počet hodin slunečního svitu nezměněn nezávisle na orientaci (panely na rovné střeše lze při instalaci libovolně natočit).
2. Na sedlové či valbové střeše je počet hodin slunečního svitu snížen, pokud je příslušný koeficient podle orientace menší než 1.

Oba tyto testy byly úspěšné a nebyly zjištěny žádné chyby.

7.1.3 Podíly využití vody

Výpočet podílů jednotlivých způsobů využití vody na celkové spotřebě studené a teplé vody se řídí následujícími parametry: zda-li má zákazník zahradu, zda-li má bazén, jestli myje nádobí v myčce, a jestli má sprchu, vanu, či obojí. Testy ověřují následující vlastnosti:

1. Pokud zákazník nemá zahradu či bazén, příslušný podíl musí být vždy nulový, v opačném případě musí být kladný.
2. Podíl mytí nádobí na spotřebě studené i teplé vody musí být vždy kladný.
3. Podíl hygieny (sprchování, koupání ve vaně) na spotřebě studené i teplé vody musí být vždy kladný.

4. Podíl ručního mytí nádobí se liší od podílu mytí nádobí v myčce.

Při testování těchto vlastností bylo zjištěno, že kód porušuje první vlastnost, a to kvůli obrácené podmínce pro zahrnutí podílů bazénu a zahrady do výsledku. Problém byl opět identifikován a jednoduše opraven.

7.1.4 Součet výnosů investice

Výpočet součtu výnosů investice se řídí následujícími parametry: počtem let, počáteční hodnotou investice a ročním procentuálním nárůstem hodnoty investice. Testy ověřují následující vlastnosti:

1. Pokud je roční procentuální nárůst 0, je součet výnosů roven počáteční hodnotě investice násobené počtem let.
2. Pokud je roční procentuální nárůst větší než 0, roční nárůst součtů se v průběhu let zvyšuje, tedy není lineární.

Oba tyto testy byly úspěšné a nebyly zjištěny žádné chyby.

7.2 Nasazení aplikace

Konfigurace aplikace pro nasazení probíhala ve spolupráci s konzultantem Ing. Lukášem Davidem z firmy Optimal Energy. Cílovým prostředím byl server IIS, na kterém jsou nasazeny i ostatní firemní aplikace. Ty ale využívají starší verze platformy .NET, ve kterých aplikace ASP.NET běží ve stejném procesu, jako webový server IIS, a samy neobsahují funkce HTTP serveru. Aplikace ASP.NET na verzi platformy .NET Core a novější běží v odděleném procesu, který obsahuje vlastní HTTP server. V tomto případě je třeba IIS nakonfigurovat jako reverzní proxy, který přeměrovává požadavky na veřejném portu na interní port, na kterém běží aplikace.

Pro nasazení aplikace bylo třeba vytvořit konfigurační soubor `web.config`, který mimo jiné obsahuje informace o tom, jakým způsobem se aplikace integruje se serverem IIS. V projektové konfiguraci pak bylo třeba nastavit, aby se tento soubor, pokud existuje, kopíroval při sestavení aplikace do výstupního adresáře.

Server IIS předává spravovanému procesu URL a port, na kterém má aplikace běžet, tedy na kterou následně přeposílá požadavky. K tomu stačilo do kódu konfigurujícím ASP.NET přidat volání `.UseIISIntegration()`, které zajistí, že pokud aplikace běží pod IIS, bude používat URL a port, který jí IIS předá. Pro případy, kdy aplikace neběží pod IIS (např. při lokálním testování), zůstala možnost toto přepsat proměnnou prostředí `GENERATOR_PORT`. Tím bylo zajištěno, že aplikace bude fungovat jak na produkci, tak při lokálním vývoji.

Při integraci s exportní službou jsem provedl v Generátoru několik úprav ve schématu XSD, které definuje tvar dokumentu XML vstupních dat. Bylo třeba některé položky označit za nepovinné a pro definici struktur použít prvek XSD `xs:all` místo původně použitého prvku `xs:sequence`. Transformační šablona v exportní službě totiž zpracovává data ze systému NIS v jiném pořadí, než jaké bylo definováno ve schématu XSD, což se projevilo i v pořadí prvků ve výsledném XML. Pro Generátor není pořadí v XML důležité, každý prvek (pokud se nejedná o pole) se vyskytuje v rámci nadřazeného prvku maximálně jednou.

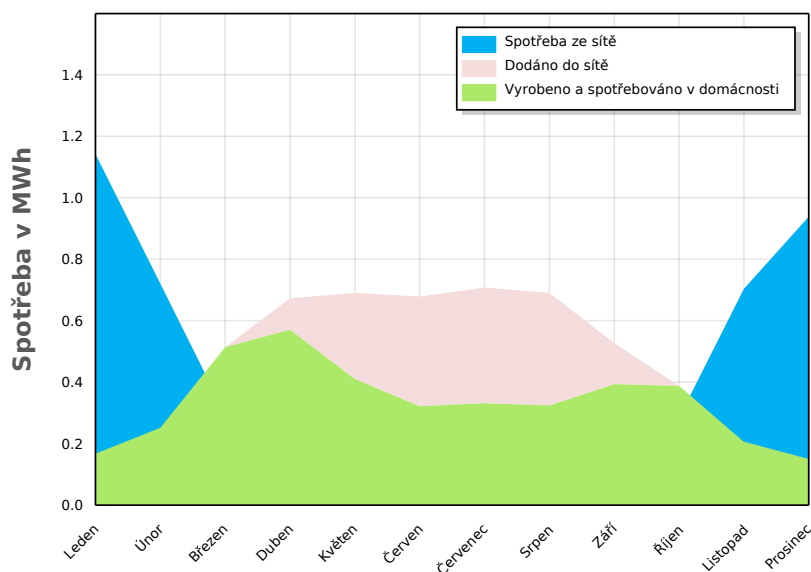
Nasazená aplikace tedy přijímá požadavky z webové aplikace a vrací vygenerované dokumenty, které se uživateli ihned po vygenerování stáhnou do počítače. Z grafického rozhraní

webové aplikace byla ověřena funkčnost téměř všech koncových bodů v souladu s návrhem (viz sekce 5.6). Výjimkou je koncový bod pro smlouvu na tepelné čerpadlo, který nebyl kvůli firemním prioritám prozatím napojen na webovou aplikaci. Funkčnost tohoto koncového bodu byla ověřena lokálně nástrojem `curl`.

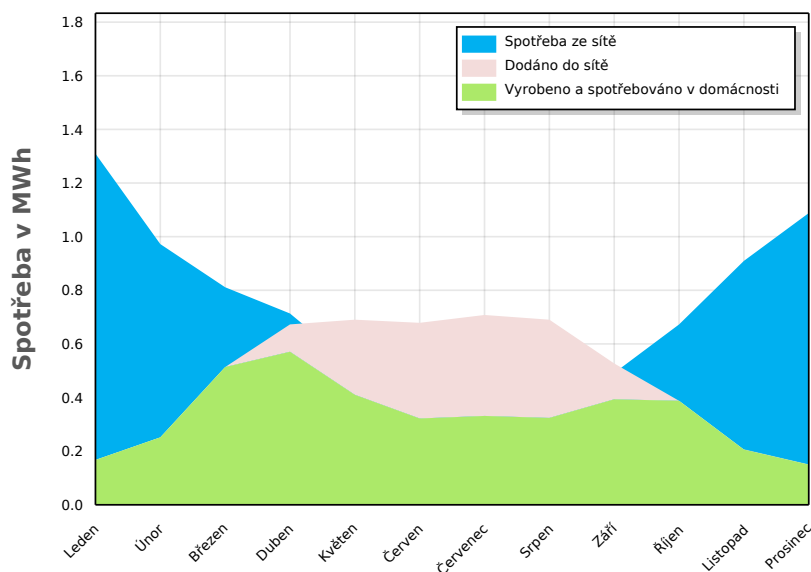
7.3 Uživatelské testování

Po přidání tlačítek pro generování dokumentů do testovacího prostředí systému NIS byly tyto funkce zpřístupněny analytičce z firmy Optimal Energy, která měla za úkol provést uživatelské testování Generátoru. Při testování analytička objevila nejen chyby v Generátoru, ale zejména v integraci se systémem NIS. V této sekci se však zaměřím pouze na chyby v mé kompetenci, tedy na chyby v Generátoru.

