

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh energeticky soběstačné ekofarmy

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Raková

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra HEJTMÁNKOVÁ**
Osobní číslo: **E12B0312P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Návrh energeticky soběstačné ekofarmy**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Stručně popište princip a vlastnosti OZE využitelných pro ostrovní provoz ekofarmy.
2. Vyberte vhodné OZE popřípadě jejich kombinaci pro projekt konkrétní ekofarmy a svoji volbu zdůvodněte.
3. Energeticky a ekonomicky zhodnoťte varianty vašeho návrhu.

Abstrakt

Překládaná bakalářská práce je zaměřena na obnovitelné zdroje energie a jejich využití při návrhu energeticky soběstačné ekofarmy. Na začátku této práce je teoreticky objasněna problematika obnovitelných zdrojů, které by bylo možno pro návrh této farmy využít. Dále je pro konkrétní objekt navrženo několik možných způsobů zajištění pokrytí spotřeby elektrické energie a spotřeby tepla pro vytápění a ohřev vody. V závěru jsou návrhy zhodnoceny z hlediska energetického i ekonomického.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, fotovoltaický systém, tepelné čerpadlo, napájení ostrovního systému, ekonomické a energetické zhodnocení, ekofarma

Abstract

The bachelor thesis is focused on renewable energy sources and their use in design of energetically self-sufficient eco farm. At the beginning of this work is to theoretically clarify the issue of those renewable energy sources that could be used for this farm design. Next part deals with specific building for which are proposed several possible ways how to cover power consumption and heat consumption for heating and hot water. In the end of this work these suggestions are energetically and economically evaluated.

Key words

Renewable energy sources, photovoltaic system, heat pump, off-grid system supplying, energy and economic evaluation, eco farm

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr mého bakalářského studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu literatury, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 1. 6. 2016

Petra Hejtmánková

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí mé práce Ing. Lence Rakové za cenné profesionální rady, připomínky, velkou ochotu a skvělé vedení bakalářské práce, které vedly k jejímu dokončení. Dále bych ráda poděkovala celé mojí rodině za podporu při studiu.

Obsah

POUŽITÉ ZKRATKY	10
ÚVOD	11
1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	12
1.1 SLUNEČNÍ ENERGIE	12
1.1.1 <i>Historie a princip fotovoltaické elektrárny</i>	13
1.1.2 <i>Princip, výhody a nevýhody solárních kolektorů</i>	16
1.2 VĚTRNÁ ENERGIE.....	18
1.2.1 <i>Princip větrné elektrárny</i>	19
1.2.2 <i>Výhody a nevýhody větrné elektrárny</i>	20
1.3 VODNÍ ENERGIE	21
1.3.1 <i>Princip vodní elektrárny</i>	21
1.3.2 <i>Výhody a nevýhody vodní elektrárny</i>	23
1.4 BIOMASA	23
1.4.1 <i>Princip využití biomasy</i>	23
1.4.2 <i>Výhody a nevýhody biomasy</i>	25
1.5 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE.....	25
1.5.1 <i>Tepelná čerpadla a jejich princip</i>	26
1.5.2 <i>Výhody a nevýhody tepelného čerpadla</i>	27
2 NÁVRH ENERGETICKY SOBĚSTAČNÉ EKOFARMY	28
2.1 PŘEDSTAVENÍ EKOFARMY A VÝBĚR VHODNÝCH OZE.....	28
2.2 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY HOSPODÁŘSKÝCH OBJEKTŮ	34
2.3 ODHAD SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA	40
2.3.1 <i>Výpočet spotřeby elektrické energie</i>	40
2.3.2 <i>Výpočet spotřeby tepla</i>	44
2.4 NÁVRH ZPŮSOBU POKRYTÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	56
2.4.1 <i>Návrh fotovoltaické elektrárny</i>	56
2.5 NÁVRH ZPŮSOBU POKRYTÍ SPOTŘEBY TEPLA	59
2.5.1 <i>Vytápění a ohřev TV tepelným čerpadlem</i>	61
2.5.2 <i>Vytápění a ohřev TV hybridním systémem</i>	64

3	ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHŮ	66
3.1	ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ FVE	66
3.2	ENERGETICKÉ POSOUZENÍ VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TV	69
3.2.1	<i>Energetické zhodnocení návrhu TČ</i>	69
3.2.2	<i>Energetické zhodnocení návrhu hybridního systému</i>	71
3.3	EKONOMICKÁ ANALÝZA FVE A TČ	72
3.3.1	<i>Ekonomické zhodnocení FVE</i>	74
3.3.2	<i>Ekonomické zhodnocení TČ</i>	75
	ZÁVĚR	77
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
	SEZNAM PŘÍLOH	82
	PŘÍLOHY	83

Použité zkratky

BPS	... bioplynová stanice
COP	... topný faktor (Coefficient of Performance)
ČR	... Česká republika
ES	... elektrizační soustava
FV	... fotovoltaický
FVE	... fotovoltaická elektrárna
MVE	... malá vodní elektrárna
OS	... osvětlovací soustava
OZE	... obnovitelné zdroje energie
SCOP	...sezónní topný faktor (Seasonal Coefficient of Performance)
SZ	... světelný zdroj
TČ	... tepelné čerpadlo
TV	... teplá voda
VTE	... větrná elektrárna

Úvod

Obnovitelné zdroje energie (OZE) jsou v dnešní době důležitou součástí našeho života. S ubývajícími zásobami tradičních zdrojů bude potřeba výroby energie za pomoci alternativních zdrojů vzrůstat. Velkou šancí je využití energie přírodních zdrojů tedy slunce, vody, větru a dalších. Ale i ty mají své nevýhody, kterými je třeba se zabývat.

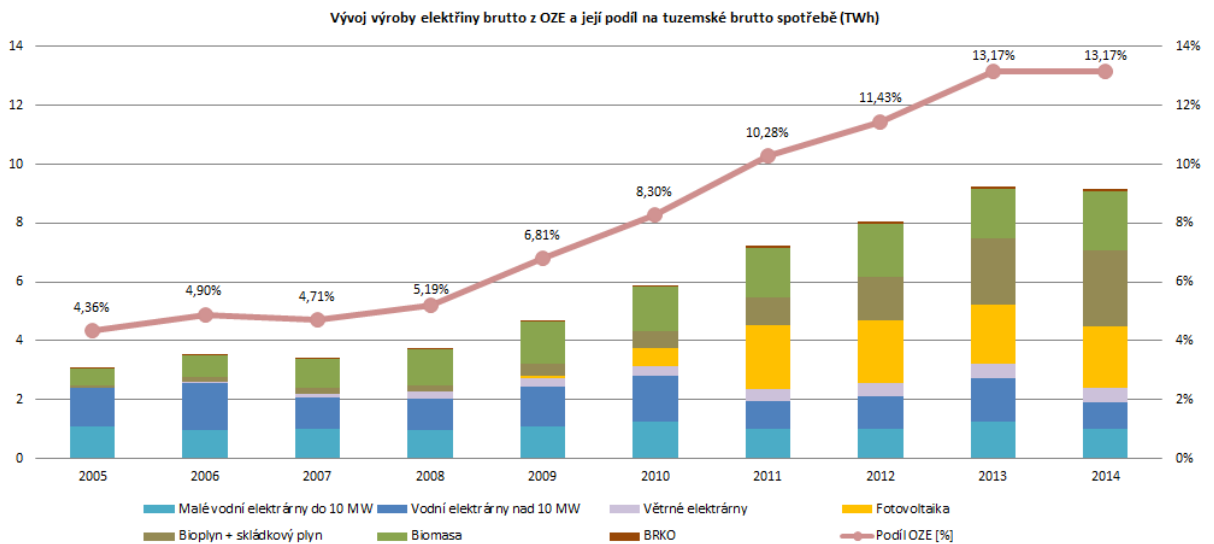
Obnovitelné zdroje energie se dají jednoduše charakterizovat jako zdroje, které mají schopnost se přírodními procesy nebo za přispění člověka částečně nebo úplně obnovovat a jsou tedy v podstatě nevyčerpatelné. Jen minimálně zatěžují životní prostředí, jsou šetrné k přírodě a nevypouštějí oxidy dusíku a uhlíku do ovzduší. U většiny OZE není nutná jejich přeprava, jelikož obnovitelné zdroje se obvykle nacházejí v místě spotřeby. Nevýhodou je však jejich závislost na přírodních podmínkách, což způsobuje nerovnoměrnost v nabídce energie během dne i v průběhu roku. energii obnovitelných zdrojů, s výjimkou biomasy, lze také jen velmi složitě skladovat.

V této práci se budu zabývat obnovitelnými zdroji energie, z nichž některé následně využiji při návrhu energeticky soběstačné ekofarmy.

1 Obnovitelné zdroje energie

Mezi obnovitelné zdroje patří sluneční, větrná, vodní či geotermální energie a biomasa. Hlavním cílem využívání obnovitelných zdrojů je náhrada fosilních (neobnovitelných) zdrojů, především uhlí, ropy a zemního plynu. A to nejen proto, že fosilní paliva se jednou vyčerpají, ale využívání obnovitelných zdrojů je i cesta k minimalizaci nebezpečí negativního dopadu tradičních zdrojů na životní prostředí.

Podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové výrobě v roce 2014 byl v České republice 13,17 % (viz Obrázek 1) a toto procento by se v budoucnosti mělo stále zvyšovat. [1], [6], [7]

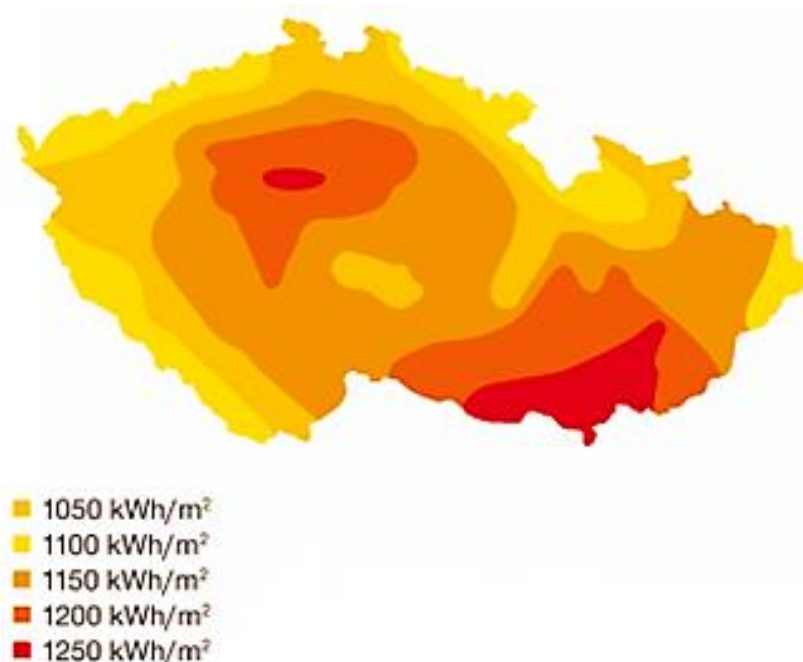


Obrázek 1: Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na tuzemské spotřebě [23]

1.1 Sluneční energie

Na plochu České republiky dopadá průměrně 1 100 kWh/m² sluneční energie za rok. Počet hodin solárního svitu se pak pohybuje okolo 1 460 h/rok. Což jsou světově podprůměrné hodnoty.

Na Obrázku 2 je vidět roční úhrn slunečního záření v ČR udávající množství využitelné sluneční energie. [8], [11], [12]



Obrázek 2: Průměrný dopad slunečního záření na území ČR [14]

Sluneční záření je možno pro energetické účely využívat dvěma způsoby, a to pasivně nebo aktivně. Větší praktické využití má však aktivní způsob. Jde o technická zařízení, kterými jsou fotovoltaické panely a solární kolektory. Fotovoltaické panely převádějí sluneční záření přímo na elektřinu, zatímco solární kolektory ho mění na teplo. [1], [8], [10]

Při návrhu energeticky soběstačné ekofarmy využijí pro dodávku elektrické energie fotovoltaickou elektrárnu (FVE), proto se tomuto zdroji zde věnují o něco více než ostatním.

1.1.1 Historie a princip fotovoltaické elektrárny

Historie FVE začíná objevením fotoelektrického jevu velmi mladým francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem. Ten při experimentech v roce 1839 zjistil, že při ponoření kovových elektrod do elektrolytu prochází mezi těmito elektrodami malý proud.

První pevný článek vytvořili v roce 1877 pánové Adams a Day. Tento článek byl vyroben ze selenu. O několik let později, v roce 1883, učinil další významný krok Charles Fritts. Jeho první selenové články potažené tenkou vrstvou zlata měly plochu 30 cm² a jejich účinnost se pohybovala jen kolem 1 %.

Na další vývoj FV technologie mělo zásadní vliv popsání fotovoltaiického jevu, který v jedné ze svých prací teoreticky objasnil Albert Einstein. V roce 1921 byl oceněn Nobelovou cenou za rozvoj teoretické fyziky, a to především za objev zákonitostí fotoelektrického jevu.

Významným krokem na cestě k moderním fotovoltaiickým článkům byla metoda výroby čistého monokrystalu křemíku, kterou vyvinul Jan Czochracki. Jako první si však křemíkový fotovoltaiický článek nechal patentovat v roce 1946 Russell Ohl, který se zasloužil o jeho rozvoj.

Fotovoltaiické články, jak je známe dnes, mají počátky v roce 1954 a byly vyrobeny v Bellových laboratořích. Tyto křemíkové články dopované jiným prvkem, tedy P-N přechodem, měly účinnost 6 %.

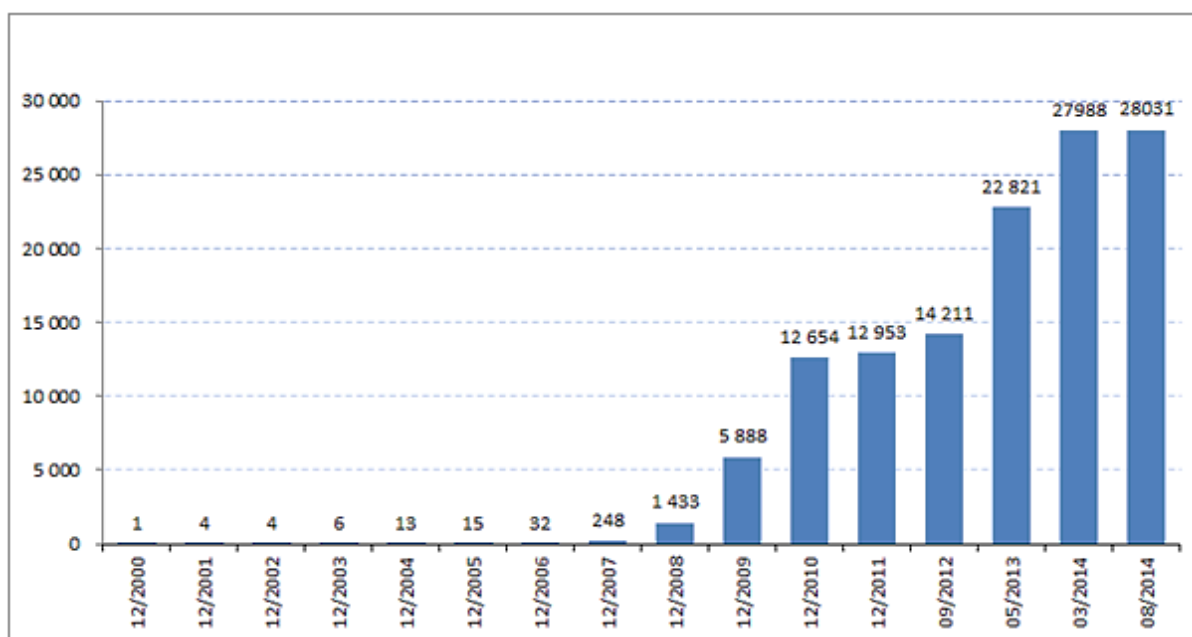
Zpočátku se význam fotovoltaiiky uplatňoval hlavně v kosmonautice, kde solární energie tvořila zdroj elektrické energie pro družice. Na Zemi se fotovoltaiické články začaly používat jako zdroje pro malou elektroniku (hodinky, kalkulačky) nebo napájely navigační světla a různá zabezpečovací zařízení v místech bez elektrické sítě.

Větší využití fotovoltaiických článků nastalo až po ropné krizi, která byla v roce 1973. Hledaly se cesty, jak se zbavit závislosti na ropě, proto vlády dávaly hodně peněz do výzkumů nových technologií. Díky dotačním programům také vznikl velký zájem investorů o tuto oblast výroby elektřiny. Světový trh s fotovoltaiikou vzrostl od roku 2000 přibližně o 40 %. Největší podíl na tom mělo Německo, Japonsko a Spojené státy.

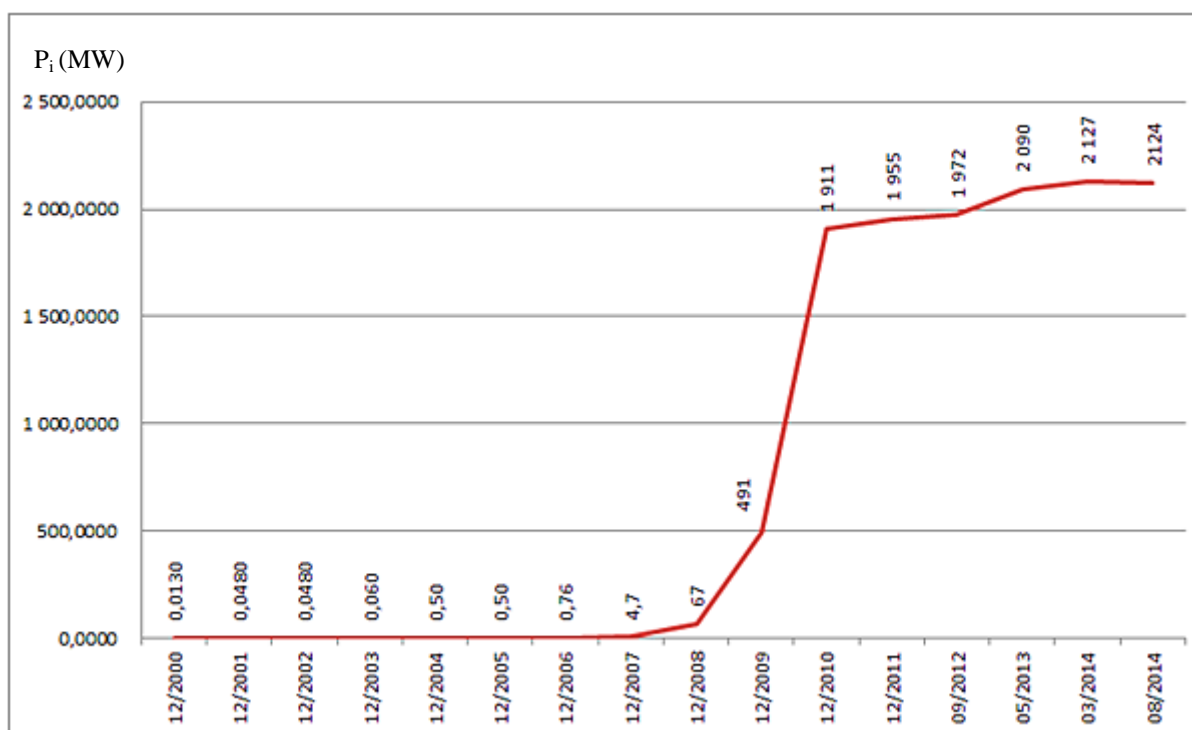
V dnešní době je účinnost článků okolo 30 %, avšak podíl na celkové produkci elektrické energie ve světě představuje jen asi 0,01 %. Vše ale napovídá tomu, že fotovoltaiické články jsou perspektivním zdrojem pro budoucnost.

V roce 1998 byla v České republice uvedena do provozu první FV elektrárna, a to na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách. Dnes je tato elektrárna k vidění v informačním centru jaderné elektrárny Dukovany.

V roce 2014 již bylo na území České republiky evidováno 28 031 FVE (viz Obrázek 3) s instalovaným výkonem 2 124 MW (viz Obrázek 4). Jejich podíl však činí pouze 0,11 % celkové vyrobené elektrické energie. [1], [3], [5]



Obrázek 3: Vývoj počtu FVE v ČR (ks) [9]



Obrázek 4: Vývoj instalovaného výkonu FVE v ČR (MW) [9]

Fotovoltaický článek

Nejčastějším polovodičem pro konstrukci fotovoltaického článku je křemík. Sluneční záření obsahuje fotony s energií od 0,5 eV až do 2,9 eV. Křemík může využít fotony s energií větší než 1,1 eV, což je velká část energie ze slunečního záření, a právě proto se křemík používá nejčastěji. Sluneční panel vzniká spojením více fotovoltaických článků za sebou (sériově) nebo vedle sebe (paralelně).

Fotovoltaický článek je v podstatě dioda s jedním a více P-N přechody. Při dopadu fotonu na fotovoltaický článek dojde k uvolnění elektronů (fotoelektrický jev) a vzniká tak pár elektron (-) – díra (+). Na P-N přechodu vzniká napětí, které je u křemíku přibližně 0,5 V. Pokud zapojíme vnější obvod mezi kontakty fotovoltaického článku, získáme tak stejnosměrný elektrický proud. [2], [4], [10]

1.1.2 Princip, výhody a nevýhody solárních kolektorů

Solární kolektor je zařízení, které pohlcuje sluneční energii a přeměňuje ji na energii tepelnou. Toto teplo je pak předáváno teplotonosné látce (nemrznoucí směs, voda), která protéká kolektorem. Dále se pak teplo za pomoci čerpadla odvádí k dalšímu využití, a to např. k přitápění, ohřevu teplé vody (TV) nebo vody v bazénu.

V dnešní době se nejčastěji používají dva druhy solárních kolektorů, kterými jsou ploché deskové kolektory a vakuové trubicové kolektory. [3], [7], [10]

Ploché deskové kolektory

Tyto kolektory se nejvíce používají v solárních teplovodních vytápěcích systémech. Na Obrázku 5 je znázorněna jejich skladba. Hlavní součástí plochého deskového kolektoru je absorpční deska, ke které jsou ve spodní straně nalisovány nebo připájeny měděné trubky. Těmito trubkami protéká již zmíněná teplotonosná látka, respektive kapalina, která je určena k ohřevu či vytápění. [3], [7], [10]



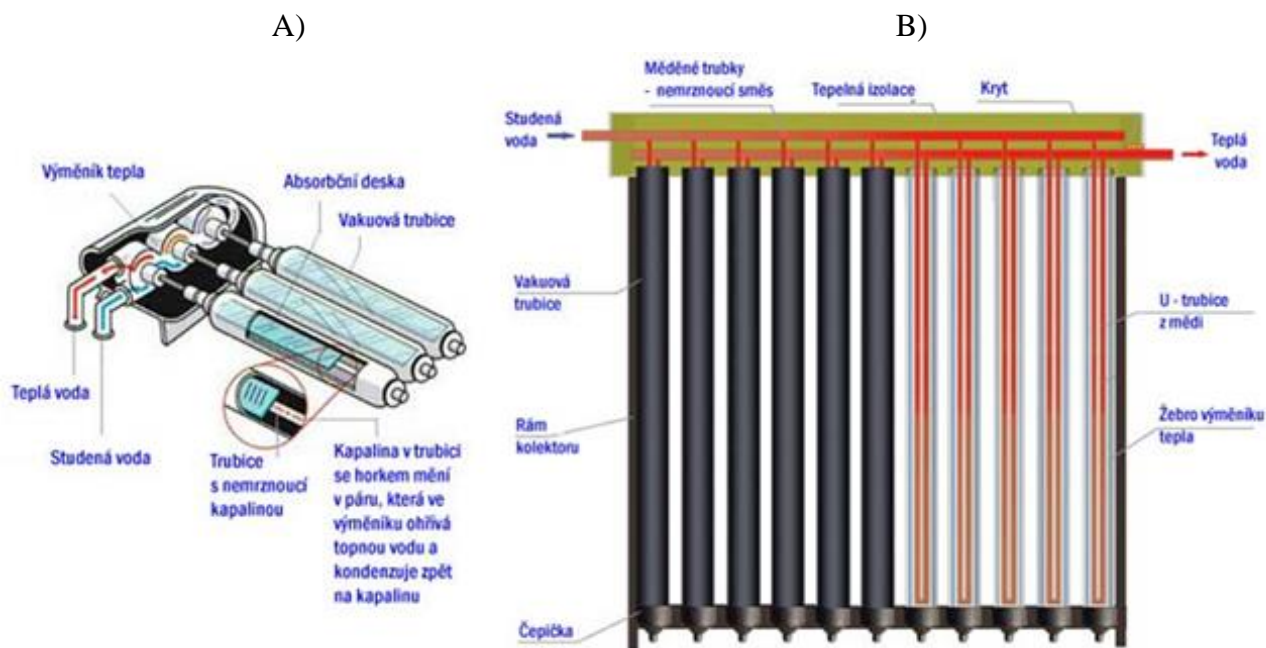
Obrázek 5: Plochý deskový kolektor [13]

Velkou výhodou těchto kolektorů je konstrukční jednoduchost, a proto i nízká pořizovací cena. Účinnost v letních měsících, kdy je mnoho slunných dní, je velmi vysoká (60 -75 %). Pokud se ale v těchto letních dnech teplo neodebírá, teplota může narůst nad bod varu, a to vede k poškození solárního kolektoru. Další nevýhodou jsou velké ztráty v chladných dnech. [3], [7], [13]

Vakuové trubicové kolektory

Tyto kolektory lze rozčlenit na vakuové trubicové kolektory heat-pipe a U-pipe (viz Obrázek 6). Princip těchto kolektorů je velmi podobný jako u kolektorů plochých deskových. Jejich jádro je tvořeno soustavou dvojstěnných trubic, kterými protéká pracovní látka. Aby nedocházelo ke ztrátám tepla do ovzduší, je mezi stěnami trubic vakuum, které zde funguje jako izolace. Pracovní látka se díky přijatému slunečnímu záření přemění na páru a ta dále stoupá do kondenzátoru, kde předává teplo teplonosné kapalině protékající sběračem kolektoru. Kondenzátor je chladnější část trubice, proto se zde pracovní látka ochlazuje, dále kondenzuje a gravitačním účinkem stéká po stěnách zpět do dvojstěnných trubic, kde se opakovaně ohřívá.

