

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Návrh pasivního domu s vytápěním pomocí tepelného
čerpadla**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vítek FÜRBAKER**
Osobní číslo: **E13B0020P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Návrh pasivního domu s vytápěním pomocí tepelného čerpadla**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Popište využívanou technologii pro pasivaci objektu.
2. Vytvořte návrh řešení pasivního domu s vytápěním pomocí tepelného čerpadla.
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



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na uvedení do problematiky rodinných pasivních domů a jejich vytápění s dosažením velkého komfortu s důrazem na ekologičnost a ekonomičnost. Jsou zde popsány způsoby jak docílit u rodinného domu pasivního standardu více způsoby. V této práci byl vytvořen návrh vytápění pasivního domu.

Návrh řešení vytápění pasivního rodinného domu je realizován pomocí tepelného čerpadla napojeného k otopné soustavě i k soustavě připravující teplou užitkovou vodu. Pasivní dům využívá pro dosažení patřičných parametrů kvalitních izolací, těsnosti obálky, větrání pomocí rekuperační jednotky se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu a svoji polohu.

Vytvořené řešení poskytuje možnost regulovatelného vytápění, ohřevu teplé užitkové vody a chlazení objektu pomocí jednoho zařízení – tepelného čerpadla typu vzduch – voda. Regulaci otopného systému zajišťuje invertorem řízené tepelné čerpadlo a termohydraulický rozdělovač. Vytápění i chlazení objektu je podporováno nuceným větráním pomocí větrací rekuperační jednotky.

Přínosem této práce je možnost využití tepelných čerpadel jako víceúčelových zařízení pro pasivní a nízkoenergetické domy.

Klíčová slova

tepelné čerpadlo, pasivní dům, větrání s rekuperací, úsporné řešení vytápění, tepelné čerpadlo vzduch-voda, Nová zelená úsporám, dotace, návrh řešení vytápění, chlazení pasivních domů, vytápění pasivních domů, elektroinstalace, elektroinstalace pasivního domu, podlahové vytápění

Abstract

This Bachelor thesis is focused on introduction family passive houses issues and issues of heating with high house comfort with emphasis on ecology and economics. There are described several ways to achieve passive house standard. A passive house heating has been designed in this thesis.

The solution design is realized by a heat pump, which is connected to a heating system and also to a system preparing hot water. For meeting its passive parameters, the passive house uses its position, a good thermal insulation, the building envelope sealing and a ventilation by recuperation with heat gain from waste air.

The solution provides an adjustable heating, hot water preparing and cooling of the house with one device – heat pump type air – water. The heating system is regulated by a heat pump, controlled by an inverter, and an equalizing vessel. Heating and cooling of the house is supported by a forced ventilation system with recuperation.

The thesis brings a possibility of using the heat pump as a comprehensive device for passive and low energy houses.

Key words

heat pump, passive house, ventilation with recuperation, heat pump air – water, grant, cooling of passive houses, wiring, wiring of passive house, floor heating