Při testování analytička zjistila, že modrá část grafu v plné moci na fotovoltaiku, která označuje spotřebu elektřiny z distribuční sítě, je na okrajích příliš strmá (viz obrázek 7.1). Tato chyba vznikla kvůli špatnému pochopení smyslu grafu. Spotřeba elektřiny ze sítě se nemá při na grafu počítat od nuly, ale od vrchní hrany zelené plochy, aby součtem spotřeby ze sítě a spotřeby z fotovoltaiky vždy byla celková spotřeba elektřiny. Opravenou verzi grafu lze vidět na obrázku 7.2.



Obrázek 7.1: Chybný graf využití fotovoltaiky, modrá plocha se počítá od nuly



Obrázek 7.2: Opravený graf využití fotovoltaiky, modrá plocha se počítá od zelené nahoru a označuje spotřebu elektřiny ze sítě

Další nalezený problém spočívá v tom, že se náklady na tuhá paliva počítají automaticky z odhadnuté spotřeby a průměrné ceny paliv. Výsledné náklady na energie jsou tak ale podle analytičky zavádějící, např. pokud zákazník vlastní les, ze kterého si bere dřevo na topení a nemusí ho kupovat. Pro tento případ bude do budoucna vhodné přidat možnost zadání ročních nákladů na tuhá paliva. Téma řešení tuhých paliv v rámci výpočtu bude předmětem dalších diskuzí.

V průběhu testování také docházelo k různým chybám v aplikaci, které se projevily chybovou hláškou v prohlížeči. Zjistilo se, že tyto chybové hlášky nejsou ve všech případech dostatečně informativní. Chyby, které vrací vestavěný validátor při validaci pomocí schématu XSD, jsou v anglickém jazyce a pro běžného uživatele jsou příliš technické. Pro uživatele by bylo vhodné tyto chyby nějakým způsobem zpracovat v aplikaci a vrátit uživateli srozumitelnější chybovou hlášku. K některým chybám, které vzniknou v aplikaci, bude vhodné do chybové hlášky přidat doplňující informace, které uživateli pomohou chybu odstranit.

7.4 Souhrn testování

Díky testům bylo odhaleno několik chyb, které by jinak mohly zůstat skryté. Chyby odhalené jednotkovými testy byly způsobeny nesouladem mezi záměrem a implementací. Uživatelským testováním byly odhaleny zejména chyby způsobené špatným pochopením některých detailů při implementaci. Některé případy, kdy se systém choval sice podle původní specifikace, ale jinak, než by analytička očekávala, jsou předmětem další diskuze a dalšího vývoje. Všechny objevené chyby byly postupně opraveny.

Kapitola 8

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a implementovat aplikaci pro firmu Optimal Energy, která se zabývá energetickým poradenstvím. Aplikace má nahradit sešit vytvořený v programu Microsoft Excel, jehož vývoj velmi obtížně stíhá rychlý vývoj v oblasti energetiky. Nové řešení má také usnadnit přenos sbíraných dat ze zdroje do výpočtů a tím zefektivnit proces vytváření dokumentů. To například umožní specialistům na fotovoltaiku měnit objednávku přímo u zákazníka a vygenerovat aktualizovanou smlouvu, aniž by museli čekat na nové vypracování od analytika.

Významnou částí analýzy bylo pochopení a potenciální vylepšení výpočtů, které byly v původním sešitu. Původní složité výpočty, které mnohdy nebyly univerzální, jsem na základě jejich pochopení zobecnil a zjednodušil. V rámci analýzy jsem navrhl vylepšení původního výpočtového jádra. Energetické optimalizace tak nově pracují se sjednoceným modelem, který aproximuje využití zdrojů v domácnosti. Zároveň jsem optimalizace seřadil do jednotného procesu podle jejich závislostí tak, aby počítaly již s novými hodnotami z předchozích optimalizací.

Pro implementaci jsem kvůli existující softwarové infrastruktuře firmy vybral platformu .NET. Pro generování dokumentů jsem využil jazyk C#, pro zbytek aplikace pak funkcionální jazyk F#. Implementovaná aplikace přijímá na vystavených koncových bodech REST API požadavky ve formátu XML. Po zvalidování obsahu požadavku odvodí ze vstupních dat výpočtový model, na kterém postupně provede vyžadované energetické optimalizace. Výsledky jsou předány generátoru dokumentů, který na základě šablon knihovny QuestPDF vygeneruje PDF dokumenty. Tyto dokumenty jsou následně vráceny v odpovědi klientovi.

Podařilo se tedy implementovat navržené řešení, které bylo nasazeno do firemní infrastruktury a firma Optimal Energy jej integrovala do svého informačního systému. Nasazená aplikace tedy přijímá skutečná data o zákaznících a generuje na základě těchto dat smlouvy a dokumenty pro zákazníky. Data se tedy jediným kliknutím přenáší z informačního systému do aplikace a vygenerované dokumenty se ihned stahují do zařízení uživatele.

Díky univerzálnímu a rozšiřitelnému modelu je aplikace také připravena na přidání dalších způsobů energetické optimalizace. Díky tomu, že je celý proces závislý pouze na vstupních datech a neprovádí vedlejší efekty, je systém snadno testovatelný a umožňuje snadnou lokální reprodukci případných chyb. Aplikace je také připravena na doplnění statického obsahu dokumentů a jejich stylování, které bude navrženo při redesignu. Dalším plánovaným rozšířením je například systém pro konfiguraci fotovoltaičských systémů, ve kterém lze základní sestavy upravit podle přání zákazníka.

Literatura

- [1] APIGEE. *Web API Design: The Missing Link*. Listopad 2016. Dostupné z: <https://pages.apigee.com/rs/351-WXY-166/images/Web-design-the-missing-link-ebook-2016-11.pdf>.
- [2] BALDINELLI, G. a ASDRUBALI, F. Reflecting panels for radiators in residential buildings: Theoretical analysis of energy performance. Cairo: IEEE, 2008, s. 449–454. ISSN 1949-1700.
- [3] BREJE, A.-R.; GYORÖDI, R.; GYORÖDI, C.; ZMARANDA, D. a PECHERLE, G. Comparative study of data sending methods for XML and JSON models. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Science and Information (SAI) Organization Limited, 2018, sv. 9, č. 12.
- [4] BUNA, S. *GraphQL in Action*. Manning Publications, 2021. ISBN 978-1-61729-568-3.
- [5] ČESKO. Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 131, s. 7142–7189. ISSN 1211-1244.
- [6] ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 98, s. 5617–5667. ISSN 1211-1244.
- [7] ČESKO. Vyhláška č. 349 ze dne 8. prosince 2015 o Pravidlech trhu s plynem. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2015, částka 149, s. 4666–4767. ISSN 1211-1244.
- [8] ČESKO. Vyhláška č. 408 ze dne 23. prosince 2015 o Pravidlech trhu s elektřinou. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2015, částka 169, s. 5546–5623. ISSN 1211-1244.
- [9] CHEMIŠINEC, I. *Obchod s elektřinou*. 1. vyd. Praha: Conte, 2010. ISBN 978-80-254-6695-7.
- [10] CLAESSEN, K. a HUGHES, J. QuickCheck: a lightweight tool for random testing of Haskell programs. In: *Proceedings of the Fifth ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2000, s. 268–279. ICFP '00. ISBN 1581132026. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/351240.351266>.
- [11] COOMBS, J. H.; RENEAR, A. H. a DEROSE, S. J. Markup systems and the future of scholarly text processing. *Communications of the ACM*. ACM New York, NY, USA, 1987, sv. 30, č. 11, s. 933–947.