Velkou výhodou je, že při poškození vakuové trubice, stačí pouze jednoduše vyjmout a vyměnit danou trubici. Tyto kolektory jsou schopny pracovat při difuzním záření (nepřímé sluneční světlo). Vakuové trubicové kolektory mají větší účinnost než ploché deskové kolektory, ale pořizovací náklady jsou vyšší. [3], [7], [13]



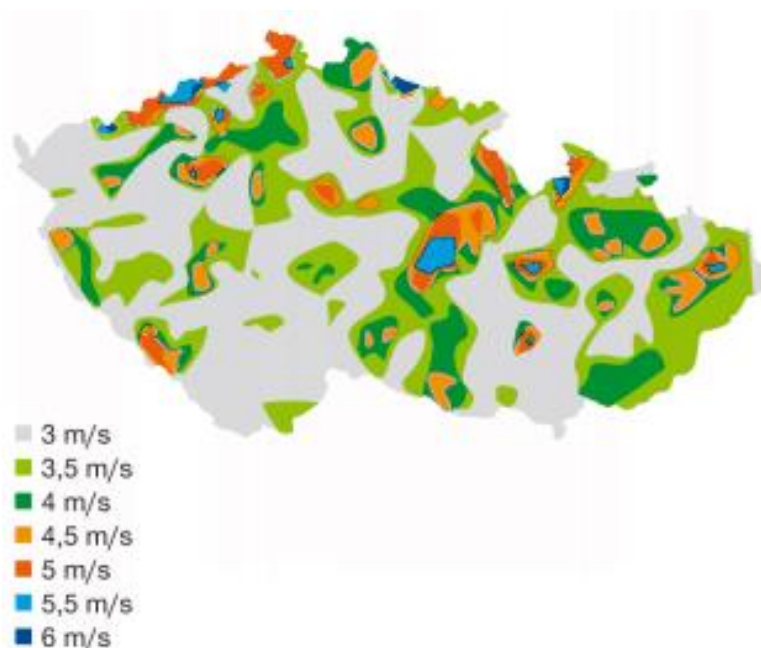
Obrázek 6: A) Heat-pipe, B) U-pipe [13]

1.2 Větrná energie

Vítr je proudění vzduchu v atmosféře a za jeho vznik může Slunce. Toto proudění je vyvoláno rozdílem atmosférických tlaků vzduchu. Rozdíly tlaků jsou způsobeny nerovnoměrným ohřevem země. Tzn., že povrch země je různorodý, některé části se ohřívají rychleji, jiné zase pomaleji. Síla větru závisí na tom, jak jsou rozdíly tlaků velké. Čím větší jsou, tím silnější bude i vítr. Směr větru je ovlivňován zemskou rotací.

V České republice je průměrná rychlost větru 4 - 5 m/s. Dlouhodobé studie prokázaly, že stavba větrné elektrárny se vyplatí v místech, kde je průměrná rychlost větru větší než 4,8 m/s. Takovýchto míst ale v České republice není mnoho, nacházejí se v horách a jsou špatně dostupná. Rychlost energeticky využitelného větru je přibližně 4 - 25 m/s (tj. 15 – 90 km/h). Při menších rychlostech je vítr nestálý, a proto je energeticky téměř nevyužitelný. Při rychlosti větru větší než 25 m/s hrozí způsobení škod na větrných motorech, dochází k rozkmitání konstrukce, a proto se musí motory při tak velkých rychlostech větru odstavit.

Rychlost větru se s rostoucí nadmořskou výškou logaritmičtě zvyšuje. Proto rychlost větru ve výšce 10 m a 100 m nad zemským povrchem je diametrálně odlišná. Rychlost větru se měří anemometry. Na Obrázku 7 je vidět průměrná roční rychlost větru v České republice ve výšce 10 m. [6], [18], [15]

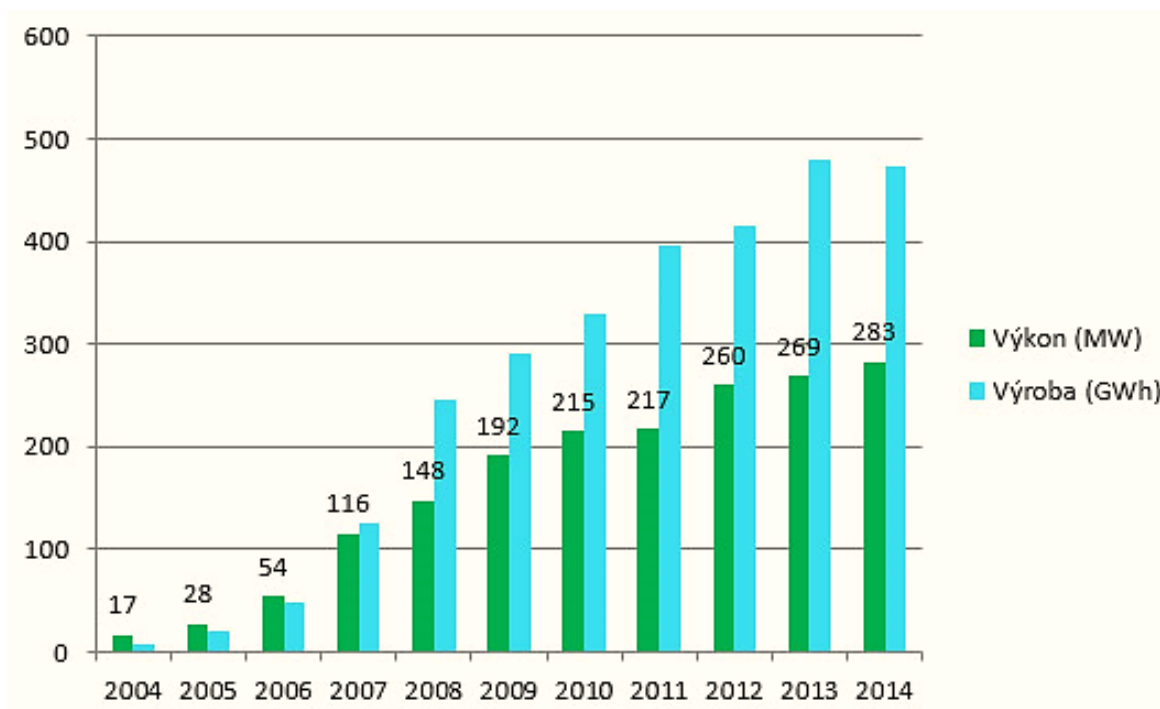


Obrázek 7: Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 10 m [14]

1.2.1 Princip větrné elektrárny

Větrná elektrárna (VTE) funguje tak, že kinetická energie proudícího vzduchu působí na listy rotoru a pomocí generátoru je přeměňována na energii elektrickou. Listy rotoru mají specifický tvar a pracují na principu vztahové nebo odporové síly. Současné větrné turbíny mají 1 až 3 lopatky. Odporové turbíny jsou starší, proto se v dnešní době už tolik nepoužívají. Používanější typem jsou tedy vztahové turbíny. Dále se turbíny dělí na horizontální a vertikální a to podle osy natáčení rotoru. Stožáry větrných elektráren dosahují výšek okolo 100 až 150 m. Nejdůležitějším faktorem pro účinnost motoru, která je přibližně 45 %, je rychlost a také směr větru. [14], [16], [17]

V roce 2014 bylo České republice v provozu 75 větrných elektráren, které byly připojeny do elektrizační soustavy (ES). Celkový instalovaný výkon všech těchto elektráren byl 283 MW, což představovalo v tomto roce výrobu 477 GWh (viz Obrázek 8). Největší elektrárnou je větrná farma Kryštofovy Hamry, která se nachází na Chomutovsku. Do provozu byla uvedena v roce 2009 a obsahuje 21 turbín o výkonu 2 MW. Celkový instalovaný výkon tedy činí 42 MW. Elektrárna Hostýn, uvedená do provozu v roce 1993, je nejstarší větrnou elektrárnou v ČR a najdeme ji ve Zlínském kraji. Má jednu turbínu a instalovaný výkon je 225 kW. [6], [18], [15]



Obrázek 8: Celkový instalovaný výkon a výroba všech VTE v ČR [15]

1.2.2 Výhody a nevýhody větrné elektrárny

Hlavní výhodou VTE je bezpochyby to, že vítr je nevyčerpatelný zdroj energie. Také větrná energetika neprodukuje žádné plynné či tuhé emise, je tedy šetrná k okolí a životnímu prostředí. Z tohoto pohledu by se mohlo zdát, že výroba energie tímto způsobem je bezchybná. Nevýhody se zde však také najdou. Patří mezi ně i fakt, že není jednoduché najít vhodnou lokalitu pro výstavbu větrné elektrárny, neboť by se v její blízkosti neměly nacházet obydlené domy. Dalšími problémy jsou vysoká hluchost, velký zásah do krajiny, možnost vzniku stroboskopického efektu a rušení elektromagnetického pole, které může narušit televizní signál. V zimě je třeba dávat pozor na odletující kousky ledu. Také může docházet ke kolizím s letícími ptáky, kteří narážejí do listů rotorů. I když tento problém se ve větší míře týká minulosti. V dnešní době jsou stožáry větrných elektráren vyšší, a tudíž nezasahují do drah letících ptáků. [1], [18]

1.3 Vodní energie

V minulosti byla energie vody využívána pro různé účely, zejména pro vodní kola, kde poháněla mlýny. V dnešní době se vodní energie využívá výhradně pro výrobu elektřiny. V této kapitole se budu zabývat malými vodními elektrárnami (MVE), jelikož ty by se daly využít při mém návrhu energeticky soběstačné ekofarmy.

Hranice instalovaného výkonu pro malé vodní elektrárny je 10 MW včetně. Většinou jsou budovány tam, kde kdysi bývaly mlýny nebo jezy. Potenciál MVE není zdaleka vyčerpaný na rozdíl od velkých vodních elektráren s instalovaným výkonem nad 10 MW. Pro takto velké elektrárny nemáme již v České republice místo. MVE se instalují na menší toky, musí se tedy obejít bez velkého spádu. Jejich průtok se mění s ročním obdobím, jelikož závisí na množství spadlých srážek. [1], [18]

Na Obrázku 9 jsou znázorněny významné vodní toky v České republice. Nejvíce vodních elektráren se nachází na řece Vltavě, kde tvoří tzv. Vltavskou kaskádu. Jde celkem o 9 přehrad a patří mezi ně například Lipno, Orlický nebo Slapy.



Obrázek 9: Významné vodní toky na území ČR [14]

1.3.1 Princip vodní elektrárny

Přívodním kanálem přitéká voda, která roztáčí turbínu. Turbína otáčí generátorem elektrické energie, který je připojen ke společné hřídeli. Turbína a generátor dohromady tvoří tzv. turbogenerátor. Energie proudící vody se na základě elektromagnetické indukce mění na energii elektrickou, ta se pak transformuje a odvádí se do míst spotřeby. Podstatnými veličinami pro výkon turbíny jsou průtok vody a její spád, ale také účinnost turbíny. Je proto velmi důležitá volba turbíny. [1], [6], [18]

Druhy turbín

Vodní turbíny jsou jádrem celé vodní elektrárny a právě ony odebírají vodě energii. Byly vyvinuty neustálým zdokonalováním konstrukce vodních kol, jejich účinnost může dosahovat až přes 90 %. Druhů turbín je velmi mnoho, používají se ale nejvíce tři. Jsou to Francisova, Kaplanova a Peltonova. [7]

Francisova turbína

Je nejdéle používaným typem vodní turbíny a je vhodná tam, kde lze zajistit konstantní rozdíl hladin i průtoku. Spád, tedy rozdíl hladin, může být až do 700 m. Je to turbína přetlaková a mohou se také používat v reverzním chodu, Francisova turbína pak funguje jako čerpadlo, proto se hodí zejména pro přečerpávací elektrárny. Její účinnost je přes 90 %.

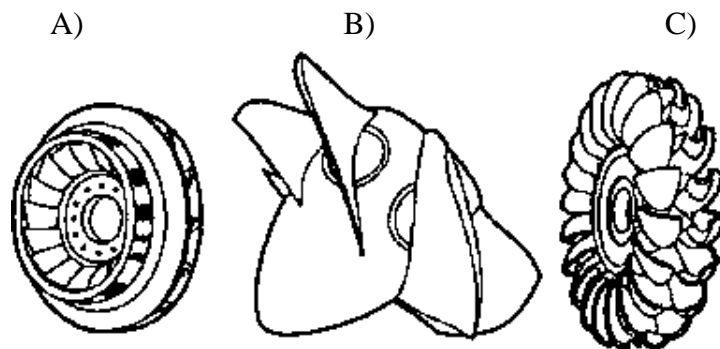
Kaplanova turbína

Kaplanova turbína se skládá ze tří až osmi lopatek, které mají nastavitelnou polohu, je velmi dobře regulovatelná. Tato turbína je vhodná tam, kde nelze zajistit konstantní průtok či rozdíl hladin a hodí se spíše tam, kde je malý vodní spád. Má vyšší účinnost než Francisova turbína, dosahuje až 95 %, je však výrazně složitější a dražší.

Peltonova turbína

Tato turbína je vhodná zejména pro vysoké spády, tedy po velký rozdíl hladin, ale průtok vody by měl být malý. Hodí se pro vysokohorské přehrady. Na oběžné kolo s lopatkami ve tvaru lžice proudí tryskou vysokou rychlostí voda, která je vedena tlakovým potrubím kruhového průřezu. Účinnost této turbíny je 90 – 95 %.

Na Obrázku 10 jsou znázorněny všechny tři výše zmíněné turbíny. Na řekách v České republice se nejčastěji používají Kaplanovy turbíny s nastavitelnými lopatkami. [7], [8], [17], [10]



Obrázek 10: Druhy turbín A) Francisova, B) Kaplanova, C) Peltonova [14]

1.3.2 Výhody a nevýhody vodní elektrárny

Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, jsou bezodpadové a nezávislé na dovozu surovin. Asi největší výhodou je jejich regulovatelnost, v případě potřeby nebo přebytku elektrické energie v síti se dají během několika minut rozběhnout či zastavit. Velké vodní nádrže slouží jako zdroje pitné nebo užitkové vody. A také se dají využít k rekreačním účelům, ale přináší velký zásah do krajiny a výstavba je finančně velmi náročná. [1], [7]

1.4 Biomasa

Biomasa je definována jako nefosilní materiál biologického původu. Jinými slovy je to hmota organického původu a je buď získávána záměrně jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů z komunálního hospodářství, odpadů ze zemědělské, lesní a potravinářské výroby. Za základní zdroj biomasy se považují rostliny, jako jsou obiloviny, řepka, brambory či rychle rostoucí dřeviny, jako jsou vrby a topoly. V našich podmínkách se ale nejčastěji jedná o dřevo, slámu, tříděný odpad a jiné zemědělské zbytky. [10]

1.4.1 Princip využití biomasy

Přestože existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi převažuje její spalování a výroba bioplynu prostřednictvím anaerobní fermentace. [10], [19]

Bioplyn se může využívat všude, kde se používají i jiná plynná paliva. Daný spotřebič musí být přizpůsobený k upravenému bioplynu. Mezi způsoby energetického využití bioplynu patří přímé spalování, kogenerace, trigenerace nebo použití v palivových člancích. V našich podmínkách se nejčastěji setkáváme se spalováním bioplynu v kotlích a velmi časté je také využití v kogeneračních jednotkách. [17], [16]

Spalování biomasy

Spalování biomasy je nejstarší známá termochemická přeměna biomasy. Při spalování biomasy vznikají stejné základní látky jako při spalování jiných organických paliv. Ale na rozdíl od fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci oxidu uhličitého (CO₂), který se řadí mezi skleníkové plyny. Množství CO₂, které se uvolňuje při jejím spalování, je totiž spotřebováno při dalším růstu rostlin. Množství síry v hnědém uhlí může

být až 2 %, v biomase je to 0 až 0,1 %. Také mohou vznikat oxidy dusíku NO_x, ty se ale dají kontrolovat hlídáním teploty spalování.

Dřevo se pro energetické účely štěpkuje. Piliny se lisováním zpracovávají na pelety a brikety (viz Obrázek 11). Štěpku lze spalovat v domácnostech nebo společně s uhlím v elektrárnách. [16], [18], [19]



Obrázek 11: A) pelety, B) brikety [20]

Bioplynové stanice

K výrobě bioplynu dochází v bioplynových stanicích (BPS). Mikrobiální rozklad organických látek bez přístupu vzduchu se současným vznikem bioplynu se nazývá anaerobní fermentace. Hlavní částí BPS je velká vzduchotěsná nádrž, které se jinak říká reaktor či fermentor. V reaktoru se rozmělněná a zředěná organická masa míchá a zahřívá se přibližně na 42 °C, při čemž dochází k již zmíněné anaerobní fermentaci. Uvolněný plyn se odvádí do plynojemu, kde se dále čistí a upravuje.

V BPS lze zpracovávat širokou škálu bioodpadů a různých materiálů. Jsou to bioodpady z domácností, ze zahrad, z údržby veřejné zeleně (tráva, listí). Mohou to být prošlé potraviny, zbytky z restaurací a jídelen. Dále také zbytky z chovu hospodářských zvířat, tj. kejda, hnůj, podestýlka. A samozřejmě cíleně pěstovaná biomasa.

Na území ČR bylo k 31. 12. 2015 evidováno 507 bioplynových stanic. Většina těchto zařízení zpracovávají bioodpady ze zemědělské činnosti. Na Obrázku 12 je vidět nejstarší nepřetržitě provozovaná BPS v České republice. Nachází se v Třeboni a v provozu je od roku 1974. [16], [19]



Obrázek 12: Nejstarší BPS v ČR [20]

V ideálním případě se bioplyn skládá ze dvou plyných složek, 50 až 75 % metanu (CH_4) a 25 až 45 % oxidu uhličitého (CO_2). Součástí bioplynu jsou ale také další minoritní plyny, například vodní pára (H_2O), dusík (N_2), vodík (H_2) a sulfan (H_2S). Při výrobě bioplynu vzniká ještě také nezávadná látka, tzv. digestát, který se používá v zemědělství jako velmi kvalitní hnojivo. [6], [21]

1.4.2 Výhody a nevýhody biomasy

Asi největší výhodou biomasy je její šetrný dopad na životní prostředí. Na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů se dá biomasa, dobře skladovat. Nevýhodou může být u bioplynových stanic zápach, tomu se však dá zamezit vhodnými technologiemi. [1], [20]

1.5 Geotermální energie

Geotermální energie je tepelná energie z nitra Země a vzniká rozpadem radioaktivních látek. Nejlépe se dá využít tam, kde se setkávají tektonické desky. Na těchto místech dochází k největším sopečným a tektonickým aktivitám. Geotermální energie se projevuje na Zemi neustále, a to například v podobě vodních gejzírů, vyvěrání horkých pramenů a par nebo výbuchů sopek.

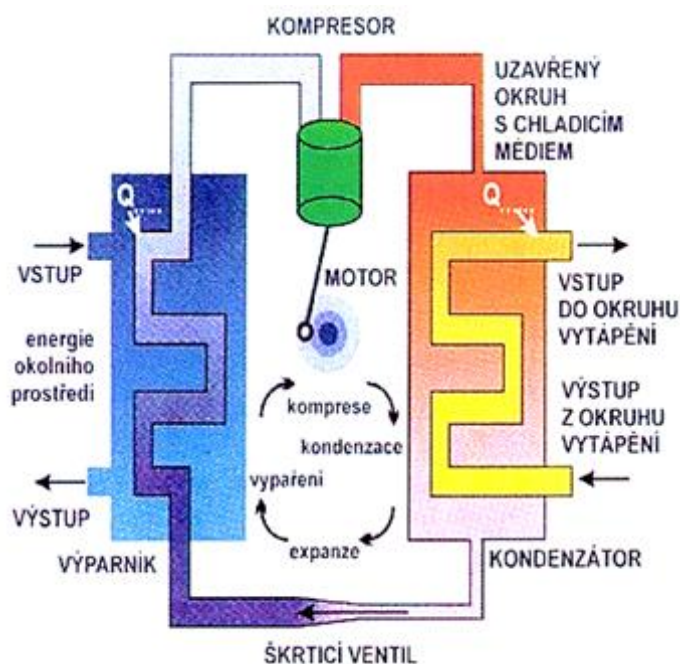
Teplota pro výrobu elektrické energie je přibližně 200 °C, je proto potřeba 4 až 5 km hlubokých vrtů, z nich je následně čerpána horká voda nebo pára, která pohání turbíny vyrábějící elektrickou energii. Na první geotermální elektrárnu Česká republika stále ještě čeká. Výstavba dostatečně hlubokého vrtu je plánována na tento rok (2016).

Vrty s hloubkou jen několik stovek metrů se využívají za pomoci tepelných čerpadel k vytápění domů či jiných objektů (např. plaveckých bazénů, ale také třeba i zoologické zahrady v Ústí nad Labem). [6], [20], [22]

1.5.1 Tepelná čerpadla a jejich princip

Tepelné čerpadlo (TČ) je zařízení, které umožňuje odebírat teplo z okolního prostředí (voda, vzduch, země), převádět ho na vyšší teploty, a tím ohřívat vodu nebo prostory.

Princip tepelného čerpadla je velmi podobný jako u domácích ledniček. Chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru, tj. potravinám, a předává jej do okolního prostoru, přičemž i vytápí místnost, kde je lednička umístěna. Místo potravin tepelné čerpadlo ochlazuje okolní prostředí tedy podzemní a povrchovou vodu, vzduch v okolí domu nebo zemskou kůru. Odebrané teplo je pak předáváno topným systémům. V závislosti na zdrojích tepla se rozlišují tepelná čerpadla na několik typů. Nejčastější jsou čerpadla vzduch/vzduch, vzduch/voda, země/voda a voda/voda. [1], [3], [24]



Obrázek 13: Princip funkce tepelného čerpadla [3]

Na Obrázku 13 je patrný uzavřený okruh TČ, který se skládá ze čtyř částí, kterými jsou kompresor, kondenzátor, výparník a škrticí (expanzní) ventil. Okruhem protéká pracovní látka, tzv. chladivo, které se ohřeje předáním tepla z okolního prostředí. Ve výparníku se chladivo vypaří, páry nasaje kompresor, který zvýší jejich tlak, a tím i teplo. Stlačené chladivo je vytlačeno směrem ke kondenzátoru, kde při kondenzaci teplo předá do topné vody pro vytápění domu, ohřev užitkové vody či vody v bazénu. Z kondenzátoru putuje kapalné chladivo přes expanzní ventil, kde se cyklus uzavírá. Zde se pracovní látka seškrtní na nižší tlak a jde zpět do výparníku, celý cyklus se neustále opakuje. [3], [24]

1.5.2 Výhody a nevýhody tepelného čerpadla

Hlavními výhodami tepelného čerpadla jsou nízké provozní náklady, jejich energetická nenáročnost, ekologicky čistý provoz a vynikající regulace. Nevýhodou jsou vyšší náklady při jeho pořízení. Ty by se ale měly vrátit zhruba po 5 až 7 letech provozu. [3], [24]

2 Návrh energeticky soběstačné ekofarmy

2.1 Představení ekofarmy a výběr vhodných OZE

Popis ekofarmy

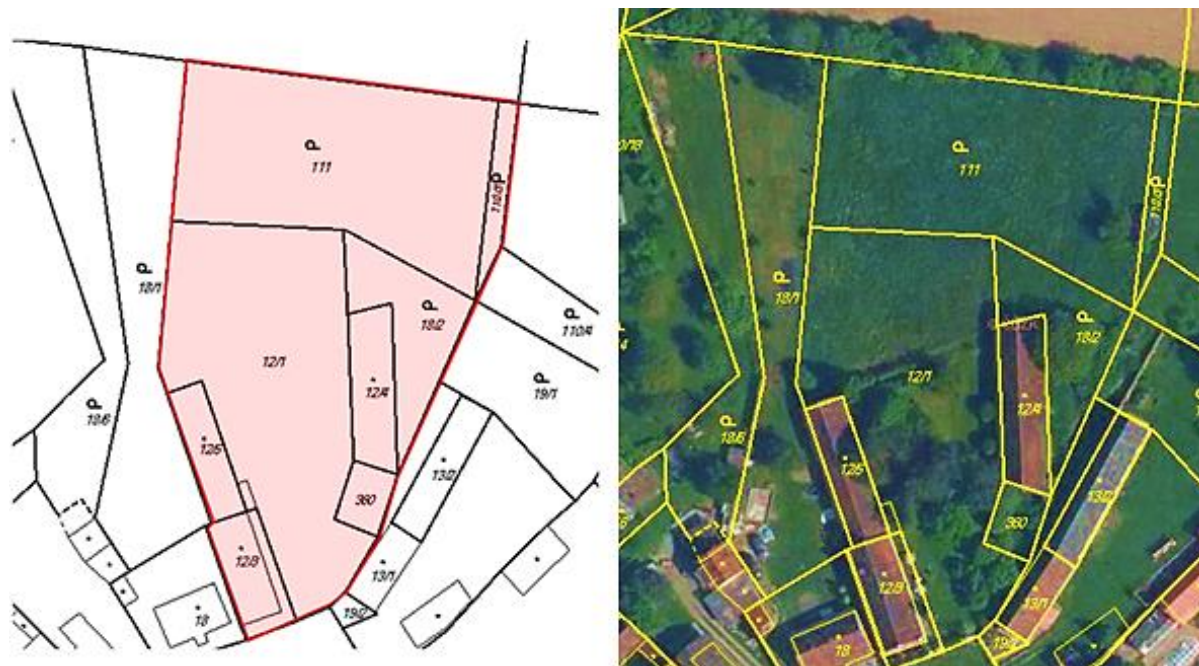
Pro splnění hlavního cíle bakalářské práce, tj. návrhu energeticky soběstačné ekofarmy, jsem si vybrala komplex budov bývalé zemědělské usedlosti v obci Kníje (viz Obrázek 14), která se nachází necelých 20 kilometrů od Plzně. GPS souřadnice této lokality jsou 49°45'35.66"N, 13°10'13.02"E. [26]



Obrázek 14: Lokalizace obce Kníje na mapě [25]

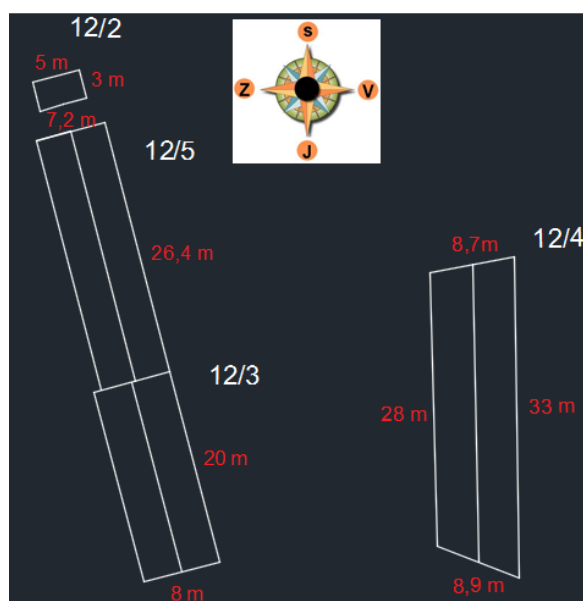
Pozemek navrhované budoucí ekofarmy v Knížích má rozlohu cca 5 234 m². Červeně vyznačená plocha na Obrázku 15 znázorňuje celkovou výměru s pozemky a nyníjšími třemi objekty, kterými jsou:

- 12/3 – obytný dům (20 x 8 m) - užitná plocha 160 m²,
- 12/4 – zemědělská stavba (cca 30 x 8,8 m) - užitná plocha 260 m²,
- 12/5 – zemědělská stavba (26,4 x 7,2 m) - užitná plocha 190 m².



Obrázek 15: Celkové pozemky navrhované ekofarmy [26]

Jelikož se jedná o bývalou zemědělskou usedlost, která není delší dobu v provozu, je nutná její celková rekonstrukce. Je tedy potřeba navrhnout nové dispoziční uspořádání farmy, napájení elektrinou a způsob vytápění a ohřevu teplé vody. Rekonstrukce proběhne u hospodářských objektů 12/5 a 12/4.