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Plzni dne 8.6.2017

Vítek Fürbacher

Poděkování

Děkuji firmě AC Heating za poskytnutí podkladů pro moji bakalářskou práci. Především děkuji panu Ing. Václavu Ježkovi, Ph.D. za ochotu, uvedení do problematiky vytápění pasivních domů a cenné rady.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 PASIVNÍ DŮM	13
1.1 VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ.....	13
1.2 OKNA, DVEŘE A IZOLACE.....	14
1.3 ZDROJ TEPLA.....	14
1.4 VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ PASIVNÍCH DOMŮ.....	15
1.4.1 Vytápění pasivních domů.....	15
1.4.2 Chlazení pasivních domů.....	16
2 TEPELNÉ ČERPADLO	17
2.1 POPIS PRINCIPU FUNKOVÁNÍ TČ.....	17
2.2 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI TČ.....	18
2.2.1 Výparník.....	18
2.2.2 Kompresor.....	19
2.2.3 Expanzní ventil.....	19
2.2.4 Kondenzátor.....	19
2.2.5 Další zařízení.....	19
2.3 AKUMULAČNÍ NÁDOBA.....	20
2.4 ZÁKLADNÍ PARAMETR - TOPNÝ FAKTOR.....	20
2.5 ZÁKLADNÍ PARAMETR – SEZÓNNÍ TOPNÝ FAKTOR.....	20
2.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK – EKO DESIGN.....	21
2.7 ROZDĚLENÍ TČ.....	22
2.7.1 Vzduch – voda.....	22
2.7.2 Odpadní vzduch – voda.....	24
2.7.3 Země – voda s horizontálním výměníkem.....	24
2.7.4 Země – voda se svislým zemním vrtem.....	25
2.7.5 Voda – voda.....	25
2.7.6 Odpadní voda – voda.....	25
2.7.7 Země/voda/odpadní voda/odpadní vzduch – vzduch.....	26
2.7.8 Hybridní.....	26
3 NÁVRH ŘEŠENÍ PD S VYTÁPĚNÍM POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA	26
3.1 NÁVRH TOPNÝCH OKRUHŮ VČETNĚ MECHANISMŮ.....	28
3.1.1 Princip vytápění a přípravy TUV.....	28
3.1.2 Princip chlazení a příprava TUV tepelným čerpadlem.....	29
3.2 NÁVRH VĚTRACÍ REKUPERAČNÍ JEDNOTKY.....	29
4 NÁVRH ELEKTROINSTALACÍ A ELEKTRICKÝCH ROZVODŮ PD	30
4.1 PŘEDMĚT PROJEKTU.....	30
4.2 TECHNICKÉ ÚDAJE.....	33
4.2.1 Ochrana před nebezpečným dotykem, proti přetížení a zkratu.....	33
4.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH ROZVODŮ.....	34
4.3.1 Elektroměrový rozvaděč, přívodní vedení.....	34
4.3.2 Vnitřní rozvody.....	34
4.3.3 Slaboproudé rozvody.....	35
4.3.4 Hromosvod.....	35
4.4 DIMENZOVÁNÍ A KONTROLNÍ VÝPOČTY K NÁVRHU ELEKTROINSTALACE.....	36
4.5 VÝČET NOREM POUŽITÝCH PRO ELEKTROINSTALACI.....	36

5	EKONOMICKÁ BILANCE	37
5.1	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM.....	37
5.1.1	Oblasti podpory pro rodinné domy.....	37
5.1.2	Možnosti dotací pro náš projekt.....	39
5.2	CENA ELEKTROINSTALACE, TOPNÉHO SYSTÉMU A REKUPERAČNÍHO VĚTRÁNÍ.....	39
6	POROVNÁNÍ TČ S JINÝM ZDROJEM TEPELNÉ ENERGIE	41
	ZÁVĚR	42
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	43
	PŘÍLOHY	45

Úvod

Už delší dobu se lidé snaží docílit nižších nákladů na vytápění s ohledem na životní prostředí. Dříve se vytápělo převážně tuhými palivy a spalováním se uvolňovala velká míra škodlivých látek do atmosféry. Nedbalo se příliš na ekologické dopady na životní prostředí. S postupem času a přibývajícím populací se však začalo toto téma více řešit.

Nyní se Evropská unie snaží snížit emise způsobené vytápěním. Evropská unie uvolnila velkou částku peněz, které se dají využít jako dotace pro opatření zajišťující snížení emisí. Tato opatření souvisí především se snížením tepelných ztrát objektu, čímž se docílí menší potřeby tepla na vytápění a s použitím ekologicky šetrných a obnovitelných zdrojů energie.

Existuje řada ekologicky šetrných a obnovitelných zdrojů energie. Tepelné čerpadlo je jedním z nich a tato bakalářská práce je zaměřena na jejich využití v rodinných pasivních domech.