- [12] DOS SANTOS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; SOARES, E. F.; THIAGO, R. M. a SILVA, V. T. da. Analysis of Tools for REST Contract Specification in Swagger/OpenAPI. In: *ICEIS (2)*. 2020, s. 201–208.
- [13] DUVALL, P. M.; MATYAS, S. a GLOVER, A. *Continuous integration: improving software quality and reducing risk*. 1. vyd. Pearson Education, červenec 2007. ISBN 978-0-321-33638-5.
- [14] ELIE, A. *Fluid mixing device*. 20. dubna 1943. US Patent 2,316,832.
- [15] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Energetický regulační věstník. *Energetický regulační věstník*. Praha: [b.n.], Listopad 2023, č. 8. ISSN 2533-5952.
- [16] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Energetický regulační věstník. *Energetický regulační věstník*. Praha: [b.n.], Listopad 2023, č. 6. ISSN 2533-5952.
- [17] ESRAM, T. a CHAPMAN, P. L. Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *IEEE Transactions on energy conversion*. IEEE, 2007, sv. 22, č. 2, s. 439–449.
- [18] EVERGREEN, S. D. H. *Effective Data Visualization: The Right Chart for the Right Data*. SAGE Publications, duben 2019. ISBN 978-1-5443-5088-2.
- [19] EVROPSKÝ PARLAMENT. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2003/54/ES ze dne 26. června 2003 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou a o zrušení směrnice 96/92/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2003, částka 2, kap. 12, s. 211–229. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32003L0054>.
- [20] FEW, S. *Information Dashboard Design*. O'Reilly Media, Incorporated, 2006. ISBN 978-1-6003-3019-3.
- [21] FRENCH, C. *Data Processing And Information Technology*. BPB Publications, 1996. ISBN 978-8-1702-9994-3.
- [22] GRAHAM, T. *Introduction to CSS for Paged Media*. Blurb, Incorporated, 2019. ISBN 978-0-368-46834-6.
- [23] HABRAKEN, J. *Microsoft Office 2019 Inside Out*. Pearson Education, listopad 2018. Inside Out. ISBN 978-1-5093-0770-8.
- [24] HALILI, F.; RAMADANI, E. et al. Web services: a comparison of Soap and Rest services. *Modern Applied Science*. Canadian Center of Science and Education, 2018, sv. 12, č. 3, s. 175.
- [25] HAYAT, M. B.; ALI, D.; MONYAKE, K. C.; ALAGHA, L. a AHMED, N. Solar energy—A look into power generation, challenges, and a solar-powered future. *International Journal of Energy Research*. Wiley Online Library, 2019, sv. 43, č. 3, s. 1049–1067.
- [26] HEALY, K. *Data Visualization: A Practical Introduction*. Princeton University Press, 2018. ISBN 978-0-6911-8162-2.
- [27] *Jamon, a typed template engine for Java: Features*. Dostupné z: <https://www.jamon.org/Features.html>.

- [28] JOHNSON, M. *What is a pull request?* 8. listopadu 2013. Dostupné z: <http://oss-watch.ac.uk/resources/pullrequest>.
- [29] JURÁKOVÁ, M. *Trh se zemním plynem v České republice*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií.
- [30] KELLEHER, J. a TIERNEY, B. *Data Science*. MIT Press, 2018. The MIT Press Essential Knowledge series. ISBN 978-0-2625-3543-4.
- [31] KOTTWITZ, S. *LaTeX Beginner's Guide: Create visually appealing texts, articles, and books for business and science using LaTeX*. 2. vyd. Packt Publishing, srpen 2021. ISBN 978-1-80107-258-8.
- [32] LUKÁŠEK, K. *Stav fotovoltaiky v České republice*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav elektrotechnologie. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/40859>.
- [33] MAKKI, A. A.; STEWART, R. A.; PANUWATWANICH, K. a BEAL, C. Revealing the determinants of shower water end use consumption: enabling better targeted urban water conservation strategies. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, 2013, sv. 60, s. 129–146.
- [34] MAO, D.; YANG, S.; MA, L.; MA, W.; YU, Z. et al. Overview of life cycle assessment of recycling end-of-life photovoltaic panels: A case study of crystalline silicon photovoltaic panels. *Journal of Cleaner Production*, 2023, s. 140320. ISSN 0959-6526.
- [35] MASSE, M. *REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces*. O'Reilly Media, 2011. ISBN 978-1-4493-1990-8.
- [36] MULVANEY, N.; WUBBENHORST, A. a KAUR, A. *Critical Data Literacy*. Ryerson University, únor 2022.
- [37] NARENDIRAN, S. Grid tie inverter and MPPT-A review. In: IEEE. *2013 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*. 2013, s. 564–567.
- [38] NG, K. M.; ADAM, N. M.; INAYATULLAH, O. a KADIR, M. Z. A. A. Assessment of solar radiation on diversely oriented surfaces and optimum tilts for solar absorbers in Malaysian tropical latitude. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. Springer, 2014, sv. 5, s. 1–13.
- [39] ODBOR EKONOMICKÝCH ANALÝZ. *Analýza vývoje ekonomiky ČR / říjen 2023*. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 18. října 2023. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/analyticke-materialy-a-statistiky/analyticke-materialy/analyza-vyvoje-ekonomiky-cr---rijen-2023--277436/>. Analytické materiály a statistiky.
- [40] ODDĚLENÍ OCHRANY SPOTŘEBITELE. *Jak se zorientovat v řádném vyúčtování za elektřinu*. Energetický regulační úřad. Dostupné z: <https://eru.gov.cz/jak-se-orientovat-v-radnem-vyuctovani-za-elektrinu>.
- [41] PAWSON, D. *XSL-FO: Making XML Look Good in Print*. O'Reilly Media, Incorporated, srpen 2002. Making XML look good in print. ISBN 978-0-596-00355-5.

- [42] *The Twirl template engine: A type safe template engine based on Scala*. Dostupné z: <https://www.playframework.com/documentation/3.0.x/ScalaTemplates>.
- [43] PORCELLO, E. a BANKS, A. *Learning GraphQL: Declarative Data Fetching for Modern Web Apps*. O'Reilly Media, 2018. ISBN 978-1-4920-4486-4.
- [44] POSTMAN. *2023 State of the API Report*. 2023. Dostupné z: <https://voyager.postman.com/pdf/2023-state-of-the-api-report-postman.pdf>.
- [45] QUASCHNING, V. *Obnovitelné zdroje energií*. Grada Publishing, 2010. Edice Stavitel. ISBN 978-80-247-3471-9.
- [46] ROSENTHOL, L. *Developing with PDF: Dive Into the Portable Document Format*. O'Reilly Media, říjen 2013. ISBN 978-1-4493-2789-7.
- [47] SHAH, C. *A Hands-On Introduction to Data Science*. Cambridge University Press, 2020. ISBN 978-1-1084-7244-9.
- [48] STARACE, G.; CONGEDO, P. M.; COLANGELO, G. et al. Horizontal heat exchangers for GSHPs. Efficiency and cost investigation for three different applications. *ECOS*, 2005, s. 20–23.
- [49] STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Základní informace*. 2021. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/zakladni-informace/>.
- [50] UMESH, V. a SITARAM, N. Hydraulic performance of faucet aerator as water saving device and suggestion for its improvements. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2014, sv. 3, č. 7, s. 243–247.
- [51] VLČEK, T. a ČERNOCH, F. *Energetický sektor České republiky*. 1. vyd. Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-5982-5.
- [52] WECKEND, S.; WADE, A. a HEATH, G. A. *End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), srpen 2016.
- [53] WILKE, C. O. *Fundamentals of Data Visualization: A Primer on Making Informative and Compelling Figures*. O'Reilly Media, březen 2019. ISBN 978-1-4920-3108-6.
- [54] WLASCHIN, S. *Domain Modeling Made Functional: Tackle Software Complexity with Domain-Driven Design and F#*. Pragmatic Bookshelf, 2018. ISBN 978-1-6805-0549-8.
- [55] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. *Extensible Stylesheet Language (XSL) Version 1.1*. World Wide Web Consortium, 5. prosince 2006. Dostupné z: <https://www.w3.org/TR/xsl11/>.
- [56] ZIĄBEK, M. *QuestPDF: Modern .NET library for PDF document generation*. 2020. Dostupné z: <https://www.questpdf.com/>.
- [57] ZUNKE, S. a D'SOUZA, V. Json vs xml: A comparative performance analysis of data exchange formats. *IJCSN International Journal of Computer Science and Network*. Citeseer, 2014, sv. 3, č. 4, s. 257–61.