Obrázek 16: Půdorys objektů farmy [zdroj vlastní]

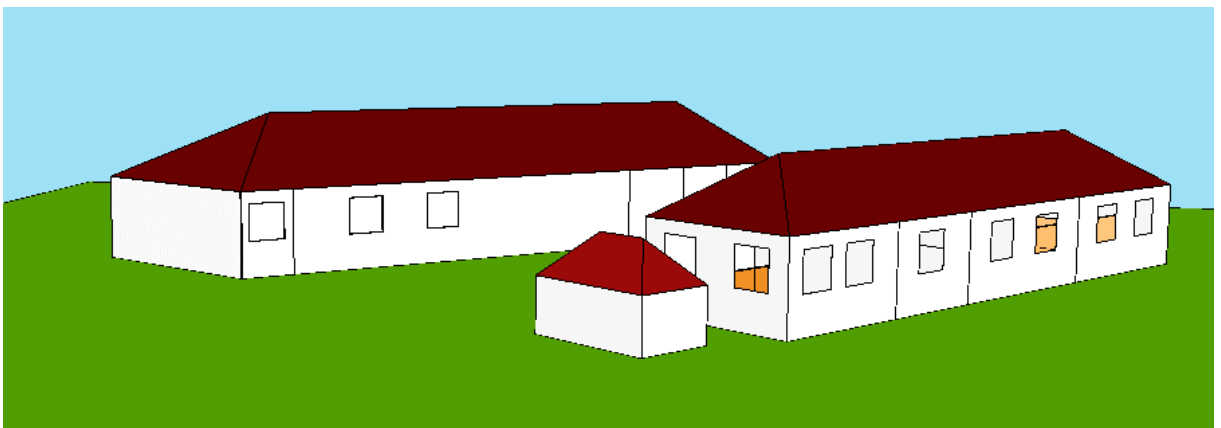
Objekt 12/3, tedy obytný dům, byl již zrekonstruován. S ohledem na množství druhů a kusů chovaných zvířat je nezbytné přistavit malý objekt, který bude sloužit pro chov drůbeže. Kurník jsem označila číslem 12/2, protože pod tímto číslem není v katastru nemovitostí na tomto pozemku uvedena žádná budova. Na Obrázku 16 je znázorněno schéma rozmístění všech stávajících i nových objektů.

Uvažuji, že mezi hlavní aktivity na navrhované ekofarmě budou patřit prodej masa a výroba a prodej mléka, sýrů a jogurtů. V Tabulce 1 je vidět přehled chovaných zvířat, potřebná minimální plocha dle norem pro chov daného zvířete a plocha, která bude skutečně využita pro vnitřní chov zvířat. Vnitřním chovem myslím ustájení v době, kdy nebudou zvířata na pastvě.

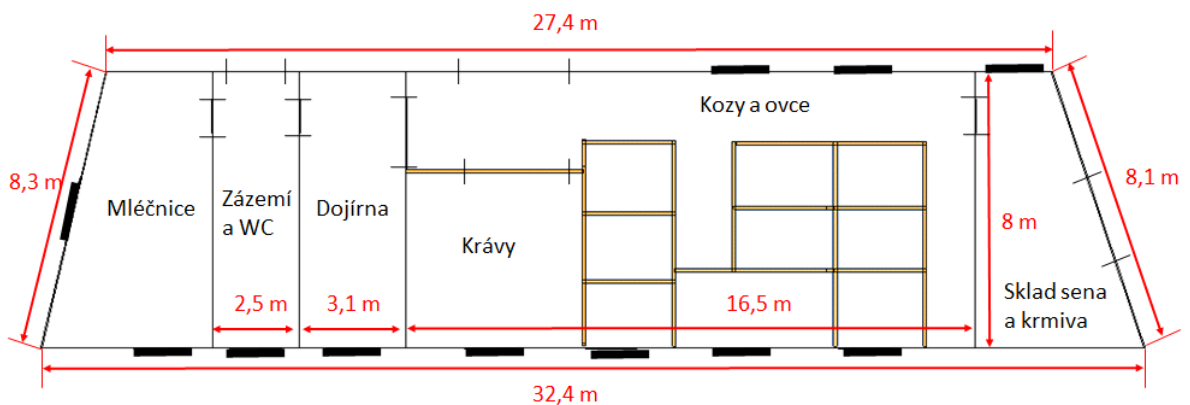
Tabulka 1: Přehled zvířat a potřebné plochy pro jejich chov [27], [28]

Chované zvíře		Počet kusů	Potřebná plocha pro vnitřní chov (m ² /ks)	Minimální potřebná plocha pro vnitřní chov (m ² /druh)	Skutečně využitá plocha pro vnitřní chov (m ² /druh)
Koza bílá (hnědá) krátkosrstá	Koza	20	1,5	30	132
	Kozel	1	4	4	
	Kůzle	20	0,35	7	
Oxford down	Ovce	6	1,5	9	
Český strakatý skot	Kráva (dojnice)	2	6	12	
Přeštické černostrakaté prase	Prase (> 110 kg)	4	4	16	40
Landenská husa a kachna domácí	Husa a kachna	4 a 6	1,2	12	30
Sussex	Slepice	20	0,4	8	15
Velký světlý stříbrný	Králík	15	-	3,2	5
Andaluský kůň	Kůň	2	11	22	50
Celkem		100	-	123,2	272

Na Obrázku 17 jsou znázorněny hospodářské objekty a na Obrázku 18 a 19 je vidět rozložení všech místností v těchto budovách. Kozy, ovce a krávy budou ustájené ve společném prostoru v budově 12/4, kde budou od sebe odděleny dřevěnými příčkami (viz Obrázek 18). Ostatní zvířata budou v objektu 12/5. Prasata, slepice a koně budou chováni každý druh zvlášť a odděleně od všech ostatních zvířat. V další místnosti budou společně husy a kachny. Králíci budou umístěni ve dvou králíkárnách v celkem 18 kotcích ve skladu sena. Jeden kotec počítám o rozměrech půdorysu 0,65 x 0,65 m. Z Tabulky 1 je vidět, že navrhuji vyšší výslednou plochu pro chov zvířat, cca 272 m², než je stanoveno normou. Je to proto, že minimální plochy v normě se uvažují pro velkochovy a v ekologickém zemědělství se počítá s daleko většími prostory. K tomu je nutno připočítat plochu na uskladnění krmiva, chodby a prostory pro manipulaci a převádění zvířat, tedy cca 1/3 z celkové plochy pro chov zvířat.

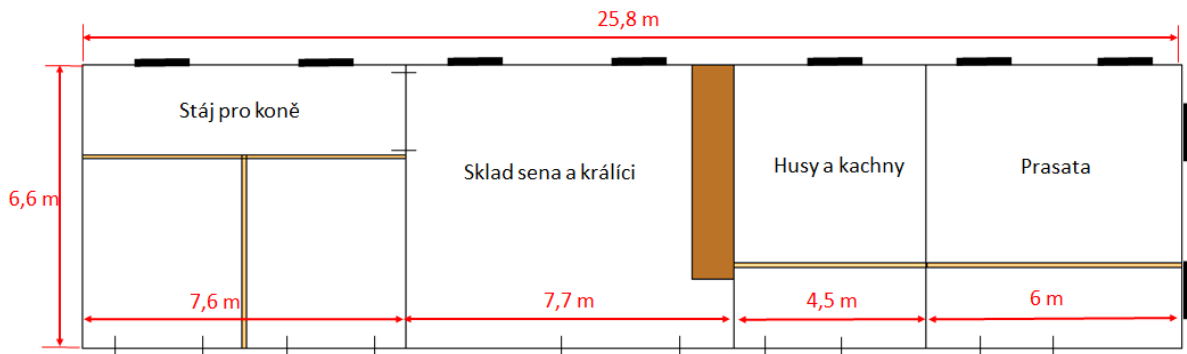


Obrázek 17: Hospodářské objekty na farmě [zdroj vlastní]



Obrázek 18: Rozložení místností v objektu 12/4 [zdroj vlastní]

Na stáj navazuje dojírna (25 m²), hygienické zázemí s šatnou pro farmáře (20 m²) a úpravna mléka, tzv. mléčnice (31 m²). Obytná část má plochu cca 160 m² a kurník 15 m².



Obrázek 19: Rozložení místností v objektu 12/5 [zdroj vlastní]

Výběr vhodných OZE

Farma může být připojena k ES díky stávající přípojce elektrické energie. Cílem práce je však vytvořit energeticky soběstačnou ekofarmu, která nebude z ES odebírat žádnou elektřinu, jen ji bude moci v případě přebytku výroby naopak do distribuční soustavy dodávat. Zároveň předpokládám, že se na farmě bude využívat pouze zde dostupná elektrická a tepelná energie, tj. žádný primární zdroj energie nebude dodáván externě. Například se tedy nebude moci spalovat palivo, které se bude dovážet. Na základě umístění ekofarmy (viz Obrázek 20), popisu charakteristických vlastností jednotlivých OZE v předchozí kapitole a výše uvedených předpokladů jsem se rozhodla, že pro výrobu elektrické energie využiji FVE a pro ohřev vody a vytápění tepelné čerpadlo.

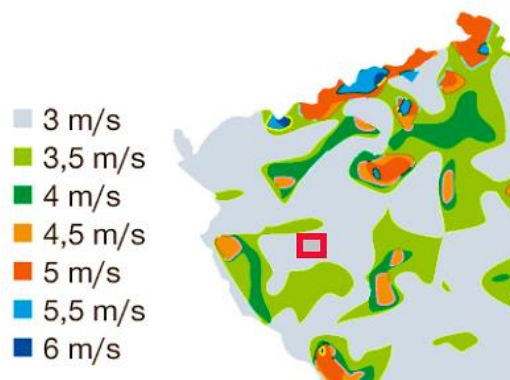


Obrázek 20: Umístění ekofarmy [14]

FV panely budou instalovány na střešní konstrukci. Vzhledem k zbývající volné ploše střechy mohou navíc uvažovat varianty ohřevu vody pomocí solárních kolektorů, nebo fotovoltaickým systémem. S ohledem na možnost připojení farmy k elektrizační soustavě, budu raději volit elektrický ohřev pomocí FV panelů, protože přebytečnou elektrickou energii mohou pak prodávat. Navrhuji tedy tyto dvě kombinace obnovitelných zdrojů:

- FVE (výroba elektrické energie) a TČ (vytápění a ohřev TV),
- FVE (výroba elektrické energie a ohřev TV) a TČ (vytápění).

Vodní a větrnou energii pro řešenou ekofarmu nemohu využít. MVE nelze v této lokalitě postavit, jelikož se v bezprostředním okolí nenachází žádný využitelný vodní zdroj a navíc by její výstavba byla pro tak malou ekofarmu velmi finančně náročná. Větrnou elektrárnu jsem zavrhl, protože větrné podmínky v dané oblasti nejsou dostačující pro její využití, viz červený obdélník v mapě na Obrázku 21.



Obrázek 21: Větrné podmínky v lokalitě umístění ekofarmy [14]

Poslední možným druhem OZE je biomasa. V zemědělství se předpokládá především využití bioodpadu a odpadních materiálů, které vznikají při rostlinné a živočišné produkci. S ohledem na počet chovaných zvířat je v mnou řešené farmě produkováno jen malé množství biologických odpadních materiálů, proto je nemohu využít pro energetické účely. Vzniklou kejdu použiji jako hnojivo na pole, kde se bude pěstovat obilí a jiné krmivo pro dobytek. Kolik statkových hnojiv (kejda, močůvka, hnůj) vyprodukuje chovaný dobytek lze dohledat na internetových stránkách [32] či v knize [19], kde je mimo jiné uvedeno množství vyprodukovaného bioplynu od jednotlivých zvířat. U dojnice to je například $1,7 \text{ m}^3/\text{den}$, u prasat $0,2 \text{ m}^3/\text{den}$ a u drůbeže přibližně $0,016 \text{ m}^3/\text{den}$. Investiční náklady na malou bioplynovou stanici jsou velmi vysoké. Například pořizovací náklady bioplynové stanice

Eenbea® Bots od firmy BIOPLYN CS s.r.o. se pohybují ve výši okolo 14 milionů korun, což by bylo pro moji farmu ekonomicky neúnosné. [39]

Protože v návrhu neuvažuji dodávku žádného externího primárního zdroje energie, nemůžu počítat se spalováním jakéhokoliv druhu biomasy. Dřevo k dispozici není a na polích se budou pěstovat pouze rostliny, které budou krmivem pro chovaná zvířata.

2.2 Návrh osvětlovací soustavy hospodářských objektů

V rámci rekonstrukce je potřeba navrhnout novou osvětlovací soustavu (OS) zemědělských staveb, čímž pak bude možno spočítat i spotřebu energie na osvětlení. U návrhu osvětlovací soustavy jsem vycházela z normy ČSN EN 12464-1 „Osvětlení pracovních prostorů“ a využila jsem výpočetní program BuildingDesign, konkrétně část softwaru WILS 7.0 „Návrh a výpočet umělého osvětlení“. Dle norem týkajících se umělého osvětlení, jeho hodnocení a návrhu OS, by se mělo nejprve posoudit denní osvětlení na základě činitele denní osvětlenosti. Pokud jeho zjištěná velikost neodpovídá hodnotě v normě, má se navrhnout sdružené osvětlení a v případě, že nevyhovuje ani toto, tak se přistupuje k návrhu umělého osvětlení.

U mé farmy rovnou navrhují soustavu umělého osvětlení, protože předpokládám péči o zvířata a výrobu mléčných produktů i mimo denní dobu slunečního svitu. Pro osvětlení místností jsem vybrala různé typy svítidel a světelných zdrojů (SZ). Jejich parametry včetně příkonu, počtu jednotlivých SZ a umístění svítidel jsou shrnuty v Tabulce 2 a jejich detailní vlastnosti jsou uvedeny v Příloze 1 a Příloze 2.

Volba svítidel, SZ a jejich počet a rozmístění odpovídá požadavkům na normálovou osvětlenost srovnávací roviny, na dodržení rovnoměrnosti osvětlenosti a jasů v dané místnosti, indexu podání barev R_a a činiteli oslnění.

Pro výpočet osvětlenosti místností je jako první nutné definovat venkovní prostředí. Dle normy je moje farma zařazena do skupiny Zemědělské farmy, položka hospodářské dvory. Vnitřní prostor spadá do kategorie Průmyslové a řemeslnické činnosti – Zemědělství, kde jsou požadované parametry pro OS stanoveny Tabulkou 3.

Tabulka 2: Typy světelných zdrojů [59]

Typ svítidla	Světelný zdroj	Příkon SZ (W)	Počet SZ (ks)	Umístění
MODUS BON LED	LED součástí svítidla	42	4	Stáj pro koně
PN33300004	ORAVA_LED	50	4	Sklad sena a králíci
IN-175/26	MASTER PL-C/2P	26	5	Husy a kachny
E-175/18	MASTER PL-C/2P	18	9	Prasata
MODUS LLX 258 B	LUMILUX T8 Cool White 26 mm	58	4	Mléčnice
MODUS I 418 MATDP	LUMILUX T8 Cool White 26 mm	18	3	Zázemí
PN33300006	ORAVA_LED	60	3	Dojírna
PN34300002	GALEON_LED	70	6	Krávy, kozy, ovce
PN33300006	ORAVA_LED	60	3	Sklad sena a krmiva

Tabulka 3: Požadované parametry pro OS v zemědělství [59]

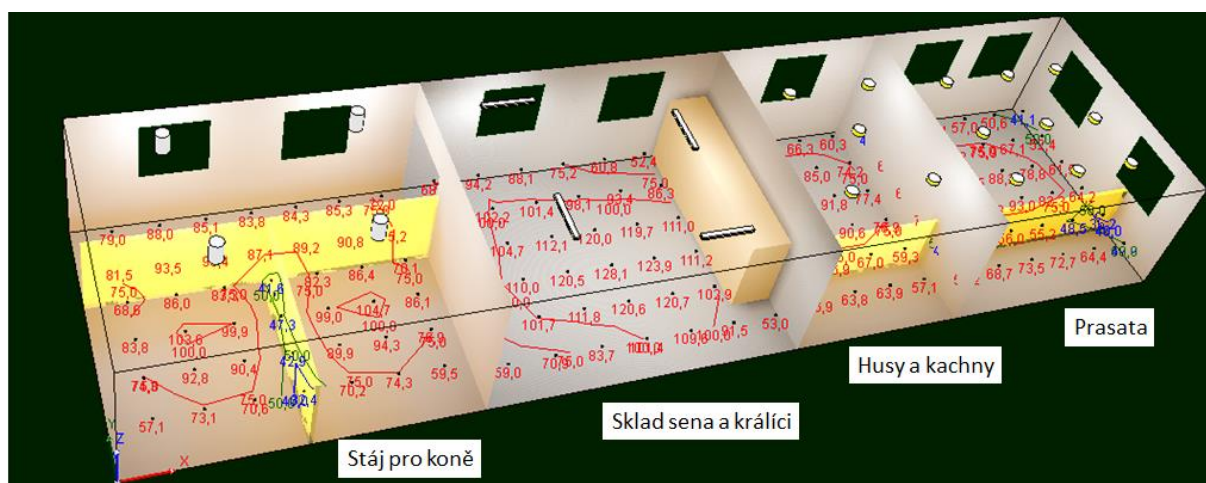
Popis	Osvětlenost (lx)	Rovnoměrnost osvětlenosti (-)	Činitel oslnění	R _a (%)
Nakládání a manipulace s materiály a zařízením	200	0,4	25	80
Stáje pro hospodářská zvířata	50	0,4	0	40
Boxy pro nemocná zvířata, teletníky	200	0,6	25	80
Příprava krmiva, mléčnice, čištění strojů a sanitace	200	0,6	25	60

Výsledné hodnoty osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení v daných místnostech objektů 12/4 a 12/5 jsou zaznamenány v Tabulce 4.

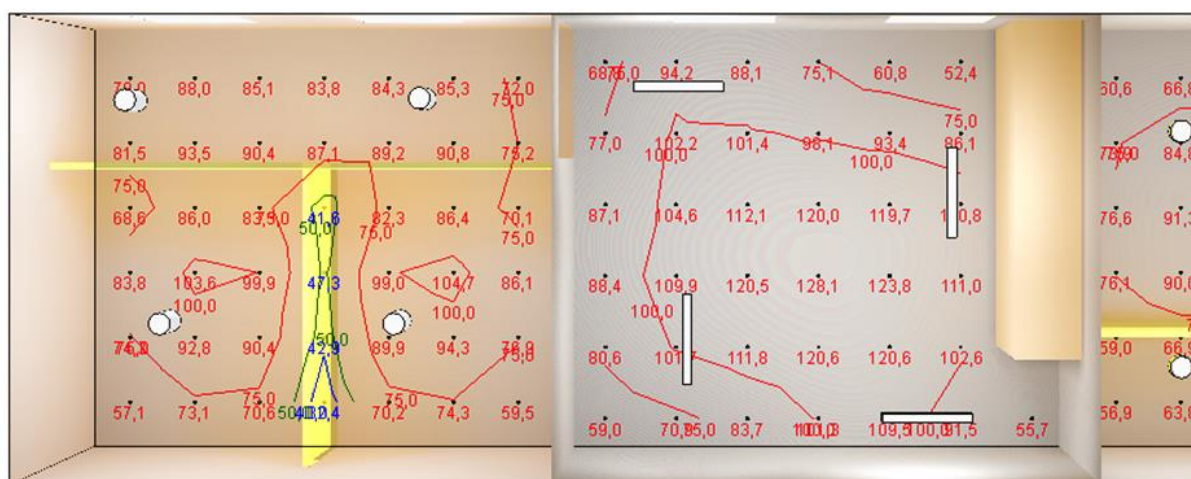
Tabulka 4: Výsledné parametry pro OS v jednotlivých místnostech na farmě [59]

Místnost	Požadovaná/vypočtená osvětlenost (lx)	Požadovaná/vypočítaná rovnoměrnost osvětlenosti (-)
Kůň	50/79,2	0,4/0,41
Seno, králík	50/95,8	0,4/0,55
Husa, kachna	50/72,4	0,4/0,79
Prase	50/65,3	0,4/0,55
Krávy, kozy, ovce	50/74,3	0,4/0,45
Dojírna	200/222,4	0,6/0,67
Mléčnice	200/397	0,6/0,63
Zázemí a WC	200/204,9	0,4/0,67
Seno a sklad krmiva	200/215,1	0,4/0,56

Na Obrázku 22, 23 a 24 je vidět, jak jsem navrhla osvětlovací soustavu pro objekt 12/5.



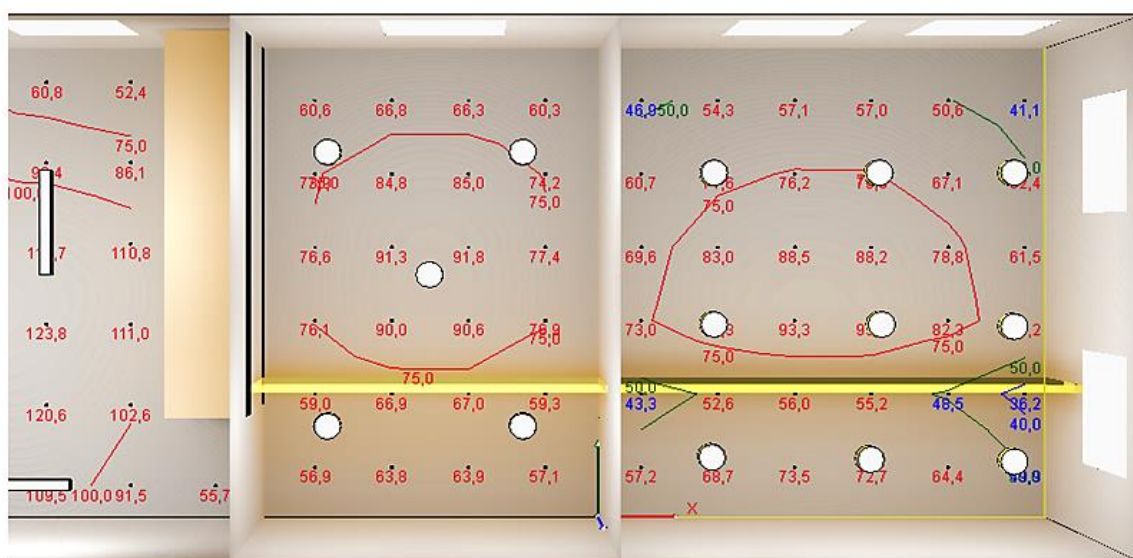
Obrázek 22: Navržená OS v objektu 12/5 [zdroj vlastní]



Stáj pro koně

Sklad sena a králíci

Obrázek 23: Navržená OS pro levou část objektu 12/5 [zdroj vlastní]

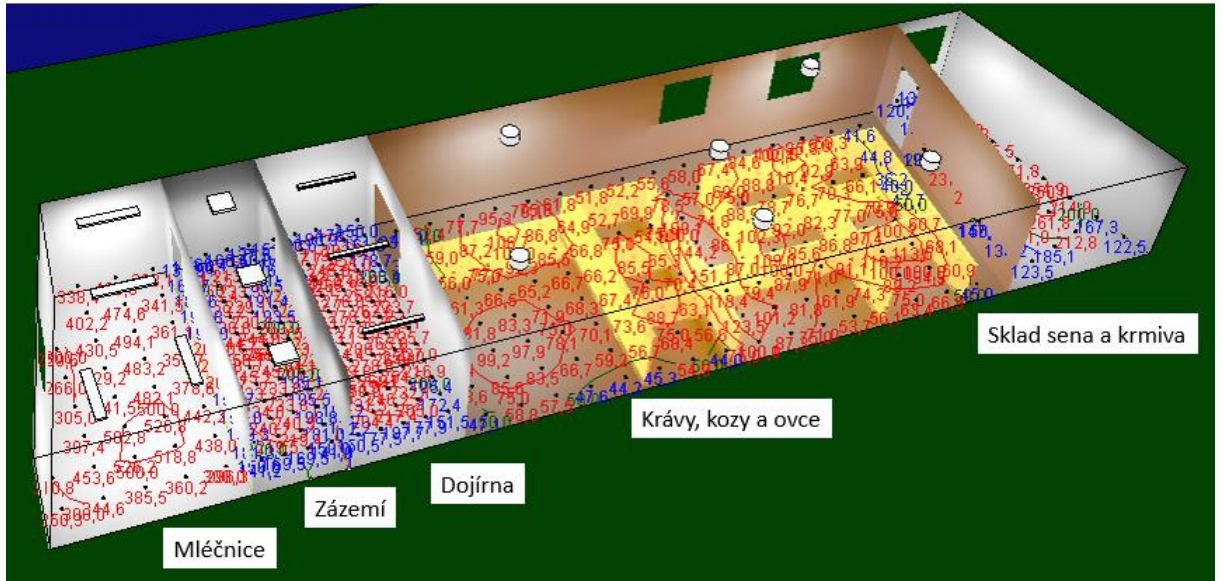


Husy a kachny

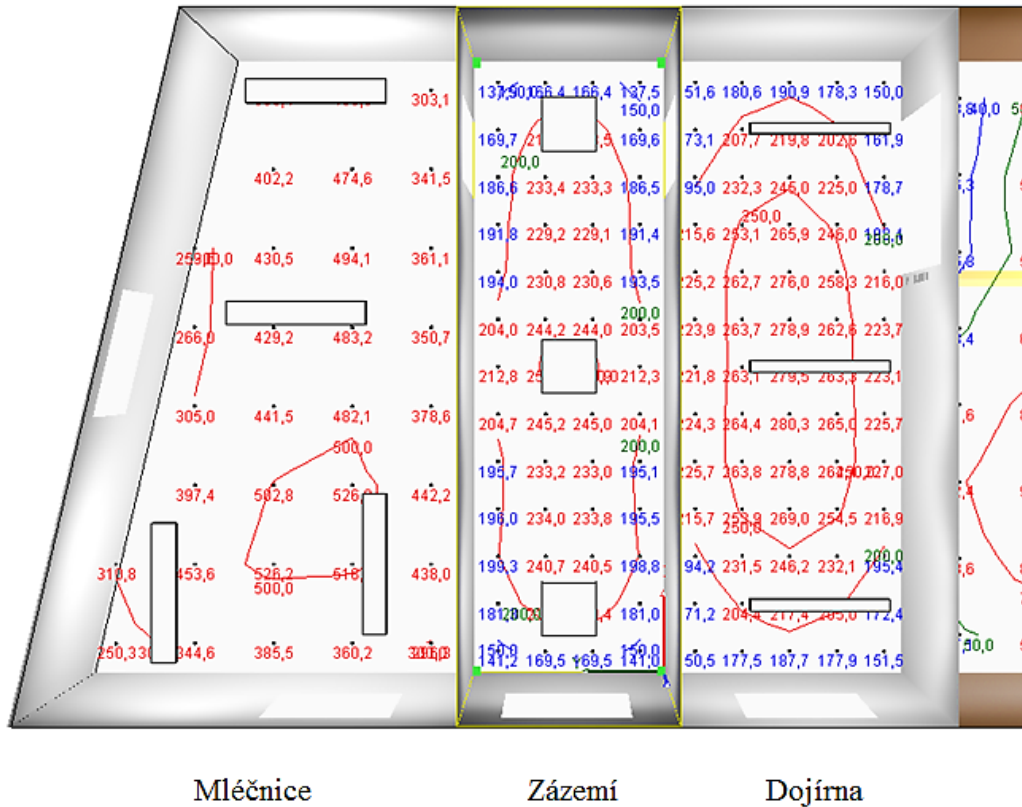
Prasata

Obrázek 24: Navržená OS pro pravou část objektu 12/5 [zdroj vlastní]

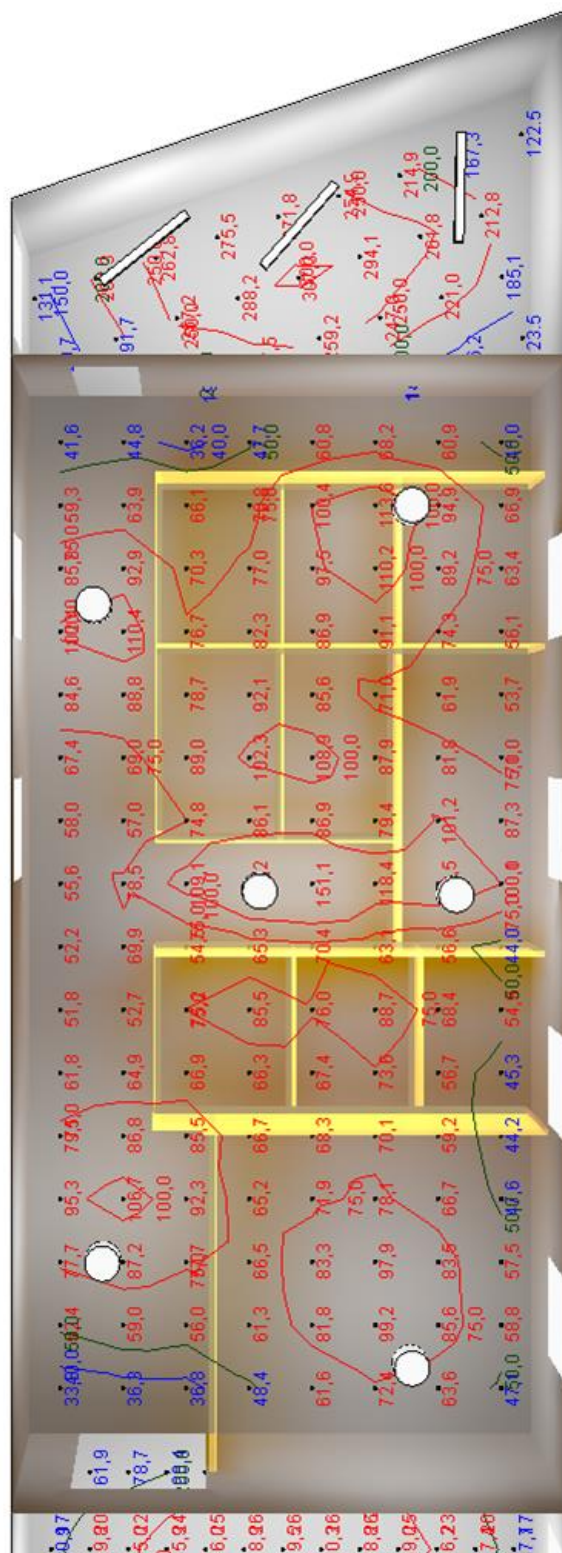
Obrázky 25 až 27 prezentují navrženou osvětlovací soustavu pro objekt 12/4.



