ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh pasivního domu s přitápěním pomocí solárních kolektorů

Jiří Kopřiva **2016/17**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Jiří KOPŘIVA**
Osobní číslo:	**E13B0045P**
Studijní program:	**B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Elektrotechnika a energetika**
Název tématu:	**Návrh pasivního domu s přitápěním pomocí solárních kolektorů**
Zadávající katedra:	**Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Zásady pro vypracování:

1. Popište využívanou technologii pro pasivaci objektu.
2. Vytvořte návrh řešení pasivního domu s přitápěním pomocí solárních kolektorů.
3. Nakreslete v AutoCADu tento dům včetně pasivačních mechanismů a vytápění.
4. Vytvořte ekonomickou bilanci pro tento projekt.
5. Porovnejte svůj projekt s podobnými projekty tohoto typu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 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. Aleš Hromádka**
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**

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

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta elektrotechnická
4

Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zabývá navržením elektroinstalace a topného systému pro objekt typu pasivní dům a přibližné bilance ceny energií potřebných pro provoz objektu.

Řešení elektroinstalace pro tento objekt bylo navrženo tak, aby splňovalo předepsané normy ČSN a kontrolní výpočty pro dimenzování přípojky byly ověřeny programem Sichr. Struktura topné soustavy byla navržena s ohledem na co nejsnažší provedení a byly začleněny solární kolektory jako podpora tohoto systému. Dále je porovnávána cena energií potřebných pro provoz tohoto objektu se zapojenými solárními kolektory a ceny vzniklé provozem bez solárních kolektorů.

Podařilo se navrhnout systém, který je schopen splnit podmínky stanovené pro pasivní dům a jehož roční spotřeba primárních energií z neobnovitelných zdrojů nepřesahuje stanovenou hodnotu. Dále byl zjištěn odhadovaný přínos instalace systému solárních kolektorů objektu. Provozní cena objektu byla zjištěna za pomoci reálných hodnot odběru energií čtyřčlennou rodinou.

Z výsledných hodnot této práce je možné zjistit míru náročnosti podmínek stanovených pro pasivní dům. Také umožňují zhodnotit rentabilitu a celkový význam solárních kolektorů pro objekty tohoto typu.

Klíčová slova

Pasivní dům, solární energie, solární kolektor, kondenzační plynový kotel, akumulační nádoba, elektroinstalace, dimenzování přípojky, rekuperační větrání, topení, teplá užitková voda

Abstract

This bachelor thesis deals with a design of a heating system, domestic wiring and with energy price balance for and object classified as a passive house and its maintenance.

The solution has been designed to meet the required Czech Republic norms and control calculations for fixture proportions have been checked in a program Sichr. The structure of the heating system has been designed with regard to the easiest implementation. Solar panels have been included as a support for the system. Prices of energy with and without solar panels have been compared.

It has been achieved to design a system which can pass requirements prescribed for a passive house and annual consumption of non-renewable resources does not exceed prescribed values. Estimated costs of a whole installation has been ascertained, maintenance cost has been determined with a help of real four family members consumption values.

Final results of this thesis can be used to ascertain how difficult is to achieve norms and limits prescribed for a passive house. They also make possible to check the profitability and overall importance of solar panels for these houses.

Key words

Passive house, solar power, solar panel, condensation gas boiler, accumulation container, domestic wiring, fixture proportions, recuperative airing, heating, hot running water

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 7.6.2017 Jiří Kopřiva

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Hromádkovi za podnětné rady při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

OBSAH **7**

ÚVOD **8**

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK **9**

1 POPIS VYUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE **11**

1.1 SOLÁRNÍ ENERGIE 11
1.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY A JEJICH ROZDĚLENÍ 13
1.3 VÝBĚR TYPU KOLEKTORU A MÍSTA UMÍSTĚNÍ 14
1.4 ZAJIŠTĚNÍ CIRKULACE TEPLONOSNÉ KAPALINY 16
1.5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ KOLEKTORŮ 17
1.6 PASIVNÍ DŮM A JEHO DEFINICE 18
1.7 KONDENZAČNÍ PLYNOVÝ KOTEL 20

2 NÁVRH PASIVNÍHO DOMU **21**

2.1 PŘEDMĚT PROJEKTU ELEKTROINSTALACE 21
2.2 TECHNICKÉ ÚDAJE ELEKTROINSTALACE 23
2.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH ROZVODŮ ELEKTROINSTALACE 25
2.3.1 Elektroměrový rozvaděč, přívodní vedení *25*
2.3.2 Vnitřní rozvody *25*
2.3.3 Slaboproudé rozvody *26*
2.3.4 Hromosvod *26*
2.4 DIMENZOVÁNÍ PŘÍPOJKY A KONTROLNÍ VÝPOČTY 26
2.4.1 Kontrola dimenzování kabelu k přípojkové skříni *26*
2.4.2 Kontrola úbytku napětí u přípojkové skříně *27*
2.4.3 Kontrola jištění přípojky objektu *28*
2.4.4 Síťový napáječ *28*
2.4.5 Transformátor *29*
2.4.6 Kabelové vedení *29*
2.5 VÝČET NOREM POUŽITÝCH PRO ELEKTROINSTALACI 31
2.6 TEPELNÝ SYSTÉM OBJEKTU 31
2.7 SOLÁRNÍ KOLEKTORY 32
2.7.1 Výpočet teoretické hodnoty tepla získané kolektory za den *32*

3 EKONOMICKÁ BILANCE PROJEKTU **36**

3.1 PROJEKT NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM 36
3.2 VÝŠE FINANČNÍ ÚSPORY VZNIKLÉ PROVOZEM KOLEKTORŮ 38
3.3 ODHAD CENY MATERIÁLU A PRÁCE 40

ZÁVĚR **43**

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ **44**

PŘÍLOHY **46**

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá navržením pasivního domu včetně rozvodu elektrické energie pro objekt a navržení doplňujícího systému v podobě solárního kolektoru.

Termínem pasivní dům se rozumí objekt navržen, nebo zrekonstruován tak, aby odpovídal přísným požadavkům na energetickou náročnost. Dodržování těchto požadavků je zcela dobrovolné a přináší výhody v podobě velkých energetických a tudíž i finančních úspor. Na těchcto objektech lze využít kromě architektonických prvků i podpůrné systémy v podobě malých vodních, větrných či solárních elektráren a solárních kolektorů. Těmito prostředky lze dosáhnout lepší pasivizace daného domu a další snížení závisloti na dodávkách energie od distributora. Bohužel ne vždy je možné některé z těchto systémů využít. Vodní elektrárny závisí na přístupu ke zdroji vody a větrné či solární elektrárny závisí na poloze objektu. Solární systémy pak obzvláště závisí i na zeměpisné poloze a jejich účinnost může s rostoucí vzdáleností od rovníku klesat až na hodnoty, kdy je rentabilita těchto systémů diskutabilní. Proto je důležité zvážit, jaké systémy jsou pro daný projekt nejvhodnější.

Solární kolektory slouží k výrobě tepelné energie pomocí ohřevu kapaliny slunečním zářením. Touto ohřátou kapalinou lze poté přitápět objekt nebo pomocí tepelného výměníku ohřívat užitkovou vodu. Bohužel pro menší objekty typu rodinný dům není výkonnost takového systému dostatečně velká pro samostatný provoz. Avšak jako podpůrný systém snižuje potřebné množství odebírané energie**,** z čehož plyne příjemný benefit v podobě finančních úspor.

Seznam symbolů a zkratek

a ..... Azimut Slunce (°)

a_s ..... Azimutový úhel normály osluněné plochy (°)

c ..... navýšení napěťové hodnoty (-)

c_p ..... Měrná tepelná kapacita vody (J/kgK)

cosφ..... Účinník (-)

h ..... Výška Slunce nad obzorem (m)

I_0 ..... Solární konstanta (W/m^2)

I_{DOV} ..... Celkový dovolený proud pro daný kabel se zohledněným uložením (A)

I_j ..... Hodnota proudu jističe (A)

I_k ..... Zkratový proud (A)

I_{kE} ..... Ekvivalentní oteplovací proud (A)

I_{np} ..... Hodnota proudu nožové pojistky (A)

I_{NV} ..... Dovolený proud pro daný kabel (A)

I_P ..... Celkový proud přípojky

k ..... Přepočtový koeficient (-)

k_s ..... Součinitel současnosti (-)

k_z ..... Součinitel využití (-)

l ..... Délka (m)

m ..... Hmotnost (kg)

p ..... Převod transformátoru (-)

PD ..... Pasivní dům

P_i ..... Instalovaný výkon (W)

P_β..... Soudobý výkon (W)

$Q_{TUV/d}$..... Množství energie potřebné pro ohřev TUV na den (kWh)

R ..... Elektrický odpor (Ω)

S ..... Průřez, plocha (m^2)

S_{min}..... Minimální průřez (m^2)

S_{RT}..... Zdánlivý výkon transformátoru (VA)

S_{SK}..... Zkratový příkon (VA)

SUV ..... Studená užitková voda

t ..... Teplota (°C)

t_1 ..... Teplota studené vody (°C)

t_2 ..... Teplota teplé užitkové vody (°C)

t_k ..... teplota při zkratu (°C)

TUV ..... Teplá užitková voda

$u_{KR\%}$ ..... Poměr napětí transformátoru nakrátko (%)

U_S ..... Sdružené napětí (V)

$u_{RR\%}$ ..... Procentuální hodnota činného odporu při zapojení nakrátko (%)

U_{RTLV} ..... Napětí na sekundárním vinutí transformátoru (V)

V_{2p} ..... Spotřeba TUV za den (m^3)

X ..... Reaktance (Ω)

Z ..... Celková impedance (Ω)

Z_z ..... Koeficient energetických ztrát v rozvodech (-)

α ..... Úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny (°)

β ..... Činitel soudobosti (-)

γ ..... Úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu (°)

γ_{CU} ..... Konduktivita mědi (S/m)

δ ..... Deklinace Slunce (°)

ΔU_S ..... Úbytek napětí (V)

η_1 ..... Účinnost kolektorů (%)

η_2 ..... Izolační schopnost zásobníku (%)

η_m ..... Účinnost spotřebičů při využití (-)

η_s ..... Účinnost napájecí soustavy (-)

ρ ..... Měrná hustota vody (kg/m^3)

τ ..... Časový úhel (°)

τ_0 ..... Čas ohřevu (s)

φ ..... Zeměpisná šířka (°)

ϑ_k ..... Maximální dovolená teplota (°C)

ϑ_l ..... Dovolená provozní teplota (°C)

1 Popis využívané technologie

1.1 Solární energie

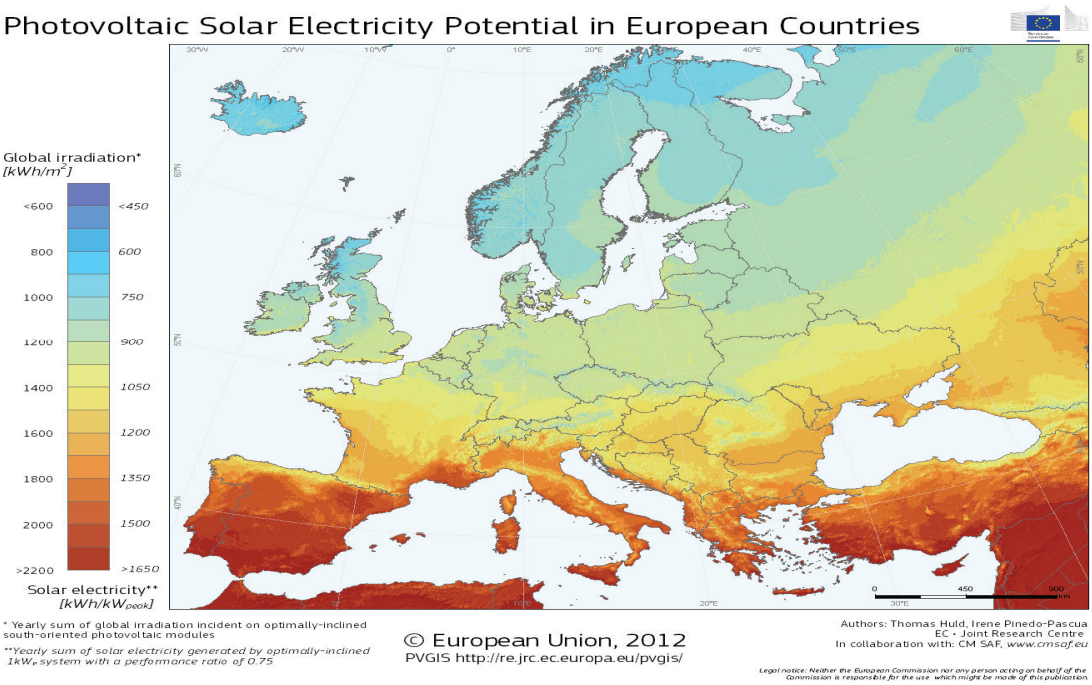
Před popisem technologie kolektorů je vhodné vysvětlit, co znamená pojem solární záření a jaké jsou jeho vlastnosti, protože je pro funkci solárních kolektorů nepostradatelné.

Solární záření je zdroj energie, která je vyzařována Sluncem a dopadá na povrch Země. Skládá se z fotonů, což jsou stálé částice s teoreticky neomezenou životností a nulovým nábojem. Dále může nabývat různých frekvencí. Tyto částice přenášejí energii, která je předána při dopadu. Tento druh energie lze zařadit jako obnovitelný zdroj tepelné energie.

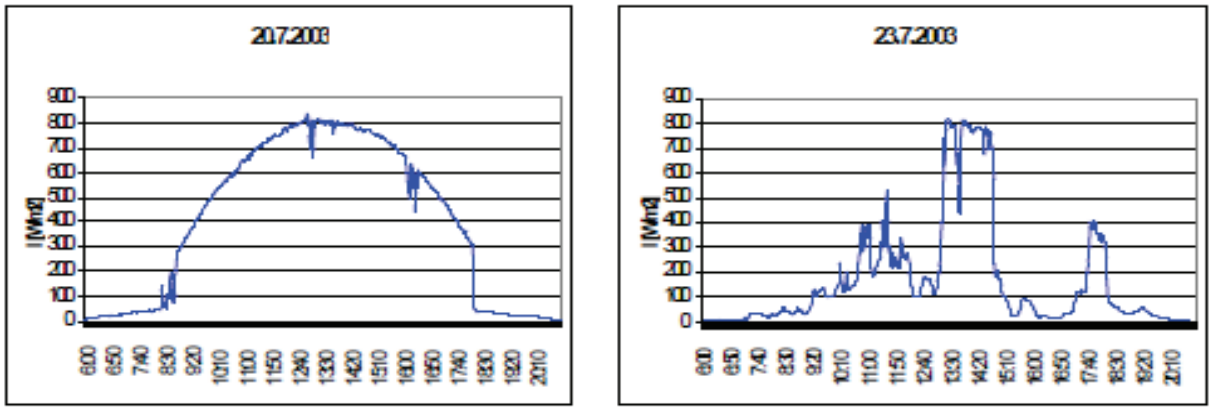
Bohužel má několik nepříznivých vlastností pro využití a to:

- ***Množství se mění během dne i v průběhu roku***
- ***Část energie se odráží zpět do vzduchoprázdna***

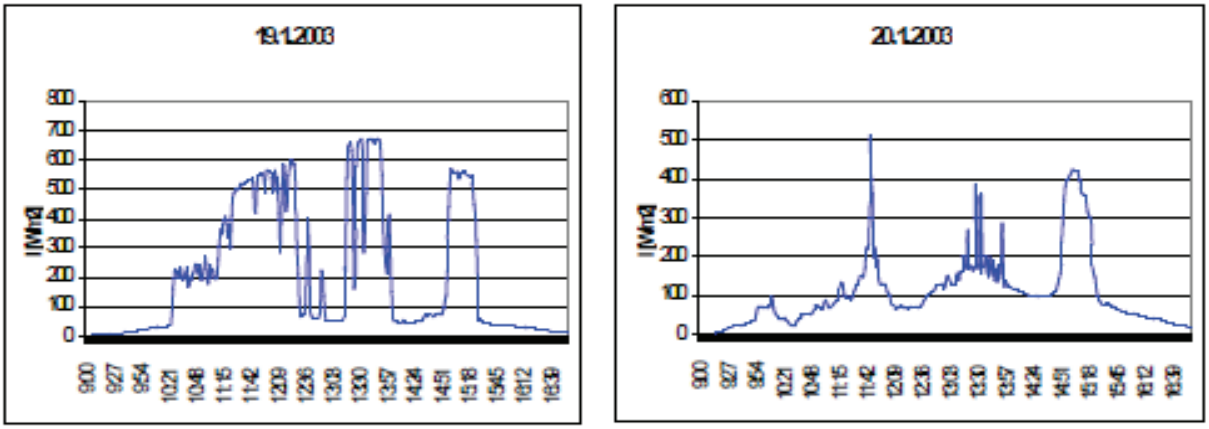
Solární konstanta je maximální využitelná intenzita energie a značí se I_0. Tato veličina je změřitelná na povrchu atmosféry a činí **1 360,8 ± 0,5 (W/m^2)**. Tato hodnota však není konstantní a mění se v závislosti na poloze Země vůči Slunci a na sluneční aktivitě. Okolo 30% z této energie se odrazí či zpětně vyzáří do kosmického vzduchoprázdna, a proto zhruba 1000 (W/m^2) dopadne na povrch planety. Dále pak využitelnost energie závisí na lokalitě, viz Obr. 1 [2] a také na denní době, jak znázorňuje graf na Obr. 2 a 3. [3]



Obr. 1 Potenciál solární energie [2]



Obr. 2: Solární energie v letním dni (Plzeň) zleva jasno, oblačno [3]



Obr. 3: Solární energie v zimním dni (Plzeň) zleva jasno, oblačno [3]

1.2 Solární kolektory a jejich rozdělení

Solární kolektor (dále jen kolektor) je zařízení, které slouží k získávání tepelné energie ze slunečního záření. Sluneční záření dopadá na kolektor a tím se kolektor ohřívá. Toto teplo se poté pomocí teplonosné látky odvádí dále uzavřeným oběhem do tepelného výměníků. Existuje několik kategorií kolektorů podle různých aspektů, které jsou znázorněny na obrázku 4.