Příloha A

Mapy distributorů

V této příloze jsou uvedeny mapy distributorů elektřiny a plynu v České republice. Mapy byly staženy z webu ERÚ¹.



Obrázek A.1: Mapa distributorů elektřiny

¹<https://eru.gov.cz/kdo-je-muj-dodavatel-distributor>



Obrázek A.2: Mapa distributorů plynu

Příloha B

Třídy typových diagramů dodávek

Třída	Typ zákazníka	Charakter odběru	Pevné ceny distribuce podle rozhodnutí Úřadu
1	Odběratel kategorie C	odběr bez tepelného využití elektřiny	C01d; C02d; C03d
2	Odběratel kategorie C	odběr s akumulacním spotřebičem	C25d; C26d; C27d
		odběr s hybridním vytápěním	C35d
3	Odběratel kategorie C	odběr s přímotopným systémem vytápění	C45d; C46d; C55d
		odběr s tepelným čerpadlem	C56d
4	Odběratel kategorie D	odběr bez tepelného využití elektřiny	D01d; D02d; D61d
5	Odběratel kategorie D	odběr s akumulacním spotřebičem	D25d; D26d, D27d
6	Odběratel kategorie D	odběr s hybridním vytápěním	D35d
7	Odběratel kategorie D	odběr s přímotopným systémem vytápění	D45d; D57d
		odběr s tepelným čerpadlem	D56d
8	Odběratel kategorie C	odběr pro veřejné osvětlení	C62d

Tabulka B.1: Typové třídy diagramů dodávek

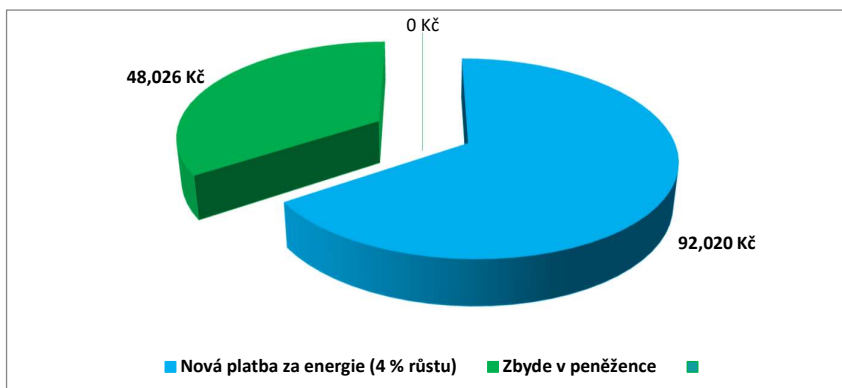
Příloha C

Původní a generované dokumenty

Tato příloha obsahuje pro srovnání vybrané stránky původních a generovaných dokumentů. Původní dokumenty byly exportovány ze sešitu aplikace Microsoft Excel, ze kterého tato práce vychází. Generované dokumenty byly vygenerovány aplikací vytvořenou v rámci této práce na základě stejných vstupních dat. Menší rozdíly ve výsledcích jsou očekávané a jsou dané opravami a změnami ve výpočtech, které byly provedeny v rámci této práce.

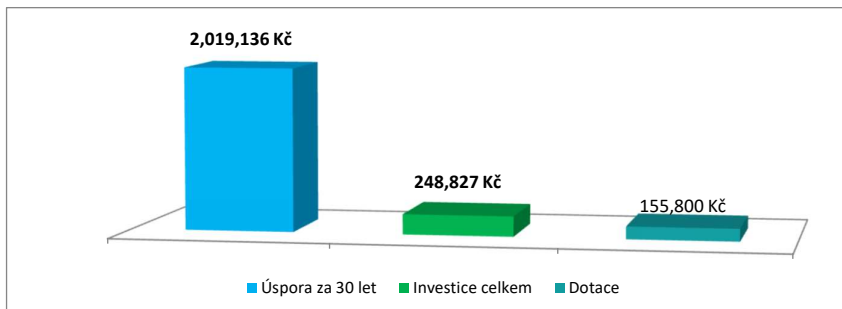
Kalkulace úspor:

	Dnes	Průměrná hodnota roční platby za 15 let		
		4% růst	6% růst	8% růst
Celkové náklady na energie	104,982 Kč	140,046 Kč	157,788 Kč	190,017 Kč
Celkové úspory	36,001 Kč	48,026 Kč	52,202 Kč	61,922 Kč
Nová platba za energie	68,980 Kč	92,020 Kč	105,586 Kč	128,095 Kč
Jednorázová investice	248,827 Kč	248,827 Kč	248,827 Kč	248,827 Kč
Splátka úvěru 5%, 15 let	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Zbývá Vám v peněžence	36,001 Kč	48,026 Kč	52,202 Kč	61,922 Kč
Návratnost investice do MZU	6.9 roků	5.2 roků	4.8 roků	4.0 roků



V následujících 30. letech zaplatíte na energiích při 4% růstu cen energií :

Bez realizace MZU	5,887,894 Kč	Úspora díky projektu MZU	2,019,136 Kč
S realizací MZU	3,868,758 Kč	Součet dotací v MZU	155,800 Kč



Díky projektu MODROZELENÁ úsporám zhodnotíte Vaši nemovitost o 398 300 Kč. Na tuto investici dostanete od státu dotaci 155 800 Kč. A ušetříte každý rok na provozu domácnosti 48 026 Kč. Vaše peníze jsou zhodnoceny ročně o 19,301 % což je návratnost 05 let a tato investice je ochráněna proti inflaci či finanční krizi.

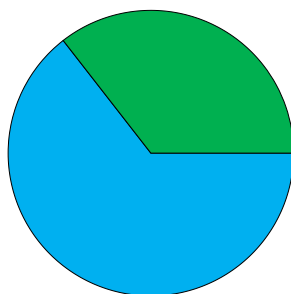
Výpočet úspor je pouze orientační. Výsledná úspora se může lišit v závislosti na reálné roční spotřebě a cenovém vývoji služeb a komodit. V případě, že poradce neobdržel přesné hodnoty potřebné pro kalkulaci, je počítáno s obecnými koeficienty a hodnotami získanými z praxe. Energetický poradce nenese žádnou odpovědnost za odchylky v konečných výsledcích.

Obrázek C.1: Původní podoba hlavní stránky dokumentu Optimalizace, prezentující výsledky optimalizace

Optimalizace

Kalkulace úspor:

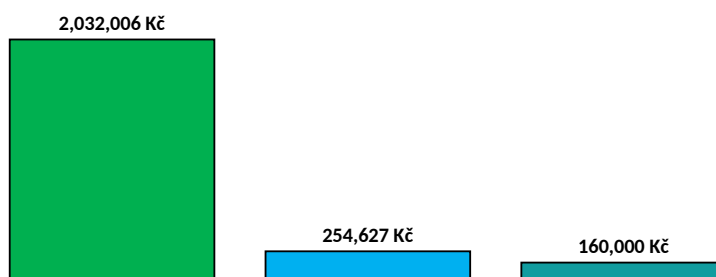
	Dnes	Průměrná hodnota roční platby za 15 let		
		4% růst	6% růst	8% růst
Celkové náklady na energie	101,982 Kč	136,136 Kč	158,248 Kč	184,601 Kč
Celkové úspory	36,231 Kč	48,365 Kč	56,221 Kč	65,583 Kč
Nová platba za energie	65,751 Kč	87,771 Kč	102,028 Kč	119,018 Kč
Jednorázová investice	254,627 Kč	254,627 Kč	254,627 Kč	254,627 Kč
Zbyte Vám v peněžence	36,231 Kč	48,365 Kč	56,221 Kč	65,583 Kč
Návratnost investice do MZU	7.0 roků	5.3 roků	4.5 roků	3.9 roků