Obrázek 25: Navržená OS v objektu 12/4 [zdroj vlastní]



Obrázek 26: Navržená OS pro levou část objektu 12/4 [zdroj vlastní]



Sklad sena a krmiva

Krávy, kozy a ovce

Obrázek 27: Navržená OS pro pravou část objektu 12/4 [zdroj vlastní]

2.3 Odhad spotřeby elektrické energie a tepla

2.3.1 Výpočet spotřeby elektrické energie

Obytná část farmy

Odhad množství potřebné elektrické energie je proveden pro čtyřčlennou rodinu. V Tabulce 5 jsou uvedeny všechny spotřebiče, které využívám v obytném domě. Hodnoty v ní shrnuté jsou pouze orientační, protože příkon je různý podle zvoleného typu spotřebiče. Doba provozu spotřebičů a jejich množství je odlišné u každé rodiny.

Z Tabulky 5 můžeme vyčíst celkovou spotřebu elektrické energie za den, která činí 12,453 kWh. Měsíční spotřeba energie pak bude přibližně 373,575 kWh a spotřeba energie za celý rok 4545,163 kWh.

Tabulka 5: Příkony jednotlivých spotřebičů a jejich denní spotřeba v kWh [zdroj vlastní]

Spotřebič	Příkon (kW)	Doba provozu (h/den)	Spotřebovaná elektrická energie (kWh/den)
Pračka se sušičkou	3,670	1	3,670
Žehlička	2,100	0,25	0,525
Elektrická trouba	1,875	0,5	0,938
Rychlovarná konvice	1,800	0,5	0,900
Mikrovlnná trouba	1,000	0,5	0,500
Myčka	0,900	1	0,900
Lednička s mrazákem	0,110	20	2,200
Ostatní (nabíječka, rádio, fén, ...)	0,400	1	0,400
Televizor 2x	2 x 0,100	3	0,600
Notebook 2x	2 x 0,065	2	0,260
Klasická žárovka 5x	5 x 0,060	4	1,200
Kompaktní zářivka 10x	10 x 0,012	3	0,360
Celkem	13,225	-	12,453

Hospodářská část farmy a zpracování mléka

Nevyšší položka spotřeby elektrické energie na farmě se odvíjí od dojení a zpracování mléka. Předpokládám dojení 2 krav a průměrně 14 koz z celkového množství chovaných zvířat. Dojit se bude ráno i večer a ke zpracování nadojeného mléka bude docházet každé dopoledne. Množství denně nadojeného mléka je shrnuto v Tabulce 6.

Tabulka 6: Množství nadojeného mléka za den [zdroj vlastní]

	Počet dojených zvířat (ks)	Průměrné množství mléka z jednoho zvířete (l/kus)	Celkové množství nadojeného mléka (l/den)
Kráva	2	20	40
Koza	14	2,5	35
Celkem	16	22,5	75

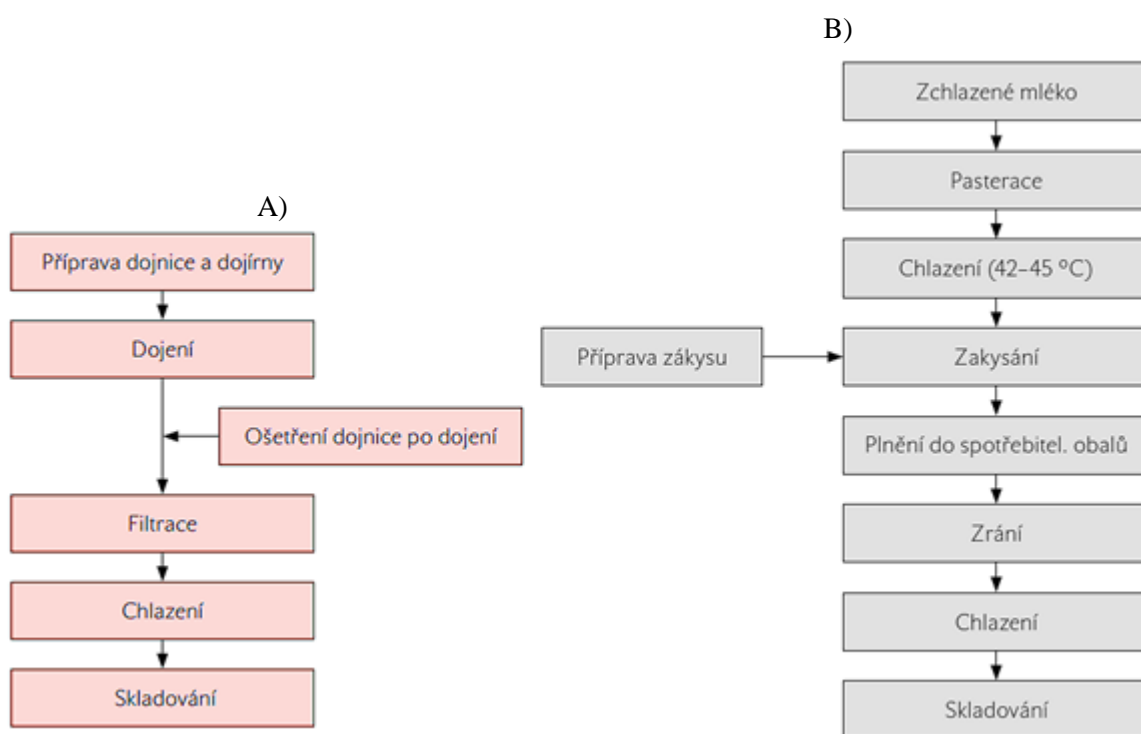
Spotřeba elektrické energie odpovídá technologii zpracování mléka. Na začátku podnikání se z hlediska pořizovacích nákladů uvažuje pořídit pouze jednu dojičku pro všechny kozy (Mini dojení DRIML 20 ASSK) a jednu dojičku pro dojnice (Přenosné konvové dojení pro skot PD 32 ASSS). Pro potřeby farmy je to do začátku dostačující. V případě rozšíření chovu by bylo vhodnější a efektivnější pořídit více dojiček pro kozy. Časová náročnost jednoho strojového dojení jedné krávy je cca 10 minut a jedné kozy je cca 2,5 minuty. Jedno podojení všech kusů koz a krav dohromady trvá tedy okolo jedné hodiny.



Obrázek 28: A) pastér MILKY FJ 45, B) Fermentační box [40], [62]

Nadojené mléko musí být ihned zchlazeno na teplotu cca 4° C. Z ekonomického hlediska a malého množství syrového mléka nebude mléko ochlazováno v chladícím tanku, ale bude po filtraci přelito do plastových či nerezových nádob a uskladněno ve vyhrazené lednici. Po vychlazení projde surové mléko tepelnou úpravou. Na mé farmě bude využita metoda tzv. šetrné pasterizace, kdy je mléko ohřáto na teplotu přibližně 72 °C po dobu 50 s v pastéru MILKY FJ 45 uvedeném na Obrázku 28.

Nejprve se zpasterizuje kozí mléko (35 l). Po vychlazení se 5 l kozího mléka stočí do litrových lahví a uskladní v lednici určené pro finální výrobky. Toto mléko je označováno v souladu s hygienickými předpisy jako čerstvé a má minimální trvanlivost 5 dní. Do zbylé části mléka v pasterizátoru se přidá syřidlo a po vysíření a další úpravě se z něho vyrobí sýry, které se nechají vyzrát v lednici. Poté se zpasterizuje kravské mléko (40 l). Jedna polovina, která je určena pro výrobu jogurtů, se odpustí do dvou nerezových hrnců, do kterých se přidají jogurtové kultury (termofilní bakterie mléčného kvašení). Na elektrickém sporáku se poté mléko v hrncích zahřeje a přelije do skleniček. Uzavřené skleničky se vloží do fermentačního boxu (jogurtovače) na dobu 4 až 5 hodin, který je znázorněn na Obrázku 28.



Obrázek 29: A) diagram získávání mléka, B) diagram výroby jogurtů [30]

Po fermentaci se skleničky vyndají, nechají se zchladnout a uskladní se do lednice s konečnými výrobky. Z druhé poloviny kravského mléka se vyrobí další sýry obdobným způsobem jako sýry kozí. Uvedené technologické postupy jsou přehledně zobrazeny na Obrázku 29 a v Příloze 3. [29], [30]

V Tabulce 7 je uveden přehled spotřeby elektřiny pro celou hospodářskou část farmy dohromady se zpracováním mléka a skladováním mléčných výrobků.

Tabulka 7: Spotřeba elektrické energie pro hospodářskou část farmy [zdroj vlastní]

Umístění	Spotřebič	Příkon (kW)	Doba provozu (h/den)	Spotřebovaná elektrická energie (kWh/den)
Ustájení	Osvětlení	0,740	3	2,220
Dojírna	Dojička pro kozy	0,350	1	0,350
	Dojička pro krávy	0,350	0,7	0,245
	Osvětlení	0,180	2,5	0,450
Zpracování mléka	Lednice pro surové mléko LIEBHERR GKVESF 4145	0,170	24	0,963
	Pasterizátor	4,000	3	12,000
	Fermentační box	0,150	4	0,600
	Elektrický sporák	1,500	2	3,000
	Lednice pro zrání sýrů LIEBHERR GKVESF 4145	0,170	24	0,963
	Lednice pro finální výrobky LIEBHERR FKVSL 5413 PREMIUM	0,200	24	1,364
	Osvětlení	0,232	4	0,928
Ostatní spotřeba		0,434	3	1,302
Celkem		8,476	-	24,385

2.3.2 Výpočet spotřeby tepla

Jak již bylo řečeno, předpokládám, že v obytné části bude bydlet čtyřčlenná rodina, pro kterou bude třeba zajistit dostatek teplé vody a tepelnou pohodu vhodným vytápěním.

Ohřev vody

Spotřeba teplé vody v rodinném domě na jeden den je přibližně 50 litrů na osobu. Pro čtyřčlennou rodinu vychází tedy spotřeba TV za den na 200 litrů. Spotřebu tepla na ohřátí této vody Q_d lze vypočítat pomocí kalorimetrické rovnice [36]:

$$Q_d = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = c \cdot \rho \cdot V_D \cdot (t_2 - t_1) \text{ (MJ)}, \quad (1)$$

kde:

Q_d ... teplo potřebné pro přípravu teplé vody v domě (MJ),

c ... měrná tepelná kapacita vody (4 182 J/kg K),

ρ ... hustota vody při střední teplotě (kg/m³),

V_d ... denní spotřeba teplé vody v domě (200 l = 0,2 m³),

t_2 ... teplota teplé vody (uvažuji 60 °C),

t_1 ... teplota studené vody (uvažuji 10 °C).

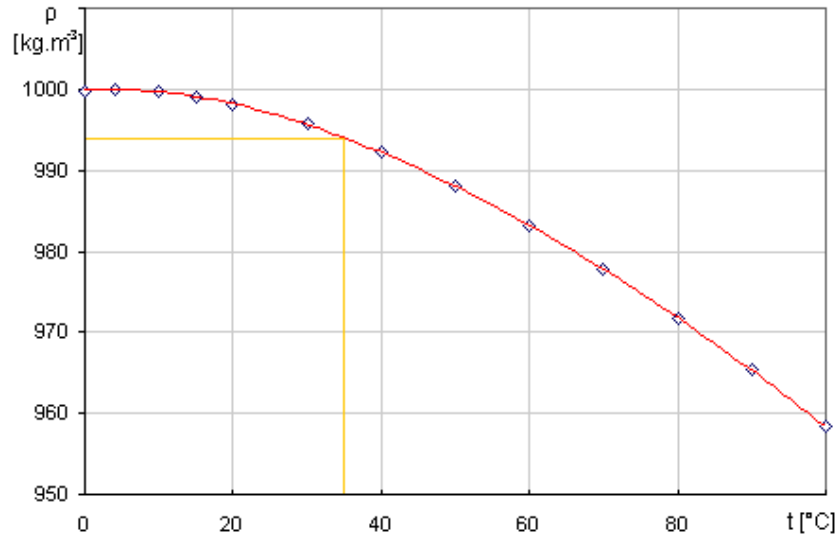
Pro určení hustoty vody potřebuji znát střední teplotu t , kterou vypočítám z teploty teplé a studené vody:

$$t = 0,5 \cdot (t_2 + t_1) = 0,5 \cdot (60 + 10) = 35 \text{ °C} \quad (2)$$

Hustotu vody při střední teplotě 35° C jsem odečetla z grafu, který je vidět na Obrázku 30. Její hodnota je 994 kg/m³.

Z výše uvedených parametrů vychází množství tepla potřebné pro přípravu teplé vody v domě:

$$Q_d = 4\,182 \cdot 994 \cdot 0,2 \cdot (60 - 10) = 41,569 \text{ MJ/den} \quad (3)$$



Obrázek 30: Závislost hustoty vody na teplotě [38]

Spotřebu TV v mléčnici a zázemí jsem odhadla na 120 litrů na den, což je 0,12 m³/den. Bude zde potřeba teplá voda na omývání vemen zvířat před dojením, vymývání a umývání různých nádob či k uklízení. Pomocí kalorimetrické rovnice opět vypočtu spotřebu tepla pro ohřev vody Q_m v těchto místnostech:

$$Q_m = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = c \cdot \rho \cdot V_m \cdot (t_2 - t_1) \text{ (MJ/den) ,} \quad (4)$$

kde:

Q_m ... teplo potřebné pro přípravu teplé vody v mléčnici a zázemí (MJ),

V_m ... denní spotřeba teplé vody v mléčnici a místnosti zázemí

$$Q_m = 4\,182 \cdot 994 \cdot 0,12 \cdot (60 - 10) = 24,941 \text{ MJ/den} \quad (5)$$

Výsledné teplo potřebné pro přípravu teplé vody na ekofarmě Q_{TV} pak vypočítám jako součet spotřeby tepla v obytném domě a tepla v mléčnici a zázemí:

$$Q_{TV} = Q_d + Q_m = 41,569 + 24,941 = 66,510 \text{ MJ/den} \quad (6)$$

Celková spotřeba TV na farmě je 320 litrů za den. Teplo potřebné pro ohřátí tohoto množství vody činí 66,51 MJ/den, což představuje 18,475 kWh/den, viz rovnice (7).

$$\frac{Q_{TV}}{3,6} = \frac{66,51}{3,6} = 18,475 \text{ kWh/den} \quad (7)$$

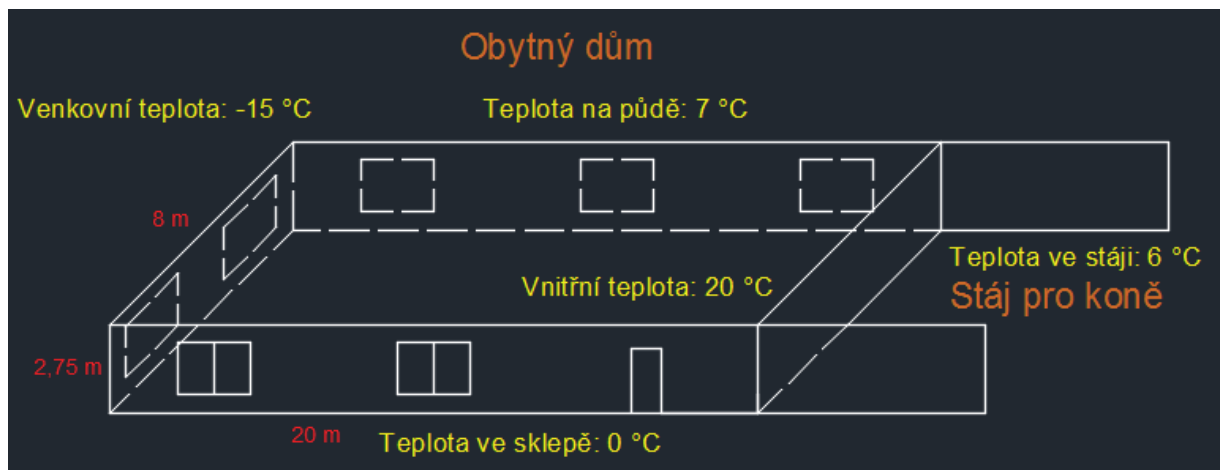
Vytápění

Potřebné teplo na vytápění domu i hospodářských stavení vypočítám pomocí Denostupňové metody, která vychází ze znalosti průběhů venkovních teplot stanovených z meteorologických údajů. Nejprve však musím určit celkové ztráty budov Q_c (W). Ty jsou dány součtem ztrát prostupem tepla Q_p (W) a ztrát větráním Q_v (W).

$$Q_c = Q_p + Q_v \text{ (W)} \quad (8)$$

Podklady k výpočtům potřebného tepla pro vytápění hospodářských budov jsem převzala z normy ČSN 73 0540-3 „Tepelná ochrana budov – Část 3: Navrhované hodnoty veličin“.

Na Obrázku 31 je vidět náčrtek obytného domu, pomocí kterého počítám tepelné ztráty. Většina teplot je vyhledána z normy [37]. Dům je podsklepen pod úroveň terénu. Odpovídající teplota uvnitř sklepu je 0 °C. Venkovní výpočtová teplota pro oblast Plzně a jejího okolí je 15 °C. Vnitřní navrhovanou teplotu uvažuji 20 °C, průměrnou teplotu ve stáji pro koně 6 °C a teplotu na půdě 7 °C. Jelikož není hlavním předmětem mojí bakalářské práce návrh vytápění, používám zjednodušení, kdy uvažuji celý obytný dům jako jednu místnost.



Obrázek 31: Obytný dům [zdroj vlastní]

Ztráty prostupem tepla Q_p (W) se vypočítají z rovnice:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \text{ (W)}, \quad (9)$$

kde:

Q_o ... základní tepelné ztráty (W),

p_1 ... přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí,

p_2 ... přírážka na urychlení zátopy,

p_3 ... přírážka na světovou stranu.

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 se vypočte dle níže uvedeného vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} (-), \quad (10)$$

kde:

S ... plocha konstrukcí (m^2),

t_i ... vnitřní navrhovaná teplota,

t_e ... venkovní výpočtová teplota uvedená v ($^{\circ}\text{C}$).

$$\sum S = (20 \cdot 2,75 \cdot 2) + (8 \cdot 2,75 \cdot 2) + (8 \cdot 20 \cdot 2) = 110 + 44 + 320 = 474 \text{ m}^2$$

„Přirážka na urychlení zátopy p_2 je uvažována (u bytové výstavby, nemocnic a podobně) pouze v případech, kdy ani za nejnižších venkovních teplot není možné zajistit nepřerušovanou dodávku tepla. Za normálních okolností se tato přírážka neuvažuje, protože za výpočtových podmínek (při venkovní výpočtové teplotě t_e) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

O výši přírážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované konstrukce v místnosti. V případě, kdy má místnosti dvě ochlazované konstrukce, rozhoduje poloha jejich společného rohu. V případě, kdy má místnosti tři nebo čtyři ochlazované konstrukce, počítáme s přírážkou nejvyšší.“ [41].

Tabulka 8: Světové strany k nim příslušná přírážka [41]

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Z výše uvedeného budu tedy počítat s p_2 rovným 0, a protože můj obytný dům má tři ochlazované konstrukce orientované na JZ, JV a SV, tak za p_3 dosadím 0,05.

Základní tepelná ztráta Q_o (W) se počítá pro každý typ konstrukce a je definovaná vztahem:

$$Q_o = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) \text{ (W)}, \quad (11)$$

kde:

U ... součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$),

S ... plocha konstrukce, tj. strop, stěna či podlaha (m^2).

Než vypočítám tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí, musím napřed spočítat součinitele prostupu tepla U ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$), který je dán rovnicí:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \text{ (W}/\text{m}^2 \text{K)}, \quad (12)$$

kde:

R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$),

R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$),

R ... odpor při přestupu stavebních konstrukcí ($\text{W m}^2 \text{K}$).

Tabulka 9: Odpory při přestupu tepla [37]

	Svislý povrch	Vodorovný povrch	
	Stěna	Střecha, strop	Podlaha
R_{si} ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)	0,13	0,10	0,17
R_{se} ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)	0,04	-	-

V Tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, tyto hodnoty jsou převzaté z normy ČSN 73 0540-3.

Dále je uveden výpočet součinitelů prostupu tepla pro podlahu, tři stěny v obvodovém plášti, stěnu přiléhající ke stáji a strop. Výpočet tepelných ztrát tedy i součinitelů prostupu tepla uvažují jen pro vnitřní obytnou část budovy, proto počítám u stropu a podlahy s odporem tepla na vnější straně rovným 0,04. Tím jsou ve výpočtu částečně zahrnuty i ztráty, které by vznikly při přestupu tepla střechou a podlahou stropu do okolního prostředí. Jak již bylo řečeno, při přesném návrhu by se musely počítat ztráty z každé místnosti zvlášť, tedy i ze sklepa a z půdy.

Součinitel prostupu tepla podlahou

Tabulka 10: Potřebný materiály pro podlahu [37]

Materiál	d (m)	λ_u (W/m K)	R (W/m² K)
Beton	0,220	1,23	0,179
Skelná vata	0,200	0,05	4,000
Dřevo	0,030	0,12	0,250
Linoleum	0,004	0,19	0,021

$$U_1 = \frac{1}{0,17 + 0,179 + 4 + 0,25 + 0,021 + 0,04} = \frac{1}{4,66} = 0,215 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Součinitel prostupu tepla třemi stěnami v obvodovém plášti budovy

Tabulka 11: Potřebný materiál pro stěny [37]

Materiál	d (m)	λ_u (W/m K)	R (W/m² K)
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
Pálená cihla	0,450	0,71	0,634
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017

$$U_2 = \frac{1}{0,13 + 0,017 + 0,634 + 0,017 + 0,04} = \frac{1}{0,838} = 1,193 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Součinitel prostupu tepla stěnou přiléhající ke stáji

Tabulka 12: Potřebný materiál pro stěny [37]

Materiál	d (m)	λ_u (W/m K)	R (W/m² K)
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
Pálená cihla	0,450	0,71	0,634
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017

$$U_3 = \frac{1}{0,13 + 0,017 + 0,634 + 0,017 + 0,13} = \frac{1}{0,928} = 1,078 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Součinitel prostupu tepla stropem

Tabulka 13: Potřebný materiál pro strop [37]

Materiál	d (m)	λ_u (W/m K)	R (W/m² K)
Vápenná omítka	0,015	0,88	0,017
Beton	0,220	1,23	0,179
Skelná vata	0,200	0,05	4,000
Dřevo	0,300	0,12	2,500

$$U_4 = \frac{1}{0,1 + 0,017 + 0,179 + 4 + 2,5 + 0,04} = \frac{1}{6,836} = 0,146 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Součinitel prostupu tepla okny

$$U_5 = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z normy jsem vybrala jednoduchá okna s izolačním čirým dvojsklem, pro která je součinitel prostupu 2,5 W/m² K.

Součinitel prostupu tepla dveřmi

$$U_6 = 5,65 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z normy jsem vybrala domovní venkovní kovové dveře s jedním sklem, pro které je součinitel prostupu 5,65 W/m² K.