Obr. 4: Rozdělení solárních kolektorů [1]

A) Rozdělení podle teplonosné látky:

Teplonosnou látkou může být buďto vzduch nebo kapalina. V případě vzduchu se kolektor využívá pouze pro účely přihřívání vzduchu pro ventilaci a cirkulační vytápění. V případě kapaliny se používají nemrznoucí směsi, jenž slouží k ochraně systému v zimním období. Bez tohoto opatření by mohlo dojít k poškození soustavy mrazem. Kapalina se používá u většiny aplikací. [1]

B) Rozdělení podle konstrukčního provedení:

- ***ploché***
- ***trubkové jednostěnné***
- ***trubkové dvoustěnné***
- ***koncentrační***

Prvním typem jsou ploché. Ty se dělí na nekryté a kryté. Plochý nekrytý kolektor by se dal popsat jako deska protkaná žílami, jimiž proudí ohřívaná kapalina. Tyto kolektory mají velké ztráty, které jsou velmi ovlivňovány vnějšími vlivy (kupříkladu vítr). Proto se používají v aplikacích nevyžadujících vyšší teplotu, jako je ohřev vody pro bazén.

Krytým kolektorem se rozumí konstrukce, která je chráněna proti vnějším vlivům průhlednou izolací. K tomuto účelu se využívá především sklo. Zasklení může být jednoduché či vícevrstvé. Kryté kolektory umožňují vytvoření podtlaku uvnitř konstrukce, který se též využívá k izolačním účelům. [1]

Dalším druhem kolektorů jsou trubkové. Ty můžou být v jednostěnném, či dvoustěnném provedení. Konstrukce trubkového kolektoru je tvořena vakuovanými trubkami, v nichž jsou umístěny ploché absorbéry. Ty jsou spojeny svařovaným spojem s teplonosnou látkou. Toto provedení zajišťuje velkou účinnost. Tento typ kolektoru bude využit na projektu. [1]

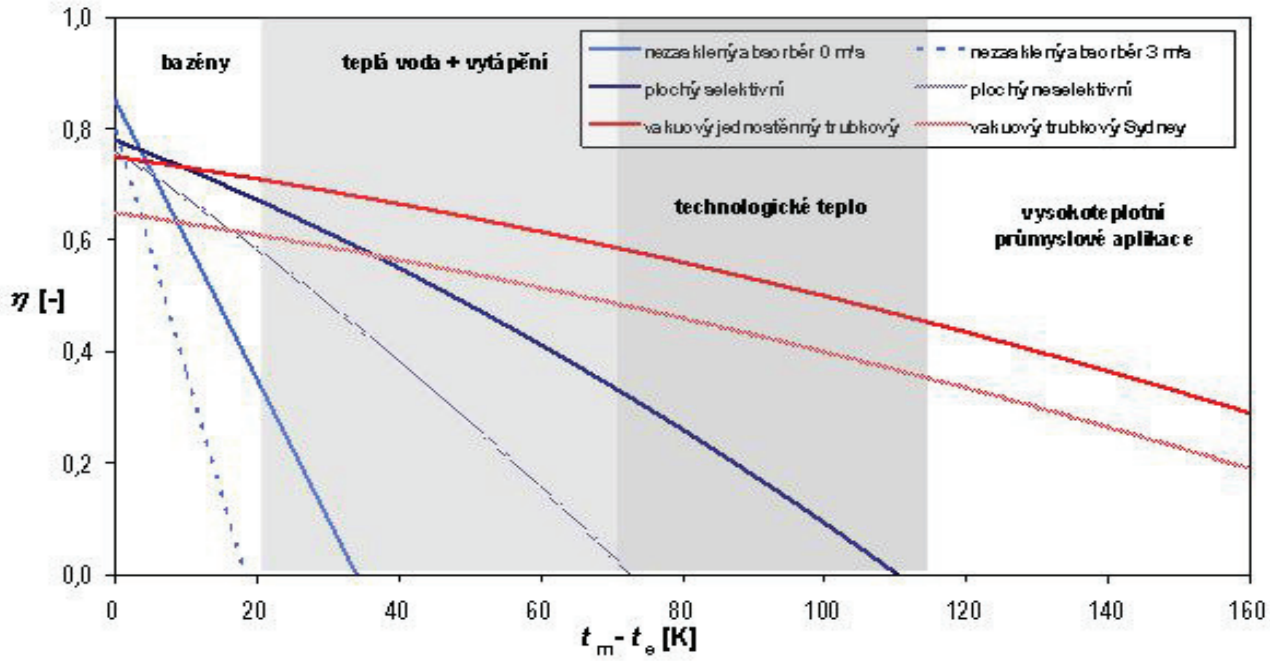
Trubkové dvojstěnné kolektory též nazývané *„Sydney“* využívají místo plochého absorbéru válcový. U těchto kolektorů je problematický přenos tepla z absorbéru do teplonosné látky, který je řešen za pomoci teplosměnné hliníkové lamely. Z toho důvodu je účinnost obecně nižší pro nízké teploty, než je tomu u plochých kolektorů. [1]

Posledním zde zmíněným druhem kolektoru z hlediska konstrukce je koncentrační kolektor. Jedná se o kolektory využívající zrcadla a optické čočky pro nasměrování a zaostření světla na absorbér. Díky tomu může mít absorbér dosti malé rozměry. [1]

Obr 5: Druhy kolektorů, zleva: plochý, plochý vakuový, trubkový jednostěnný [1]

1.3 Výběr typu kolektoru a místa umístění

Při výběru správného typu kolektoru je důležitý faktor výkon a účinnost kolektoru. Tyto hodnoty však nelze uvádět jako jedinou hodnotu a při stanovení dané křivky musí být známy i okrajové podmínky (hodnoty teplot kapaliny a okolí kolektoru, množství dopadající solární energie apod.). Z tohoto důvodu se stává, že výrobce uvádí hodnotu výkonu při nulových ztrátách. Tato hodnota však není za provozu dosažitelná. Standardně se uvádí výkon při hodnotě ozáření **1 000 (W/m^2)** a v závislosti teploty kapaliny a okolí. Tato křivka nabývá tvaru paraboly. Co výkonosti se týče, ta je též uváděna při stejné hodnotě G jak tomu je u výkonu. Z Obr. 6 je patrné, že pro tento projekt je nejvhodnější volbou trubkový kolektor. [4]



Obr 6: Graf křivek účinnosti základních druhů kolektorů při osvícení 1000 W/m^2 [4]

Umístění kolektoru může být buďto na pozemku, na fasádě domu, nebo na střeše objektu. Umístění na střechu objektu je nejrozumnější volbou, neboť je zajištěna co nejkratší trasa potrubí spojujícího kolektor a zásobník. Zároveň také nezabírá využívanou plochu pozemku. Bohužel ne vždy je možno umístit kolektory na střechu z různých důvodů (nedostatek místa, nevhodné architektonické provedení objektu). V tomto projektu je možné umístění na střeše, a tudíž tam kolektory budou umístěny. Vyvstává však otázka, s jakým sklonem a orientací jej umístit. [5]

„V našich podmínkách je ideální orientace kolektorů směrem na jih, kde dosáhneme maxima využití slunečního záření. Pokud není možné nebo esteticky vhodné zachovat přesnou jižní orientaci, lze kolektory od jihu odchýlit: odchylka 30° od jihu způsobí pouze zanedbatelné ztráty, i při odchylce 45° jsou ztráty pouze cca 8 – 10 %.“ [5]

Z toho plyne, že ideální pro umístění na střeše jsou stavby buď se střechou plochou, nebo je-li zkosena na jih. Pokud však objekt má zkosení střechy na východ a západ, nejedná se o příliš velký problém a tuto situaci lze snadno řešit. V takovém případě je nejsnažší jednoduše umístit kolektory na západní část zkosené střechy a kolektory situovat pomocí náklonu na jihozápad, nelze-li jinak, je i možnost situování na jihovýchod. [5]

Co sklonu se týče, je nejlépe dosáhnout dopadu slunečního záření na kolektor pod pravým úhlem. Poloha Slunce vůči Zemi se však přes rok mění. V letním období je vhodný úhel sklonu kolektoru zhruba 30°, zatímco v zimních měsících tento úhel činní až 60° (jedná se o úhel sklonu od vodorovné roviny). Většinou se tedy provádí montáž kolektoru se sklonem v rozmezí 30° až 45°. Toto rozpětí inklinuje k vhodné hodnotě pro letní období ze dvou důvodů. Zaprvé v letních měsících je sluneční záření intenzivnější a zadruhé v zimě působí hlavně difúzní záření (způsobené rozptylem v atmosféře), které nezávisí na sklonu kolektoru. V tomto projektu budou kolektory nainstalovány na jižní stranu střechy a úhel bude volen v závislosti na sklonu střechy. [5]

1.4 Zajištění cirkulace teplonosné kapaliny

Cirkulaci kapaliny mezi kolektorem a zásobníkem lze realizovat dvěma způsoby a to:

- ***samotížně***
- ***nuceným oběhem***

Princip samotíží spočívá v poměrně jednoduchém principu a využívá rozdílu teplot kapaliny. V místě ohřevu vystoupá teplejší kapalina do nejvyššího bodu celého oběhu, dále předá energii, čímž se zchladí a postupně klesá až k místu ohřevu, ze kterého tím vytlačuje kapalinu teplejší. Díky tomuto cyklu kapalina proudí oběhem.

Tento systém je energeticky nezávislý, avšak jedna z jeho hlavních nevýhod je poměrně složitá montáž, protože pro funkčnost takového oběhu je zapotřebí udržovat správný průřez a sklon potrubí.
Dále je tento systém spíše vhodnější pro instalace, kdy je zdroj tepla níže než místo odběru tepla, což znemožňuje umístění kolektoru na střechu.

Druhým typem je nucený oběh. Zde je zajištěna cirkulace za pomoci čerpadla. V tomto případě je zapotřebí odběru elektrické energie, ale tento nedostatek je poměrně zanedbatelný díky nízké energetické náročnosti malých oběhových čerpadel. Dále k tomu odpadají veškeré nevýhody samotíže. Lze použít i čerpadlo elektronické, které je schopno samo přizpůsobovat svůj pracovní bod potřebám soustavy.

1.5 Možnosti využití kolektorů

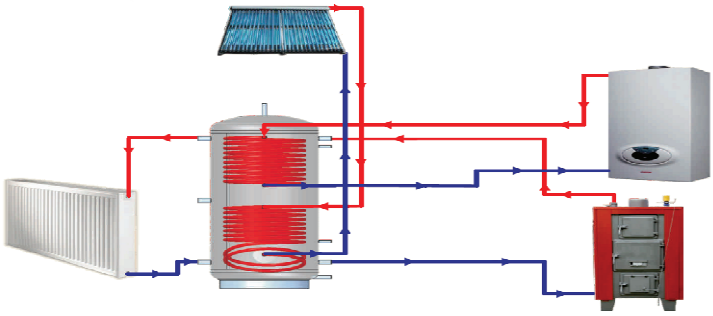
Princip kolektoru využívá přeměnu sluneční energie na energii tepelnou (narozdíl od solárního panelu, jenž přeměňuje energii světelnou na elektrickou) což znamená, že možnosti využití jsou méně početné. Prakticky to znamená, že energii zachycenou kolektorem lze použít pouze k ohřevu. Typickým využitím je ohřev teplé užitkové vody (dále jen TUV), případně ohřev vody v bazénu či přitápění objektu. Mezi typická řešení patří již zmíněný ohřev užitkové vody skloubený s možností ohřívání bazénové vody v případě chlazení.

Existují dvě hlavní řešení zapojení kolektorů:

- ***napojení na akumulační nádobu***
- ***využívající výměník***

Hlavní výhodou akumulační nádoby je zaprvé akumulace a zadruhé možnost propojení s dalšími systémy jako je vytápění a tím vytvořit jeden celistvý systém. Objem akumulační nádoby je volen podle potřeb daného domu. Při instalacích se běžně používají nádrže o objemu 500 až 1000 litrů. Tepelný výměník pro kolektor jakožto nejlevnější způsob vytápění je situovaný u dna nádoby a ohřívá tak celý objem nádrže. Další levné energetické systémy se dají zapojit těsně nad výměník kolektoru. Dále se dá propojit s výtopným systémem, který je situovaný v horní části nádoby. Veškeré akumulované teplo jde dále využívat k ohřevu TUV přes další tepelný výměník situovaný uvnitř nádrže. [6]

Tepelný výměník se využívá v případech, kdy není možné solární kolektor napojit přímo na akumulační nádobu. To nastává v případech, kdy je kolektor využívaný pro více tepelných spotřebičů. V takovém případě je využíván troj ventil. Ten umožňuje přepínat mezi jednotlivými okruhy podle potřeby. Bohužel toto řešení je méně účinné, než první zmíněná varianta z důvodu neschopnosti akumulace nastřádané energie. Při tomto způsobu zapojení jsou nastaveny priority spotřebičů. Primární prioritu má kupříkladu ohřev užitkové vody a sekundární prioritu ohřev vody v bazénu. Napojení na bazén v tomto případě slouží jako chlazení systému v letních dnech. K ohřevu TUV je dále v tomto případě využíván další ohřevný systém (kupříkladu topná spirála) z toho důvodu, že ne vždy je kolektor schopen pokrýt požadavky domácnosti, obzvláště v zimním období. [6]



Obr 6: Příklad zapojení akumulační nádoby [7]

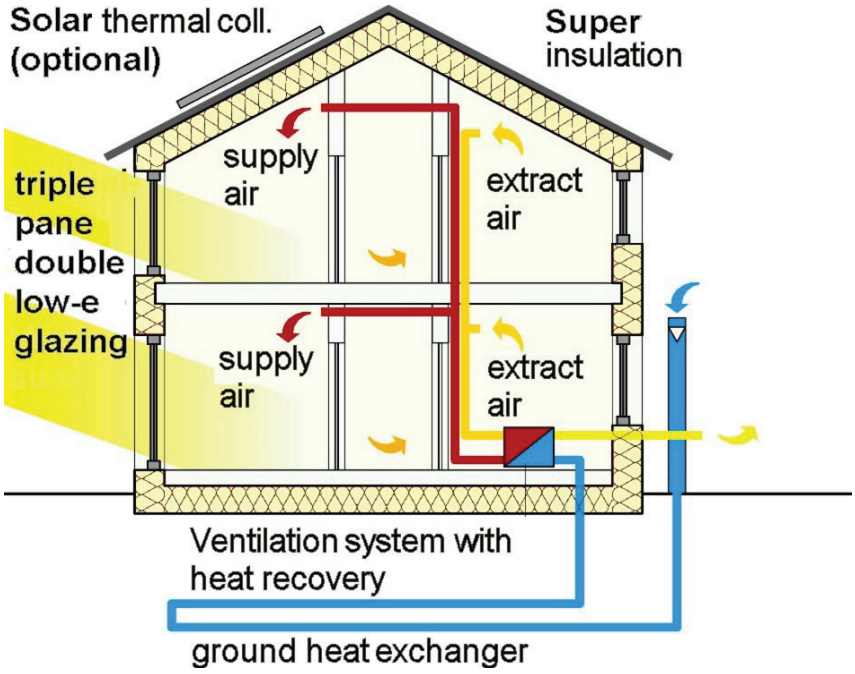
1.6 Pasivní dům a jeho definice

Pasivním domem (dále jen PD) se rozumí objekt, který je navržen a vybaven tak, aby jeho energetická náročnost byla co nejmenší. Úspora energie se u těchto objektů dociluje, jak správným navržením a orientací domu, tak jeho zateplením, instalací vhodného větracího systému či instalací pomocných energetických zdrojů.