■ Nová platba za energie (4% růst) ■ Zbyte v peněžence

V následujících 30. letech zaplatíte na energiích při 4% růstu cen energií:

Bez realizace MZU	5,719,639 Kč	Úspora díky projektu MZU	2,032,006 Kč
S realizací MZU	3,687,633 Kč	Součet dotací v MZU	160,000 Kč



Obrázek C.2: Generovaná podoba hlavní stránky dokumentu Optimalizace

Co přesně jste tedy s projektem MODROZELENÁ úsporám získali?

položka	Místnost	Kusů	Cena / ks	Celkem
Radflek fólie - Balení (3ks)		5	950 Kč	4,750 Kč
Spořič vnitřní závit		3	299 Kč	897 Kč
Spořič vnější závit		0	299 Kč	- Kč
Spořič sprchový		2	340 Kč	680 Kč
Spořič vnitřní závit - ANTIVANDAL		0	340 Kč	- Kč
Spořič vnější závit - ANTIVANDAL		0	340 Kč	- Kč
Sprchová hlavice TS		0	980 Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Nová žárovka		0	- Kč	- Kč
Recyklační poplatek		0	3 Kč	- Kč
			Celkem:	6,327 Kč

Zjednodušený daňový doklad č.:

NEVYPLNĚNO

IČO: NEVYPLNĚNO

NEVYPLNĚNO

DIČ: NEVYPLNĚNO

Plátce DPH: 0

ID OZ: 0

Místo: , dne *

* datum podpisu = datum uskutečnění zdanitelného plnění

Podpis OZ

Obrázek C.3: Původní podoba stránky dokumentu Optimalizace s objednávkou MZÚ

Optimalizace

Co přesně jste tedy s projektem **MODROZELENÁ** úsporám získali?

Položka	Místnost	Kusů	Cena / ks	Celkem
Umyvadlo vnitřní závit		3	299.00 Kč	897.00 Kč
Sprcha		2	340.00 Kč	680.00 Kč
Radflek fólie - Balení (3ks)		5	950.00 Kč	4,750.00 Kč
Celkem				6,327.00 Kč

Obrázek C.4: Generovaná podoba stránky dokumentu Optimalizace s objednávkou MZÚ

[illegible]

Obrázek C.5: Původní podoba dokumentu Doporučené elektrárny

Další možné elektrárny na Vaši nemovitost

Název elektrárny	Cena elektrárny	Dotace	Cena po odečtení dotace	Výdělek za 30 let 4% růst ceny	Výdělek za 30 let 6% růst ceny	Výdělek za 30 let 8% růst ceny	Roční úspora 4% růst	Návratnost v letech 4% růst	Zhodnocení 4% růst	Akumulace	Výkon	Panelů
13 OPE 9000 Li3A VZ	442000	160000	282000	1426878	2126860	3169678	40674	7	14.42 %	10.0 kWh	9000	20
12 OPE 8000 Li3A VZ	430000	160000	270000	1359137	2026457	3020614	38776	7	14.36 %	10.0 kWh	8100	18
11 OPE 7200 Li3A VZ	418000	156600	261400	1268487	1895153	2828744	36414	7	13.93 %	10.0 kWh	7200	16
10 OPE 6300 Li3A VZ	406000	149400	256600	1157985	1737421	2600651	33669	8	13.12 %	10.0 kWh	6300	14
09 OPE 5600 Li3A VZ	400000	143800	256200	1100734	1656555	2484604	32297	8	12.61 %	10.0 kWh	5850	13
08 OPE 5200 Li3A	394000	140600	253400	1045883	1578089	2370957	30925	8	12.20 %	10.0 kWh	5400	12
07 OPE 4800 Li3A	388000	134200	253800	987452	1495887	2253343	29544	9	11.64 %	10.0 kWh	4950	11
06 OPE 4400 Li3A	382000	124600	257400	912831	1392176	2106293	27853	9	10.82 %	10.0 kWh	4500	10
05 OPE 4000 Li3A	376000	115000	261000	830863	1278107	1944401	25988	10	9.96 %	10.0 kWh	4050	9
04 OPE 3600 Li3A	370000	105400	264600	745769	1159631	1776194	24048	11	9.09 %	10.0 kWh	3600	8
02 OPE 3600	146000	47800	98200	742677	1087113	1600247	20014	5	20.38 %	0.0 kWh	3600	8
03 OPE 3600 Li	280000	94200	185800	727384	1101438	1658695	21735	9	11.70 %	5.8 kWh	3600	8
01 OPE 2400 Li	266000	76600	189400	568377	878773	1341196	18036	11	9.52 %	5.8 kWh	2700	6
27 Light 1500 v	90000	60000	30000	515937	739561	1072711	12994	2	43.31 %	0.0 kWh	1800	4
28 OPE 1500 v	90000	45000	45000	500937	724561	1057711	12994	3	28.88 %	0.0 kWh	1800	4

Obrázek C.6: Generovaná podoba dokumentu Doporučené elektrárny

NÁVRH VAŠÍ NOVÉ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

Jak to děláme my

Díky projektu Modrozelená úsporám je návrh Vaší elektrárny opravdu na míru. Vybíráme více než 100 různých údajů, které nám pomohou přesněji porozumět tomu, jak s energií v domácnosti nakládáte. Naši analytici tyto údaje vyhodnotí a vyberou pro Vás jednu z více než 40 variant elektráren.

Princip fungování fotovoltaické elektrárny u Vás doma

Sluneční záření dopadá na fotovoltaické panely umístěné na střeše Vašeho domu, které vyrábí stejnosměrný proud. Ten se kabely přenesou do technické místnosti, kde je umístěn střídač, který ji přemění na proud střídavý a ten se ihned dodává ke spotřebičům ve Vaší domácnosti. Pokud je energie více, než spotřebiče potřebují, převede se tato energie do baterií, kde bude uskladněna pro pozdější využití, nebo do ohřevu vody v bojleru.

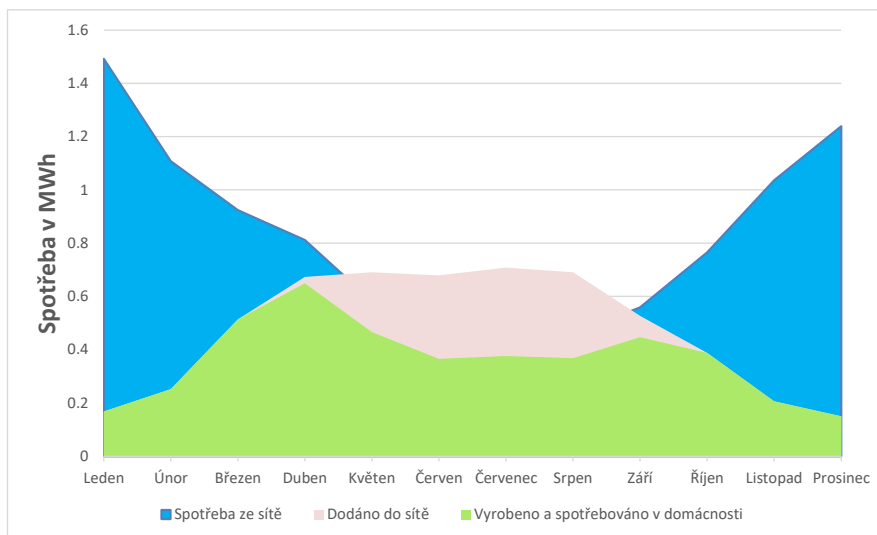
Elektrárna

Název elektrárny: 09 OPE 5600 Li3A VZ
Instalovaný výkon: 5600 Wp
Akumulace: 10 kWh

Analýza výroby-spotřeby

Celková spotřeba domácnosti: 9.9 MWh
Výroba elektřiny z FVE: 5.6 MWh
Spotřebováno z FVE: 4.3 MWh
Dodáno do sítě: 1.3 MWh
Snižování spotřeby domácnosti: 44%