- *Základní tepelná ztráta podlahou*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = 0^\circ\text{C}$
$$S_1 = 20 \cdot 8 = 160 \text{ m}^2$$
$$Q_{o1} = U_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 0,215 \cdot 160 \cdot (20 - 0) = 688 \text{ W}$$
- *Základní tepelná ztráta třemi stěnami v obvodovém plášti budovy*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = -15^\circ\text{C}$
$$S_2 = (2 \cdot 20 \cdot 2,75) + (8 \cdot 2,75) - (7 \cdot 2,28 \cdot 1,6) - (0,9 \cdot 2) = 104,664 \text{ m}^2$$
$$Q_{o2} = U_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_e) = 1,193 \cdot 104,664 \cdot (20 + 15) = 4\,370,245 \text{ W}$$
- *Základní tepelná ztráta stěnou přiléhající ke stáji*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = 6^\circ\text{C}$
$$S_3 = 8 \cdot 2,75 = 22 \text{ m}^2$$
$$Q_{o3} = U_3 \cdot S_3 \cdot (t_i - t_e) = 1,078 \cdot 22 \cdot (20 - 6) = 332,024 \text{ W}$$
- *Základní tepelná ztráta stropem*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = 7^\circ\text{C}$
$$S_4 = 20 \cdot 8 = 160 \text{ m}^2$$
$$Q_{o4} = U_4 \cdot S_4 \cdot (t_i - t_e) = 0,146 \cdot 160 \cdot (20 - 7) = 303,680 \text{ W}$$
- *Základní tepelná ztráta okny*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = -15^\circ\text{C}$
$$S_5 = 9 \cdot 2,28 \cdot 1,6 = 32,832 \text{ m}^2$$
$$Q_{o5} = U_5 \cdot S_5 \cdot (t_i - t_e) = 2,5 \cdot 32,832 \cdot (20 + 15) = 2\,872,800 \text{ W}$$
- *Základní tepelná ztráta dveřmi*
 - Uvažované teploty ve výpočtu: $t_i = 20^\circ\text{C}$ a $t_e = -15^\circ\text{C}$
$$S_6 = 0,9 \cdot 2 = 1,8 \text{ m}^2$$
$$Q_{o6} = U_6 \cdot S_6 \cdot (t_i - t_e) = 5,65 \cdot 1,8 \cdot (20 + 15) = 355,950 \text{ W}$$

Celková základní tepelná ztráta domu Q_{oD} (W) je sumou všech výše vypočítaných základních ztrát:

$$Q_{oD} = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + Q_{o4} + Q_{o5} + Q_{o6} = 688 + 4\,370,245 + 332,024 + 303,68 + 2\,872,800 + 355 = 8\,922,699 \text{ W} \quad (13)$$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_{1D} pak ze vztahu (10) vychází:

$$p_{1D} = 0,15 \cdot \frac{8\,922,699}{474 \cdot (20 + 15)} = 0,081$$

Ze vztahu (13) a všech předcházejících výpočtů vyplývají výsledné ztráty prostupem tepla Q_{pD} (W) pro rodinný dům:

$$Q_{pD} = 8\,922,699 \cdot (1 + 0,081 + 0 + 0,05) = 10\,091,573 \text{ W}$$

Ztráty větráním Q_v (W) se vypočítají z rovnice:

$$Q_v = 1\,300 \cdot \frac{\eta_h}{3\,600} \cdot V \cdot (t_i - t_e) \text{ (W)}, \quad (14)$$

kde:

Q_v ... tepelná ztráta větráním (W),

V ... vnitřní objem větraného vzduchu (m^3),

η_h ... intenzita výměny vzduchu (1/h) - pro obytné domy rovno 0,5 1/h)

t_i ... výpočtová teplota v interiéru (20 °C),

t_e ... výpočtová teplota venkovní (-15 °C).

Vnitřní objem větraného vzduchu obytného domu se vypočte jako násobek délky, šířky a výšky objektu, viz vzorec (15):

$$V = 20 \cdot 8 \cdot 2,75 = 440 \text{ m}^3 \quad (15)$$

Poté mohu dopočítat ztráty větráním Q_{vD} (W) pro rodinný dům:

$$Q_{vD} = 1\,300 \cdot \frac{0,5}{3\,600} \cdot 440 \cdot (20 + 15) = 2\,780,556 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty domu Q_{cD} (W) pak vypočtu jako součet ztrát prostupem tepla a ztrát větráním:

$$Q_{cD} = Q_{pD} + Q_{vD} = 10\,091,573 + 2\,780,556 = 12\,872,129 \text{ W} \quad (16)$$

Z celkových ztrát budovy mohou pak pomocí Denostupňové metody určit potřebné množství tepla pro vytápění rodinného domu za jeden rok. Jak bylo uvedeno na začátku této kapitoly, Denostupňová metoda vychází z meteorologických údajů venkovních teplot konkrétní lokality, ze kterých se stanoví počet dnů otopného období (či topných dnů) d a počet tzv. denostupňů D :

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}), \quad (17)$$

kde:

d ... počet dnů otopného období (tj. topných dnů),

t_{is} ... průměrná vnitřní teplota objektu (°C),

t_{es} ... střední venkovní teplota za otopné období (°C).

Počet dnů otopného období a počet denostupňů bude shodný pro oba dva vytápěné objekty. Pro zjištění hodnot jsem použila [42], kde jsem vybrala klimatická data z nejbližší meteorologické stanice Plzeň – Mikulka pro topnou sezónu 2013 až 2014. Průměrnou vnitřní teplotu ve všech vytápěných místnostech uvažuji 20 °C a průměrnou teplotu venkovního vzduchu za otopné období pro zahájení a ukončení dodávky tepla jsem dle normy zvolila 13 °C. Této průměrné venkovní teplotě vzduchu odpovídá střední venkovní teplota za otopné období $t_{es} = 3,6$ °C a počet dnů otopného období $d = 242$ dní, viz [43]. Počet denostupňů po dosazení hodnot veličin do vztahu (17) vychází:

$$D = 242 \cdot (20 - 3,6) = 3\,968,8 \text{ denostupně}$$

Celková roční potřeba tepla pro vytápění Q (kWh/rok) je definována vztahem:

$$Q = \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{t_i - t_e} \text{ (kWh/rok)}, \quad (18)$$

kde:

Q_c ... tepelná ztráta obytného domu (kW),

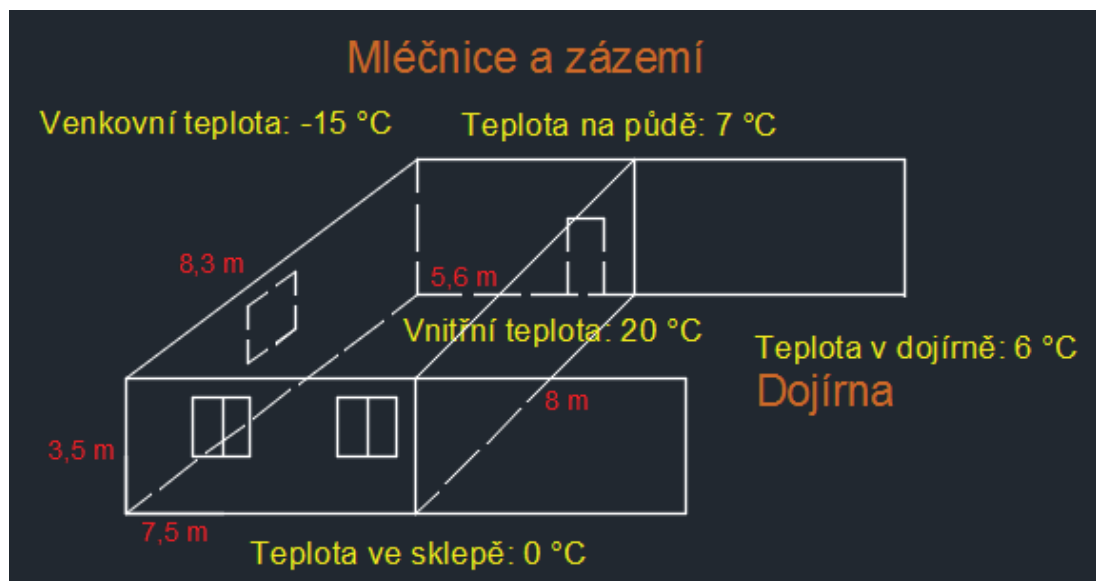
t_i ... výpočtová teplota v interiéru (20 °C),

t_e ... výpočtová teplota venkovní (-15 °C).

Pro rodinný dům je celková roční potřeba tepla pro vytápění Q_D (kWh/rok):

$$Q_D = \frac{24 \cdot Q_{cD} \cdot D}{t_i - t_e} = \frac{24 \cdot 12\,872,129 \cdot 3\,968,8}{20 + 15} = 35\,031 \text{ kWh/rok}$$

Podle stejného postupu uvedeného výše jsem vypočetla celkové tepelné ztráty v mléčnici a zázemí (Obrázek 32), kde bude také potřeba vytápění. Pro tento objekt uvádím pouze průběžné a konečné výsledky, které shrnuji v Tabulce 14.



Obrázek 32: Mléčnice a zázemí [zdroj vlastní]

Tabulka 14: Výsledné hodnoty ztrát v mléčnici a zázemí [zdroj vlastní]

	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U (W/m ² K)	Plocha (m ²)	Základní tepelné ztráty Q_0 (W)
Podlaha	0,215	52,40	225,320
Tři obvodové stěny	1,193	57,40	2 396,737
Jedna vnitřní stěna	1,078	28,00	422,576
Strop	0,146	52,40	99,455
Okna	4,500	6,75	1 063,125
Dveře	2,300	1,80	144,900
Cekem	-	-	4 352,113

Z celkových tepelných ztrát a znalosti celkové plochy konstrukce místností $190,2 \text{ m}^2$ určím přírůstek chladných ploch konstrukcí p_{1M} pro mléčnici a zázemí:

$$\sum S = (3,5 \cdot 3,1) + (3,5 \cdot 8,3) + (3,5 \cdot 5) + (3,5 \cdot 8) + (2 \cdot 52,4) = 190,200 \text{ m}^2$$

$$p_{1M} = 0,15 \cdot \frac{Q_{oM}}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} = 0,15 \cdot \frac{4\,352,113}{190,2 \cdot (20 + 15)} = 0,098$$

Poté vypočítám ztráty prostupem tepla v mléčnici a zázemí Q_{pM} (W):

$$\begin{aligned} Q_{pM} &= Q_{oM} \cdot (1 + p_{1M} + p_2 + p_3) = \\ &= 4\,352,113 \cdot (1 + 0,098 + 0 + 0,05) = 4\,996,226 \text{ W} \end{aligned}$$

Ztráty větráním v mléčnici a zázemí Q_{vM} (W), jejichž společný objem větraného vzduchu je $183,4 \text{ m}^3$, pak budou:

$$Q_{vM} = 1\,300 \cdot \frac{0,5}{3\,600} \cdot 183,4 \cdot (20 + 15) = 1\,158,986 \text{ W}$$

Celkové tepelné ztráty v mléčnici a zázemí Q_{cM} (W) jsou dány součtem výše uvedených ztrát:

$$Q_{cM} = Q_{pM} + Q_{vM} = 4\,996,226 + 1\,158,986 = 6\,155,212 \text{ W} \quad (19)$$

Pomocí Denostupňové metody dopočítám celkovou roční spotřebu tepla pro vytápění mléčnice a zázemí Q_M , viz rovnice (20). Počet denostupňů je pro celou farmu stejný, tzn. $D = 3\,968,8$ denostupňů. Jeho hodnota byla zjištěna výpočtem v rovnici (17).

$$Q_M = \frac{24 \cdot Q_{cM} \cdot D}{t_i - t_e} = \frac{24 \cdot 6\,155,212 \cdot 3\,968,8}{20 + 15} = 16\,751 \text{ kWh/rok} \quad (20)$$

Pro lepší přehlednost uvádím všechny výsledky z výše použitých vzorců v Tabulce 15.

Tabulka 15: Shrnutí výsledků [zdroj vlastní]

	Obytný dům	Mléčnice a zázemí	Celkem
Plocha konstrukcí $\sum S$ (m ²)	474	190,2	-
Ztráty prostupem tepla Q_p (W)	10 091,573	4 996,226	15 087,799
Ztráty větráním Q_v (W)	2 780,556	1 158,986	3 939,542
Celkové tepelné ztráty Q_c (W)	12 872,129	6 155,212	19 027,341
Celková roční spotřeba tepla pro vytápění (MWh/rok)	35,031	16,751	51,782
Celková roční spotřeba tepla pro ohřev TV (MWh/rok)	4,215	2,529	6,744

2.4 Návrh způsobu pokrytí spotřeby elektrické energie

V Tabulkách 5 a 7 v předchozí kapitole jsem vypočetla spotřebu elektrické energie pro moji farmu. Celková denní spotřeba elektrické energie v obytné i hospodářské části farmy činí 36,838 kWh/den. Z této vypočtené spotřeby navrhnu instalovaný výkon FVE a potřebný počet panelů.

2.4.1 Návrh fotovoltaické elektrárny

Pro návrh FVE je nutné znát konkrétní klimatické podmínky v obci Kníže, které lze zjistit z programu PVGIS a který dále využiji pro ověření ručního výpočtu v kapitole 3.1 týkající se energetického zhodnocení množství vyrobené elektrické energie. Množství dopadajícího slunečního záření H_h , H_{opt} , $H(90)$ (Wh/m²/den), optimální úhel naklonění FV panelů v průběhu roku I_{opt} (°) a průměrné měsíční hodnoty teploty T_{24h} (°C) jsou uvedeny v tabulce na Obrázku 33 a graficky jsou znázorněny v Příloze 4.

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h
Jan	767	1110	1080	60	-1.3
Feb	1500	2090	1920	56	-0.4
Mar	2950	3750	3020	47	3.3
Apr	4410	5010	3320	34	8.7
May	5160	5270	2920	20	13.5
Jun	5630	5510	2810	14	16.7
Jul	5390	5370	2850	17	18.5
Aug	4590	5000	3070	29	18.0
Sep	3290	3980	2990	42	13.3
Oct	1940	2630	2310	53	8.5
Nov	918	1310	1260	59	3.5
Dec	604	929	950	64	-0.4
Year	3100	3500	2380	34	8.5

Obrázek 33: Klimatické podmínky v dané lokalitě [46]

V návrhu FVE uvažují monokrystalické panely pro jejich vysokou účinnost. Zvolený panel od firmy Sunpower typ SPR-327NE-WHT (viz Příloha 5) má jmenovitý výkon 327 W_p a jeho účinnost je 20,1 %, což je nejvyšší účinnost, kterou dnes u jakýchkoliv fotovoltaických panelů můžeme na trhu najít. Rozměry jednoho panelu jsou 1 559 x 1 046 x 46 mm. Umístění panelů uvažují na střechy se sklonem 35° všech objektů na farmě. [31]

Ve fotovoltaickém systému vznikají ztráty, které je potřeba zahrnout do výpočtu. Takovéto ztráty vznikají například v měniči napětí nebo mohou nastat vlivem okolních teplot. Celkové ztráty se odhadují okolo 10 – 15 %. Pro můj výpočet jsem zvolila 15 %. [33]

$$\text{Odhadované ztráty} = \text{Spotřeba/den} \cdot \text{Odhadované ztráty v \%} \quad (21)$$

$$\text{Odhadované ztráty} = 36\,837,5 \cdot 0,15 = 5\,525,625 \text{ W}$$

$$\text{Denní spotřeba a ztráty} = \text{Spotřeba/den} + \text{Odhadované ztráty} \quad (22)$$

$$\text{Denní spotřeba a ztráty} = 36\,837,5 + 5\,525,625 = 42\,363,125 \text{ W}$$

$$\text{Počet FV panelů} = \frac{\text{Dení spotřeba a ztráty}}{\text{Výkon 1 FV panelu}} \quad (23)$$

$$\text{Počet FV panelů} = \frac{42\,363,125}{327} = 130$$

$$\text{Instalovaný výkon FVE} = \text{Počet FV panelů} \cdot \text{Výkon 1 FV panelu} \quad (24)$$

$$\text{Instalovaný výkon FVE} = 130 \cdot 327 = 42\,510 \text{ W}$$

S ohledem na velikost vypočteného instalovaného výkonu navržené FVE, který je 42 510 W, jsem vybrala střídač typu SMA Sunny Tripower 15 000 TL (Příloha 6) o výkonu 15 000 W. Pořídím tři takovéto střídače s tím, že navrženou FVE rozdělím na tři úseky, kde každý z úseků bude mít vlastní střídač. Pokud uvažuji, že navržená FVE bude připojena k ES, ale nebude z ní odebírán žádný výkon (splnění podmínky zadání bakalářské práce), pouze do ní případně dodávat přebytky vyrobené elektrické energie, tak musím vypočítat a navrhnout i akumulční zařízení. FVE bude využívána po celý rok sedm dní v týdnu. I proto je důležité pořídít akumulátory, které slouží k úschově elektrické energie pro pozdější použití. Kapacita akumulátoru musí být taková, aby pokryla napájení všech spotřebičů po celý týden. [34]

Zvolila jsem solární gelový akumulátor o napětí 12 V a kapacitě 200 Ah (Příloha 7). [35]

$$\text{Potřebné množství elektrické energie} = \text{Spotřeba/den} \cdot \text{Počet dnů} \quad (25)$$

$$\text{Potřebné množství elektrické energie} = 36\,837,5 \cdot 7 = 257\,862,5 \text{ Wh}$$

$$\text{Kapacita akumulátoru} = \frac{\text{Potřebné množství elektrické energie}}{\text{Napětí FV systému}} \quad (26)$$

$$\text{Kapacita akumulátoru} = \frac{257\,862,5}{12} = 21\,488,5 \text{ Ah}$$

$$\text{Počet akumulátorů} = \frac{\text{Kapacita akumulátoru}}{\text{Kapacita zvoleného akumulátoru}} \quad (27)$$

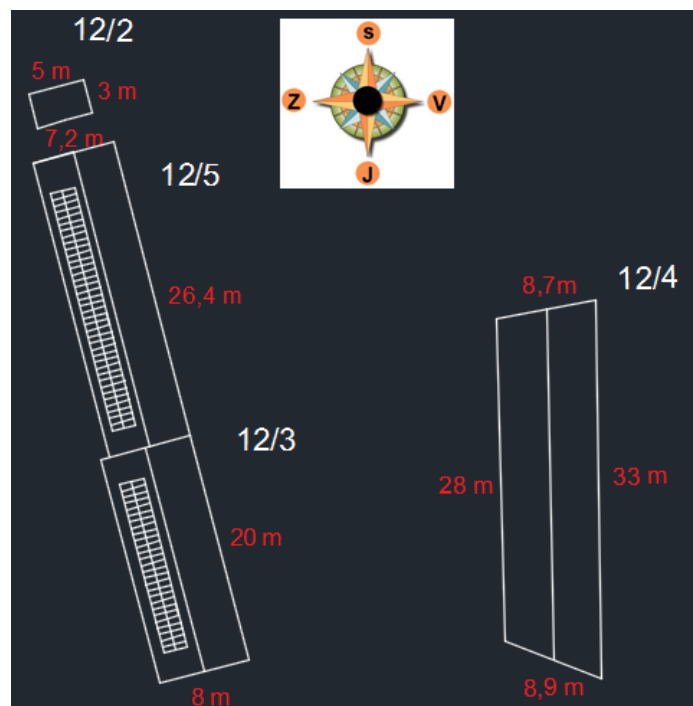
$$\text{Počet akumulátorů} = \frac{21\,488,5}{200} = 108 \text{ ks}$$

Všech 108 akumulátorů umístím do sklepa v obytném domě, kde je pro ně vyhrazen prostor.

Umístění fotovoltaických panelů

Na Obrázku 34 je znázorněno rozložení FVE na střechě objektů. Dohromady potřebuji 130 FV panelů. Na objektu 12/5 je umístěno 76 fotovoltaických panelů a na objektu 12/3 je jich 54.

Pro nejvyšší účinnost panelů je vhodné, aby byly nasměrovány na jih. Tuto možnost u mých objektů bohužel nemám. Pro umístění panelů jsem tedy zvolila střechy situované na jihozápad.



Obrázek 34: Rozložení FVE [zdroj vlastní]

2.5 Návrh způsobu pokrytí spotřeby tepla

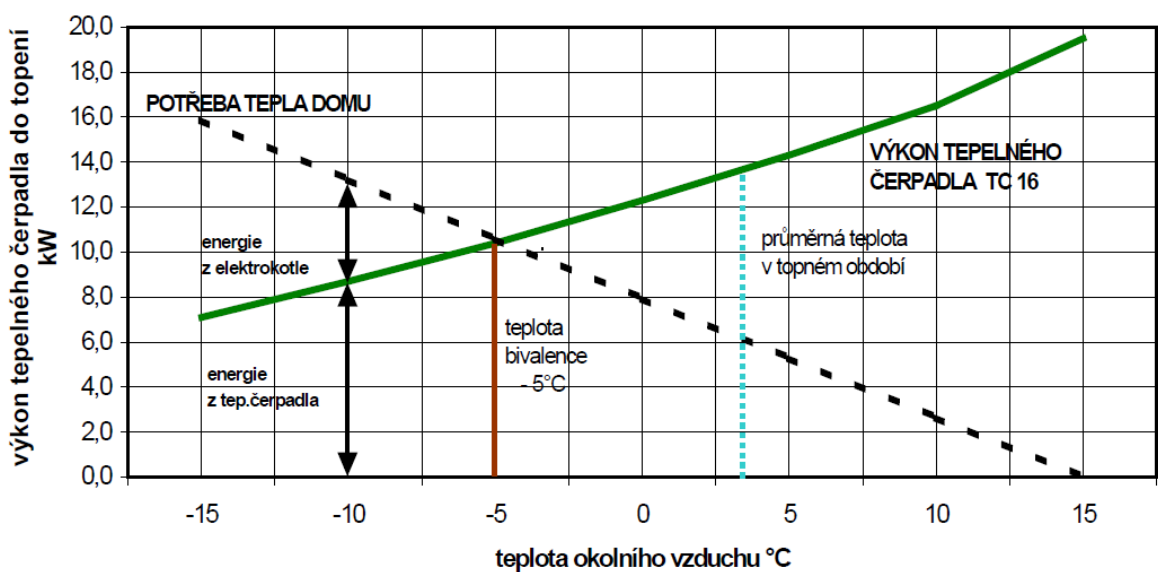
Celkovou roční spotřebu tepla pro vytápění obytného domu včetně mléčnice a zázemí a pro ohřev teplé vody jsem spočetla v kapitole 2.1. Výsledné hodnoty jsou vidět ve stejné kapitole v Tabulce 15. Spotřeba tepla na vytápění v obytném domě je 35,031 MWh/rok, v mléčnici a zázemí je to 16,751 MWh/rok. Celková roční spotřeba tepla pro vytápění pak vychází 51,782 MWh/rok. Celková roční spotřeba tepla na ohřev TV je 6,744 MWh/rok (obytný dům 4,215 MWh/rok, mléčnice a zázemí 2,259 MWh/rok).

Výše jsem jako hlavní OZE pro vytápění a ohřev TV zvolila tepelné čerpadlo. Vzhledem k možnosti umístění dalších FV panelů na střehu hospodářského objektu 12/4, navrhuji dvě varianty řešení:

- TČ jako monovalentní zdroj,
- hybridní systém zahrnující TČ pro vytápění a FVE pro elektrický ohřev TV.

V první uvažované variantě je TČ monovalentním zdrojem, který musí pokrýt veškeré ztráty a spotřebu tepla na vytápění i ohřev TV. Ve většině případů však tepelná čerpadla spolupracují v tzv. bivalentním zapojení s jiným druhem zdroje tepelné energie, nejčastěji to bývá elektrokotel nebo kotel na plyná, pevná či kapalná paliva, popřípadě FVE v kombinaci s elektrickým boilerem. Pro moji farmu navrhuji hybridní systém, kde TČ slouží pouze pro vytápění a ohřev TV je zajištěn FVE připojenou přímo na boiler. U bivalentního zapojení se TČ většinou navrhuje pouze na pokrytí tepelných ztrát v rozsahu 60 až 80 % v závislosti na typu použitého TČ a jeho provoznímu režimu. O správném nadimenzování systému TČ z hlediska výkonu a doby sepnutí druhého zdroje rozhoduje tzv. bivalentní bod či jinak nazývaný teplotou bivalence, která bývá okolo -5 až -2 °C. [47]

Jak je vidět na Obrázku 35, s rostoucí okolní teplotou klesá potřeba tepla domu a zároveň roste energie, kterou lze z TČ využít. Bod bivalence je tedy průsečíkem křivky udávající potřebu tepla domu a průběhu výkonu TČ. Při teplotě nižší, než je teplota bodu bivalence nedokáže TČ pokrýt spotřebu tepelné energie. V této oblasti je pak v provozu zároveň i druhý zdroj.



Obrázek 35: Pokrytí potřeby tepla rodinného domu [48]

Obě dvě uvažované varianty řešení navrhnu a vyhodnotím pomocí softwaru NTC (Návrh Tepelného Čerpadla), verze 1.0, který je k dispozici na internetových stránkách. [49]

V domě, mléčnici a zázemí je vytápění provedeno pomocí radiátorů s teplotním spádem 45/55 °C. V těchto případech není provoz TČ omezen maximální teplotou topné vody, je ovlivněn pouze jeho výkonem. [48]

2.5.1 Vytápění a ohřev TV tepelným čerpadlem

Jako první variantu pokrytí spotřeby tepla pro vytápění navrhuji využít tepelné čerpadlo. Mohu volit z několika typů TČ (viz kapitola 1.5.1). Protože v tomto případě uvažuji TČ v monovalentním provozu a je potřebné vyrobit značné množství tepelné energie, volím variantu TČ založeného na principu země/voda, konkrétně typ s vrty. Podpovrchový systém TČ nevyužiji, neboť předpokládám, že se po pozemku bude jezdit s traktorem, popř. manipulovat s těžkou technikou. Tím by hrozilo riziko poškození zařízení TČ.