Aby dům mohl být označen za pasivní, musí splňovat tato kritéria:

- Roční spotřeba energie na vytápění nesmí přesáhnout hodnotu 15 (kWh/m^2)
- Při změně tlaku o 50 (Pa) se nesmí vyměnit za hodinu více než 60% objemu vzduchu přes netěsnosti (jedná se o zkoušku neprůvzdušnosti obálky budovy n_{50})
- Celková spotřeba energie na provoz budovy nesmí přesáhnout hodnotu 120 (kWh/m^2) [8]

Při návrhu PD je snaha orientovat objekt vždy k jihu. Dále při vnitřním uspořádání místností je dobré, aby obytné místnosti byly situovány v jižní straně budovy, protože se zde uplatňuje přirozený ohřev za pomoci solárního záření. Konstrukce může být dřevěná, zděná či cihlová. Dále je snahou, aby celková plocha ohřívaná slunečním svitem nebyla větší než ochlazovaný povrch budovy. [9]



Obr 7: Příklad řešení pasivního domu [9]

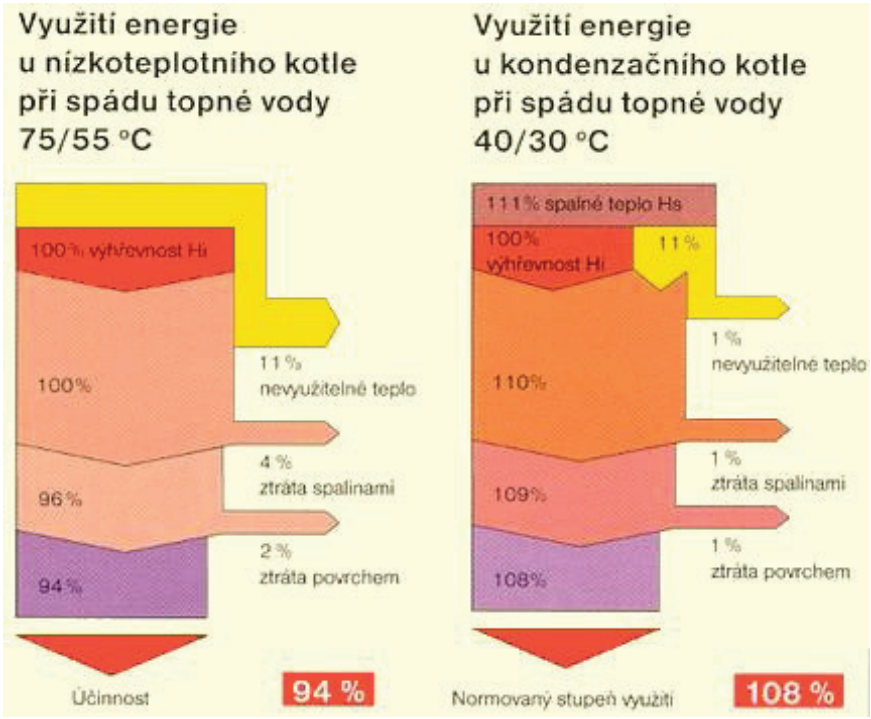
Aby se mohlo dosáhnout kritérii definující PD, je třeba objekt zateplit. K tomu se používají izolace mající nízký součinitel vodivosti tepla, to zanemá jeho hodnoty v rozmezí 0,035 až 0,06 (W/(m*K)). Toto kritérium splňují jak průmyslové izolace (minerální vata, polystyren,…) tak i přírodní (len, ovčí vlna,…). K vyplnění otvorů (okna, dveře) se používá dvojitých či trojitých skel. U oken je pak dobré, aby dané sklo mělo propustnost infračerveného spektra minimálně 50%. [9]

Pro větrání pasivního domu je dobré použít rekuperační jednotku, neboť přirozené větrání za pomoci oken je velmi energeticky náročné. Jedná se o zařízení, které využívá tepelného výměníku pro ohřívání čerstvého studeného vzduchu teplým vzduchem vyměňovaným, či naopak může čerstvý vzduch ochlazovat stejným způsobem. Příklad rekuperačního větrání lze vidět na Obr. 7

1.7 Kondenzační plynový kotel

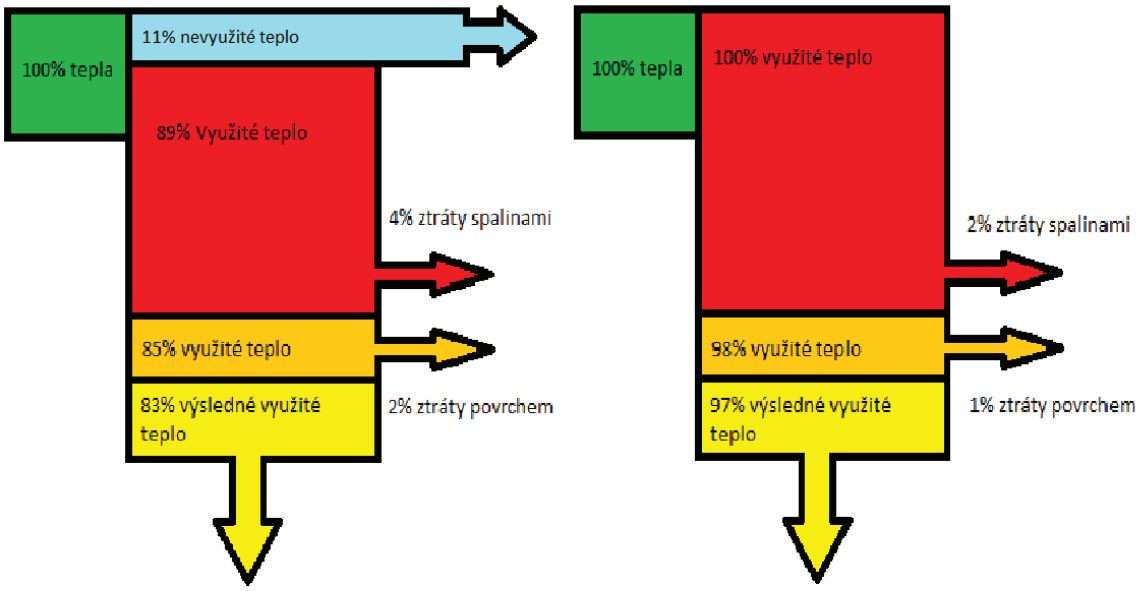
Tento typ kotle bude využit na projektu. Z toho důvodu je vhodné přiblížit si vlastnosti tohoto typu kotle.

Tento typ kotle využívá vodních par, které vznikají spalováním metanu nebo zemního plynu. Tyto vodní páry v obyčejném typu kotle odcházejí spolu se spalinami a odnášejí tzv. latentní teplo (jedná se o teplo obsažené v plynu). Tento typ kotle pomocí kondenzace těchto vodních par předehřívá přes výměník teplonosnou kapalinu vracející se do kotle a tím zvyšuje svoji účinnost. [13]



Obr 8: Demonstrace důvodu udávání využití energie kondenzačního kotle vyšší než 100% [13]

Výhřevnost plynu je hodnota množství tepla spalného (teplo uvolněné dokonalým spálením jednotky plynu a odpovídajícího množství kyslíku) ze které je odečteno teplo odcházející vodními parami. Toto teplo tedy nezahrnuje teplo vodních par a je bráno jako 100% vyprodukovaného tepla díky zavedení normovaného stupně využití. Standardní typ kotle poté prostřednictvím různých ztrát tuto hodnotu snižuje a výsledná hodnota účinnosti tedy může dosáhnout 94% viz obr. 8. Kotel kondenzační ale toto nezahrnuté teplo využívá, čímž se dostává nad hodnotu 100% účinnosti. Ovšem fyzikálně je účinnost vyšší než 100% nemožná z důvodu existence zákonu zachování energie (nelze získat ze soustavy vyšší množství energie než je množství do ní vložené) a při správném fyzikáním výpočtu efektivita tohoto kotle nepřesáhne 97,5%.



Obr 9 : Porovnání účinnosti standardního kotle (vlevo) a kondenzačního kotle (vpravo)

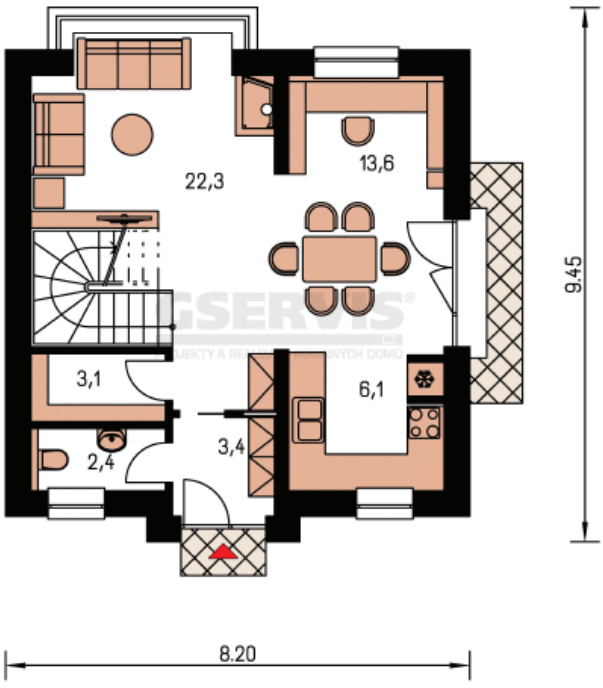
2 Návrh pasivního domu

2.1 Předmět projektu elektroinstalace

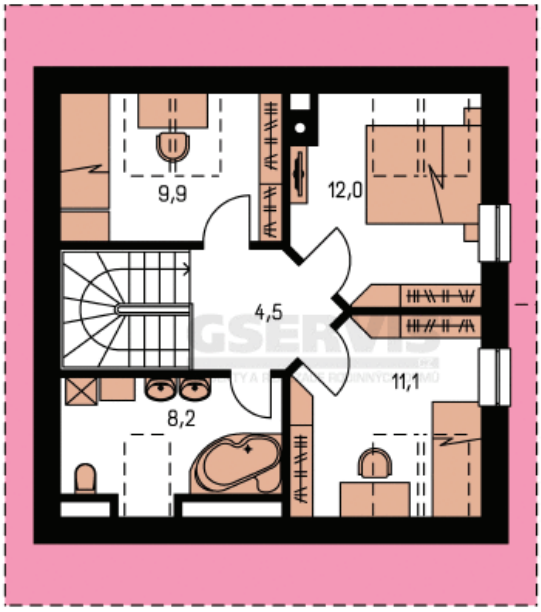
Tato část práce se zabývá řešením připojení stavby k místní distribuční síti nízkého napětí, měření odběru elektrické energie, jímací a uzemňovací soustavu hromosvodu, rozvod světelných a zásuvkových okruhů včetně bytového rozvaděče. Pro připojení domovní sítě k distribuční je zvoleno AYKY 3 x 120 + 70 mm^2. Kabel bude zakopán v zemi minimálně 80 cm a bude umístěn v ochranné PVC trubce. Přípojnicová skříň je umístěna v betonovém sloupku plotu na okraji pozemku společně s elektroměrem.

Přílohami dokumentace jsou výkresy půdorysu objektu s vypracovanou elektroinstalací, která je rozdělena na datové vedení, světelné okruhy, zásuvkové okruhy, návrh hromosvodu, situační plán a umístění technologie kolektorů, topení a rekuperační jednotky.

Obr 10: Rodinný dům ESO [10]



Obr 11: Rodinný dům ESO půdorys - přízemí [10]



Obr 12: Rodinný dům ESO půdorys - patro [10]

2.2 Technické údaje elektroinstalace

Napěťová soustava: 3xPEN, 50 Hz, AC, 400/230 V, TN-C
3xPE+N, 50 Hz, AC, 400/230 V, TN-S

Převod soustavy z TN-C na TN-S je proveden v domovním rozvaděči.

Instalovaný výkon:		
	LED televize	100 W
	Počítač	400 W
	Kuchyňský robot	1 000 W
	6x Oběhové čerpadlo	600 W
	Rekuperační jednotka	100 W
	Myčka nádobí	1 740 W
	Mikrovlnná trouba	1 200 W
	Chladnička	150 W
	Mrazák	130 W
	Světelný okruh	500 W
	Filtrace bazénu	500 W
	Automatická pračka	2 050 W
	Rychlovarná konvice	2 100 W
	Celkem:	10 570 W

Činitel soudobosti: $\beta = 0{,}77$

Činitel soudobosti je poměr skutečného využívaného výkonu ku celkovému výkonu instalovanému. Tato hodnota bude vždy nižší, než 1 neboť se nestává, že by pracovaly všechny spotřebiče naráz. Existují tabulky udávané přibližný rozsah, ve kterém se může tato hodnota pohybovat vzhledem k danému typu objektu, nebo lze vyjádřit vztahem:

$$\beta = \frac{k_s * k_z}{\eta_m * \eta_s} \quad (1)$$

$_s$ – součinitel současnosti – poměr využívaného ku instalovanému výkonu v daném okamžiku

k_z – součinitel využití – poměr reálného výkonu spotřebičů ku jijich instalovanému výkonu v daném okamžiku

η_m – účinnost spotřebičů při jejich využití

η_s – účinnost napájecí soustavy, která je brána od daného místa až k umístění spotřebičů [15]

Činitel soudobosti β se přidáním solárního kolektoru nezmění, neboť na výkon eletrických spotřebičů nemá jiný vliv, než jen využití jednoho oběhového čerpadla.

Soudobý příkon:

$$P_\beta = P_i * \beta = 10\,570 * 0{,}77 = 8\,138{,}9 \text{ (W)} \quad (2)$$

Stupeň elektrizace:

Stupeň elektrizace dělí obytné objekty na 3 kategorie. Ty jsou:

- Stupeň A
- Stupeň B
- Stupeň C

Stupněm A jsou označovány obytné objekty, které elektřinu využívají pro světelný okruh a pro spotřebiče připojené buďto pohyblivým přívodem, nebo připojeny pevně s podmínkou, že žádný spotřebič nepřesahuje svým příkonem 3,5 (kVA). [14]

Stupněm B jsou označeny obytné objekty využívající nejen spotřebiče popsané ve stupni A, ale i spotřebič napojený na trojfázový obvod (například elektrický sporák), který má příkon nad 3,5 (kVA). [14]

Stupňem C se označují ty obytné objekty, ve kterých se k vytápění nebo klimatizaci využívá elektrický spotřebič. [14]

V tomto projektu je k dispozici jedna trojfázová zásuvka a proto spadá do **stupně elektrizace B**.

Hlavní jistič před elektroměrem: třífázový 25 (A)

Ochrana před nebezpečným dotykem a proti přetížení a zkratu:

Realizace ochrany před dotykem živých částí je realizována pomocí izolace, krytím a doplňková proudových chráničem. Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí je realizována za pomoci samočinného odpojení od zdroje, uzemněním, doplňujícím pospojováním a zvýšenou ochranou proudovým chráničem. Ochrana proti přetížení a zkratu je realizována pojistkou a jističem v každém elektrickém okruhu.

2.3 Popis jednotlivých rozvodů elektroinstalace

2.3.1 Elektroměrový rozvaděč, přívodní vedení

Elektroměrový rozvaděč je osazen v pilíři plotu, který je napojený z pojistkové skříně uložené též ve sloupku. Rozvaděč bude připojen podle připojovacích podmínek ČEZ. Přípojka bude realizována samostatnou investicí ČEZ. Z elektroměrového rozvaděče bude vést kabel CYKY 4x10 - J, uložený v ochranné trubce minimálně 80 [cm] pod zemí.

2.3.2 Vnitřní rozvody

Bytový rozvaděč bude typu FW32, 72 modulů, uložený v plastové krabičce, zapuštěné ve zdi. Jednotlivé obvody budou jištěný jističi 10A a 16A. Budou vedeny kabely CYKY 3x 1,5 - J a CYKY 3x 2,5 - J. Koupelnové zásuvky budou též chráněny proudovým chráničem. Vypínače budou umístěny 120 cm nad zemí a 20 cm na pravé straně od zárubní dveří. Zásuvky budou zapuštěné ve zdech a umístěné 20 cm nad zemí. Samotné rozvody jsou vedeny v ochranných trubkách pod omítkou. Zásuvky v koupelnách jsou opatřeny proudovým chráničem. Ve všech prostorech jsou použity úsporné žárovky. Venkovní světla mají stupeň krytí IP 45. Rozvody pro stropní svítidla budou vedeny v kanálech stropnic a budou zakončené ve svorkovnicích. Ve vnitřních prostorách jsou zvoleny klasické zásuvky zapuštěné ve zdech. Většinou dvojité zásuvky. Jedna trofázová zásuvka s krytím IP 45 je vyvedena vně objektu a zapuštěná do fasády. Čerpadla pro tepelný systém jsou napájena z rozvaděče technologie.

2.3.3 Slaboproudé rozvody

Rozvody pozemního digitálního vysílání, jsou realizovány pomocí koaxiálního kabelu VCEKY 75 ohm a jsou zakončeny v pěti místnostech kombinovanou SAT zásuvkou. Internetové připojení je vedeno pomocí internetového kabelu, který je připravený pro budoucí připojení k anténě poskytovatele. Zvonek je použit drátový, který se nachází u hlavních dveří rodinného domu a na sloupku u vrátek plotu. Součástí zvonku je kamerový systém, kde kamera snímá hosta u vrátek, který zazvonil a přenáší jeho obraz na obrazovku instalovanou v předsíni. Jako požární čidlo je použito ionizační, umístěno v prostoru obývacího pokoje blíže ke krbu, kde je nejpravděpodobnější výskyt požáru. Pohybová čidla jsou umístěna v přízemí v prostorech, kde je možný přístup z venkovních prostor dveřmi nebo okny. Všechna čidla jsou bezdrátová a mají společnou ústřednu.

2.3.4 Hromosvod

Objekt bude vybaven třemi jímacími tyčemi. K jímací soustavě budou připevněny kovové části střechy (okapy, solární kolektory). Jímací soustava je navržena z FeZn 8 [mm], podpěry a svorky z téhož materiálu. Ve výšce 180 cm nad zemí je jímací soustava ukončena zkušebními svorkami, které jsou již součástí uzemňovací soustavy a dále pak pokračují FeZn 16 mm k uzemňovací soustavě. Uzemňovací soustava je tvořena základnovým zemničem FeZn 30/4.