Bakalářská práce nám nejdříve představí koncept pasivního domu, potřebné parametry pro získání statutu pasivního domu, pasivační mechanismy a jejich funkce v objektu. Jsou zohledněny různé varianty možných vytápění a chlazení pasivních domů, které jsou principiálně popsány včetně tepelného čerpadla.

Na základě popsaných principů byl vytvořen návrh systému vytápění pasivního domu s tepelným čerpadlem schopný připravovat teplou užitkovou vodu i objekt chladit. Rodinný dům využívá také rekuperační větrací jednotky.

Zájem o pasivní domy roste rychle. Jsou na ně poskytovány dotace, které lidi rádi přivítají. Pasivní domy jsou sice dražší na výstavbu, ale dosáhne se menších provozních nákladů a především se dosáhne vyššího komfortu bydlení.

Seznam symbolů a zkratk

A7/W35	Vstupní vzduch o teplotě 7 °C/výstupní voda o teplotě 35°C	
c	navýšení napěťové hodnoty	(-)
COP	Coefficient of Performance, topný faktor	(-)
$\cos\varphi$	Účinník	(-)
ČEZ.....	České energetické závody	
EEV	Elektronický expanzní ventil	
EU.....	Evropská unie	
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	(A)
k	Přepočtový koeficient	(-)
l	Délka	(m)
p	Převod transformátoru	(-)
PD.....	Pasivní dům	
P_{design}	Tepelná ztráta objektu	(W)
P_i	Instalovaný výkon	(W)
P_β	Soudobý příkon	(W)
R	Elektrický odpor	(Ω)
$SCOP$	Seasonal Coefficient of Performance, sezónní topný faktor	(-)
S	Průřez, plocha	(m ²)
S_{min}	Minimální průřez	(m ²)
S_{RT}	Zdánlivý výkon transformátoru	(VA)
S_{SK}	Zkratový příkon	(VA)
t	Teplota	(°C)
t_k	teplota při zkratu	(°C)
$T_{bivalent}$	Venkovní teplota spínání bivalentního zdroje	(°C)
TČ.....	Tepelné čerpadlo	
T_{design}	Venkovní teplota příslušná hodnotě P_{design}	(°C)

TEV	Termostatický expanzní ventil	
TUV	Teplá užitková voda	
THR	Termohydraulický rozdělovač	
$u_{KR}\%$	Poměr napětí transformátoru nakrátko	(%)
U_S	Sdružené napětí	(V)
$u_{RR}\%$	Procentuální hodnota činného odporu při zapojení nakrátko	(%)
$U_{RTL\ V}$	Napětí na sekundárním vinutí transformátoru	(V)
X	Reaktance	(Ω)
Z	Celková impedance	(Ω)
β	Koeficient soudobosti (činitel soudobosti)	(-)
γ_{CU}	Konduktivita mědi	(S/m)
ΔU_S	Úbytek napětí	(V)
ϑ_k	Maximální dovolená teplota	($^{\circ}\text{C}$)
ϑ_l	Dovolená provozní teplota	($^{\circ}\text{C}$)