GRAF VÝROBY A SPOTŘEBY VE VAŠÍ DOMÁCNOSTI



Obrázek C.7: Původní podoba stránky dokumentu plné moci na fotovoltaiku s informacemi o elektrárně a analýzou výroby a spotřeby

NÁVRH VAŠÍ NOVÉ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

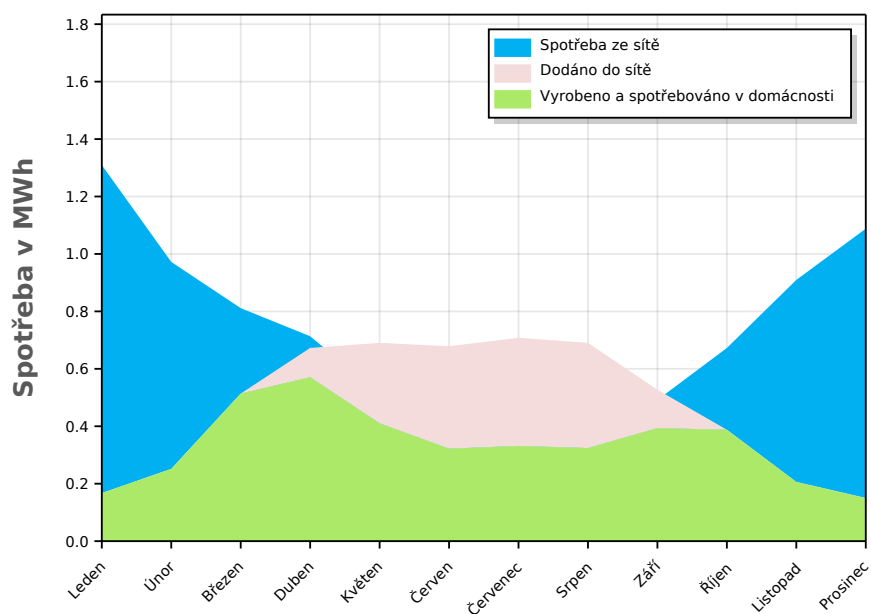
Elektrárna

Název elektrárny: 09 OPE 5600 Li3A VZ
Instalovaný výkon: 5850 Wp
Akumulace: 10.00 kWh

Analýza výroby-spotřeby

Celková spotřeba domácnosti: 8.70 MWh
Výroba elektřiny z FVE: 5.64 MWh
Spotřebováno z FVE: 4.03 MWh
Dodáno do sítě: 1.62 MWh
Snížení spotřeby domácnosti: 46.28 %

GRAF VÝROBY A SPOTŘEBY VE VAŠÍ DOMÁCNOSTI



Obrázek C.8: Generovaná podoba stránky dokumentu plné moci na fotovoltaiku s informacemi o elektrárně a analýzou výroby a spotřeby

Plná moc k uzavření smlouvy o dílo



(dále jen „plná moc“)

Zmocnitel:

Jméno a příjmení:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště :	
Datum narození:	19.6.1992
Zastoupený:	

Zmocněnec: Optimal-Energy.cz, a. s., IČ 29235642, se sídlem Příkop 838/6, IBC 3. patro, 602 00 Brno
zastoupena předsedou představenstva Ing. Jiřím Bělohávkem, MBA, a místopředsedou představenstva Danem Konečným

Zmocnitel tímto uděluje zmocněnci plnou moc k tomu, aby za něj uzavřel do 3 měsíců od podpisu plné moci smlouvu o dílo se zhotovitelem Fotovoltaické elektrárny nebo Fotovoltaické elektrárny včetně nabíječky na elektromobil (dále jen „FVE“) a to za podmínek definovaných v bodě 1. a příloze PM.

1. V tomto bodě jsou definovány technické a cenové parametry a záruky:

Označení elektrárny	09 OPE 5600 Li3A VZ	Záruky
Fotovoltaická elektrárna o minimálním výkonu *	5600 Wp	2 roky na práci
FVE Panely	Monokrystalické	25 let výkon/12 let mech. části
Střídač	Třífázový hybridní střídač	10 let
Baterie LiFePO4 o minimální velikosti	10 kWh	10 let / 6000 cyklů
Nabíječka elektromobilů	0	2 roky

* V případě, kdy z technických důvodů (například malá plocha pro instalaci panelů) nebude možné realizovat FVE o daném výkonu, má Zmocněnec právo k uzavření smlouvy o dílo s nižším výkonem FVE, přičemž výkon FVE bude zvolen jako nejvyšší možný vzhledem k technickým parametrům. Zároveň bude ponížena maximální základní cena FVE a to o rozdíl mezi cenou vybrané FVE v této Plné moci a FVE ve Smlouvě o dílo, jejíž cena je stanovena v příloze Plné moci.

Platební podmínky

Platnost této nabídky je do:

5/20/2024

Maximální základní cena FVE	400,000 Kč	(DPH 12%)	Cena bez víceprací
Minimální dotace	153,800 Kč		
Odhadovaná cena rozšíření FVE	8,300 Kč		Částku upřesní technik dodavatele
Sleva	10,000 Kč		
Předpokládaná cena - dotace	244,500 Kč		
1. zálohová platba	199,150 Kč	50%	Po podpisu smlouvy
2. zálohová platba	119,490 Kč	30%	Před montáží
Konečná platba	79,660 Kč	20%	Po dodávce a instalaci technologií

Cena elektrárny nezahrnuje úpravy elektroměrového rozvaděče pro splnění podmínek distribuce.

2. Zmocněnec se zavazuje, že po uzavření smlouvy o dílo se zhotovitelem FVE pošle sken smlouvy na e-mailovou adresu: lenka.novakova@example.com, Zmocnitel má právo do 14 dnů od doručení e-mailu odstoupit od takto uzavřené smlouvy o dílo.

Zmocnění nezbavuje zmocnitele v pozici spotřebitele dle § 419 občanského zákoníku možnosti využít institutů ochrany spotřebitele dle příslušných ustanovení občanského zákoníku vůči subjektům, se kterými zmocněnec uzavře na základě této plné moci příslušnou smlouvu o dílo. Zmocněnec je oprávněn nechat se zastupovat třetí osobou (udělit substituční plnou moc).

Podpisem této PM vyjadřuji souhlas se zpracováním osobních údajů dle zákona č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů. Dále souhlasím s pořízením audio/video materiálů k posouzení stavu a instalaci FVE.

Zmocněnec zmocnění přijímá:

Dne:

Místo:

Lenka Nováková

Ing. Jiří Bělohávek, MBA
Předseda představenstva
Optimal-Energy.cz, a. s., zmocněnec

Dan Konečný
Místopředseda představenstva

Podpis zmocnitele

ID EP 0 Jméno: 0

Telefon: 0

Obrázek C.9: Původní podoba smluvní části plné moci na fotovoltaiku

Plná moc k uzavření smlouvy o dílo

(dále jen „plná moc“)

Zmocnitel:

Jméno a příjmení:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště:	
Datum narození:	19. 6. 1992
Zastoupený:	

Zmocněnec: Optimal Energy.cz, a. s., IČ 29235642, se sídlem Příkop 838/6, IBC 3. patro, 602 00 Brno

zastoupena předsedou představenstva Ing. Jiřím Bělohávkem, MBA, a místopředsdou představenstva Danem Konečným

Zmocnitel tímto uděluje zmocněnci plnou moc k tomu, aby za něj uzavřel do 3 měsíců od podpisu plné moci smlouvu o dílo se zhotovitelem Fotovoltaické elektrárny nebo Fotovoltaické elektrárny včetně nabíječky na elektromobil (dále jen „FVE“) a to za podmínek definovaných v bodě 1. a příloze PM.