2.4 Dimenzování přípojky a kontrolní výpočty

2.4.1 Kontrola dimenzování kabelu k přípojkové skříni

Instalovaný výkon: P_i= 10 570 (W)

Činitel soudobosti: $\beta = 0,77$

Soudobý příkon: $P_\beta = P_i * \beta = 10570 * 0,77 = 8138,9(W)$

Sdružené napětí: U_s=400 (V)

Účiník: cosφ= 0,96

Teplota okolí země t= 20 (°C)

Celkový proud přípojkou:

$$I_p = \frac{P_\beta}{\sqrt{2} * U_S * \cos\varphi} = \frac{8138,9}{\sqrt{2} * 400 * 0,96} = 12,237(A) \tag{3}$$

k…přepočítávací koeficienty

k_1= 1,1 – kabel je uložen v zemi

k_2= 1,22 – kabel není uložen při základní teplotě

$$I_{NP} = \frac{I_P}{k_1 * k_2} = 9,270(A) \tag{4}$$

$$\begin{aligned} I_{DOV} &> I_P \\ I_{DOV} &= I_{NV} \cdot k_1 \cdot k_2 \end{aligned} \tag{5}$$

I_{NV} pro kabel CYKY 4x10 – J uložen v zemi činní 62 (A)

$$I_{DOV} = 62 \cdot 1,1 \cdot 1,22 = 83,204(A) \tag{6}$$

83,204 je větší číslo než 12,237 ... **Kabel vyhovuje našim podmínkám**

2.4.2 Kontrola úbytku napětí u přípojkové skříně

$$\Delta U_S = \frac{l * P_\beta}{\gamma_{Cu} * S * U_S} = \frac{10 * 8138,9}{56 * e^{06} * 1 * e^{-5} * 400} = 363(mV) \tag{7}$$

$$2\%U_S = 0,02 * 400 = 8(V) \tag{8}$$

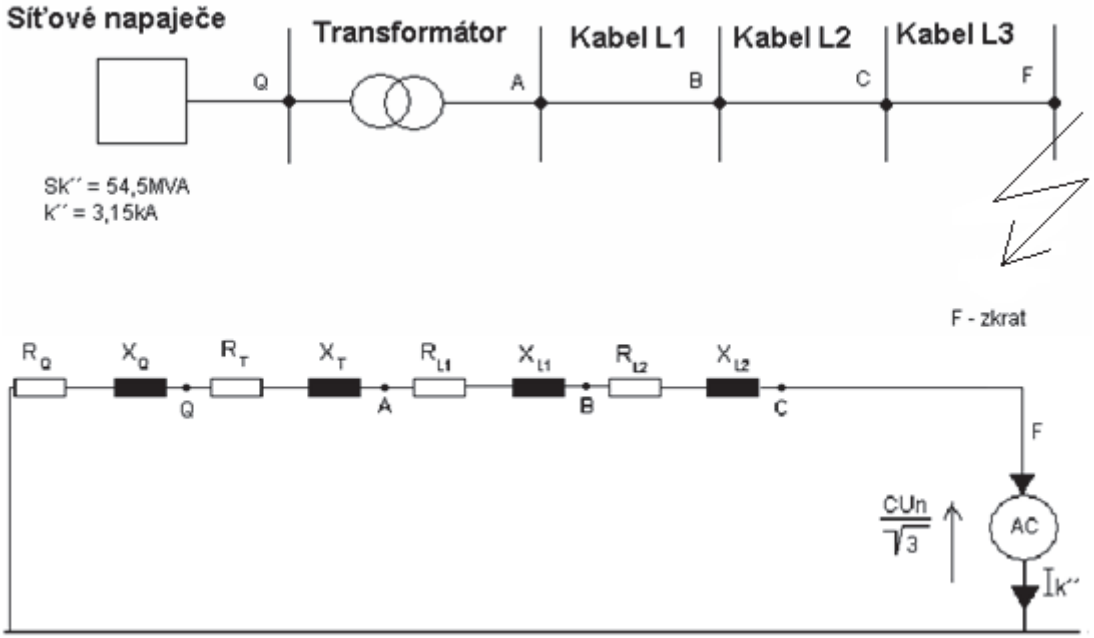
$$8(V) > 363(mV) \tag{9}$$

Z výpočtu je vidět, že hlavní přípojka objektu provedená kabelem CYKY 4x10 - J o délce 10 m vyhovuje z hlediska úbytku napětí.

2.4.3 Kontrola jištění přípojky objektu

Hodnota proudu jističe: I_j= 25 (A)

Hodnota proudu nožové pojistky: I_{np}=32 (A)



Obr 13: Náhradní schéma obvodu

2.4.4 Síťový napáječ

I_K=3,15 (kA)

S_{SK}=54,5 (MVA)

p=55 (transformátor 22 (kV)/0,4 (kV))

$$Z_S = \frac{cU_N^2}{S_{SK}}\left(\frac{1}{p^2}\right) = 3{,}23(m\Omega) \tag{10}$$

2.4.5 Transformátor

$u_{KR\%} = 6\%$

$u_{RR\%} = 3{,}2\%$

$S_{RT} = 0{,}4$ (MVA)

$U_{RTLV} = 0{,}4$ (kV)

$$Z_T = \frac{U_{KR\%}}{100} * \frac{U_{RTLV}^2}{S_{RT}} = 24(m\Omega) \tag{11}$$

$$R_T = \frac{U_{RR\%}}{100} * \frac{U_{RTLV}^2}{S_{RT}} = 12{,}8(m\Omega) \tag{12}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 20{,}3(m\Omega) \tag{13}$$

2.4.6 Kabelové vedení

A, Kabelové vedení L_1:

AYKY 3 x 120 + 70 (mm^2)

$l_1 = 250$ m

$R = 0{,}4423$ ($\Omega.km^{-1}$)

$X = 0{,}15$ ($\Omega.km^{-1}$)

$$R_{L1} = R \ . \ l = 110{,}6 \ (m\Omega) \tag{14}$$

$$X_{L1} = X \ . \ l = 23{,}5 \ (m\Omega) \tag{15}$$

$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 - X_{L1}^2} = 116{,}8(m\Omega) \tag{16}$$

B, Kabelové vedení L_2:

CYKY 4 x 10 - J

l_2 = 10 m

R = 1,83 ($\Omega.km^{-1}$)

X = 0,1068 ($\Omega.km^{-1}$)

$$R_{L2} = R \,.\, l = 18,3 \ (m\Omega) \tag{17}$$

$$X_{L2} = X \,.\, l = 1,068 \ (m\Omega) \tag{18}$$

$$Z_{L2} = \sqrt{R_{L2}^2 - X_{L2}^2} = 18,33(m\Omega) \tag{19}$$

Celková impedance zkratované smyčky:

$$Z_K = Z_S + Z_T + Z_{L1} + Z_{L2} = 162,36(m\Omega) \tag{20}$$

Výpočet zkratového proudu:

$$I_K = \frac{c \cdot U_{n0,4}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = 1,56(kA) \tag{21}$$

Ekvivalentní oteplovací proud:

$$t_K = 1s \rightarrow \check{C}SN \quad 33 \quad 3015 \rightarrow k_E = 1$$
$$I_{KE} = I_K \cdot k_E = 1,56kA \tag{22}$$

Kontrola na minimální průřez:

$$S \geq SMIN \tag{23}$$

Minimální průřez:

$$S_{MIN} = \frac{I_{kE} \cdot \sqrt{t_k}}{k} = 7,8(mm^2) \tag{24}$$

Koeficient „k“ volíme podle:

- Dovolené provozní teploty vodiče před zkratem ϑ_1 (nesmí být překročena při normálním provozu). Tato hodnota činní 70 (°C)
- Maximum dovolené teploty ϑ_k (nesmí být překročena nikdy z důvodů poškození izolace). Tato hodnota činní 180 (°C)

$10 \geq 7,8 \rightarrow$ podmínka je splněna

Minimální průřez vodiče je menší, než průřez vodiče použitého kabelu. Kabel CYKY 4x10 - J proto splňuje podmínky.

2.5 Výčet norem použitých pro elektroinstalaci

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2	Ochrana před úrazem elektrickým proudem
ČSN 33 2000-5-54 ed. 3	Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-5-51 ed. 3	Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy
ČSN 33 0165 ed. 2	Předpisy pro značení vodičů barvami nebo číslicemi
ČSN 33 2000-7-701 ed. 2	Předpisy pro prostory s vanou, nebo sprchou a umývací prostory
ČSN EN 62 305-1 ed. 2	Ochrana před úrazem bleskem
ČSN 33 2000-5-54 ed. 3	Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-4-443 ed. 3	Předpisy týkající se bezpečnosti a elektromagnetickém rušení
ČSN 33 2000-4-43 ed. 2	Předpisy týkající se bezpečnosti, nadproudy
ČSN 33 2000-4-42 ed. 2	Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-7-701 ed. 2	Elektroinstalace v prostorách s vanou a umyvadlem
ČSN 33 2130 ed. 3	Vnitřní elektrické rozvody
ČSN 33 2000-1 ed. 2	Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice
ČSN 34 2300 ed. 2	Předpisy pro vnitřní rozvody vedení elektronických komunikací
ČSN 33 2180	Připojování el. přístrojů a spotřebičů
ČSN 33 3015	Zásady dimenzování podle elektrodynamické a tepelné odolnosti při zkratech

2.6 Tepelný systém objektu

V této práci je předpokládáno, že architektonické prvky objektu byly navrženy tak, aby splňovaly požadavky pro pasivní dům. Celý objekt bude zateplen polystyrenovým obkladem a utěsněn. Předpokladem je splnění zkoušky neprůvzdušnosti obálky budovy n_{50} . Okna budou použita trojsklenná izolační a polarizovaná, aby propouštěla dobře infračervené spektrum světla pro co nejefektivnější pasivní zahřívání objektu. Dveře budou také vybrány s ohledem na standard pasivního domu. Větrání objektu bude realizováno rekuperační jednotkou s tepelným výměníkem, jejíž technologie bude umístěna v technické místnosti a vzduch bude rozveden po objektu. Předehřívání nebo chlazení čerstvého vzduchu bude napomáháno uložením přívodní trubky do půdy. Příprava pokrmů a vytápění bude realizováno plynovými spotřebiči.

Kotel bude použit plynový kondenzační. Umístění kotle bude opět v technické místnosti, protože kondenzační kotel není potřeba napojit na komín, stačí pouze provést odvětrávání v podobě polypropylenové trubky o průměru 60 – 125mm.

Odvětrávání pro kondenzační kotel se řídí normou **ČSN EN 14471 + A1**. Odvětrávání bude vyvedeno z boku objektu. Díky umístění kotle v technické místnosti bude zajištěno oddělení plynového kotle od obytných prostor. Tepelný kotel a topný okruh skládající se z radiátorů bude napojen přímo na akumulační nádobu s nerezovými výměníky pro průtokový ohřev TUV HSK 750 PR o objemu 750 l. Na topném okruhu bude otevíratelný bypass, který bude kotli umožňovat pouze nahřívání nádoby. Do této nádoby budou na spodní tepelný výměník napojeny solární kolektory a na horní výměník bude napojen okruh s TUV nepřímo přes deskový výměník viz. příloha. Oběh pro bazén bude též nepřímo přes protiproudý výměník napojen na 3 výměník uložený v akumulační nádobě. Proudění ve všech obězích budou zajišťovat oběhová čerpadla umístěna v technické místnosti a napájena z rozvaděče technologie. Akumulační nádoba bude umístěna pod schody. Díky tomu se ušetří místo v obytných prostorách a využije se místo jinak nevyužité. Umístění rekuperační jednotky, plynového kotle a akumulační nádoby bude vyznačeno v plánu objektu. Řídící technologie ventilů a čerpadel bude umístěna v technické místnosti. Teplo bude předáváno z tepelného okruhu do obytných prostor za pomoci radiátorů. Umístění technologie a její způsob zapojení bude znázorněn v příloze. Rozvody vzduchu a vody budou realizovány odbornou firmou. Objekt disponuje přívodem studené užitkové vody a plynu.

2.7 Solární kolektory

Solární kolektor pro tento objekt byl zvolen EXOSOL® OPC 15. Tyto 3 kolektory budou umístěny na jižní střeše objektu. Přesné umístění bude vyznačeno v plánu objektu. Namontovány budou tak, aby jejich vertikální odchylka od jihu činila 0° a horizontální sklon vůči zemi 40°. Kolektory budou napojeny na akumulační nádobu a případné nadbytečné teplo bude odváděno do bazénu. Cirkulaci teplonosné kapaliny v oběhu bude zajišťovat oběhové čerpadlo umístěné v technické místnosti

2.7.1 Výpočet teoretické hodnoty tepla získané kolektory za den

Jímací plocha kolektoru EXOSOL® OPC 15 udaná výrobcem činní 1,72 (m^2). Tudíž při použití 3 kolektorů je velikost absorpční plochy 5,16 (m^2).

Účinnost tohoto kolektoru je předpokládána 75%. Objem akumulační nádoby KXT0 750 činní 750 (l) a celková izolační schopnost zásobníku je předpokládána 90%.

Pro tento výpočet je uvažována počáteční teplota vody 12 (°C). Kolektor je orientován pod úhlem 40° a odchylka od jihu činní 0°. Hodnoty globálního ozáření I_n na vodorovnou plochu jsou udány v tabulce. Sluneční deklinace činní cca 20° a zeměpisná šířka lokality je 45,4° s.š

T(hod)	In[W/m^2]	T[hod]	In[W/m^2]	T[hod]	In[W/m^2]
6:45	189	11:15	812	15:45	754
7:00	251	11:30	823	16:00	707
7:15	320	11:45	819	16:15	659
7:30	297	12:00	871	16:30	698
7:45	317	12:15	863	16:45	583
8:00	323	12:30	810	17:00	591
8:15	356	12:45	884	17:15	654
8:30	378	13:00	916	17:30	612
8:45	351	13:15	859	17:45	591
9:00	419	13:30	871	18:00	583
9:15	487	13:45	863	18:15	542
9:30	612	14:00	876	18:30	486
9:45	685	14:15	884	18:45	431
10:00	741	14:30	845	19:00	384
10:15	747	14:45	863	19:15	312
10:30	759	15:00	795	19:30	301
10:45	713	15:15	810	19:45	281
11:00	808	15:30	406	20:00	236

Tab 1: Hodnoty globálního ozáření v závislosti na čase [3]

Vzorec pro intenzitu slunečního záření na obecně položenou plochu:

$$I = I_n * \cos\gamma (W / m^2) \tag{25}$$

γ - úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu.

Vzorec pro úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu:

$$\cos(\gamma) = \sin(h).\cos(\alpha) + \cos(h).\sin(\alpha).\cos(a - a_s) \tag{26}$$

h - výška Slunce nad obzorem

α - úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny

a - azimut Slunce

a_s - azimutový úhel normály osluněné plochy

$$\sin(h) = \sin\delta.\sin\varphi + \cos\delta.\cos\varphi.\cos\tau \tag{27}$$

$$\sin(a) = \frac{\cos\delta}{\cos(h)}\sin\tau \tag{28}$$

δ - deklinace slunce

φ - zeměpisná šířka

τ - časový úhel (11hod = -15º, 12hod = 0º, orientace podle hodinových ručiček)

Výpočet teploty vody v akumulační nádobě:

$$m * C_p * \Delta t = I * S * \tau * \eta_1 * \eta_2 \Rightarrow t = \frac{I * S * \tau * \eta_1 * \eta_2}{m * C_p} + t_{t-1} \tag{29}$$

m – hmotnost kapaliny (1 (l) = 1 (kg))

c_p – měrná tepelná kapacita vody (4187 (J/kg*K))

I – intenzita slunečního záření (W/m^2)

S – absorpční plocha (m^2)

τ_o – čas ohřevu (v sekundách)

$\eta 1$ – účinnost kolektoru

$\eta 2$ – izolační schopnost zásobníku

Příklad výpočtu (pro 12:00) :

Sklon = 40°

as = 0°

α = 90 – sklon =50°

$$\begin{aligned} &\sin(20) * \sin(45{,}4) + \cos(20) * \cos(45{,}4) * \cos(0) = 0{,}903 \\ &\Rightarrow h = 64{,}6(m) \end{aligned} \tag{30}$$

$$\sin(a) = \frac{\cos\delta}{\cos(h)} \sin\tau = \frac{\cos(20)}{\cos(64{,}555)} * \sin(0°) = 0 \tag{31}$$

$$\sin(64{,}555) * \cos(50) + \cos(64{,}555) * \sin(50) * \cos(0-0) = 0{,}91 \Rightarrow \gamma = 24{,}495 \tag{32}$$

$$I = I_n * \cos\gamma = 871 * \cos(24{,}495) = 792{,}608 \tag{33}$$

$$\frac{792{,}608 * 5{,}16 * 3 * 15 * 60 * 0{,}75 * 0{,}9}{750 * 4187} + 36{,}24 = 38{,}61(°C) \tag{34}$$

t [hod]	I_n [W/m^2]	τ [°]	h [m]	a [°]	I [W/m^2]	Teplota [°]
6:45	189	-78,75	21,85	-83,22	61,09	12,18
7:00	251	-75,00	24,48	-85,78	79,72	12,42
7:15	320	-71,25	27,10	-88,39	99,86	12,72
7:30	297	-67,50	29,74	-88,95	98,31	13,02
7:45	317	-63,75	32,37	-86,21	122,63	13,38
8:00	323	-60,00	34,99	-83,38	142,41	13,81
8:15	356	-56,25	37,60	-80,44	175,49	14,33
8:30	378	-52,50	40,18	-77,36	205,17	14,95
8:45	351	-48,75	42,73	-74,12	207,15	15,57
9:00	419	-45,00	45,24	-70,68	266,02	16,37
9:15	487	-41,25	47,70	-67,01	329,60	17,35
9:30	612	-37,50	50,08	-63,06	437,99	18,66
9:45	685	-33,75	52,39	-58,80	514,69	20,21
10:00	741	-30,00	54,58	-54,17	580,76	21,95
10:15	747	-26,25	56,65	-49,11	607,04	23,76
10:30	759	-22,50	58,55	-43,57	635,99	25,67
10:45	713	-18,75	60,26	-37,52	612,84	27,50
11:00	808	-15,00	61,75	-30,91	708,87	29,63
11:15	812	-11,25	62,96	-23,78	723,69	31,79
11:30	823	-7,50	63,86	-16,16	741,71	34,01
11:45	819	-3,75	64,41	-8,18	743,02	36,24
12:00	871	0,00	64,60	0,00	791,94	38,61
12:15	863	3,75	64,41	8,18	782,94	40,96
12:30	810	7,50	63,86	16,16	729,99	43,14
12:45	884	11,25	62,96	23,78	787,85	45,50
13:00	916	15,00	61,75	30,91	803,63	47,91
13:15	859	18,75	60,26	37,52	738,33	50,12
13:30	871	22,50	58,55	43,57	729,84	52,30
13:45	863	26,25	56,65	49,11	701,31	54,40
14:00	876	30,00	54,58	54,17	686,56	56,46
14:15	884	33,75	52,39	58,80	664,22	58,45
14:30	845	37,50	50,08	63,06	604,75	60,26
14:45	863	41,25	47,70	67,01	584,07	62,01
15:00	795	45,00	45,24	70,68	504,74	63,52
15:15	810	48,75	42,73	74,12	478,03	64,95
15:30	406	52,50	40,18	77,36	220,37	65,61
15:45	754	56,25	37,60	80,44	371,69	66,73
16:00	707	60,00	34,99	83,38	311,72	67,66
16:15	659	63,75	32,37	86,21	254,93	68,42
16:30	698	67,50	29,74	88,95	231,05	69,11
16:45	583	71,25	27,10	88,39	181,94	69,66
17:00	591	75,00	24,48	85,78	187,71	70,22
17:15	654	78,75	21,85	83,22	211,41	70,86
17:30	612	82,50	19,25	80,68	201,32	71,46
17:45	591	86,25	16,66	78,17	197,82	72,05
18:00	583	90,00	14,09	75,66	198,51	72,64
18:15	542	93,75	11,56	73,15	187,69	73,21
18:30	486	97,50	9,06	70,63	171,09	73,72
18:45	431	101,25	6,59	68,09	154,19	74,18
19:00	384	105,00	4,17	65,52	139,54	74,60
19:15	312	108,75	1,80	62,91	115,11	74,94
19:30	301	112,50	-0,51	60,25	112,68	75,28
19:45	281	116,25	-2,77	57,54	106,67	75,60
20:00	236	120,00	-4,96	54,77	90,79	75,87

Tab 2: Vypočítané hodnoty teploty vody v akumulační nádobě

Z výpočtu vyplývá, že voda v akumulační nádobě se za den teoreticky ohřeje o 63,87 (°C). Tato hodnota je vyhovující, neboť konečná teoretická hodnota teploty nepřesahuje maximální provozní teplotu akumulační nádoby HSK 750 PR, která je 95 (°C). Ovšem jedná se pouze o teoretickou hodnotu a v případě nutnosti chlazení systému bude přebytečné teplo odváděno přes bazénový okruh do bazénu.