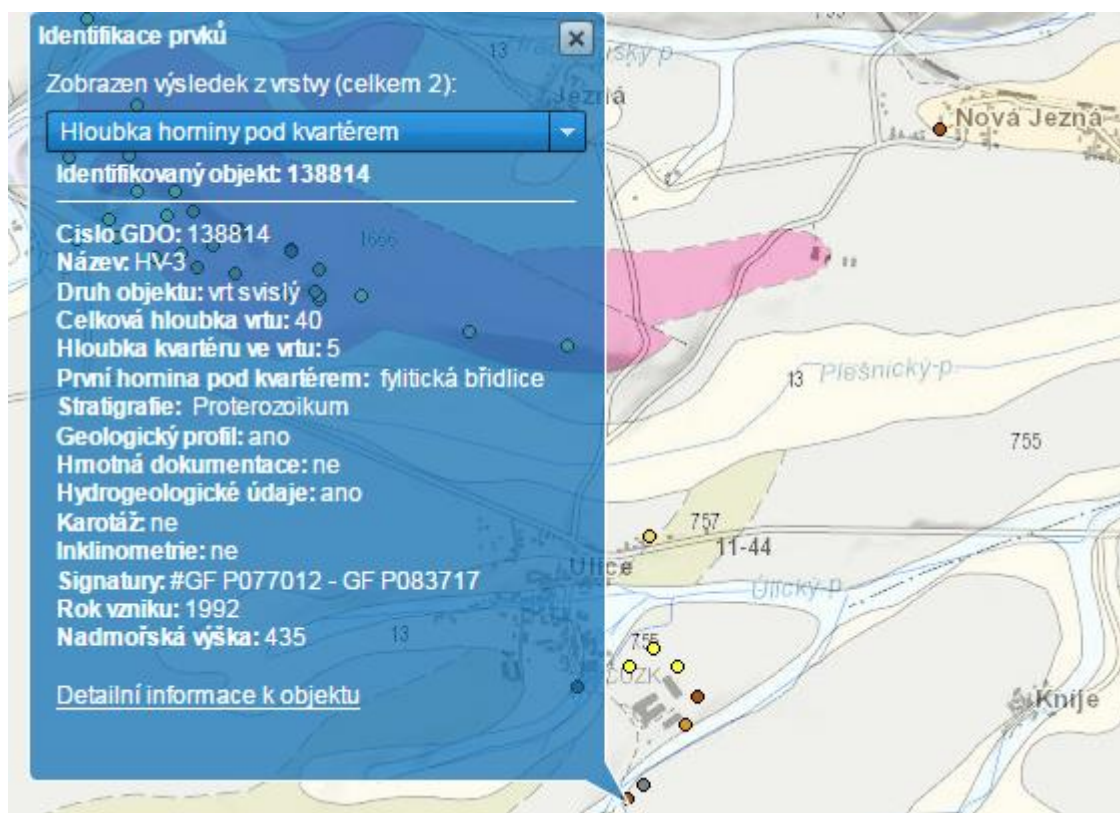
Při samotném návrhu je třeba nejprve vycházet z informací o geologickém podloží (viz obr. 36) v lokalitě umístění farmy. [44], [45]



Obrázek 36: Geologické podloží [50]

Důležitým sledovaným kritériem je tzv. měrný výkon jímání, který udává, jaký výkon je možné získat z vrtu o délce 1 m. Měrný výkon jímání závisí na složení hornin. Z [50] (viz Obrázek 37) předpokládám, že bude v mé lokalitě podobné složení jako v sousedních Úlicích, tj. fylitická břidlice. Po přesný výpočet a analýzu by se musel provést zkušební vrt. V dané lokalitě je tedy běžné podloží a vodou nasycený sediment s tepelnou vodivostí v uvedených mezích, tj. $1,5 < \lambda < 3,0 \text{ W/m K}$, kterému dle normy ČSN EN 15450 při době provozu TČ 1 800 h/rok odpovídá měrný výkon jímání 60 W/m. Pro dobu provozu 2 400 h/rok je měrný

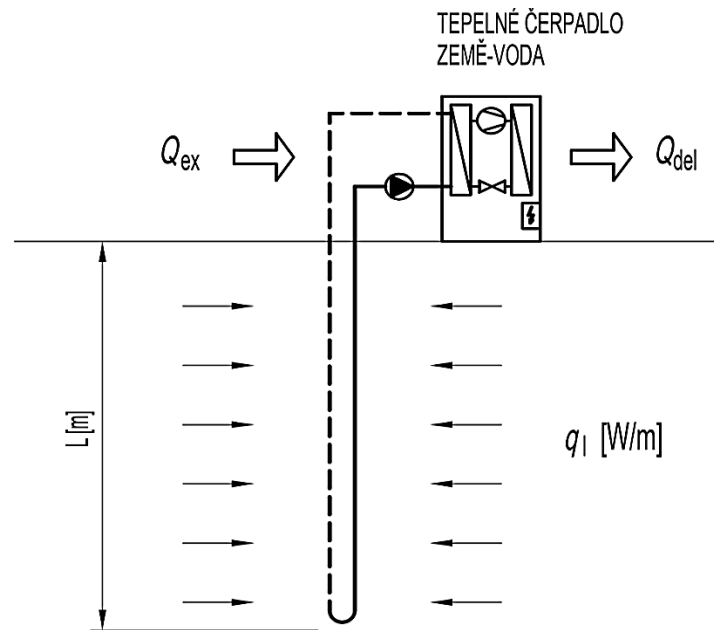
výkon jímání 50 W/m. Obvykle se doba provozu TČ pro vytápění volí 1 800 h/rok a pro vytápění a současný ohřev TV 2 400 h/rok. [45] Je tedy vidět, že lze v této oblasti použít TČ typu země/voda.



Obrázek 37: Mapa podloží v nedaleké vesnici Úlice [50]

Na Obrázku 38 je vidět konstrukce tepelného čerpadla země/voda. Pro tato TČ je potřeba zemní vrt, kam se instaluje kolektor. Většinou se jedná o plastové potrubí ve tvaru U, tato trubice je naplněna teplotnosnou kapalinou.

Nejdůležitějším a základním faktorem TČ je topný faktor (COP – Coefficient of Performance). Toto bezrozměrné číslo je ukazatelem energetické účinnosti zařízení. Dá se vypočítat jako poměr celoroční spotřeby elektřiny a celoroční výroby tepla. Běžně má topný faktor rozsah 2,5 – 5 a čím vyšší je, tím je provoz tepelného čerpadla účinnější. Ovšem dané číslo není stálé, mění se například dle počasí. Dalším důležitým faktorem TČ je sezónní topný faktor (SCOP – Seasonal Coefficient of Performance), ten se vypočte ze sezónní energetické účinnosti a udává se v %. Popisuje účinnost systému TČ v reálných podmínkách během jednoho roku. [52], [53], [54]



Obrázek 38: Schéma odběru tepla zemní sondou ze zemního masívu [45]

Hloubka vrtu a tím i délka zemní sondy L (m) se dá vypočítat podle vzorce (28), nejčastěji se dělají vrty o délce 50 – 150 metrů.

$$L = \frac{1000 \cdot \phi_{ch}}{q_j} \text{ (m)}, \quad (28)$$

kde:

Φ_{ch} ... chladicí výkon výparníku (kW)

q_j ... měrný výkon jímání (W/m)

Chladicí výkon výparníku můžu vypočítat ze znalosti topného výkonu Φ_{TC} a topného faktoru COP (-) [45]:

$$\phi_{ch} = \phi_{TC} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP}\right) \text{ (kW)} \quad (29)$$

Celková roční spotřeba tepla na mnou řešené farmě je 58,526 MWh/rok a celkové tepelné ztráty jsou 19,027 kW. Vybrala jsem výkonově největší tepelné čerpadlo, které bylo ve výše uvedeném softwaru dostupné, tzn. Stiebel Eltron WPF cool 16, které má při jmenovitých podmínkách B0/W35 (teplota na vstupu do výparníku 0 °C a na výstupu z kondenzátoru 35 °C) tepelný výkon 16,9 kW, topný faktor $COP = 4,32$ a teplotní spád topné vody 5 K. Ostatní parametry lze nalézt v technickém listu v Příloze 8.

Chladicí výkon výparníku pak vychází:

$$\phi_{ch} = 16\,900 \cdot \left(1 - \frac{1}{4,32}\right) = 12,988 \text{ kW}$$

A z toho potřebná délka sondy je:

$$L = \frac{1000 \cdot 12,988}{50} = 260 \text{ m}$$

Dle normy ČSN EN 15450 je maximální délka jedné sondy 100 m. Vycházejí tedy celkem tři sondy, každá o délce 87 m. Navržený systém čerpadla je energeticky zhodnocen v kapitole 3.2.1.

2.5.2 Vytápění a ohřev TV hybridním systémem

Tato varianta předpokládá vytápění objektu tepelným čerpadlem a ohřev teplé vody fotovoltaickými panely, které se připojí k akumulární nádrži (bojleru). Jedna nádrž o objemu 200 litrů bude umístěna v obytném domě, typ ohříváče vody jsem vybrala LX ACDC/M+K 200. Druhá nádrž o objemu 160 litrů bude situovaná v mléčnici. Jelikož je potřeba teplé vody v mléčnici a zázemí menší, vybrala jsem ohříváč vody typu LX ACDC/M+K 160. Oba tyto typy bojlerů mají stejný příkon a to 2 kW. Rozdíl je pouze v objemu vody, váze a rozměrech. [51]

Pro určení počtu potřebných fotovoltaických panelů lze využít vzorec:

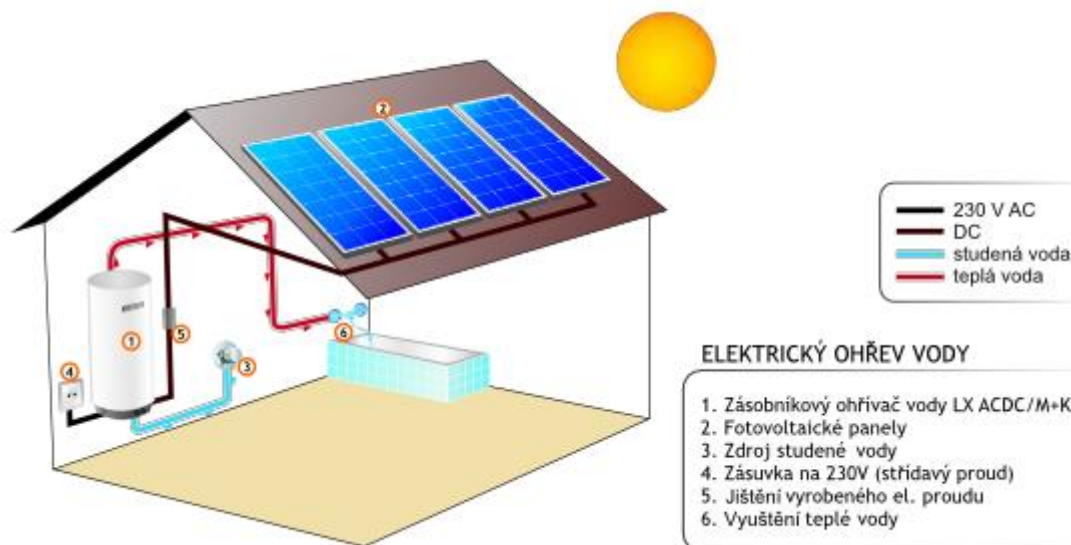
$$\text{Počet FV panelů} = \frac{\text{Požadovaný výkon}}{\text{Výkon 1 FV panelu}} \quad (30)$$

$$\text{Počet FV panelů} = \frac{2\,000}{327} = 7$$

$$\text{Instalovaný výkon FVE} = \text{Počet panelů} \cdot \text{Výkon 1 FV panelu} \quad (31)$$

$$\text{Instalovaný výkon FVE} = 7 \cdot 327 = 2\,289 \text{ W}$$

Na Obrázku 39 je znázorněno schéma ohřevu vody.



Obrázek 38: Schéma ohřevu vody [51]

Pro ohřev vody v obytném domě i mléčnici a zázemí je tedy potřeba nainstalovat na každou střechu daného objektu 7 fotovoltaických panelů.

Protože je spotřeba tepla na ohřev TV v porovnání s množstvím teplem potřebného pro vytápění cca osmkrát nižší, volím pro vytápění objektu stejné tepelné čerpadlo jako v kapitole 2.5.1, kde je podrobně popsáno, tedy Stiebel Eltron WPF cool 16.

3 Energetické a ekonomické posouzení návrhů

3.1 Energetické zhodnocení FVE

Množství vyrobené elektrické energie z mnou navržené FVE jsem zjistila z programu PVGIS, který je dohledatelný na internetové adrese [46]. V Příloze 9 je vidět zadání vstupních parametrů tohoto programu, kterými jsou GPS souřadnice, instalovaný výkon, odhadované ztráty, sklon panelů a jejich umístění. Umístění FVE jsem podle skutečné situace (viz Obrázek 34) zadala na střeše se sklonem 35°. Azimut jsem určila jako 75°, jelikož vím, že na východě je -90° a na jihu 0°. Zastínění panelů jsem uvažovala nulové.

Na Obrázku 40 je vidět tabulka s výslednými hodnotami, tj. průměrnou denní E_d (kWh) a měsíční E_m (kWh) vyrobenou elektrickou energií a průměrným denním H_d (kWh/m²) a měsíčním H_m (kWh/m²) součtem globálního záření na metr čtvereční, vygenerovaná použitým programem.

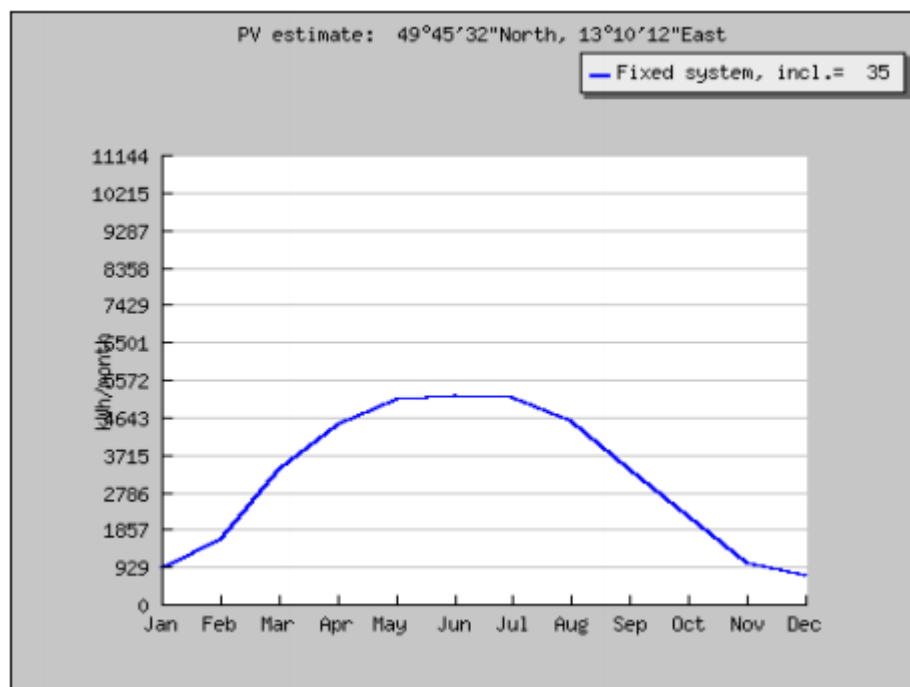
Fixed system: inclination=35 deg., orientation=75 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	26.90	833	0.82	25.4
Feb	52.50	1470	1.59	44.5
Mar	98.30	3050	3.04	94.3
Apr	136.00	4080	4.40	132
May	149.00	4630	4.95	154
Jun	158.00	4730	5.32	160
Jul	151.00	4680	5.13	159
Aug	134.00	4140	4.49	139
Sep	102.00	3060	3.33	99.8
Oct	64.30	1990	2.04	63.1
Nov	31.40	942	0.98	29.4
Dec	21.30	661	0.66	20.5
Year	93.90	2860	3.07	93.3
Total for year		34300		1120

Obrázek 39: Výsledné hodnoty vyrobené elektřiny a globálního záření [46]

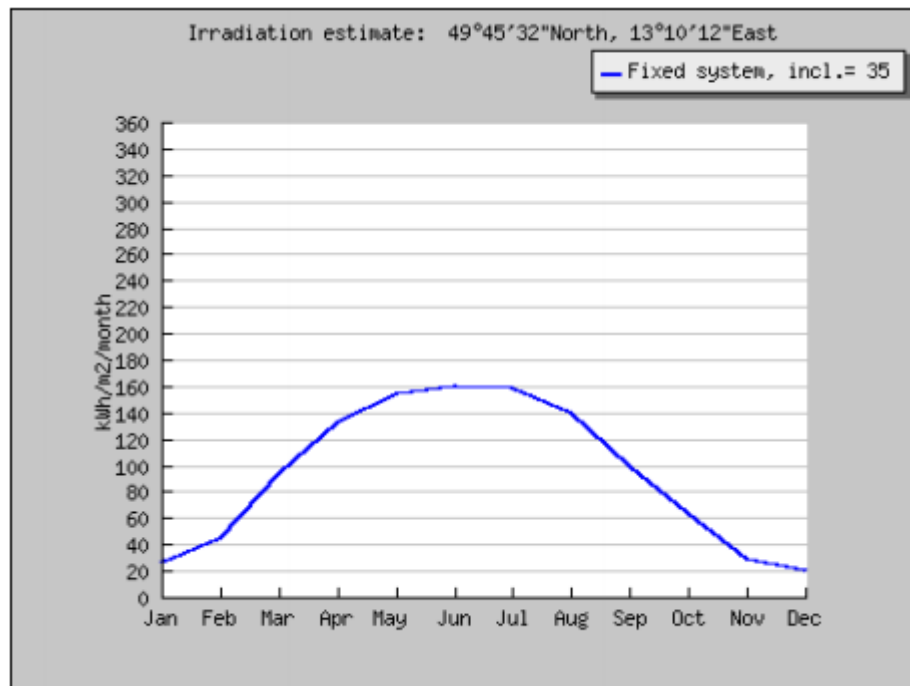
Množství vyrobené elektrické energie za rok je 34,300 MWh, tím je pokryta celková roční spotřeba elektrické energie na farmě, která činí 13,446 MWh. Dalo by se říci, že FVE bude dodávat více energie, než je potřebné. Ale jak je vidět z Obrázku 40, průměrná hodnota

vyrobené elektrické energie za den v lednu, listopadu a prosinci je nižší než 36,838 kWh spotřebované energie za den. Z pohledu roční bilance je elektrárna předimenzována, ale z hlediska dne je poddimenzována. V návrhu jsem počítala s odhadnutými 15 % ztrátami systému FVE, zatímco program PVGIS spočítal, že celkové ztráty budou 27,7 %. V ručním výpočtu jsem uvažovala ideální stav a jmenovitý výkon panelů (W_p), tj. orientaci panelů na jih (nulový azimut), teplotu okolního prostředí 25 °C, průzračnost atmosféry AM = 1,5 a intenzitu slunečního záření 1 000 W/m², která dopadá kolmo na povrch panelů. Výpočet v programu zahrnuje i ztráty způsobené nenulovým azimutem, tj. natočením panelů na jinou než jižní světovou stranu, odlišnou teplotou a intenzitou záření. Výsledné hodnoty jsou proto přesnější a mnou navržených 130 fotovoltaických panelů nestačí na pokrytí denní spotřeby elektrické energie v zimním období. Danou situaci bych ale mohla řešit tím, že díky řízené reprodukci v listopadu a v prosinci se omezí zpracování mléka a mléčných výrobků na minimum a nebude tedy chybět žádná elektrická energie na provoz farmy. Rovněž mohu využívat navržené akumulátory.

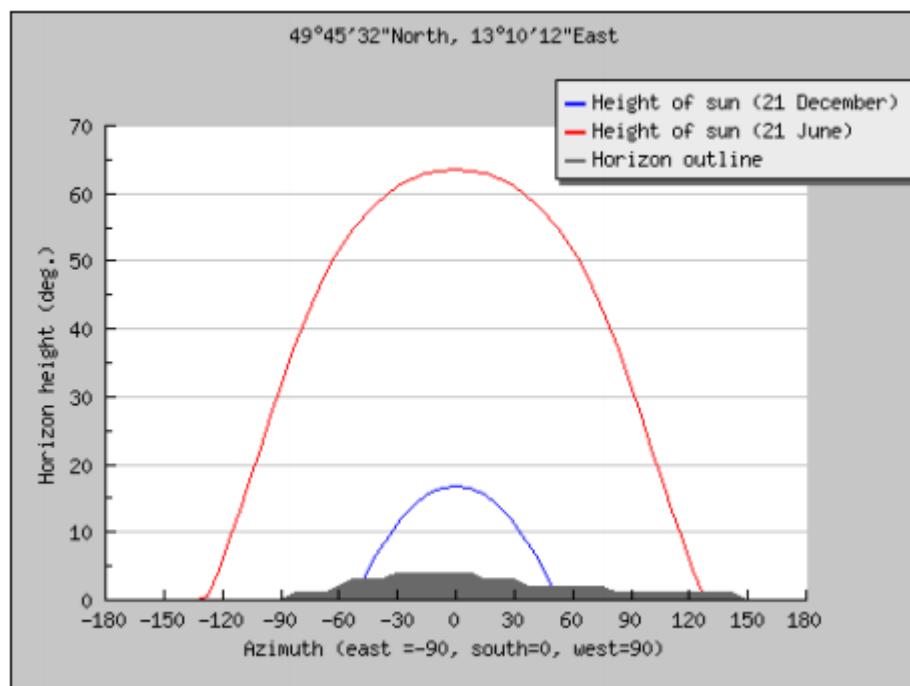
Na Obrázcích 41, 42 a 43 je zobrazena elektrická energie vyrobená FVE v jednotlivých měsících, dopadající sluneční energie na nakloněnou rovinu panelů a výška slunce nad horizontem během roku.



Obrázek 40: Vyrobená elektrická energie v jednotlivých měsících [46]



Obrázek 41: Dopadající sluneční energie na nakloněnou rovinu panelů [46]



Obrázek 42: Obrys obzoru sluneční dráhy při letním a zimním slunovratu [46]

Pokud by FVE měla pokrýt denní spotřebu bez omezení produkce zemědělské výroby, tak dle výsledků z programu PVGIS, které jsou uvedeny v tabulce na Obrázku 44, by bylo

třeba nainstalovat celkem 220 panelů. Elektrárna s 220 FV panely a instalovaným výkonem 71,940 kW_p podle PVGISu vyrobí 60,600 MWh/rok.

Fixed system: inclination=35 deg., orientation=75 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	29.30	909	0.82	25.4
Feb	57.30	1610	1.59	44.5
Mar	107.00	3330	3.04	94.3
Apr	149.00	4460	4.40	132
May	163.00	5060	4.95	154
Jun	172.00	5170	5.32	160
Jul	165.00	5110	5.13	159
Aug	146.00	4530	4.49	139
Sep	112.00	3350	3.33	99.8
Oct	70.30	2180	2.04	63.1
Nov	34.30	1030	0.98	29.4
Dec	23.30	722	0.66	20.5
Year	103.00	3120	3.07	93.3
Total for year		37400		1120

Obrázek 43: Výsledné hodnoty pro FVE s 220 panely [46]

Jak je patrné z Obrázku 34, na střechách je ještě dostatečné místo na jejich umístění. Ale vzhledem k nízké výkupní ceně elektrické energie z nově postavených FVE nebudu tuto variantu uvažovat, viz ekonomické zhodnocení v kapitole 3.3.1.

3.2 Energetické posouzení vytápění a ohřevu TV

3.2.1 Energetické zhodnocení návrhu TČ

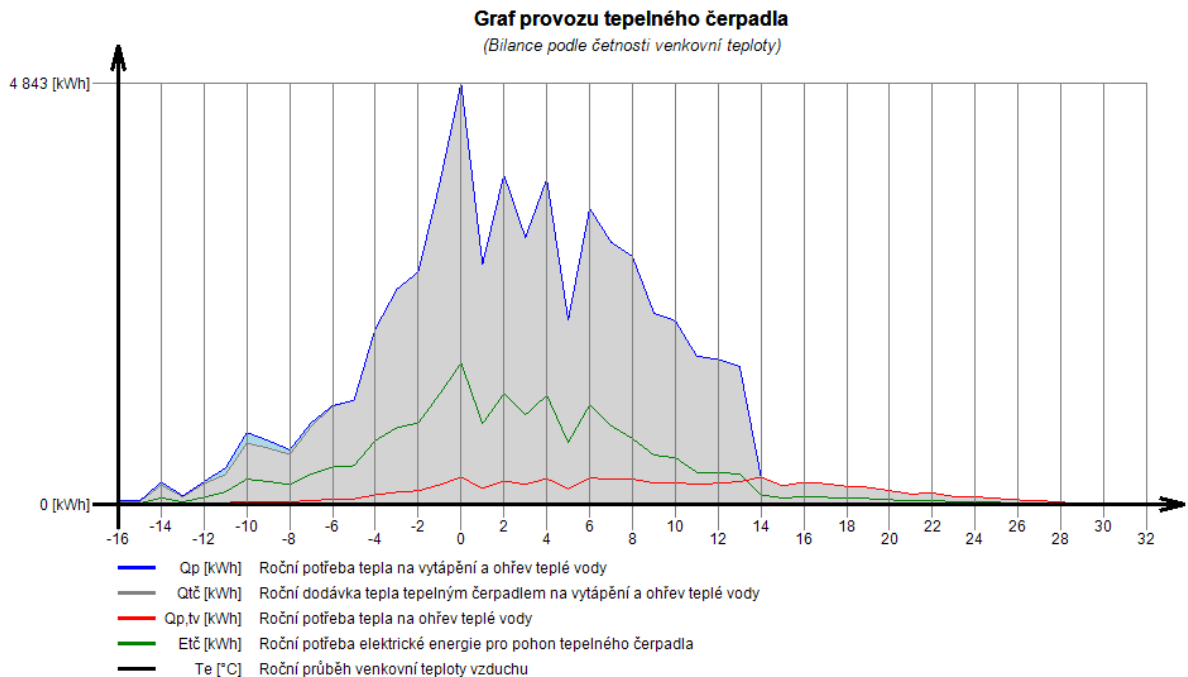
Roční potřeba tepla na ohřev TV a vytápění je 58 526 kWh/rok. Z použitého softwaru NTC po návrhu tepelného čerpadla vyšlo, že roční dodávka tepla TČ je 57 976 kWh/rok, viz Obrázek 45 a Příloha 10, ve které jsou vidět i vstupní parametry. Je tedy potřeba dodávat teplo doplňkovým zdrojem a to 550 kWh/rok. Pokud by TČ mělo být monovalentním zdrojem tepla, muselo by pokrýt 100 % tepelné ztráty budov. V mém případě by tedy tepelné čerpadlo mělo mít nejlépe instalovaný výkon cca 19 kW. Já jsem v daném softwaru měla nejvyšší možný tepelný výkon TČ 16,5 kW, tím roční pokrytí potřeby tepla je jen 99,06 %.

VYPOČTENÉ HODNOTY

Počet hodinostupňů za otopné období	: DH,rok	=	92329	[K·hod]
Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT	: Qp,rok	=	58526	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla TČ na ohřev TV a VYT	: Qtč,rok	=	57976	[kWh/rok]
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla	: Qd,rok	=	550	[kWh/rok]
Roční potřeba elektrické energie pro pohon TČ	: Etč,rok	=	17042	[kWh/rok]
Roční potřeba el.energie pro pohon pomoc.zařízení	: Epom,rok	=	1718	[kWh/rok]
Roční pokrytí potřeby tepla z TČ na ohřev TV a VYT:	f	=	99,06	[%]
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla	: SPF,tč	=	3,40	[-]
Sezónní topný faktor celé soustavy	: SPF	=	3,09	[-]

Obrázek 44: Výsledné hodnoty z programu pro výpočet tepelného čerpadla [49]

Na Obrázku 46 je znázorněn graf provozu tepelného čerpadla, kde světle modrá barva v levé části grafu znázorňuje právě potřebných 550 kWh/rok. Další grafy jsou uvedeny v Příloze 11.



Obrázek 45: Provoz tepelného čerpadla [49]

Nejdůležitějším parametrem k posouzení správnosti návrhu TČ je sezónní topný faktor, který vyšel $SCOP_{tč} = 3,4$, a sezónní topný faktor celé soustavy $SCOP = 3,09$. Dle normy pro projektování tepelných soustav s tepelnými čerpadly ČSN EN 15450 by minimální hodnota $SCOP$ soustavy s TČ země/voda měla být pro novostavby 3,3 a pro renovované domy 3,5. [58] Uvedené hodnoty z normy jsou pouze informativní. Mnou navržená soustava sezónní topný faktor nesplňuje, nejspíš protože jsem neměla k dispozici TČ o větším tepelném výkonu

a zároveň jsem elektrický příkon pomocných zařízení pro vytápění (500 W) a ohřev TV (300 W) volila pouze odhadem.