1. V tomto bodě jsou definovány technické a cenové parametry a záruky:

Označení elektrárny	09 OPE 5600 Li3A VZ	Záruky
Fotovoltaická elektrárna o minimálním výkonu	5850 Wp	2 roky na práci
FVE panely	Monokrystalické	25 let výkon / 12 let mech. části
Střídač	Jednofázový hybridní střídač	10 let
Baterie LiFePO4 o minimální velikosti	10.00 kWh	10 let / 6000 cyklů
Nabíječka elektromobilů	0	2 roky

* V případě, kdy z technických důvodů (například malá plocha pro instalaci panelů) nebude možné realizovat FVE o daném výkonu, má Zmocněnec právo k uzavření smlouvy o dílo s nižším výkonem FVE, přičemž výkon FVE bude zvolen jako nejvyšší možný vzhledem k technickým parametrům. Zároveň bude ponížena maximální základní cena FVE a to o rozdíl mezi cenou vybrané FVE v této Plné moci a FVE ve Smlouvě o dílo, jejíž cena je stanovena v příloze Plné moci.

Platební podmínky

Maximální základní cena FVE	400,000.00 Kč	(DPH 12 %)	Cena bez víceprací
Minimální dotace	143,800.00 Kč		
Odhadovaná cena rozšíření FVE	8,300.00 Kč		
Předpokládáná cena - dotace	264,500.00 Kč		
1. zálohová platba	204,150.00 Kč	50 %	Po podpisu smlouvy
2. zálohová platba	122,490.00 Kč	30 %	Po schválení distribuce
3. zálohová platba	81,660.00 Kč	20 %	Po dodávce a instalaci technologií

Cena elektrárny nezahrnuje úpravy elektroměrového rozvaděče pro splnění podmínek distribuce.

2. Zmocněnec se zavazuje, že po uzavření smlouvy o dílo se zhotovitelem FVE pošle sken smlouvy na e-mailovou adresu: lenka.novakova@example.com, Zmocnitel má právo do 14 dnů od doručení e-mailu odstoupit od takto uzavřené smlouvy o dílo.

Zmocnění nezbavuje zmocnitele v pozici spotřebitele dle § 419 občanského zákoníku možnosti využít institutů ochrany spotřebitele dle příslušných ustanovení občanského zákoníku vůči subjektům, se kterými zmocněnec uzavře na základě této plné moci příslušnou smlouvu o dílo. Zmocněnec je oprávněn nechat se zastupovat třetí osobou (udělit substituční plnou moc).

Podpisem této PM vyjadřuji souhlas se zpracováním osobních údajů dle zákona č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů. Dále souhlasím s pořízením audio/video materiálů k posouzení stavu a instalaci FVE.

Obrázek C.10: Generovaná podoba smluvní části plné moci na fotovoltaiku

ROZŠÍŘENÍ A PŘÍPLATKOVÉ KOMPONENTY

Název	Popisek	Cena za ks	počet ks	Cena s DPH 12%
Panel	Přidání nebo sleva na panely	6,000 Kč	0	0 Kč
Konstrukce RS/Hor	Konstrukce na rovnou střechu nebo panel horizontálně	800 Kč	1	800 Kč
Výškové práce	Práce ve výšce	7,500 Kč	0	0 Kč
String navíc	Přidání stringu	7,000 Kč	0	0 Kč
Uzemnění 1. střechy	Uzemnění panelů v případě absence hromosvodu	5,000 Kč	0	0 Kč
Optimizér	Optimizér Tigo	1,200 Kč	0	0 Kč
Řídící jednotka optimizérů	Řízení a monitoring optimizérů	9,500 Kč	0	0 Kč
Vypínací tlačítko Panelů	Řízení a monitoring optimizérů	4,500 Kč	0	0 Kč
Odpojovače	Řízení a monitoring optimizérů	650 Kč	0	0 Kč
Wallbox + 2 panely	Standartní WB omezující výkon dle spotřeby domu	32,500 Kč	0	0 Kč
Wallbox Solax+ 1 panel	WB Solax k sestavě Solax	31,000 Kč	0	0 Kč
Bezdrátové HDO	Bezdrátové HDO pro vypnutí elektrárny na dálku.	5,000 Kč	0	0 Kč
Baterie DEYE 10 kWh	Další baterie o výkonu 10 kWh	85,000 Kč	0	0 Kč
Deye HV Battery BOS-G 5,12kWh	Baterie k Deye 5,14 kWh	56,000 Kč	0	0 Kč
Solax + 11,6 kWh baterie	Změna technologie na solax	25,000 Kč	0	0 Kč
Triple Power T58 LiFePO4	Max 4 ks na elektrárnu	61,600 Kč	0	0 Kč
Resacs 12 kWh + Optibox	Pouze k DEYE	25,000 Kč	0	0 Kč
Resacs 15 kWh + Optibox	Pouze k DEYE	50,000 Kč	0	0 Kč
Resacs 17,5 kWh + Optibox	Pouze k DEYE	70,000 Kč	0	0 Kč
Vyhřívání baterií Resacs	Pouze k bateriím Resacs a střídači DEYE	13,000 Kč	0	0 Kč
Designová bedna na bat.	Pouze k bateriím Resacs a střídači DEYE	6,000 Kč	0	0 Kč
Integrovaný BackUp	Záloha až 6 ks vybraných okruhů	7,500 Kč	0	0 Kč
Full BackUp	Záloha celého domu (TN-C-S)	7,500 Kč	1	7,500 Kč
Zákl. regulace + boiler	Jistič (1P16A), Relé ON-OFF, 10m CYKY 3x2,5, zapojení	4,500 Kč	0	0 Kč
Základní přetok	Relé on-off, 1p 16A	0 Kč	0	0 Kč
Ztišení Deye	Úprava DEYE na vnitřní prostředí - výrazné ztišení	5,000 Kč	0	0 Kč
Změna technologie	Střídač Deye sun 12k	8,000 Kč	0	0 Kč
Celkem				8,300 Kč

Obrázek C.11: Původní podoba stránky dokumentu plné moci na fotovoltaiku s objednávkou příplatkových komponent

ROZŠÍŘENÍ A PŘÍPLATKOVÉ KOMPONENTY

Název	Popisek	Cena za ks bez DPH	Počet ks	Cena s DPH 12 %
Konstrukce RS/Hor	Konstrukce na rovnou střechu nebo panel horizontálně	714.29 Kč	1	800.00 Kč
Full BackUp	Záloha celého domu (TN-C-S)	6,696.43 Kč	1	7,500.00 Kč
Celkem				8,300.00 Kč

Obrázek C.12: Generovaná podoba stránky dokumentu plné moci na fotovoltaiku s objednávkou příplatkových komponent

Fotovoltaická elektrárna

Smlouva o dílo č.OPE2023 001234567

Objednatel:

Jméno a příjmení:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště:	
Místo plnění:	
Katastrální území:	
Parcelní číslo pozemku:	
Číslo místa spotřeby (EAN):	85914001234567
Výrobní číslo elektroměru:	
Hlavní jistič / Počet fází:	
Počet osob v domácnosti:	5
Spotřeba MWh :	9.90
E-mail:	lenka.novakova@example.com
Datum narození:	
Telefon:	0
Číslo účtu pro dotaci NZÚ:	
Zajistit financování:	Ne
Distributor (EG.D,ČEZ, PRE):	EG.D

(dále jen „Objednatel“)

a zhotovitel

Obchodní jméno:

Optimal Powerenergy a.s.