Dále nelze předpokládat, že tato hodnota je stálá a platí po celý rok. Z praxe je zjištěno, že za zdejších podmínek tento typ zdroje energie dokáže spolehlivě pokrýt spotřebu TUV rodinného domu přibližně pouhých 7 měsíců v roce, protože v chladnějším období je potřeba podpory systému jiným zdrojem tepla.

3 Ekonomická bilance projektu

3.1 Projekt Nová zelená úsporám

Jedná se o program Ministerstva životního prostředí, který podporuje snižování energetické náročnosti budov za pomoci rekonstrukce, zateplení a výměny topného systému za ekonomicky výhodnější a ekologicky šetrnější. Program je financován ze státního rozpočtu ČR, který získal finance z fondu EU. Hlavními cíli tohoto programu je snížené emisí z ekologicky nešetrných paliv, snaha zlepšení kvality bydlení a propagaci a podporu trendu využívání obnovitelných zdrojů energie. [11]

O dotaci z tohoto projektu je možné žádat při výstavbě nízkoenergetických domů, nebo při rekonstrukci domu stávajícího. Při rekonstrukci jsou podporovány zateplení obvodového pláště budovy, výměny topného systému za ekologicky šetrnější a úspornější (kotel kondenzační či spalující biomasu, tepelné čerpadlo) a při instalaci zařízení využívajících obnovitelný zdroj energie (solární fotovoltaické panely, solární kolektor,…). Čím více se podaří snížit energetickou náročnost budovy, tím více peněz z programu se dostane. [11]

Podle typu objektu se tento program dělí na 2 podprogramy podporující:

- rodinné domy
- bytové domy

Podprogram podporující rodinné domy zahrnuje výstavbu nízkoenergetického domu, zateplení zdí, střechy a podlahy, výměny oken a dveří, výměny kotle na tuhá fosilní paliva nesplňující parametry 3. emisní třídy za ekologičtější zdroj tepla, instalace solárních systémů (fotovoltaika i solární kolektor), instalaci rekuperačního větrání a instalaci tepelného čerpadla. [11]

Podprogram určený pro bytové domy podporuje prakticky totéž co pro rodinné domy. Zároveň je podporována výstavba takzvaných zelených střech, což je střecha pokrytá půdou a vegetací. Toto opatření má výhody v podobě zabraňování přehřívání objektu díky vlastnosti fungovat jako tepelná izolace a zvyšování komfortu v podobě zvukové izolace. [11] [12]

O tyto dotace může zažádat a čerpat vlastník nebo stavitel daného objektu. Tím se rozumí buď fyzická osoba, bytové družstvo, město/městys/obce, nebo případně právnická osoba. [11]

Výše podpory je dána podle provedení opatření. Jednoduše čím vyšší je počet a kvalita opatření úspory energie, tím více peněz se z dotace dostane. Dále lze žádat nejen o dotování realizace daného projektu, ale i na vypracování dokumentace k projektu, provedení zhodnocení energetické úspornosti budovy, provedení zkoušky neprůvzdušnosti obálky objektu a zajištění odborného technického dozoru. O tuto část dotace je ale nutno zažádat ve stejný čas, jako o dotaci na výstavbu. Dále jsou zde tyto podmínky:

- maximální výše dotace na žádost je omezena na 50% řádně doložených výdajů
- maximální výše podpory na žadatele činní 5 000 000 Kč pro rodinný dům
- domy nacházející se v Moravskoslezském a Ústeckém kraji mají výši dotace zvednutou o 10% (toto se tohoto projektu netýká) [11]

Výše dotace se řídí podle 3 oblastí podpory:

- oblast podpory A – rekonstrukce a snižování energetické náročnosti již vystavěných objektů
- oblast podpory B – výstavba nízkoenergeticky náročného obytného domu
- oblast podpory C – dotace na zvýšení efektivity využití zdrojů energie [11]
-

Tento projekt spadá do **oblasti podpory B**

Jedná se o jednorázovou zafixovanou dotaci na jeden objekt. Výši určuje zařazení do podoblasti:

- podoblast B1 – nízkoenergeticky náročný dům (300 000 Kč)
- podoblast B2 – nízkoenergeticky náročný dům s použitím obnovitelného zdroje energie (450 000 Kč)

Dále je zde podoblast B3 týkající se vypracování posudku, provedení zkoušky neprůvzdušnosti obálky objektu a zajištění odborného technického dozoru při realizaci stavby. (35 000 Kč). Do této podoblasti patří i podporování použití výrobků s tzv. environmentálním prohlášením typu 3 (10 000 Kč). Avšak toto je pod podmínkou, že těchto výrobků bude použito minimálně 5 a jejich celková cena je minimálně 150 000 Kč. [11]

Environmentální prohlášení typu 3 je prohlášení informující o vlivu výrobku na životní prostředí za dobu jeho životního cyklu (kolik vyprodukuje za dobu své existence odpadu, spotřeba energie, vliv na ozonovou vrstvu a podobně…). [16]

Dále je zahrnuta podpora zelených střech a systému využívající teplo odpadní vody.

V tomto projektu lze uplatnit podoblast podpory B2 spolu s podoblastí B3:

- podoblast B2 450 000 Kč
- podoblast B3 – zajištění provedení neprůvzdušnosti obálky a odborného technického dozoru 35 000 Kč

Celková možná výše dotace tedy činní **485 000 Kč**

3.2 Výše finanční úspory vzniklé provozem kolektorů

Pro výpočty cen elektřiny a plynu budou použity hodnoty reálné roční spotřeby čtyřčlenné rodiny. Na těchto vypočtených cenách bude demonstrováno množství úspor způsobených instalací solárního kolektoru. Pro porovnání bude sloužit tentýž objekt bez nainstalovaného solárního kolektoru. Případné účinnosti tepelného systému pro výpočet zanedbáme.

Jelikož se jedná o objekt označen jako pasivní dům, nelze přesáhnout roční spotřebou primárních energií hodnotu 120kWh/m^2 za rok, z čehož maximálně 60% může být z neobnovitelných zdrojů. Z toho dále na vytápění nesmí být překročena hodnota 15 kW/m^2 za rok. Celková užitková plocha tohoto objektu činní 96,6 m^2.

Z výše zmíněných hodnot vyplývá, že:

- množství energie na vytápění nemůže přesáhnout hodnotu **1,449 MW** za rok
- celková spotřeba primárních energií v podobě plynu a elektřiny nemůže přesáhnout **60%** z hodnoty **11,592 MW**, tato hodnota tedy činní **6,9552 MW** za rok
- množství energie v podobě elektřiny a plynu využívaného k vaření a ohřevu TUV nesmí být vyšší, než **4,6368 MW** za rok.

Roční spotřeba čtyřčlenné rodiny činní:

- 59 m^3 TUV za rok
- 3,430 MWh elektrické energie za rok
- 20 m^3 plynu užitého k vaření za rok

Ceny energií:

- cena plynu je průměrně 10 Kč/m^3
- cena elektřiny činní průměrně 4 Kč/kWh

Z uvedených hodnot je patrné, že průměrná cena elektrické energie a plynu využitého na vaření činní **13 920 Kč.** Tato částka je neměnná, neboť množství energií zde zahrnutých není nijak ovlivněno solárním kolektorem.

Pro přepočet množství plynu v m^3 na hodnotu energie v kWh lze uvažovat, že platí 1(m^3)=10,55 (kWh). [17]

Uvažované množství energie spotřebované na vytápění činní 1,449 MW.

Množství energie potřebné pro ohřev TUV na den se vypočítá ze vztahu: [18]

$$Q_{TUV/d} = (1 + z_z) * \frac{\rho * C_p * V_{2p} * (t_2 - t_1)}{3600} = 12{,}153(kWh) \tag{35}$$

kde: t_1 – teplota studené vody

t_2 – teplota TUV

V_{2p} – spotřeba TUV za den (59/365)

ρ – měrná hustota vody (1000 (kg/m^3))

c_p - měrná tepelná kapacita vody (4187 (J/kg*K))

Z_z – koeficient energetických ztrát v rozvodech (pro novostavby se uvažuje 50%)

Z výpočtu plyne, že roční spotřeba energie pro ohřev TUV činní **4,4358 (MWh)** (12,153*365). Přepočteme-li tuto hodnotu na plyn, vyjde nám zhruba **420 m^3** plynu. Dále je zapotřebí zjistit hodnotu potřebného množství plynu na vytápění. Je-li uvažována maximální možná hodnota **1,449 MWh**, vyjde přibližně, že **137,35 m^3** plynu bylo využito na topení.

Při rekapitulaci množství a cen energií spotřebovaných na tento dům bez zapojení solárních kolektorů, vyjdou tyto hodnoty:

- 3,430 MWh elektrické energie
- 0,211 MWh energie z plynu užitého na vaření
- 4,4358 MWh energie z plynu užita na ohřev TUV
- 1,449 MWh energie z plynu užita na vytápění

Celkové množství tedy činní 9,5258 MWh primární energie z neobnovitelných zdrojů

Cena energií::

- **13 720 Kč** za elektřinu a **5 773,5 Kč** za plyn

Celková cena primární energie potřebné na chod objektu činní **194 93,5 Kč**.

Pro porovnání bude uvažováno, že solární kolektor spolehlivě pokryje spotřebu TUV po dobu 7 měsíců v roce. Dostaneme tedy tyto hodnoty:

- 3,430 MWh elektrické energie
- 0,211 MWh energie z plynu použitého na vaření
- 1,449 MWh energie z plynu použitého na vytápění
- 1,84825 MWh energie z plynu využitého pro ohřev TUV

Celkové množství využité primární energie tedy činní **6,93825 MWh**.

Cena energií:

- **13 720 Kč** za elektřinu a **3 323,5 Kč** za plyn.

Celková cena primární energie v tomto případě činní **17 043,5 Kč**. Díky tomuto výpočtu lze předpokládat, že roční úspora na ohřevu TUV sol. kolektorem činní **2 450 Kč**.

Nejen, že instalací solárního kolektoru bylo sníženo množství potřebného plynu, zároveň bylo umožněno tento dům považovat za pasivní, protože před započtením energetického zisku kolektorem dům nesplňoval podmínku stanovující, že maximálně 60% ze 120(kWh/m^{2}a) primární enrgie smí pocházet z neobnovitelných zdrojů. Po zahrnutí zisku ze solárního kolektoru tuto podmínknu objekt splňuje.

3.3 Odhad ceny materiálu a práce

V následující tabulce je vypsáno pouze odhadnuté množství materiálu použitého ma elektroinstalaci a odhad jeho ceny, neboť přesné množství potřebné pro realizaci nelze určit. Dále je udána přibližná hodnota ceny práce za elektroinstalaci. Poté jsou uvedeny příklady cen zařízení použitých při realizaci topného systému.

Název položky	Počet kusů [ks/m]	Cena za kus/m [Kč]	Celková cena [Kč]
Instalační krabice KU68/1	63	9	567
Rozvaděč domovní	1	1 200	1 200
Kabel CYKY 3 x 1,5 - J	312	13	4 056
Kabel CYKY 3 x 2,5 - J	365	22	8 030
Svorka VAGO různé velikosti	250	3,5	875
Kabel CYA 1 x 16 - J	20	56,6	1 132
Kabel CY 1 x 6 - J	40	14,4	576
Kabel CY 1 x 4 - J	30	13,5	405
Svorkovnice	2	11	22
Videotelefon GEV CVF 86005	1	6 745	6 745

Jistič moeller 10A	7	110	770
Jistič Moeller 16A	15	120	1 800
Jistič Moeller 25A/3F/B	1	470	470
Proudový chránič 3fázový 25A/4P/0,03A	3	1 500	4 500
Koaxiální kabel	100	5	500
Dvojzásuvka	34	110	3 740
UTP kabel	100	5	500
Transformátor 220/12V	1	370	370
Zásuvka 3fázová pětipólová venkovní	1	400	400
Zásuvka jednoduchá	5	97	485
Vypínač jednoduchý	4	88	352
Vypínač dvojitý	18	120	2 160
Bezdrátový zabezpečovací systém kompletní	1	22 000	22 000
Křížový vypínač	3	110	330
Rozvaděč PER2 elektroměrový	1	3 800	3 800
Svorka SS	60	20	1200
Zásuvka SAT/TV	5	170	850
Bodové světlo	7	109	763
Svítidla	15	670	10 050
Žárovky do bodovek	7	160	1 120
Čísla na hromosvod	4	8	32
Držák jímače	30	15	450
Podpěra vedení na hřeben	25	120	3 000
Jímací tyč	3	135	405
Svorka okapová	4	28	112
Zaváděcí tyč kompletní	4	200	800
Svorka zkušební	4	34	136
Drát jímací soustavy FeZn Ø8	60	40	2 400
Drát jímací soustavy FeZn Ø10	40	48	1920
Zemnící pásek	40	50	2 000
Pojistka nožová 32A PHNA000 GG	3	166	498
Ostatní pomocný spojovací materiál	-	3 000	3 000
Venkovní přípojka včetně trubek	-	3 000	3 000
Celkem	-	-	**97 521**
Cena za práci			**30 000**

Tab 3: Odhadované množství a cena materiálu

Celkový odhad ceny elektroinstalace činní **127 521Kč.**

Název položky	Počet kusů [ks/m]	Cena za kus/m [Kč]	Celková cena [Kč]
Protherm Panther Condens 12 KKO-A - kotel	1	33 140	33 140
Akumulační nádrž TV HSK 750 PR	1	67 276	67 276
Solární kolektor TAUSH OPC	3	45 072	135 216
Regulační jednotka	1	25 000	25 000
Bazénové filtrační čerpadlo	1	3 200	3 200
Ventil dvoucestný	2	2 100	4 200
Oběhové čerpadlo	6	2 700	16 200
Deskový výměník	2	4 500	9000
Celkem			**293 232**

Tab 4: Hrubý odhad ceny hlavních prvků topné soustavy

Odhad ceny technologie potřebné pro topný okruh činní minimálně **293 232 Kč**. V této ceně není započtena cena spojovacího materiálu a práce, kterou individuálně zvolí odborná firma.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout objekt s podpůrným systémem solárních kolektorů, který by splňoval požadavky stanovené pro pasivní dům. Snaha tohoto projektu byla předložit sice efektivní, ale i co možná nejjednodušší řešení tohoto problému. Za předpokladu vyhovujícího architektonického provedení a zateplení objektu byla navržena celková elektroinstalace objektu s vyhovující přípojkou, jejíž správnost výpočtu byla podložena kontrolním programem Sichr. Dále byla navržena struktura zapojení topné soustavy. Tato soustava byla zvolena centralizovaná a byl využit kondenzační plynový kotel 12 kW pro co optimální ekonomický provoz systému. Na tento systém byly napojeny solární kolektory a vypočítán odhad ceny provozu daného systému podle odběru zjištěného z praxe, a průměrný zisk tepelné energie tohoto systému využívající obnovitelný zdroj energie. Z výsledných hodnot výpočtu průměrného denního zisku tepelné energie bylo zjištěno, za přispění poznatků z praxe, že tento systém je schopen spolehlivě pokrýt potřebu TUV objektu po dobu 7 měsíců v roce. Dále byly porovnány hodnoty předpokládaného odběru energií objektu při připojeném a při odpojeném solárním systému. Z těchto hodnot bylo zjištěno, že bez podpory solárního kolektoru by energetická náročnost objektu nesplňovala podmínku maximální míry využité energie z neobnovitelných zdrojů, a dům nelze poté označit za pasivní. Solární kolektor umožňuje objektu tuto podmínku splnit, avšak pořizovací cena tohoto systému je v porovnání s roční úsporou vzniklé provozem kolektoru nepřiměřeně vysoká. K tomu bylo zjištěno, že splnění požadavků není samozřejmostí, protože při malém zvýšení odběru elektřiny či plynu oproti hodnotám uvažovaným se celková hodnota odebírané energie zvýší nad požadovaný limit. Z tohoto zjištění bylo dosaženo závěru, že mimo možnost označení objektu za pasivní dům je míra přínosu solárního kolektoru pro tento objekt zcela zanedbatelná a objekt lze za rozumné ekonomické náročnosti provozovat i bez tohoto podpůrného systému.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] MATUŠKA, Tomáš. Solární kolektory: Typy solárních kolektorů. *Tzb info* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru

[2] Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries. *JRC´s Institute for Energy and Transport* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

[3] Vodní elektrárny, nekonv. zdroje. *Oddělení technické ekologie* [online]. [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: https://www.technicka-ekologie.zcu.cz/ven.htm