Raději tedy navrhuji zvolit čerpadlo s tepelným výkonem cca 19 kW pro monovalentní zapojení, nebo ponechat stávající čerpadlo, a aby nebylo přetíženo, tak k němu zapojit další zdroj tepelné energie. Například by to mohl být elektrický boiler napájený FVE či kotel na tuhá paliva.

3.2.2 Energetické zhodnocení návrhu hybridního systému

K ověření výpočtu množství elektrické energie vyrobené pomocí navrženého hybridního systému (viz kapitola 2.5.2) jsem opět využila program PVGIS. Vstupní hodnoty jsou podobné jako v kapitole 3.1, změnil se pouze instalovaný výkon (zde je 2,289 kW) a azimut, který jsem v tomto případě volila 90°, protože první systém FV panelů bude umístěn na objekt 12/4 na části střechy směřující na západ (případ s většími ztrátami, než je druhý FV systém umístěný na obytném domě situovaném na jihozápad).

Na Obrázku 47 je uvedena tabulka s výslednými hodnotami generovanými programem, ze kterých je vidět, že množství vyrobené elektrické energie z jednoho systému o 7 FV panelech je 1,75 kWh/rok.

Fixed system: inclination=35 deg., orientation=90 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.25	38.7	0.73	22.6
Feb	2.52	70.4	1.43	40.0
Mar	4.88	151	2.80	86.8
Apr	6.96	209	4.15	125
May	7.81	242	4.78	148
Jun	8.32	250	5.19	156
Jul	7.94	246	4.99	155
Aug	6.89	213	4.28	133
Sep	5.13	154	3.09	92.8
Oct	3.12	96.8	1.84	57.2
Nov	1.48	44.4	0.88	26.3
Dec	0.96	29.9	0.58	18.0
Year	4.78	145	2.90	88.3
Total for year		1750		1060

Obrázek 46: Výsledné hodnoty pro FVE se 7 panely [46]

Výsledné hodnoty z programu pro bilanční výpočet tepelného čerpadla v intervalu jednoho roku jsou vidět na Obrázku 48. Zde je patrné, že navržené tepelné čerpadlo 100 % pokryje potřebu tepla. Není tedy potřeba dodávat teplo doplňkovým zdrojem a sezónní topný faktor navržené soustavy vytápění splňuje hodnoty v normě a TČ již není přetíženo, jak bylo v předchozím případě. To bude mít i vliv na životnost čerpadla, protože nebude kompresor tak často spínán.

VYPOČTENÉ HODNOTY

Počet hodinostupňů za otopné období	: DH,rok	=	96360	[K·hod]
Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT	: Qp,rok	=	51782	[kwh/rok]
Roční dodávka tepla TČ na ohřev TV a VYT	: Qtč,rok	=	51782	[kwh/rok]
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla	: Qd,rok	=	0	[kwh/rok]
Roční potřeba elektrické energie pro pohon TČ	: Etč,rok	=	10153	[kwh/rok]
Roční potřeba el. energie pro pohon pomoc. zařízení	: Epom,rok	=	1407	[kwh/rok]
Roční pokrytí potřeby tepla z TČ na ohřev TV a VYT:	f	=	100,00	[%]
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla	: SPF,tč	=	5,10	[-]
Sezónní topný faktor celé soustavy	: SPF	=	4,48	[-]

Obrázek 47: Výsledné hodnoty z programu pro výpočet tepelného čerpadla

3.3 Ekonomická analýza FVE a TČ

V Tabulkách 16 a 17 jsou uvedeny pořizovací náklady první varianty zajištění pokrytí spotřeby elektrické energie a tepla, kde elektrická energie je dodávána pomocí FVE, vytápění a ohřev teplé vody jsou zajištěny pomocí TČ. Celkové investiční náklady jsou v tomto případě po součtu nákladů na pořízení FVE a TČ 4 287 961 Kč.

Tabulka 16: Celkové investiční náklady na elektrické energie pomocí FVE [zdroj vlastní]

Výrobek	Počet (ks)	Cena za kus (Kč)	Cena celkem (Kč)
FV panel SunPower SPR.327NE-WHT	130	11 967	1 555 710
Solární gelový akumulátor 200Ah	108	14 278	1 542 024
Konstrukce pro FV panely	130	1 850	240 500
Střídač SMA Sunny Tripower 15 000 TL	3	101 207	303 621
Ostatní náklady	-	-	10 000
Celkem	-	-	3 651 855

Tabulka 17: Celkové investiční náklady na výrobu tepla při ohřevu vody a vytápění TČ [zdroj vlastní]

Výrobek	Počet (ks)	Cena za kus (Kč)	Cena celkem (Kč)
Tepelné čerpadlo – Stiebel Eltron WPF cool 16	1	262 776	262 776
Digitální dálkové ovládání – FEK	1	3 745	3 745
Akumulační zásobník – SBP 400 E cool	1	23 508	23 508
Rozdělovač primárního okruhu – WPSV 25-4	2	17 702	35 404
Teplonosná kapalina	5	4 259	21 295
Kompaktní instalace WPKI pro akumulční zásobníky SPB 400 – WPKI 6	1	6 401	6 401
Příslušenství k přípravě teplé vody – SBB 302 WP	1	48 677	48 677
Ostatní náklady	-	-	15 000
Výrobek	Počet (m)	Cena za 1 m (Kč)	Cena celkem (Kč)
Vrt	258	850	219 300
Celkem	-	-	636 106

Při druhé variantě pokrytí spotřeby elektřiny a tepla je opět elektrická energie dodávána pomocí výše zmíněné FVE, tj. pořizovací náklady jsou stejné jako v prvním případě a jsou uvedeny v Tabulce 16. Vytápění je zajištěno rovněž pomocí téhož TČ jako v první variantě, proto jsou i zde pořizovací náklady stejné (viz Tabulka 17). Ohřev TV je realizován pomocí dvou FV systémů o 7 panelech umístěných na střechách příslušných budov, jejichž investiční náklady jsou uvedeny v Tabulce 18. Pro druhou variantu jsou celkové investiční náklady 4 532 199 Kč.

Rozdíl pořizovacích nákladů na zařízení využitá v obou navržených variantách je dán navýšením částky způsobeným připojením dalšího systému, který zajišťuje ohřev teplé vody v případě druhé varianty, a je proto roven investičním nákladům na tuto část hybridního, tj. asi 250 000 Kč.

Tabulka 18: Investiční náklady spojené s ohřevem TV pomocí FV panelů a bojleru [zdroj vlastní]

Výrobek	Počet (ks)	Cena za kus (Kč)	Cena celkem (Kč)
FV panel SunPower SPR.327NE-WHT	14	11 967	167 538
Konstrukce pro FV panely	14	1 850	25 900
Ohřívač vody LX ACDC/M+K 160	1	17 400	17 400
Ohřívač vody LX ACDC/M+K 200	1	18 400	18 400
Ostatní náklady	-	-	15 000
Celkem	-	-	244 238

3.3.1 Ekonomické zhodnocení FVE

Od ledna roku 2014 se nově připojené FVE nepodporují ze strany státu ani výhodně nastavenou cenou při výkupu elektrické energie, ani zelenými bonusy. Jedinou možností, jak prodávat přebytečnou elektrickou energii, je na základě smlouvy přímo s některým z obchodníků. Tržní cena se v tomto případě pohybuje okolo 0,3 Kč/kWh, což by se finančně rozhodně nevyplatilo, proto je výpočet doby návratnosti investice pro tento případ zbytečný. [56]

Ekonomicky mohu navrženou FVE posoudit na základě porovnání varianty energeticky soběstačné ekofarmy s variantou, kdy všechnu spotřebovanou elektrickou energii odeberu z distribuční soustavy. Současná cena, kterou zaplatí spotřebitel za elektrickou energii je přibližně 4 Kč/kWh. [63] Proto provozní náklady farmy na dodávku elektřiny ze sítě, které představují v mém případě ušetřenou částku, mohu určit jako:

$$\text{Provozní náklady} = \text{Cena za 1 MWh} \cdot \text{spotřeba elektřiny/rok} \quad (32)$$

$$\text{Provozní náklady} = 4\,000 \cdot 13,446 = 53\,784 \text{ Kč/rok}$$

Ekonomickou efektivnost investice zhodnotím na základě určení prosté doby návratnosti (roky). Tato metoda, která nezohledňuje faktor času, tj. nezahrnuje časovou aktualizaci peněz, není příliš přesná, ale vzhledem k tomu, že většina použitých dat pro výpočty je pouze odhadována, bude dostatečně vypovídající.

$$\text{Prostá doba návratnosti} = \frac{\text{Investiční náklady}}{\text{Částka uspořena na provozních nákladech}} \quad (33)$$

$$\text{Prostá doba návratnosti} = \frac{3\,651\,855}{53\,784} = 68 \text{ let}$$

Z výsledku výpočtu vidím, že se tato elektrárna pracující pouze v ostrovním režimu během doby své životnosti asi 20 až 25 let nezaplatí. Výše uvedených 68 let odpovídá situaci, kdy bych porovnávala pouze ušetřené náklady na odhadovanou roční spotřebu farmy s pořizovacími náklady. Ve skutečnosti ale elektrárna dle výpočtu z programu PVGIS vyrobí daleko víc energie, než spotřebuji, konkrétně. 34 300 kWh/rok. Proto by bylo jistě výhodnější využít možnost připojení k síti, nepořizovat akumulární zařízení, příp. pořídít FVE o nižším instalovaném výkonu a v případě potřeby dokupovat chybějící elektřinu z ES.

Pokud bych tedy počítala se situací, kdy bych chybějící elektrickou energii z FVE odebírala ze sítě, tak baterie nepotřebuji. Tím se sníží investiční náklady na částku 2 109 831 Kč. Do výpočtu můžu dále započítat sice nepatrnou, ale přece jen kladnou částku z prodeje přebytečné energie. Prostá doba návratnosti pak pro tento případ bude:

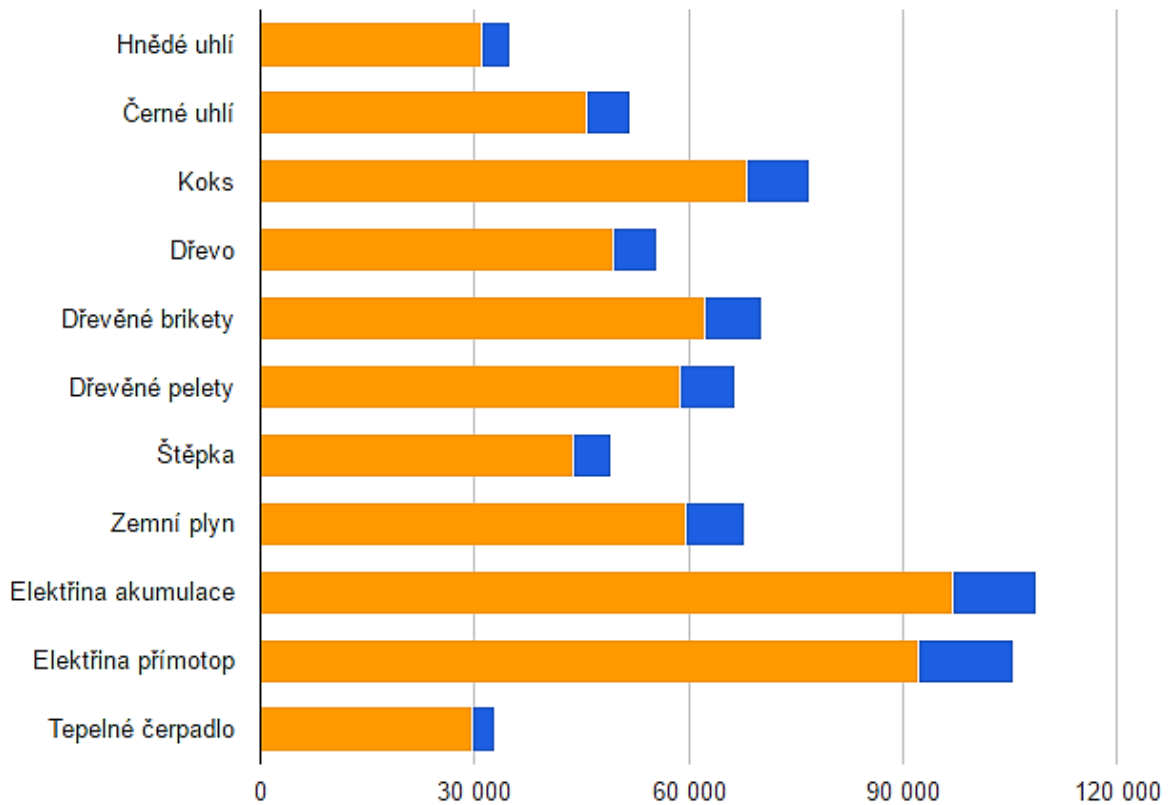
$$\text{Prostá doba návratnosti} = \frac{2\,109\,831}{53\,784 + (34\,300 - 13\,446) \cdot 0,3} = 35 \text{ let}$$

Z výsledku je vidět, že tato varianta je o něco přijatelnější, ale stále nevyhovující. Navrhuji tedy buď odebírat veškerou elektrickou energii z ES a FVE nepořizovat, nebo pořídít navrženou FVE bez akumulárního zařízení a o podstatně menším výkonu, tj. i menších investičních nákladech, a chybějící elektrickou energii odebírat z ES. Při např. polovičních investičních nákladech a předpokladu doby životnosti FVE cca 20 let se již vložená investice pravděpodobně vrátí. Vhodná velikost ekonomicky využitelné FVE může být předmětem dalšího zkoumání. Je rovněž třeba vzít v úvahu, že jde jen o odhad, který je velmi nepřesný, protože se například mění cena elektrické energie a já nevím, jaká bude v dalších letech. Současné jsou ve výpočtu uvažovány jen průměrné roční hodnoty, přesnější by byla analýza alespoň pro měsíční data.

3.3.2 Ekonomické zhodnocení TČ

Pro porovnání nákladů na vytápění a ohřev TV jsem využila program dohledatelný na internetových stránkách, kde jsem uvažovala připojení k distribuční síti. Vyplnila jsem

vstupní parametry například lokalitu a charakteristiku domu, celkové ztráty, odpovídající sazbu a jiné. Na Obrázku 49 je znázorněno porovnání ročních nákladů na tepelnou energii využitelnou pro různé způsoby vytápění (žlutá) a ohřevu teplé vody (modrá). Pro tepelné čerpadlo jsou náklady na vytápění 29 790 Kč/rok a náklady na ohřev vody 3 076 Kč/rok. [55]



Obrázek 48: Porovnání ročních provozních nákladů na různé způsoby získání tepla pro vytápění a ohřev TV [55]

Vstupní investice u TČ je velmi vysoká a to 636 106 Kč, ale provozní náklady jsou pak nejnižší z možných využitelných způsobů vytápění a ohřevu TV. Mimo to je možno na pořízení TČ od státu získat dotace ve výši až 75 000 Kč. [57]

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout energeticky soběstačnou ekofarmu. V úvodu jsem popsala obnovitelné zdroje energie, které by bylo možné pro takovou farmu využít. Dále jsem pro konkrétní objekt navrhla možnost hospodářského využití, pro které jsem spočetla potřebné množství elektrické energie (13 446 kWh/rok), a celkovou roční potřebu tepla pro vytápění i ohřev teplé vody (58 526 kWh/rok).

Pro tuto ekofarmu jsem navrhla dvě možné varianty řešení jejího zásobování elektrickou energií a teplem. První z nich je výroba elektrické energie pomocí FVE skládající se ze 130 panelů o celkovém instalovaném výkonu 42,5 kWp a veškerého tepla pomocí TČ o tepelném výkonu 16,9 kW. Jako druhou variantu jsem zvolila využití téhož TČ na vytápění obytných i hospodářských prostor a dvou systémů skládajících se ze 7 FV panelů a akumulární nádrže (bojleru) pro elektrický ohřev teplé vody. Elektrická energie je v tomto případě opět vyráběna pomocí stejné FVE.

Svůj návrh jsem zhodnotila z pohledu energetického a ekonomického a dospěla jsem k závěru, že z ekonomického hlediska se v dnešní době nevyplatí stavět ostrovní FVE, jelikož její investiční náklady jsou vysoké a od roku 2014, kdy nejsou FV systémy státem podporovány, je velmi nízká (asi 0,3 Kč/kWh) výkupní cena přebytečné elektrické energie. Investiční náklady první z navržených variant jsou 4 287 961 Kč, druhé 4 532 199 Kč, takže prostá doba návratnosti, za kterou bych doslala zpět náklady za její výstavbu, je téměř 70 let. Proto by bylo v mém případě, kdy spotřeba elektřiny je poměrně vysoká, nejlepší volbou odebírat elektrickou energii ze sítě.

V případě využití tepelného čerpadla pro soběstačné zásobení farmy teplem je situace o něco příznivější. TČ má sice vysoké pořizovací náklady, ale provozní náklady při tomto způsobu zajištění vytápění a ohřevu teplé vody jsou nejnižší v porovnání s jinými využitelnými zdroji. Rovněž lze zatím ještě při jeho pořízení využít státní dotaci.

Seznam použité literatury

- [1] ORAVOVÁ Monika. *Obnovitelné zdroje (nejen) pro knihovny*. OKD, Ostrava, 2010. ISBN 978-80-7054-125-8.
- [2] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. 2. vydání. Brno, ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [3] [online]. [cit. 2016-02-24] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [4] [online]. [cit. 2016-02-28] Dostupné z: http://k315.feld.cvut.cz/CD_MPO/CVUT-2-OZE.pdf
- [5] [online]. [cit. 2016-02-28] Dostupné z: www.alternativni-zdroje.cz
- [6] [online]. [cit. 2016-02-29] Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/>
- [7] Encyklopedie energetiky. *Energie z obnovitelných zdrojů*. Vzdělávací program ČEZ.
- [8] LIBRA, Martin; POULEK Vladislav. *Zdroje a využití energie*. ČZU, Praha, 2007. ISBN 978-80-213-1647-8.
- [9] [online]. [cit. 2016-03-06] Dostupné z: <http://www.elektrarny.pro/>
- [10] ŠULC, Jaroslav. *Obnovitelné zdroje energie*. Liberec, Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-235-8.
- [11] [online]. [cit. 2016-03-10] Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
- [12] [online]. [cit. 2016-03-16] Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/>
- [13] [online]. [cit. 2016-03-25] Dostupné z: <http://www.vodatopeniplyn.eu/>
- [14] [online]. [cit. 2016-03-28] Dostupné z: <https://www.cez.cz/>
- [15] [online]. [cit. 2016-04-02] Dostupné z: <http://www.csve.cz/>
- [16] Kolektiv autorů. *Obnovitelné zdroje energie*. FCC PUBLIC, Praha, 2001, ISBN 80-901985-8-9.
- [17] QUASCHING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Grada Publishing, Praha, 2010. ISBN 987-80-247-3250-3.
- [18] *Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ*. Vzdělávací program ČEZ.
- [19] PAROSTEK, Zdeněk; KÁRA, Jaroslav; JEVÍČ, Petr. *Biomasa, obnovitelný zdroj energie*. FCC PUBLIC, 2004, ISBN 80-86534-06-5.
- [20] [online]. [cit. 2016-04-08] Dostupné z: <http://biom.cz/>
- [21] [online]. [cit. 2016-04-10] Dostupné z: <http://www.czba.cz/>

- [22] [online]. [cit. 2016-04-11] Dostupné z: www.oenergetice.cz
- [23] [online]. [cit. 2016-04-11] Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/statistika>
- [24] SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. *Tepelná čerpadla. 2.* Aktualizované vydání. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-089-5.
- [25] [online]. [cit. 2016-04-12] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.1712529&y=49.7568472&z=15&source=ward&id=11739>
- [26] [online]. [cit. 2016-04-15] Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=774197&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [27] [online]. [cit. 2016-04-15] Dostupné z: <http://www.zootechnika.cz/>
- [28] [online]. [cit. 2016-04-18] Dostupné z: <http://www.ifauna.cz/kone/clanky/r/detail/20/pozadavky-na-ustajeni-koni/>
- [29] [online]. [cit. 2016-04-22] Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Janstova-skripta-web.pdf>
- [30] [online]. [cit. 2016-04-16] Dostupné z: http://aa.ecn.cz/img_upload/410697af7dfcb092dfd4e3937dd69e3f/mleko_web.pdf
- [31] [online]. [cit. 2016-04-16] Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/1025655/c68830-monokrystalicke-panely/sunpower-spr-327ne-wht.html>
- [32] [online]. [cit. 2016-04-20] Dostupné z: http://www.agronormativy.cz/docs/3030010_rslt.html
- [33] [online]. [cit. 2016-04-26] Dostupné z: <http://www.deramax.cz/4-jake-jsou-ztraty-ve-fotovoltaickem-systemu-4-dil-ze-serialu-clanku>
- [34] [online]. [cit. 2016-04-28] Dostupné z: <http://www.deramax.cz/7-jake-akumulatory-pouzit-7-dil-ze-serialu-clanku>
- [35] [online]. [cit. 2016-04-28] Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/katalog-produktu/solarni-akumulatory/solarni-gelovy-akumulator-200ah>
- [36] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Nakladatelství T. Malina, Praha, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [37] Norma ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Navrhované hodnoty veličin*
- [38] [online]. [cit. 2016-05-02] Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-vody.htm>
- [39] [online]. [cit. 2016-05-06] Dostupné z: <http://www.bioplynCS.cz/images/bioplynCS.pdf>

- [40] [online]. [cit. 2016-05-08] Dostupné z: <http://www.vetis.sk/vyroba-masla-syru/12085-milky-fj45-economic-pasterkotel-na-vyrobu-syra.html>
- [41] [online]. [cit. 2016-05-09] Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000107_help.html#mistnost_kc
- [42] [online]. [cit. 2016-05-10] Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>
- [43] [online]. [cit. 2016-05-15] Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [44] [online]. [cit. 2016-05-15] Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=837000&x=1066200&r=2000&s=1&legselect=0
- [45] [online]. [cit. 2016-05-16] Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13052-navrh-zemni-sondy-pro-tepelne-cerpadlo>
- [46] [online]. [cit. 2016-05-16] Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [47] [online]. [cit. 2016-05-20] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>
- [48] [online]. [cit. 2016-05-22] Dostupné z: <https://www.google.cz/#q=projekcni-podklady-tepelnych-cerpadel-regulus.pdf>
- [49] [online]. [cit. 2016-05-25] Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/horak.p/ntc.rar>
- [50] [online]. [cit. 2016-05-25] Dostupné z: http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-837000,-1066200&scale=15000
- [51] [online]. [cit. 2016-05-26] Dostupné z: <http://www.dzd-fv.cz/cs/sortiment/zavesne-ohrivace>
- [52] [online]. [cit. 2016-05-27] Dostupné z: <http://www.eltex-km.cz/cs/clanky/10057-sezonni-topny-faktor>
- [53] [online]. [cit. 2016-05-27] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>
- [54] [online]. [cit. 2016-05-27] Dostupné z: <http://www.klimatest.cz/topny-faktor-a-bod-bivalence-tepelneho-cerpadla/>
- [55] [online]. [cit. 2016-05-28] Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-tzb-info>
- [56] [online]. [cit. 2016-05-28] Dostupné z: <http://www.hqline.com/novinky/vykup-prebytku-z-fve>

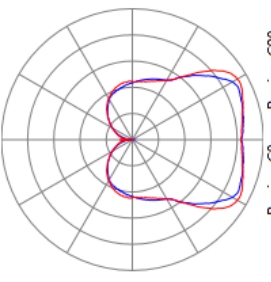

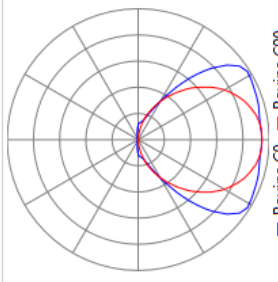

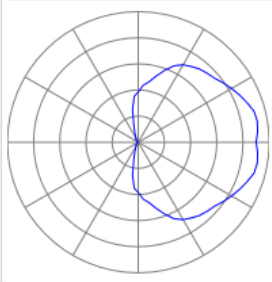

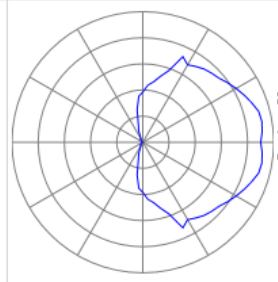

- [57] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: http://www.2kenergy.cz/novinky/dotace-na-tepelna-cerpadla-12.html?gclid=CjwKEAjwpqq6BRC99aKUkaSjuDsSJAC0pNTVL54N7-VFdij1Pm4mpARUYxsA0UEzfA689Ysv2PLLahoCxOnw_wcB
- [58] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13272-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-soustav-s-tepelnymi-cerpadly-spf-a-per>
- [59] Software BuildingDesign
- [60] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: <http://www.obchodsolar.cz/fotovoltaicke-stridace/sma/tripower-15000>
- [61] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: <http://www.enerfinplus.cz/tepelne-cerpadlo-wpf-5-16-ecool.html>
- [62] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: <http://www.driml-napajecy.cz/cz/zpracovani-mleka/jogurtovace/fermentacni-box-jogurtovac-100-l-2013396.html>
- [63] [online]. [cit. 2016-05-29] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d02>

Seznam příloh

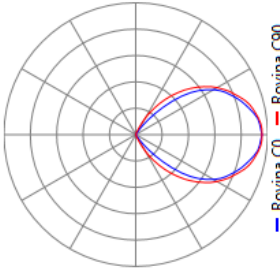

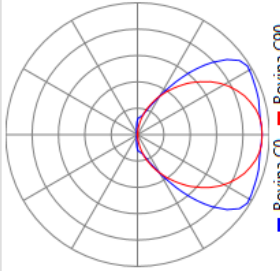

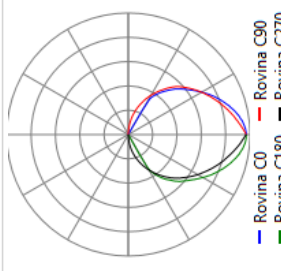

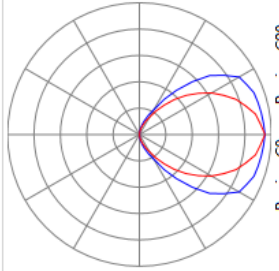

PŘÍLOHA 1: TYPY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ POUŽITÉ V OBJEKTU 12/5 [59]	83
PŘÍLOHA 2: TYPY SVĚTELNÝCH ZDROJŮ POUŽITÉ V OBJEKTU 12/4 [59]	84
PŘÍLOHA 3: DIAGRAM PRO VÝROBU SÝRŮ [30]	85
PŘÍLOHA 4: GRAFICKY ZNÁZORNĚNY HODNOTY Z PVGISU [46]	86
PŘÍLOHA 5: SUNPOWER SPR-327NE-WHT [31]	88
PŘÍLOHA 6: SMA SUNNY TRIPOWER 15 000 TL [60]	89
PŘÍLOHA 7: SOLÁRNÍ GELOVÝ AKUMULÁTOR 200AH [35]	90
PŘÍLOHA 8: TECHNICKÝ LIST TČ STIEBEL ELTRON WPF COOL 16 [61]	91
PŘÍLOHA 9: VSTUPNÍ PARAMETRY PROGRAMU PVGIS PRO NAVRŽENOU FVE [46]	92
PŘÍLOHA 10: VSTUPNÍ PARAMETRY PROGRAMU NTC [59]	93
PŘÍLOHA 11: GRAFY PROVOZU TČ [59]	94