Sídlo:

Rozsochy č.p. 145, 592 57 Rozsochy

IČ | DIČ:

IČ: 142 35 544 / DIČ: CZ 142 35 544

Zastoupena:

Ing. Milan Hloušek

(dále jen „Zhotovitel“)

společně dále také jen „**Smluvní strany**“ nebo jednotlivě „**Smluvní strana**“ uzavřeli níže uvedeného dne, měsíce a roku v souladu s ust. § 2586 a násl. Zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění (dále jen „**občanský zákoník**“), tuto smlouvu o dílo, (dále jen „**Smlouva**“):

I. Předmět Smlouvy, místo plnění

- 1.1. Předmětem této Smlouvy je závazek zhotovitele provést pro objednatele dílo na svůj náklad a nebezpečí a dále závazek objednatele dílo od zhotovitele převzít a zaplatit za něj zhotoviteli sjednanou cenu za provedené dílo, za podmínek stanovených touto Smlouvou.
- 1.2. Smluvní strany se dohodly, že dílem je dodávka a montáž technologie v rozsahu technické specifikace uvedené v Příloze č. 1 této Smlouvy (dále jen "Dílo"), vč. příslušných návodů a pokynů k údržbě.
- 1.3. Dílo se považuje za provedené zapojením, odzkoušením a předáním objednateli, popř. jeho zástupci, na základě předávacího protokolu. Revizní zpráva fotovoltaické elektrárny a dobíjecí stanice, je-li předmětem Díla, bude objednateli zaslána do 28 dnů po doplacení celkové částky ceny Díla. Projektová dokumentace NZÚ bude objednateli zaslána do 60 dnů po předání podkladů pro žádost o dotaci objednatelem Zhotoviteli dle přílohy č. 2 této smlouvy.

Obrázek C.13: Původní podoba hlavní stránky smlouvy na fotovoltaiku

Fotovoltaická elektrárna

Smlouva o dílo č. OPE2023001234567

Objednatel:

Jméno a příjmení:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště:	
Místo plnění:	
Katastrální území:	
Parcelní číslo pozemku:	
Číslo místa spotřeby (EAN):	85914001234567
Výrobní číslo elektroměru:	
Počet osob v domácnosti:	5
Spotřeba MWh:	9.90
E-mail:	lenka.novakova@example.com
Datum narození:	19. 6. 1992
Telefon:	
Číslo účtu pro dotaci NZÚ:	
Zajistit financování:	Ne
Distributor:	

(dále jen „Objednatel“)

a zhotovitel

Obchodní jméno:

Optimal Powerenergy a.s.

Sídlo:

Rozsochy č.p. 145, 592 57 Rozsochy

IČ | DIČ:

IČ: 142 35 544 / DIČ: CZ 142 35 544

Zastoupena:

Ing. Milan Hloušek

(dále jen „Zhotovitel“)

společně dále také jen "**Smluvní strany**" nebo jednotlivě "**Smluvní strana**" uzavřeli níže uvedeného dne, měsíce a roku v souladu s ust. § 2586 a násl. Zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění (dále jen "**občanský zákoník**"), tuto smlouvu o dílo, (dále jen "**Smlouva**"):

I. Předmět Smlouvy, místo plnění

- 1.1 Předmětem této Smlouvy je závazek zhotovitele provést pro objednatele dílo na svůj náklad a nebezpečí a dále závazek objednatele dílo od zhotovitele převzít a zaplatit za něj zhotoviteli sjednanou cenu za provedené dílo, za podmínek stanovených touto Smlouvou.
- 1.2 Smluvní strany se dohodly, že dílem je dodávka a montáž technologie v rozsahu technické specifikace uvedené v Příloze č. 1 této Smlouvy (dále jen "Dílo"), vč. příslušných návodů a pokynů k údržbě.
- 1.3 Dílo se považuje za provedené zapojením, odzkoušením a předáním objednateli, popř. jeho zástupci, na základě předávacího protokolu. Revizní zpráva fotovoltaické elektrárny a dobíjecí stanice, je-li předmětem Díla, bude objednateli zaslána do 28 dnů po doplacení celkové částky ceny Díla. Projektová dokumentace NZÚ bude objednateli zaslána do 60 dnů po předání podkladů pro žádost o dotaci objednatelem Zhotoviteli dle přílohy č. 2

Obrázek C.14: Generovaná podoba hlavní stránky smlouvy na fotovoltaiku



Tepelné čerpadlo

Smlouva o dílo č.SO2022 001234567

Objednatel:

Jméno / název firmy:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště / sídla firmy:	
Místo plnění:	
Číslo místa spotřeby (EAN):	85914001234567
Hlavní jistič / Počet fází:	
Počet osob v domácnosti:	5
Spotřeba MWh :	9.90
E-mail:	lenka.novakova@example.com
Datum narození / IČO :	
Tel.:	0
Číslo účtu pro dotaci NZÚ:	
Zajistit financování:	Ne
Distributor (EON,CEZ, PRE):	EG.D

(dále jen „Objednatel“)

a zhotovitel

Obchodní jméno: **FleetCom s.r.o.,**
Sídlo: Branická 1325/91, 147 00 Praha 4,
Zápis v OR: Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 202761
IČ | DIČ: 29135389 | CZ29135389
Zastoupena: Radovanem Dušátkem, jednatelem

(dále jen „Zhotovitel“)

společně dále také jen „Smluvní strany“ nebo jednotlivě „Smluvní strana“

uzavřeli níže uvedeného dne, měsíce a roku v souladu s ust. § 2586 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění (dále jen „občanský zákoník“), tuto smlouvu o dílo, (dále jen „Smlouva“):

I. Úvodní ustanovení

- Nedílnou součástí této Smlouvy jsou následující přílohy:
 - Příloha č. 1 – Nabídka zhotovitele v tištěné podobě
 - příloha č. 2 – Formulář pro odstoupení od smlouvy v případě distančního uzavření smlouvy
- Zhotovitel – obchodní společnost FleetCom s.r.o. je společností s ručením omezeným, která se především zabývá prodejem a instalací tepelné techniky a fotovoltaických systémů pro výrobu elektřiny FVE.
- Objednatel má zájem na provedení níže uvedeného díla od zhotovitele a za tímto účelem objednatel a zhotovitel mezi sebou uzavírají tuto smlouvu, která stanovuje jejich vzájemná práva a povinnosti při zhotovování díla.
- Za účelem provedení níže uvedeného Předmětu smlouvy na Místě plnění uzavírají Smluvní strany tuto Smlouvu.

Obrázek C.15: Původní podoba hlavní stránky smlouvy na tepelné čerpadlo



Tepelné čerpadlo

Smlouva o dílo č. SO2022001234567

Objednatel:

Jméno / název firmy:	Lenka Nováková
Adresa trvalého bydliště / sídla firmy:	
Místo plnění:	
Číslo místa spotřeby (EAN):	85914001234567
Počet osob v domácnosti:	5
Spotřeba MWh:	9.90
E-mail:	lenka.novakova@example.com
Datum narození / IČO:	19. 6. 1992
Tel.:	
Číslo účtu pro dotaci NZÚ:	
Zajistit financování:	Ne
Distributor (EON, ČEZ, PRE):	

(dále jen „Objednatel“)

a zhotovitel

Obchodní jméno:	FleetCom s.r.o.
Sídlo:	Branická 1325/91, 147 00 Praha 4
Zápis v OR:	Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 202761
IČ DIČ:	IČ: 291 35 389 / DIČ: CZ 291 35 389
Zastoupena:	Radovan Dušátko, jednatel

(dále jen „Zhotovitel“)

Společně dále také jen „Smluvní strany“ nebo jednotlivě „Smluvní strana“

uzavřeli níže uvedeného dne, měsíce a roku v souladu s ust. § 2586 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v platném znění (dále jen „občanský zákoník“), tuto smlouvu o dílo, (dále jen „Smlouva“):

I. Úvodní ustanovení

- Nedílnou součástí této Smlouvy jsou následující přílohy:
 - Příloha č. 1 – Nabídka zhotovitele v tištěné podobě
 - Příloha č. 2 – Formulář pro odstoupení od smlouvy v případě distančního uzavření smlouvy
- Zhotovitel – obchodní společnost FleetCom s.r.o. je společností s ručením omezeným, která se především zabývá prodejem a instalací tepelné techniky a fotovoltaických systémů pro výrobu elektřiny FVE.
- Objednatel má zájem na provedení níže uvedeného díla od zhotovitele a za tímto účelem objednatel a zhotovitel mezi sebou uzavírají tuto smlouvu, která stanovuje jejich vzájemná práva a povinnosti při zhotovování díla.
- Za účelem provedení níže uvedeného Předmětu smlouvy na Místě plnění uzavírají Smluvní strany tuto Smlouvu.

Obrázek C.16: Generovaná podoba hlavní stránky smlouvy na tepelné čerpadlo