[4] MATUŠKA, Tomáš. Solární kolektory. *Krytiny-Střechy* [online]. Grada [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/solarni-kolektory/?nid=10080-ucinnost-a-vykon-solarniho-kolektoru.html

[5] Návrh termosolárních systémů. *ECONET 2012* [online]. Praha: ECONET 2012 [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_Design.htm

[6] Využití solární energie k přitápění rodinných domů. *KONEX* [online]. Šumperk [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.solarobchod.cz/cz/reseni/solarni-pritapeni/

[7] Thermal stores. *Thermal-store.co.uk* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: https://thermal-store.co.uk/

[8] Co je pasivní dům? *Centrum pasivního domu* [online]. Brno [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2?chapterId=1634

[9] Pasivní dům. *Wikipedie* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pasivn%C3%AD_d%C5%AFm

[10] ESO, rodinný dům. *GSERVIS* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/eso.html

[11] Projekt Nová zelená úsporám. *Nová zelená úsporám* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.novazelenausporam.cz

[12] Zelená střecha. *Wikipedie* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zelen%C3%A1_st%C5%99echa

[13] FUČÍK, Zdeněk. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. *Tzb info* [online]. 2004 [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/kondenzace/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu

[14] STRMEŇ, Peter. *Roztřídění bytů podle stupně elektrizace* [online]. Mělník: Integrovaná střední škola technická Mělník, 2012 [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.isstechn.cz/objekty/vy-32-inovace-a-2-01.pdf

[15]
Výpočtové zatížení. ORSÁGOVÁ, J. *Rozvodná zařízení* [online]. Brno: VUT Brno, 2007, s. 7 [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjWxdqdpJvUAhWK1RoKHdUIByoQFggzMAE&url=https%3A%2F%2Fcw.zcu.cz%2FCoursewarePortlets2%2FDownloadDokumentu%3Fid%3D37515&usg=AFQjCNFejwx85Nf0dsrFSs12PnCG7_5RAQ

[16] Environmentální prohlášení typu III. *Cenia* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www1.cenia.cz/www/ekoznaceni/environmentalni-prohlaseni-o-produktu

[17] Ceny paliv a energií: Jak přepočítám spotřebu plynu naměřenou v [m³] na [kWh]? *Tzb info* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/205-jak-prepocitam-spotrebu-plynu-namerenou-v-m3-na-kwh

[18] Tabulky a výpočty: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *Tzb info* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody

Přílohy

Příloha A – Kontrola výpočtu přípojky pomocí programu SICHR – první část

OEZ

Projekt : Pasivní dům se solárním kolektorem	Příloha A
Autor : Jiří Kopřiva	Datum : 1.6.2017

Všeobecné informace a soupiska materiálu

Soubor : Bcprojekt

Síť TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.
K ověření selektivity byly použity údaje výrobce
K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, PNE 33 0000-1 ed. 5, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.
K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce
Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma
Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

Označení		Typ	Množství
		Soupiska strojů, přístrojů a vodičů	
		Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení	
		Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfigurátoru OEZ	
		Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfigurátoru OEZ	
Trafo		SGB DOTZ 400H 22/0,4, In = 577 A, Sr = 400 kVA	1 ks
L1		1-AYKY 3x120+70	250 m
Pojistka	*	FSR00-3...	1 ks
		PHNA000 32A gG	3 ks
Spoj		CYKY4x10	0,2 m
Jistic		LTE-25B-3	1 ks
L2		CYKY4x10	10 m

Příloha B – Kontrola výpočtu přípojky pomocí programu SICHR – druhá část

OEZ

Projekt : Pasivní dům se solárním kolektorem

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Příloha B

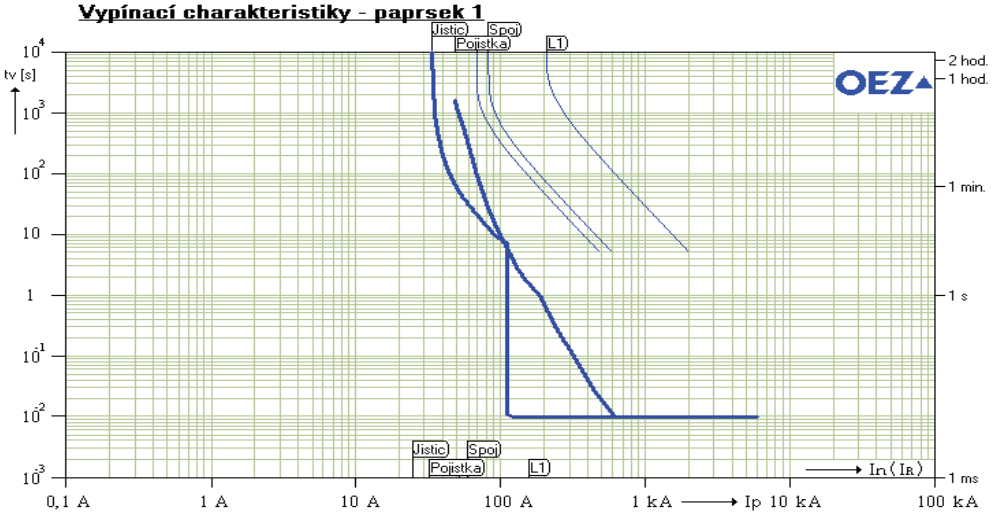
Datum : 1.6.2017

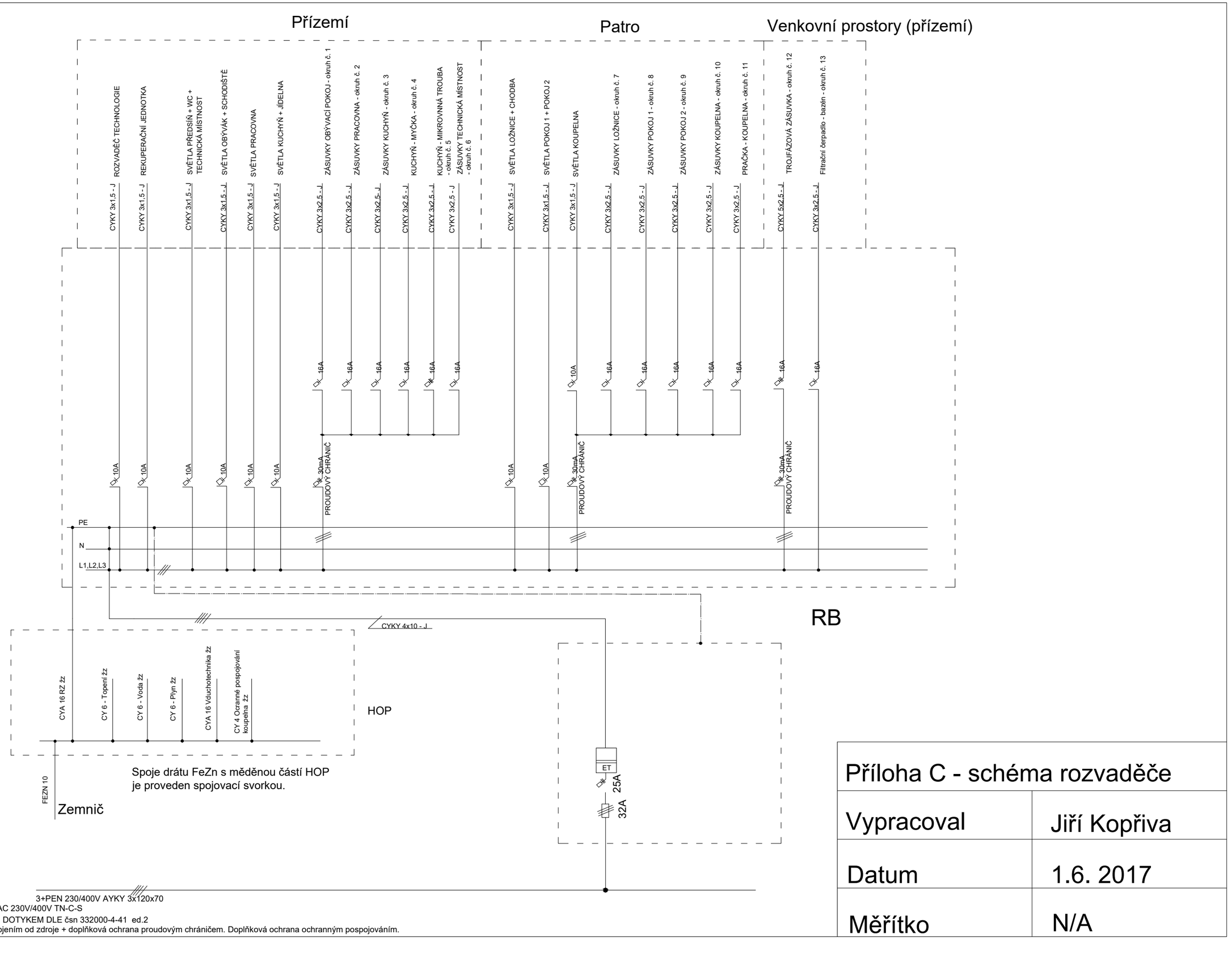
Soubor : Bcprojekt

Síť TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj				Poznámka
Trafo	SGB DOTZ 400H 22/0.40	In = 577 A	Sr = 400 kVA	Ik''= 9.50 kA	
	U2 = 231/400 V	dU = 0.1 %	uk = 6 %	ip = 19.6 kA	**Transformátor 22/04 kV**
L1	1-AYKY 3x120+70	Iz = 156.8 A	tm = 21 ° C	Ik''= 2.78 kA	250 m v zemi (D)
		dU = 0.3 %	$I^2t < k^2S^2$	ip = 4.03 kA	**AYKY 3 x 120 + 70 250 m**
Pojistka	PHNA000gG	In = 32 A		I1 = 120 kA	Připojeno pomocí FSR00
				io = 1.72 kA	**Pojistka 32 A PHNA000 GG**
Spoj	CYKY4x10	Iz = 60 A	tm = 40 ° C	(Ik''= 2.76 kA)	0.2 m ve vzduchu (E)
		dU = 0.0 %	$I^2t < k^2S^2$	io = 1.72 kA	**CYKY 4 x 10 0,2 m SPOJ**
Jistic	LTE-25B	In = 25 A		Icn = 50 kA*	Ii = 112.50 A
				io = 1.72 kA	**Jistič 25 A**
L2	CYKY4x10	Iz = 51.8 A	tm = 38 ° C	(Ik''= 2.30 kA)	10 m v zemi (D)
		dU = 0.1 %	$I^2t < k^2S^2$	io = 1.66 kA	**CYKY 4 x 10 10 m**
TN-C					
TN-S					
Odber	Vývod P = 11 kW×B=8.1 kW		cos fi = 1		(Ik''= 2.30 kA, ip = 3.32 kA)
	I = 11.7 A	U = 398 V (Un - 0.5%)	B = 0.77io = 1.66 kA		**Výkon 10570 W, beta 0,77**
1.25	Vývod				(Ik''= 2.30 kA, ip = 3.32 kA)
	S = 0 VA	U = 398 V (Un - 0.5%)		io = 1.66 kA	

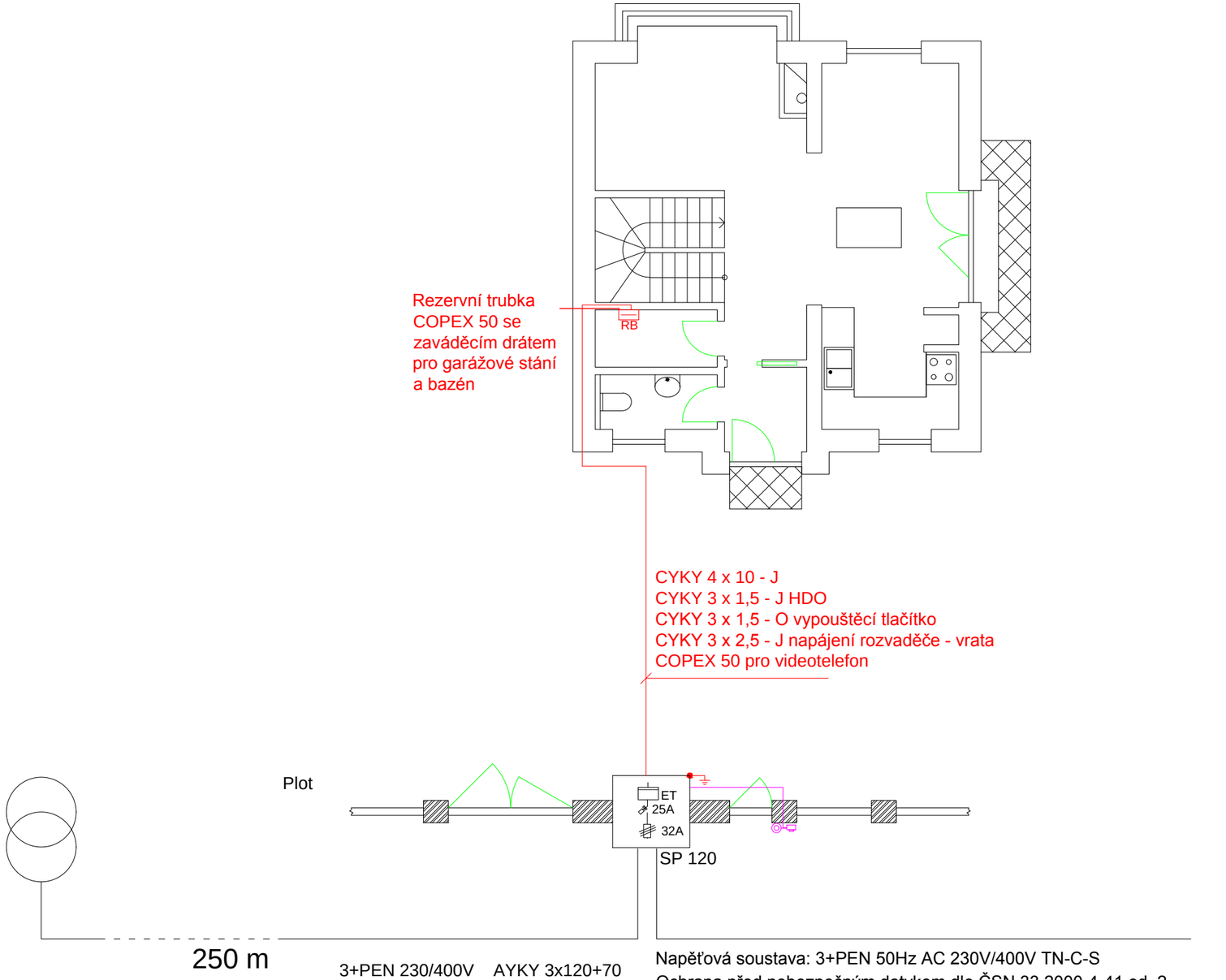
Vypínací charakteristiky - paprsek 1





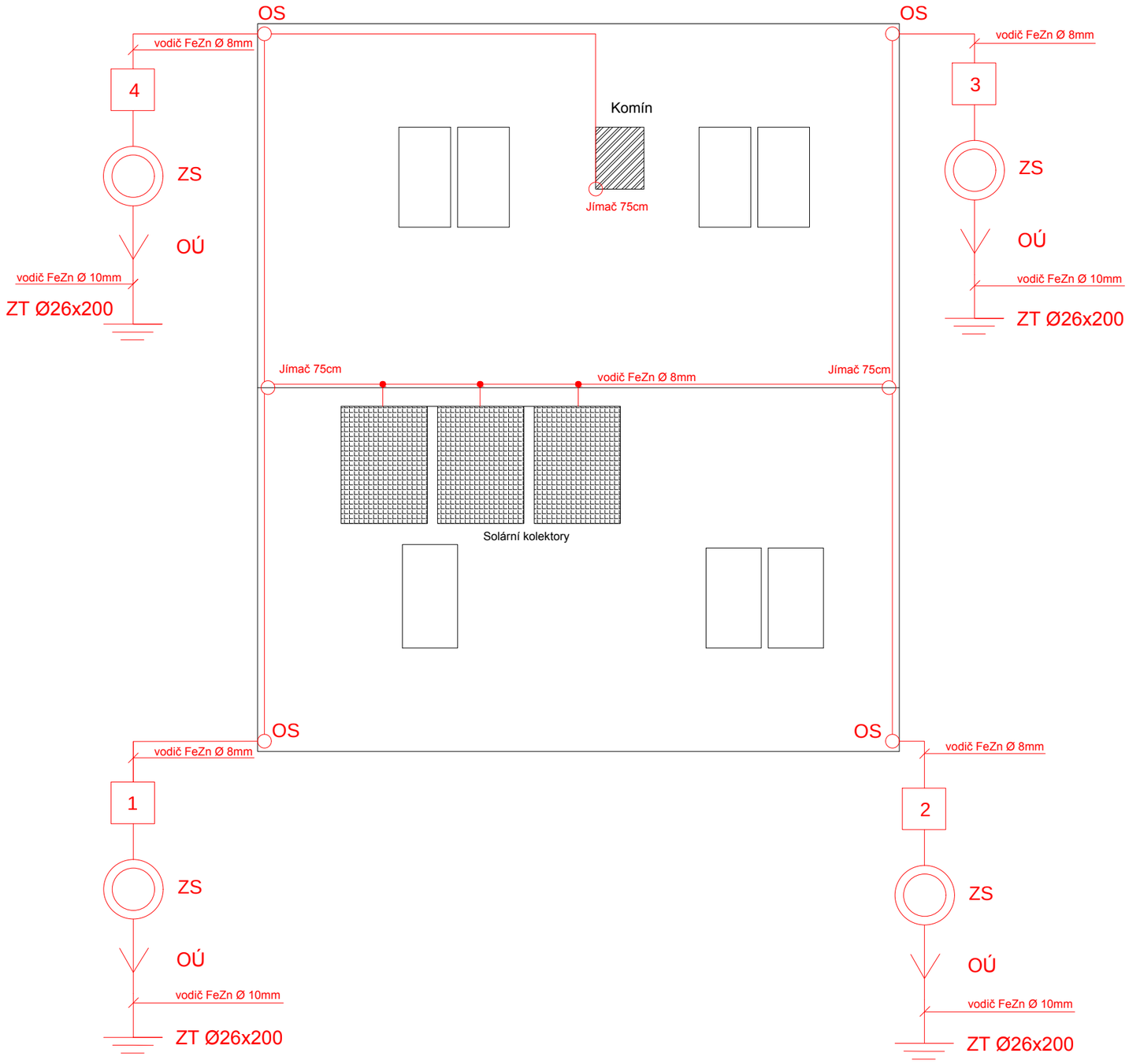
Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha C - schéma rozvaděče	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	N/A