Přílohy

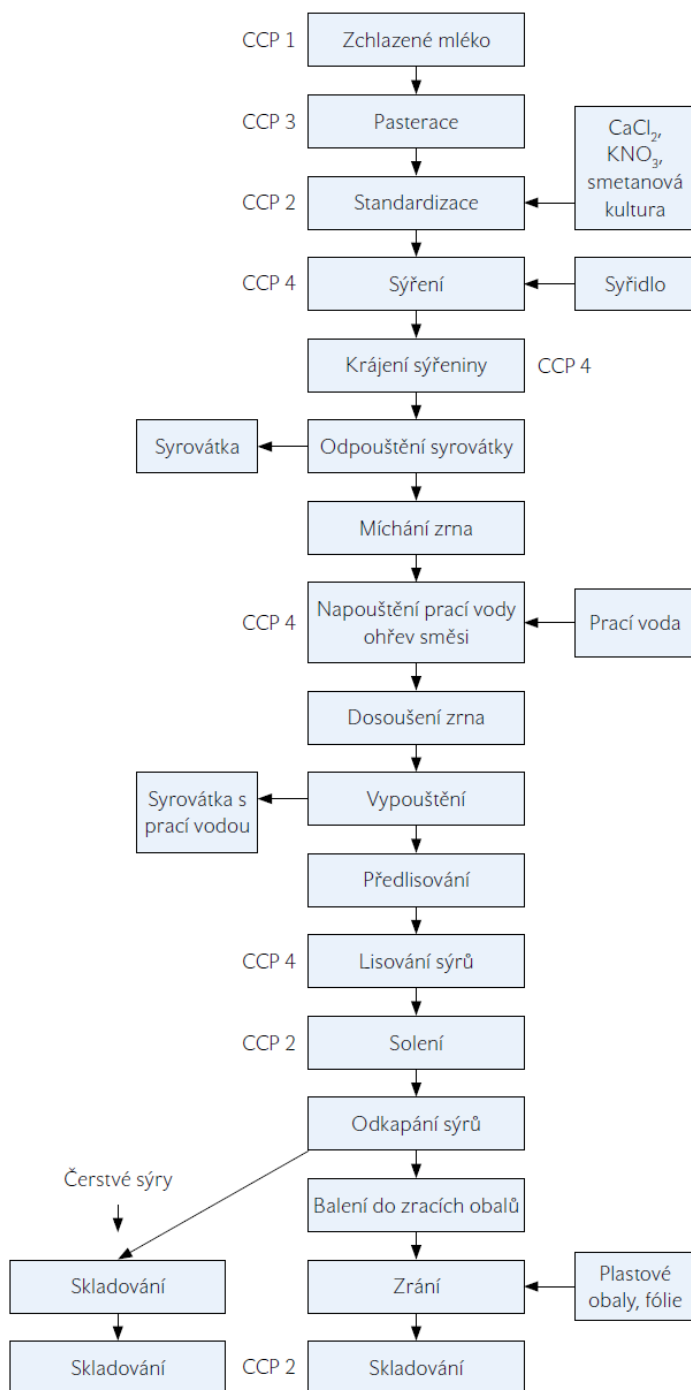
Příloha 1: Typy světelných zdrojů použité v objektu 12/5 [59]

Svítilno	Charakteristika svítivosti	Vzhled												
<table border="1"> <tr><td>Typ</td><td>MODUS BONI LED 1050 mA</td></tr> <tr><td>Název</td><td>Závěsné LED svítidlo</td></tr> <tr><td>Výrobce</td><td>MODIUS</td></tr> <tr><td>Světelné zdroje</td><td>LED 1 x 42 W, 3800 lm, Ra 80</td></tr> <tr><td>Osnažení svítidla</td><td>A</td></tr> <tr><td>Poznámka</td><td>Poznámka</td></tr> </table>	Typ	MODUS BONI LED 1050 mA	Název	Závěsné LED svítidlo	Výrobce	MODIUS	Světelné zdroje	LED 1 x 42 W, 3800 lm, Ra 80	Osnažení svítidla	A	Poznámka	Poznámka	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90</p>	
Typ	MODUS BONI LED 1050 mA													
Název	Závěsné LED svítidlo													
Výrobce	MODIUS													
Světelné zdroje	LED 1 x 42 W, 3800 lm, Ra 80													
Osnažení svítidla	A													
Poznámka	Poznámka													
<table border="1"> <tr><td>Typ</td><td>PN33300004</td></tr> <tr><td>Název</td><td>ORAVA LED 236 50W</td></tr> <tr><td>Výrobce</td><td>PANLUX</td></tr> <tr><td>Světelné zdroje</td><td>LED 1 x 50 W, 4500 lm, Ra 80</td></tr> <tr><td>Osnažení svítidla</td><td>B</td></tr> <tr><td>Poznámka</td><td>Poznámka</td></tr> </table>	Typ	PN33300004	Název	ORAVA LED 236 50W	Výrobce	PANLUX	Světelné zdroje	LED 1 x 50 W, 4500 lm, Ra 80	Osnažení svítidla	B	Poznámka	Poznámka	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90</p>	
Typ	PN33300004													
Název	ORAVA LED 236 50W													
Výrobce	PANLUX													
Světelné zdroje	LED 1 x 50 W, 4500 lm, Ra 80													
Osnažení svítidla	B													
Poznámka	Poznámka													
<table border="1"> <tr><td>Typ</td><td>IN-175/26</td></tr> <tr><td>Název</td><td>ELEKTRA 5 K, zářivkové, 26W, d-31cm, přisazené s ochran.košem</td></tr> <tr><td>Výrobce</td><td>OSMONT</td></tr> <tr><td>Světelné zdroje</td><td>MASTER PL-C/2P G24d-3 26W/840</td></tr> <tr><td>Osnažení svítidla</td><td>C</td></tr> <tr><td>Poznámka</td><td>Poznámka</td></tr> </table>	Typ	IN-175/26	Název	ELEKTRA 5 K, zářivkové, 26W, d-31cm, přisazené s ochran.košem	Výrobce	OSMONT	Světelné zdroje	MASTER PL-C/2P G24d-3 26W/840	Osnažení svítidla	C	Poznámka	Poznámka	 <p>— Rovina C0</p>	
Typ	IN-175/26													
Název	ELEKTRA 5 K, zářivkové, 26W, d-31cm, přisazené s ochran.košem													
Výrobce	OSMONT													
Světelné zdroje	MASTER PL-C/2P G24d-3 26W/840													
Osnažení svítidla	C													
Poznámka	Poznámka													
<table border="1"> <tr><td>Typ</td><td>E-175/18</td></tr> <tr><td>Název</td><td>ELEKTRA 5 K, zářivkové, 18W, d-31cm, přisazené s ochran.košem</td></tr> <tr><td>Výrobce</td><td>OSMONT</td></tr> <tr><td>Světelné zdroje</td><td>MASTER PL-C/2P G24d-2 18W/840</td></tr> <tr><td>Osnažení svítidla</td><td>D</td></tr> <tr><td>Poznámka</td><td>Poznámka</td></tr> </table>	Typ	E-175/18	Název	ELEKTRA 5 K, zářivkové, 18W, d-31cm, přisazené s ochran.košem	Výrobce	OSMONT	Světelné zdroje	MASTER PL-C/2P G24d-2 18W/840	Osnažení svítidla	D	Poznámka	Poznámka	 <p>— Rovina C0</p>	
Typ	E-175/18													
Název	ELEKTRA 5 K, zářivkové, 18W, d-31cm, přisazené s ochran.košem													
Výrobce	OSMONT													
Světelné zdroje	MASTER PL-C/2P G24d-2 18W/840													
Osnažení svítidla	D													
Poznámka	Poznámka													

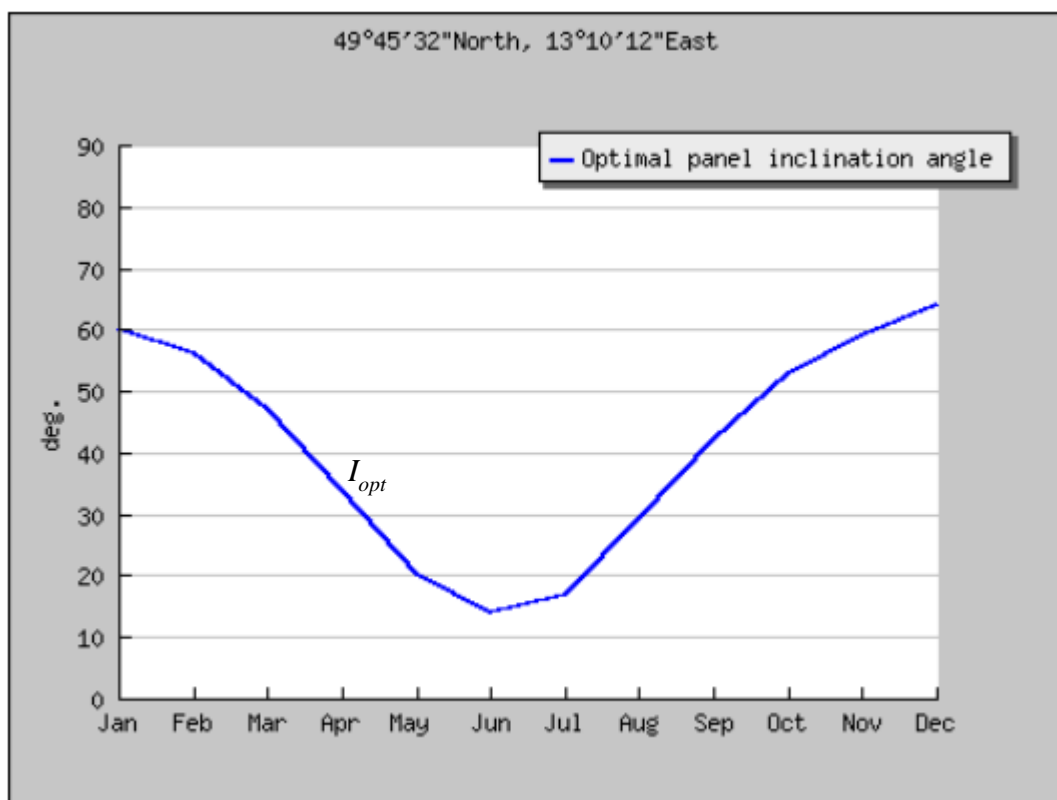
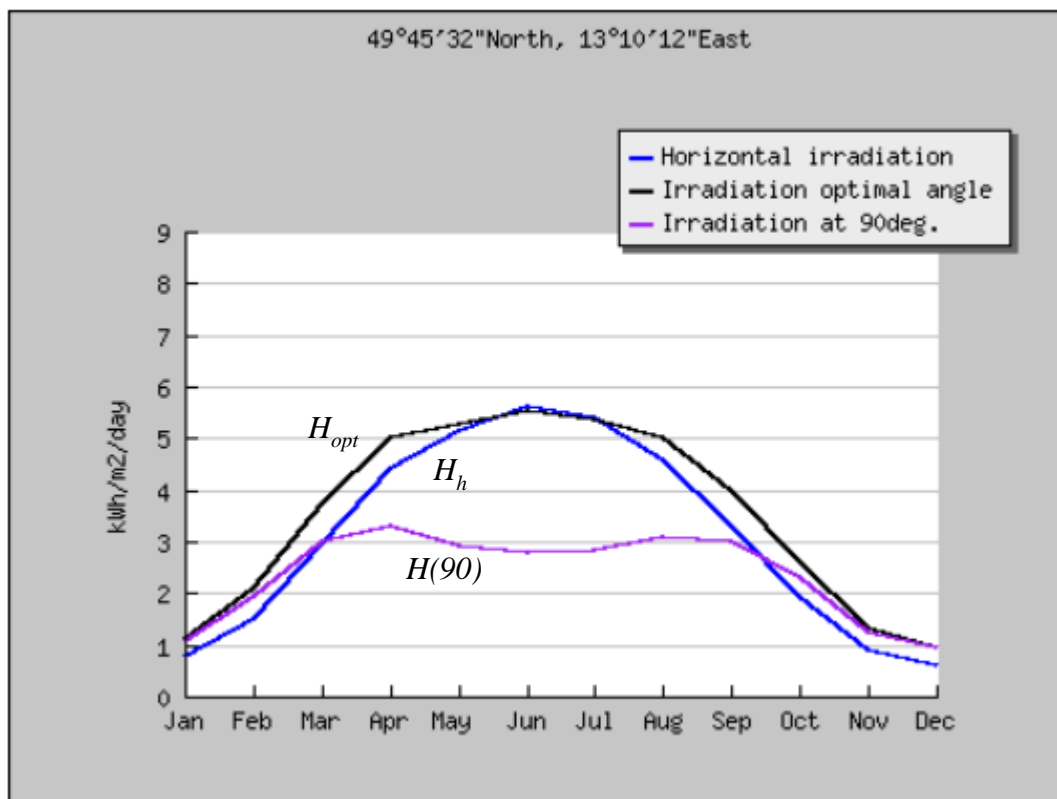
Příloha 2: Typy světelných zdrojů použité v objektu 12/4 [59]

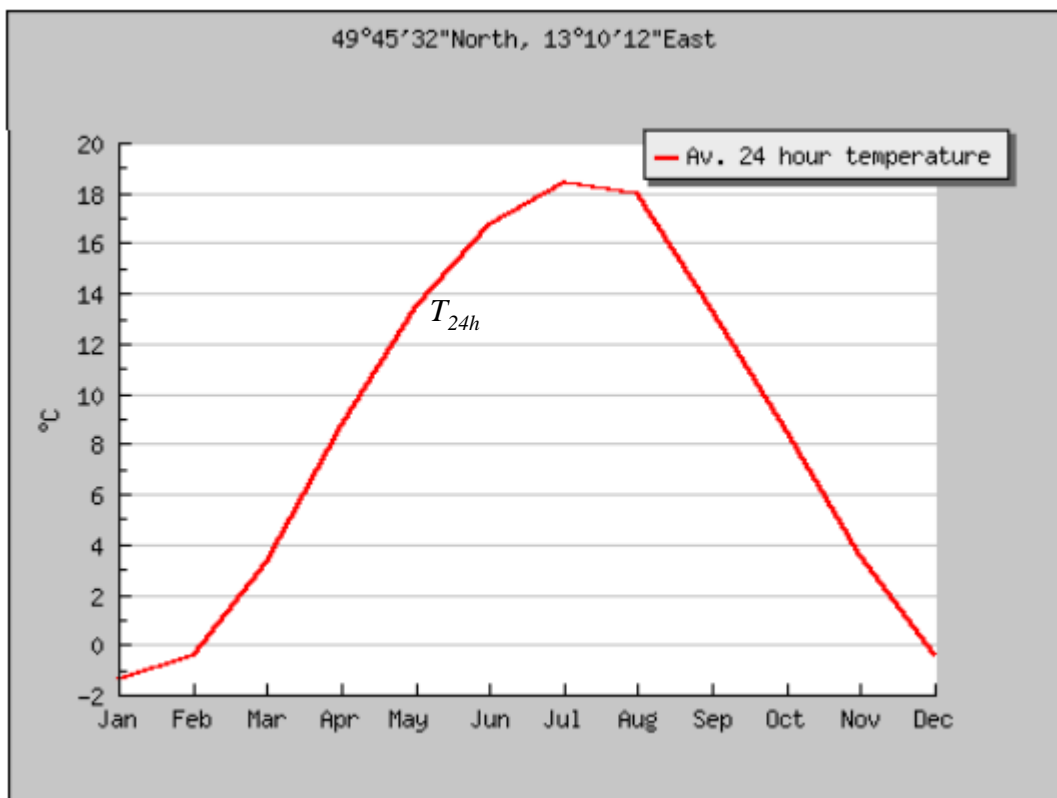
Svítilno	Charakteristika svítivosti	Vzhled
<p>Typ MODUS I 418 MATDP.</p> <p>Název Zářivkové, MATDP mřížka, vestavné, elektronický předř.</p> <p>Výrobce MODUS</p> <p>Světelné zdroje 4 x L 18 W/840 G13</p> <p>Označení svítidla A</p> <p>Poznámka</p>	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90</p>	
<p>Typ PNB3300006</p> <p>Název ORAVA LED 258 60W</p> <p>Výrobce PANLUX</p> <p>Světelné zdroje LED</p> <p>Označení svítidla B</p> <p>Poznámka</p>	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90</p>	
<p>Typ PNB4300002</p> <p>Název GALEON LED 70W</p> <p>Výrobce PANLUX</p> <p>Světelné zdroje LED</p> <p>Označení svítidla C</p> <p>Poznámka</p>	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90 — Rovina C180 — Rovina CZ70</p>	
<p>Typ MODUS LLX 258 B</p> <p>Název Zářivkové, bílá mříž, přísazené, elektronický předř.</p> <p>Výrobce MODUS</p> <p>Světelné zdroje 2 x L 58 W/840 G13</p> <p>Označení svítidla D</p> <p>Poznámka</p>	 <p>— Rovina C0 — Rovina C90</p>	

Příloha 3: Diagram pro výrobu sýrů [30]



Příloha 4: Graficky znázorněny hodnoty z PVGISu [46]





Příloha 5: SunPower SPR-327NE-WHT [31]**Základní údaje:**

Výrobce: SUNPOWER

Cena bez DPH: 9 890 Kč

Cena s DPH: 11 967 Kč

PHE: 38 Kč

Váha: 18.6 kg

Vysoce výkonný fotovoltaický panel s jednotkovým výkonem 327Wp a účinností panelu 20,1%. Fotovoltaické panely série SunPower E20 představují nejvýkonnější panely poskytující nejvyšší množství energie po dobu své životnosti. Díky technologii SunPower® Maxeon™, tzn. použitím větších vysoce účinných solárních článků a zmenšením neaktivní plochy mezi nimi, dochází ke zvýšení účinné plochy solárního panelu.

Základní parametry:

Antireflexní sklo

Nominální výkon: 327W

Účinnost panelu: 20%

Rozměry: 1559 x 1046 x 46 mm

Napětí naprázdno (VOC): 64,9V

Napětí po zatížení (VPM): 54,7V



Příloha 6: SMA Sunny Tripower 15 000 TL [60]

Beztransformátorový třífázový měnič s maximálním AC výkonem 15 000W.

*Plně vybavený špičkovými technologiemi jako jsou: **Optiflex** – dva MPP vstupy s velice širokým rozsahem vstupního napětí.*

Střídač Sunny Tripower splňuje veškeré požadavky na schopnost dodávky výkonu, řízení dodávky elektrické energie a podporu distribuční sítě. Spolehlivě se tak podílí na řízení bezpečnosti a stability distribuční sítě.

*Bezpečností koncepce **Optiprotect** – s inteligentní adaptivní identifikací výpadku stringu, elektronickou pojistkou a integrovaným svodičem přepětí DC typu II.*

SMA TRIPOWER 15 000TL:

Cena: 101 207 Kč

Maximální účinnost 98,1%

Komunikace technologie Bluetooth

Prizpůsobování účinnosti díky OptiTrac Global Peak

Elektronická strignová pojistka

Integrovaný svodič přepětí DC, typu II

Sledování proudu stringů

Řízení bezpečnosti a stability distribuční sítě

Kabelová svorkovnice nevyžaduje nářadí

Sít'ové připojení:

Třífázové

Krytí:

IP 54

Záruky:

5 let

Rozšíření záruky:

10let, 15let a 20 let (pouze při pořízení)

Rozměry:

Výška x šířka x hloubka: 665 x 690 x 265 mm

Hmotnost:

65 Kg



Příloha 7: Solární gelový akumulátor 200Ah [35]

Solární gelový akumulátor SOL12-200DG se zcela bezúdržbovým provozem je vhodný pro solární fotovoltaické aplikace jako jsou solární ostrovní systémy a hybridní fotovoltaické elektrárny HFVE. Akumulátor se vyznačuje dlouhou životností kolem 12-ti let, a vysokou odolností proti poškození při hlubokém vybíjení. Na rozdíl od jiných typů akumulátorů jako jsou například autobaterie nebo AGM akumulátory vyniká vysokým počtem cyklů a je to proto nejlepší a nejpoužívanější akumulátor pro solární fotovoltaické elektrárny, které vyžadují zcela bezúdržbový provoz. Velkou výhodou je také rozsah pracovních teplot, který je u těchto gelových akumulátorů v rozsahu od -20°C.

Základní parametry:

Rozměry: 522 x 240 x 240mm

Hmotnost: 60 kg

Maximální vybíjecí proud: 2 000 A (5 sek.)

Maximální nabíjecí proud: 40 A

Nominální napětí: 12 V

Cena bez DPH: 11 800 Kč

Cena s DPH: 14 278 Kč



Příloha 8: Technický list TČ Stiebel Eltron WPF cool 16 [61]

Tepelné čerpadlo solanka | voda WPF cool spojuje přednosti cenné výhřevné energie s komfortem chladnější prostorové teploty v létě. Neboť integrovaný tepelný výměník ve vysoce účinném kompaktním zařízení plní v horkých dnech funkci chlazení. Tato funkce se výborně doplňuje s podlahovým vytápěním nebo s konvektory s ventilátorem. Tím poskytuje tepelné čerpadlo WPF cool velké spektrum možností, jak zvýšit komfort v prostoru.

Základní údaje:

Typ: WPF 16 cool

Objedn. č.: 229316

Tepelný výkon při B0/W35 (EN 14511)

Výška: 1 319 mm

Šířka: 598 mm

Hloubka: 658 mm

Cena: 353 130 Kč

**Technické údaje:**

Hmotnost: 192 kg

Průtok na straně tepelného zdroje: 3,80 m³/h

Disponibilní externí rozdíl tlaků tepelného zdroje: 150 hPa

Průtok na straně topení: 2,90 m³/h

Disponibilní externí rozdíl tlaků topení: 120 hPa

Konektor přípojky užitkové vody, teplá/studená voda: 28 mm

Konektor přípojky zdroje tepla, topná/vratná strana: 28 mm

Konektor přípojky topení, topná/vratná strana: 28 mm

Rozběhový proud: 30 A

Elektrické připojení: 3/N/PE

Teplotní spád topné vody: 5 K

Tepelný výkon při B0/W35 (EN 14511): 16,90 kW

Topný faktor při B0/W35 (EN 14511): 4,32

Tepelný výkon při B0/W50 (EN 14511): 15 kW

Výkon při B0/W5 (EN 14511): 3

Příloha 9: Vstupní parametry programu PVGIS pro navrženou FVE [46]

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe

Europe Africa-Asia

Latitude: Longitude:

Mapa Satelitní

Go to lat/lon

cursor position: 49.672, 13.339
selected position: 49.759, 13.170

Search

knije

[Contact](#) [Important legal notice](#)

PV Estimation
Monthly radiation
Daily radiation
Stand-alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]

PV technology: Crystalline silicon ▼

Installed peak PV power kWp

Estimated system losses [0;100] %

Fixed mounting options:

Mounting position: [Building integrated ▼]

Slope [0;90] ° Optimize slope

Azimuth [-180;180] ° Also optimize azimuth
(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

Tracking options:

Vertical axis Slope [0;90] ° Optimize

Inclined axis Slope [0;90] ° Optimize

2-axis tracking

Horizon file: Soubor nevybrán

Output options

Show graphs Show horizon

Web page Text file PDF

[\[help\]](#)

Calculate

Solar radiation Temperature Other maps

Google Data map ©2016 GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google | Podmínky použití Nahlásit chybu v mapě

Příloha 10: Vstupní parametry programu NTC [59]

NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA
software NTC.exe (verze 1.0)
Info

Tepebné řepadlo:

- Typ tepebné řepadlo (vzduch/voda)
- Typ tepebné řepadlo (země/voda)
- Typ tepebné řepadlo (voda/voda)

Tepebné řepadlo

Teplota vody na výpamiku tv [°C]

Klimatická oblast:

Klimatická oblast

Venkovní výpočtová teplota vzduchu TeN [°C]

Mezní teplota otopného období Tem [°C]

Vytápěbný objekt:

Druh otopných ploch n []

Návrhová teplota vzduchu v interiéru Ti [°C]

Teplota připravované teplé vody Tv [°C]

Teplota otopné vody v soustavě Tw1 [°C]

Teplota vratné vody v soustavě Tw2 [°C]

Systém ohřevu teplé vody (TV)

Roční potřeba tepla na ohřev TV Qtv [kWh/rok]

El. příkon pomocných zařízení pro TV [W]

Systém vytápění (VYT):

Roční potřeba tepla na vytápění Qvyt [kWh/rok]

El. příkon pomocných zařízení pro VYT [W]

Bilanční výpočet:

Bilanční výpočet v intervalu

Program: Návrh Tepebné řepadlo (NTC.exe verze 1.0)

Datum: 26. května 2016 (16:07)

VSTUPNÍ ÚDAJE

Klimatická data pro oblast: Kníže

Venkovní výpočtová teplota vzduchu: TeN = -15 [°C]

Mezní teplota otopného období: Tem = 13 [°C]

Průměrná teplota vzduchu v interiéru: Ti = 20 [°C]

Druh převažujících otopných ploch: n = 1,00

Teplota připravované teplé vody: Ttv = 60 [°C]

Teplota topné vody v soustavě: Tw1 = 55 [°C]

Teplota vratné vody v soustavě: Tw2 = 45 [°C]

El. příkon pomocných zařízení pro VYT: pvyt = 1 [W]

El. příkon pomocných zařízení pro TV: ptv = 0 [W]

Roční potřeba tepla na vytápění: qvyt = 51782 [kWh/rok]

Roční potřeba tepla na ohřev TV: qtv = 6744 [kWh/rok]

Tepebné řepadlo: WPF 16 (země/voda)

Teplotní spád [°C]	+35/-05	+35/+00	+35/+05	+35/+10	+35/+15	+35/+20	+50/-05	+50/+00	+50/+05	+50/+10
Výkon TC [kW]	13,70	16,10	18,40	20,90	23,60	25,30	12,90	15,10	17,20	19,70
Faktor COP [-]	3,70	4,50	5,10	5,60	6,60	7,00	2,60	3,00	3,40	4,00

VYPOČTENÉ HODNOTY

Počet hodinotupňů za otopné období: DH,rok = 92329 [k.hod]

Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT: Qp,rok = 58526 [kWh/rok]

Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT: Qtc,rok = 57976 [kWh/rok]

Roční potřeba tepla na ohřev TV a VYT: Qd,rok = 550 [kWh/rok]

Roční potřeba elektrické energie pro pohon TC: Et,rok = 17042 [kWh/rok]

Roční potřeba el. energie pro pohon pomoc. zařízení: Epom,rok = 1718 [kWh/rok]

Roční pokrytí potřebou tepla z TC na ohřev TV a VYT: f = 99,06 [%]

Sezónní topný faktor tepebné řepadlo: SPF,tč = 3,40 [-]

Sezónní topný faktor celé soustavy: SPF = 3,09 [-]

TABULKOVÝ VÝPOČET

Spustit výpočet
Zobrazit graf
Copyright © 2012, Horák Petr, Koňářík Marcel, Páásek Josef

čt 26. května 2016

Příloha 11: Grafy provozu TČ [59]