Napěťová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
Ochrana před nebezpečným dotykem dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovými chráničemi. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha D - situační plán	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:100



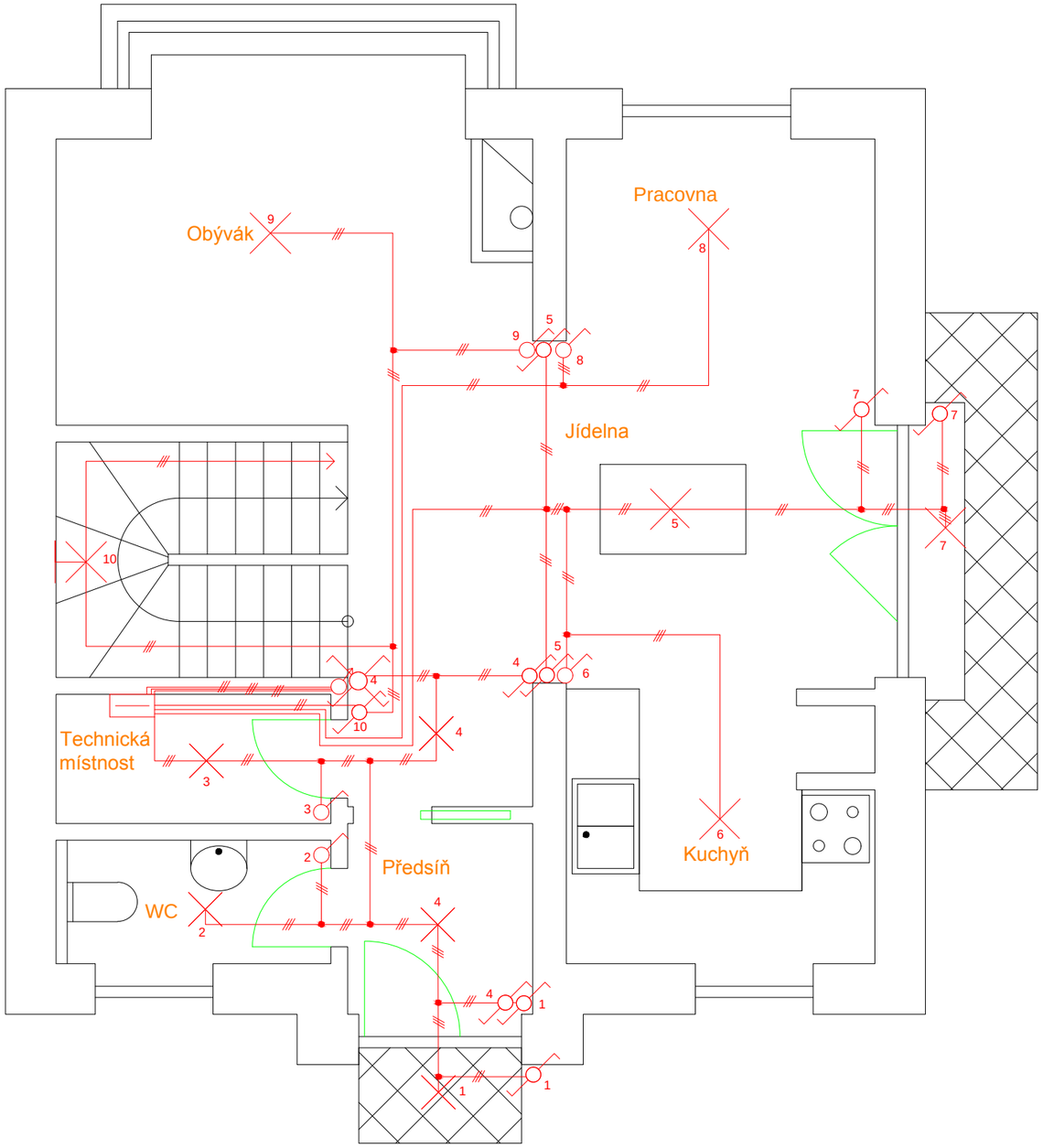
OS - Okapová svorka

ZS - Zemnící svorka

OÚ - Ochranný úhelník

ZT - Zemnící tyč

Příloha E - Hromosvod	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:70

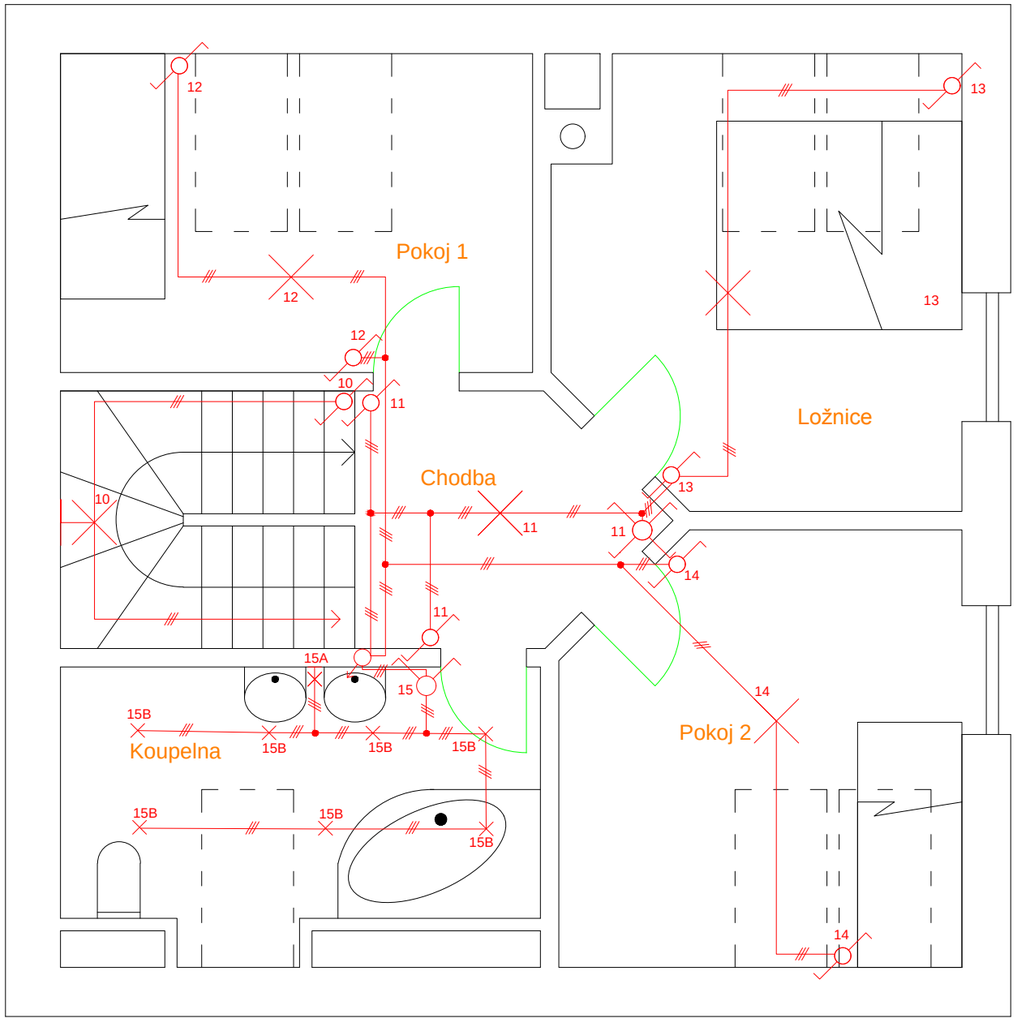


LEGENDA:

- Jednopólový spínač
- Dvoupólový přepínač střídavý
- Křížový přepínač
- Žárovka
- Nástěnné svítidlo
- Jedopólový přepínač střídavý

Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha F - světla - přízemí	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50



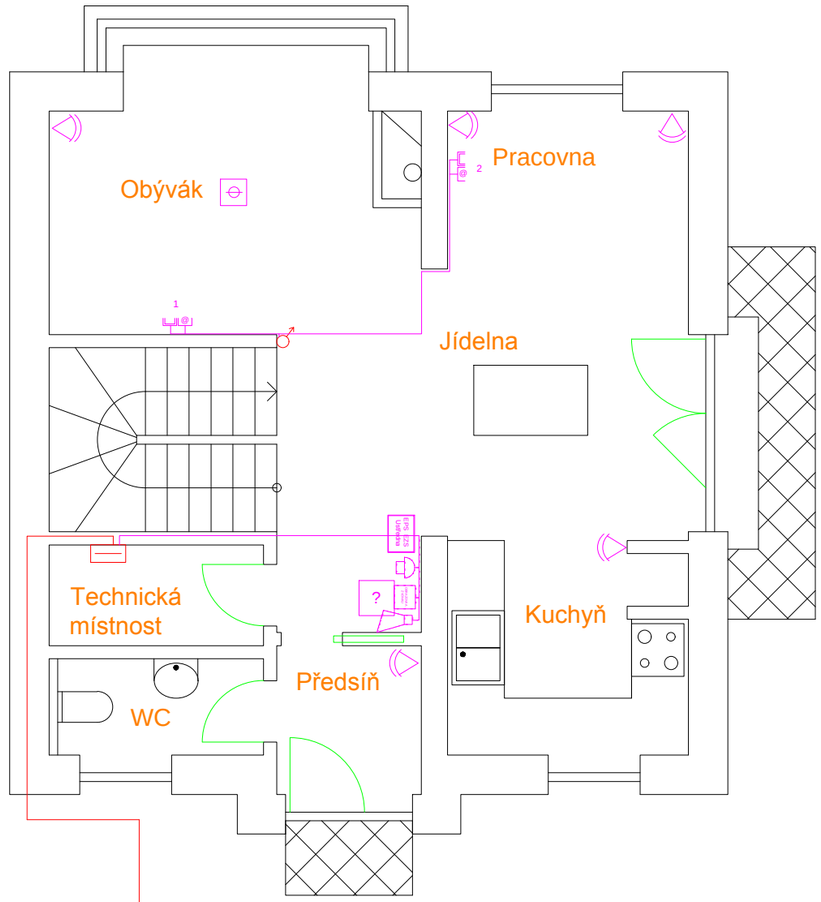
V koupelně bude umístěno 7 bodových světel napájení 12V SELV. Transformátor bude umístěn v dutině nad sádrokartonem.

Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

LEGENDA:

- Jednopólový spínač
- Dvoupólový přepínač střídavý
- Křížový přepínač
- Žárovka
- Nástěnné svítidlo
- Jednopólový přepínač střídavý
- Lustrový vypínač

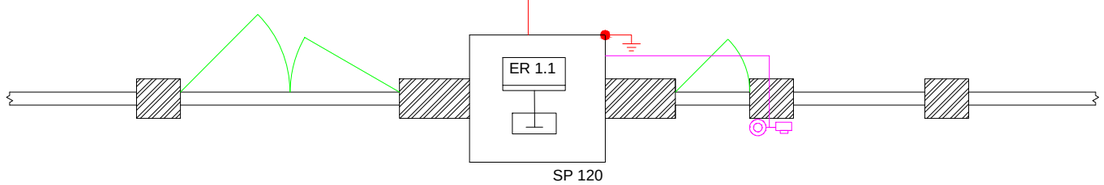
Příloha G - světla - patro	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50



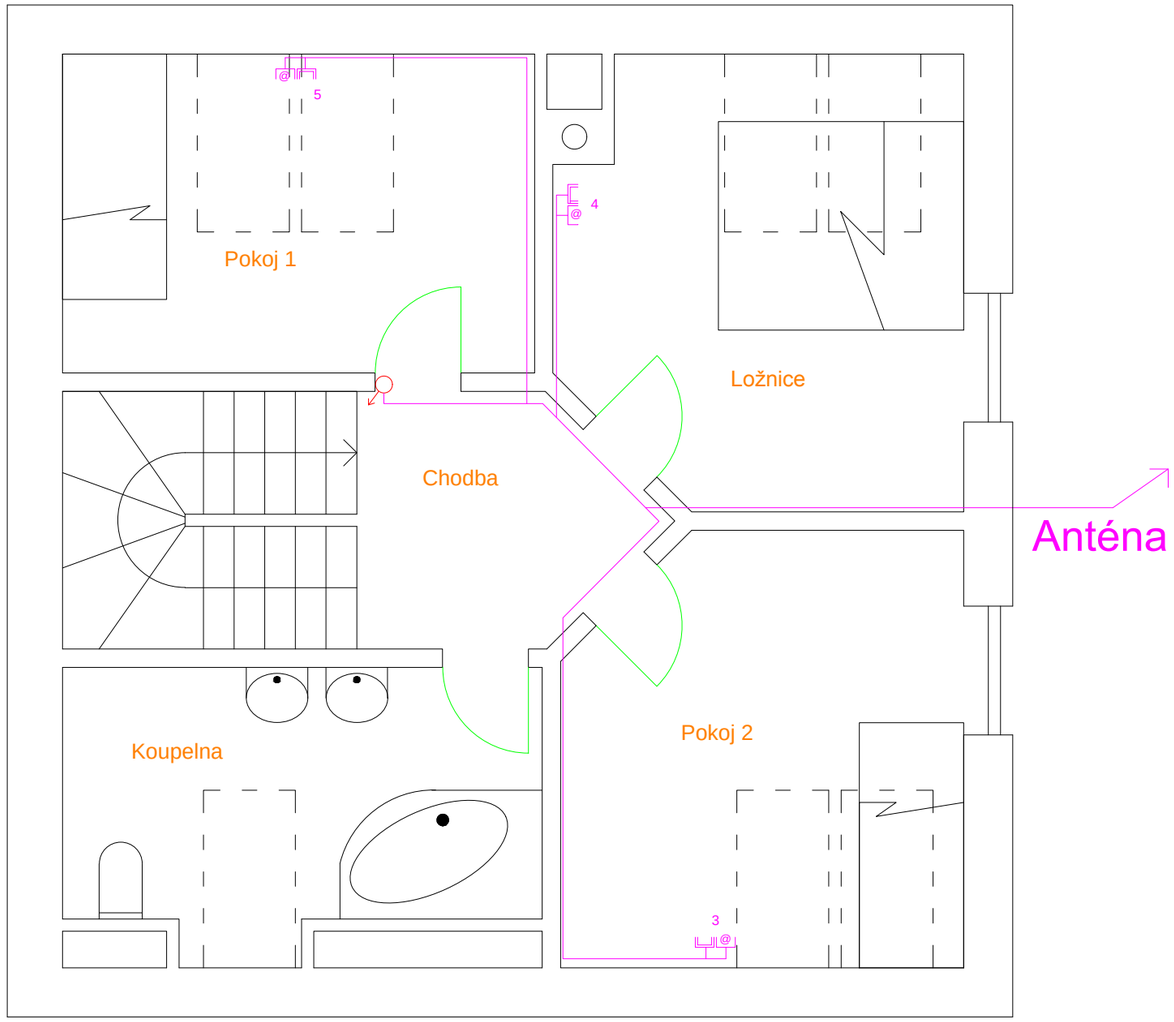
LEGENDA:

- Anténa
- Zvonek
- Display zvonku
- Kamera
- Alarm
- Pohyblivé čidlo bezdrátové
- Požární čidlo optické
- EPS a EPZ ústředna
- Číselník EPS
- Tlačítko zvonku
- Datová zásuvka

Plot



Příloha H - datové vedené	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:70



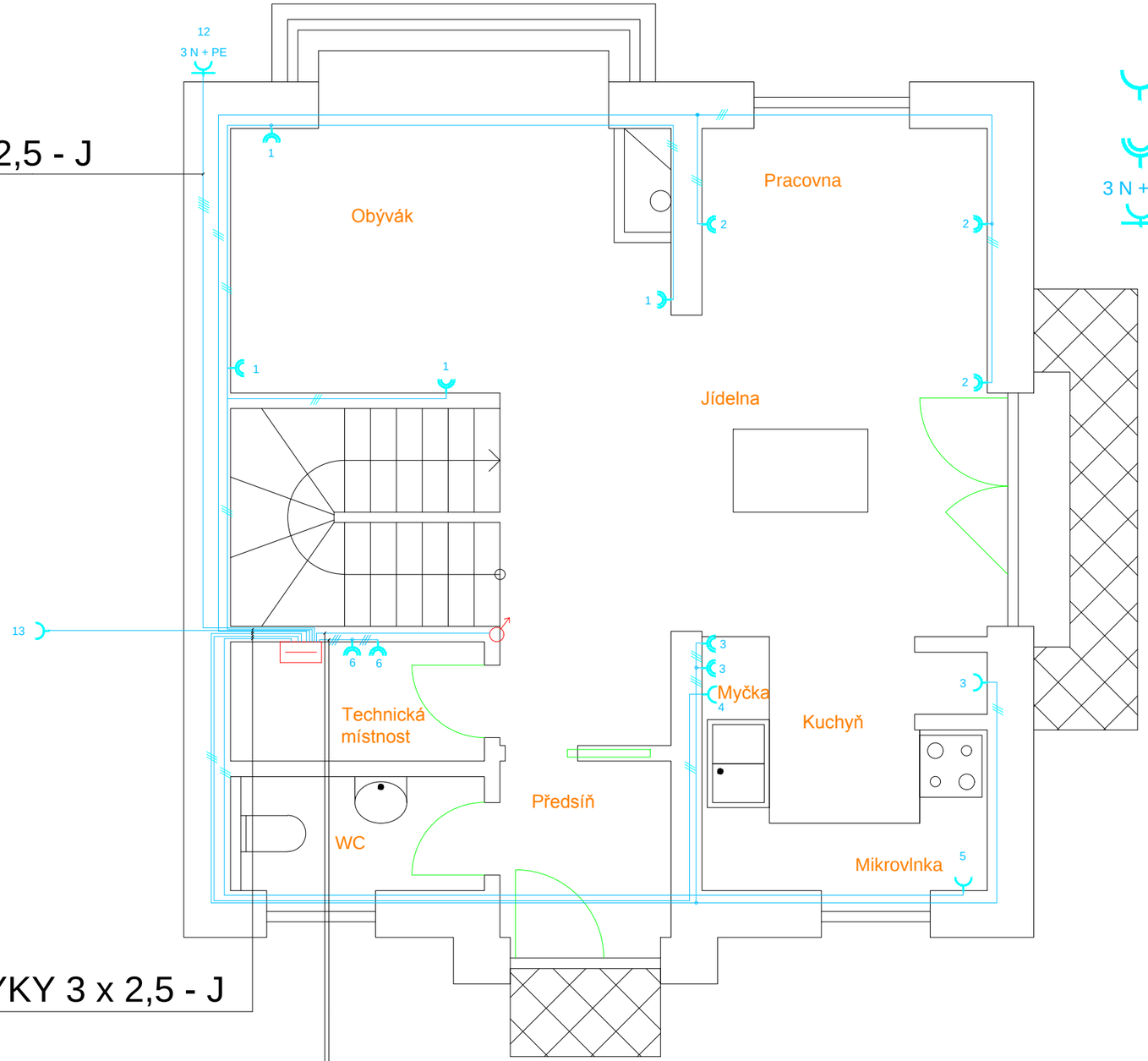
LEGENDA:

- Anténa
- Zvonek
- Display zvonku
- Kamera
- Alarm
- Pohyblivé čidlo bezdrátové
- Požární čidlo optické
- EPS a EPZ ústředna (EPS EZS Ustředna)
- Číselník EPS (?)
- Tlačítko zvonku
- Datová zásuvka

Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha I - datové vedení - patro	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50

CYKY 5 x 2,5 - J



5x CYKY 3 x 2,5 - J

CYKY 3 x 2,5 - J

5x CYKY 3 x 2,5 - J

LEGENDA:

Zásuvka jendoduchá

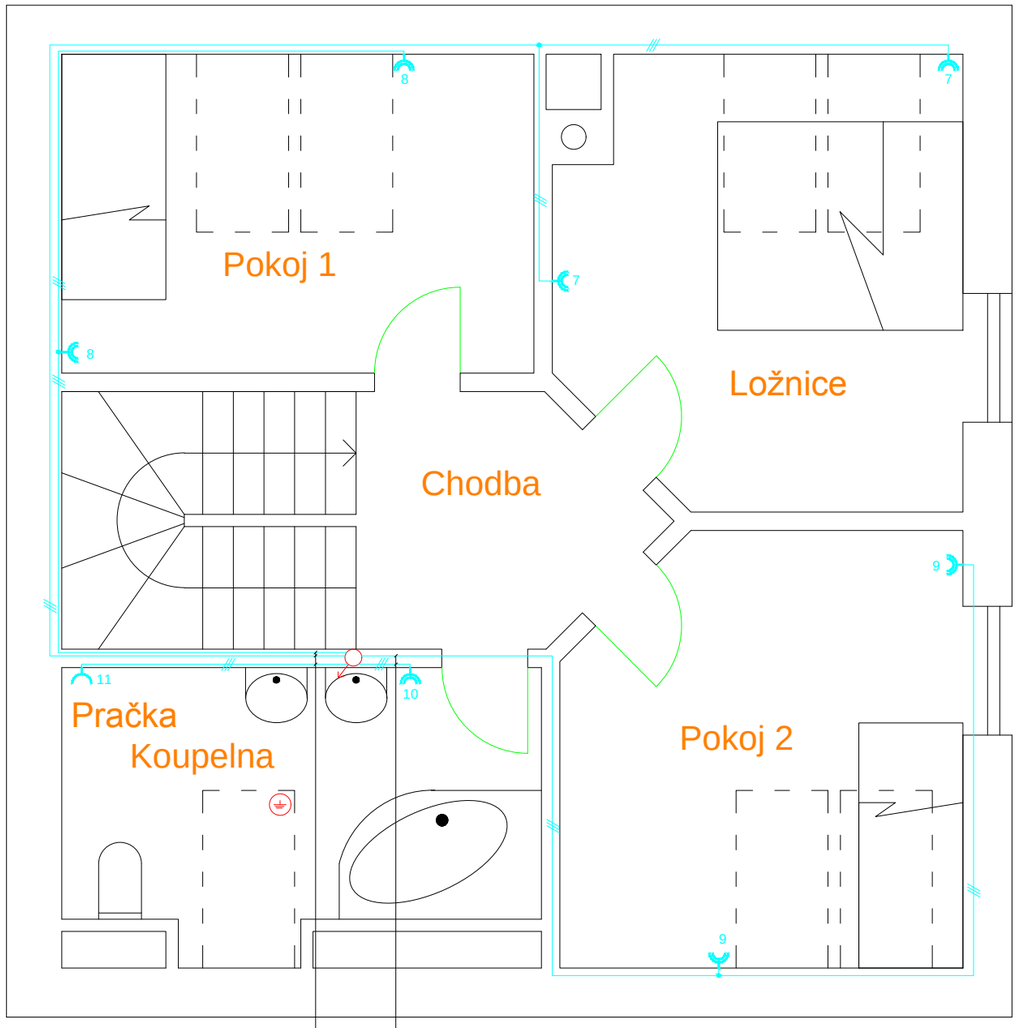
Zásuvka dvojitá

3 N + PE

Trojfázová zásuvka s ochraným kontaktem a kontaktem středním

Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha J - zásuvky - přízemí	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50



LEGENDA:

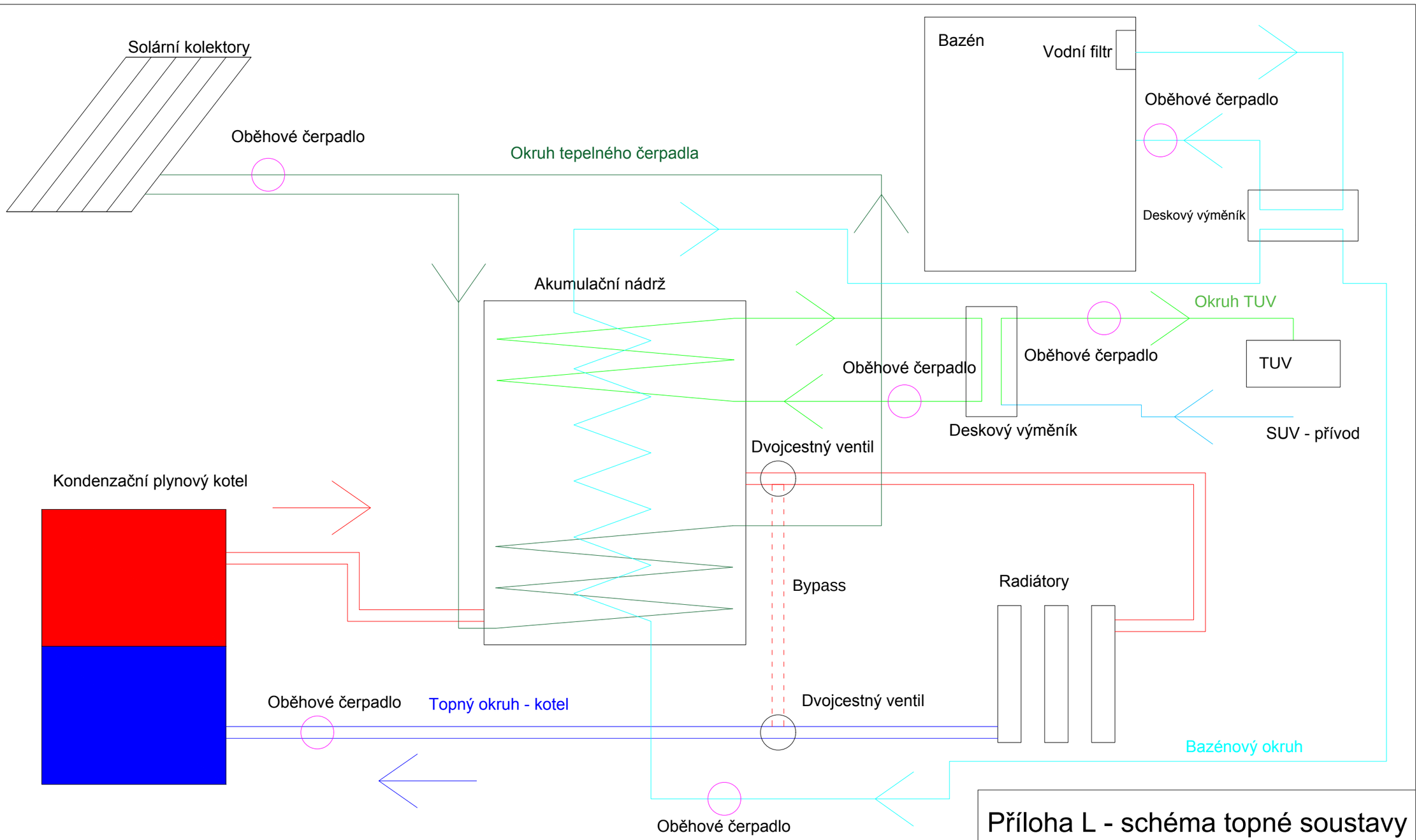
- Zásuvka jendoduchá
- Zásuvka dvojitá
- Doplňující ochranné pospojování CY 4mm^2 žz

CYKY 3 x 2,5 - J
CYKY 3 x 2,5 - J
CYKY 3 x 2,5 - J

CYKY 3 x 2,5 - J
CYKY 3 x 2,5 - J

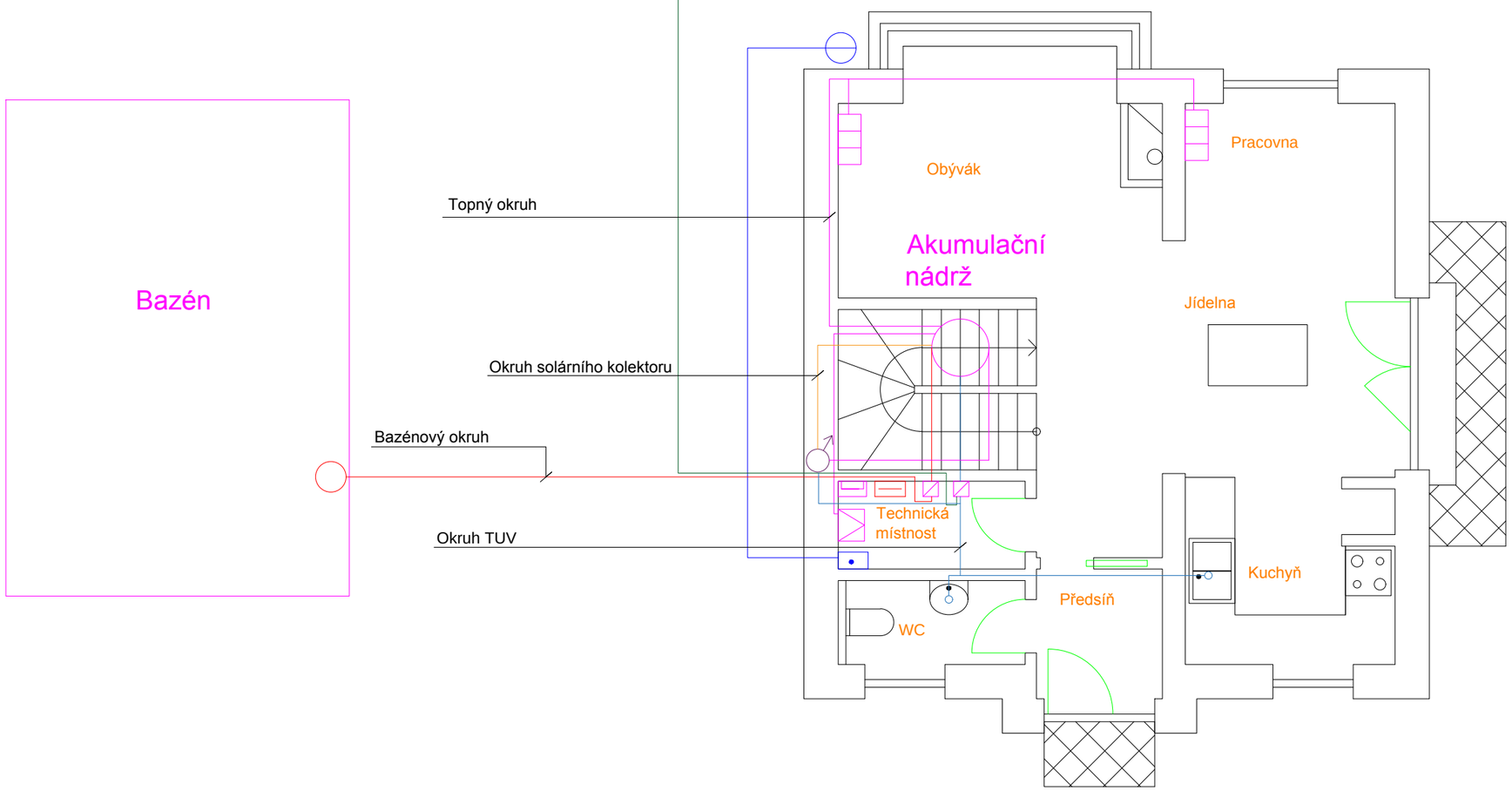
Napě´tová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE čsn 332000-4-41 ed.2
Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Příloha K - zásuvky - patro	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50



Příloha L - schéma topné soustavy	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	N/A

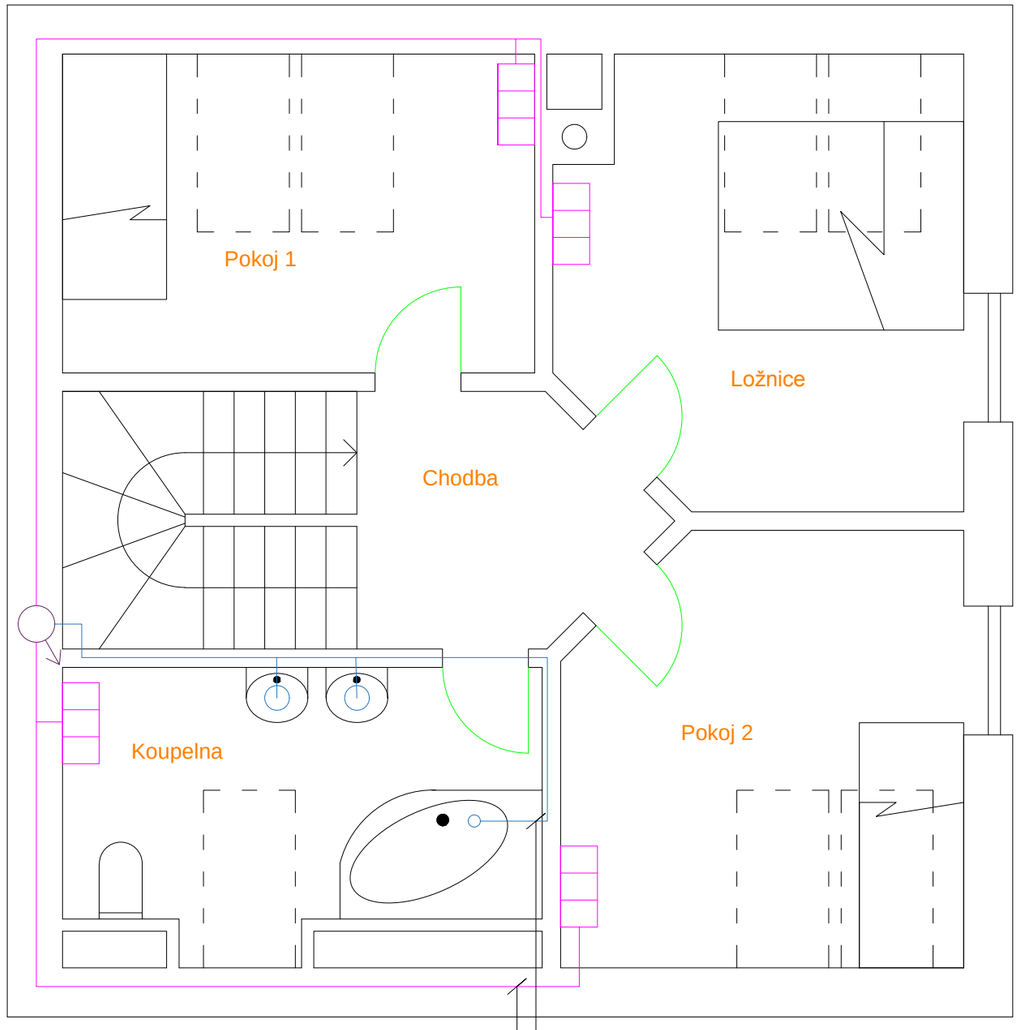
Přívod SUV



Legenda

- Deskový výměník
- Rozvaděč technologie a regulace
- Rekuperační jednotka
- Přívod vzduchu rekuperační jednotky
- Kondenzační plynový kotel
- Radiátor

Příloha M - tepelný okruh - přízemí	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:70



Topný okruh

Okruh TUV

Legenda

- Deskový výměník
- Rozvaděč technologie a regulace
- Rekuperační jednotka
- Přívod vzduchu rekuperační jednotky
- Kondenzační plynový kotel
- Radiátor

Příloha N - tepelný okruh - patro	
Vypracoval	Jiří Kopřiva
Datum	1.6. 2017
Měřítko	1:50