1 Pasivní dům

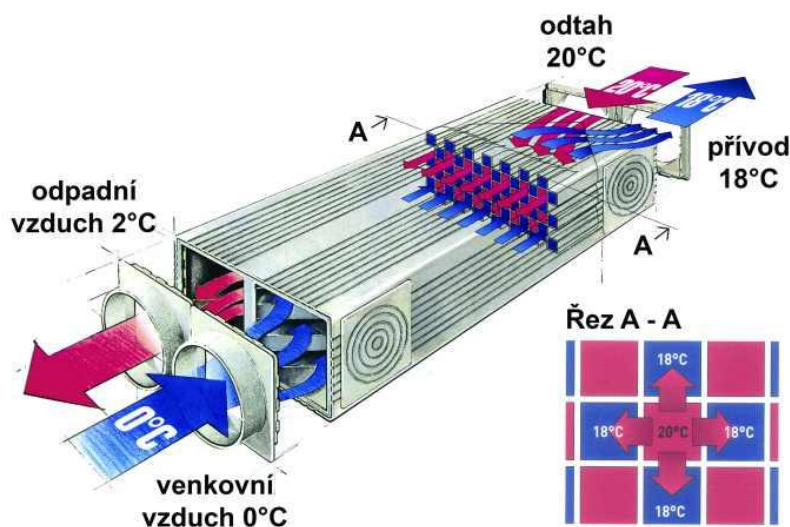
Pasivní dům je takový objekt, který ročně nepřesáhne potřebu tepla na vytápění $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, má neprůvzdušnost obálky budovy n_{50} (při podtlaku nebo přetlaku 50 Pa se nesmí netěsnostmi v obálce objektu vyměnit více než 60% vnitřního objemu vzduchu za hodinu) a celkovou potřebu primární energie nižší než $120 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Je zde využíváno pasivních tepelných zisků z celé budovy a všech spotřebičů. Získané teplo se v objektu udrží díky kvalitním izolacím a také díky využití rekuperace tepla při větrání pomocí speciálních automatizovaných větracích jednotek. Díky dobrým izolacím, řízenému větrání s rekuperací tepla a neprůvzdušnosti obálky má pasivní dům řadu výhod:

- Úspora energie
- Vyšší životní komfort
- Stálý přísun čerstvého vzduchu
- Dobrá tepelná pohoda v objektu [5]

1.1 Větrání s rekuperací

Větrací jednotky s rekuperací tepla jsou nutností pro pasivní dům. Využívají teplo odpadního vzduchu, které dokáže předat čerstvému venkovnímu vzduchu s účinností až 95%. Venkovní a odpadní vzduch, poháněný dvěma ventilátory, proti sobě proudí v kanálcích (viz *Obr. 1.1*) a postupně dochází k předávání tepla. Místa pro nasávání venkovního vzduchu a pro vyfukování odpadního vzduchu jsou od sebe dostatečně vzdálena (např. každý na jiné straně domu), tudíž nedochází k jeho smíchání. [5]

Tento systém zajistí přísun čerstvého vzduchu s velmi malými ztrátami díky vysoké účinnosti, která však závisí na celkové utěsněnosti objektu. Přináší i další výhody jako např. snížení prašnosti a výskytu pylů ve vzduchu díky filtrům, snížení hluku z okolí (není potřeba otevírat okna), odvod vlhkosti (protiplísňová ochrana), bezstarostné automatické větrání a velkou úsporu energie. Pasivní domy by nedokázali bez těchto systémů dodržovat předepsané parametry. [5]



Obr. 1.1 Protiproudý rekuperační výměník vzduchu [5]

1.2 Okna, dveře a izolace

Kvalitní izolací se dosáhne další úspory energií a snížení tepelných ztrát. Při stavbě se musí dbát více na kvalitu provedení než u běžného domu, aby se co nejvíce zamezilo tepelným mostům, především v okolí oken a dveří. Objekt se také musí dobře utěsnit, jinak by se snížila účinnost automatizovaného větrání s rekuperací a docházelo by k tepelným ztrátám. [5]

Pro pasivní dům musíme použít okna s výplní inertním plynem, kvalitním zasklením, dostačující propustností slunečního svitu a schopnost stínění, aby v létě nedocházelo k nadměrnému přehřívání. [5]

1.3 Zdroj tepla

U pasivních domů slouží jako zdroj tepla například vnitřní teplo ze všech elektrických spotřebičů (PC, TV, osvětlení a další), teplo vyzářené lidmi a vnější teplo v podobě slunečního záření skrz okna. Není zde zapotřebí tolik tepelné energie jako u běžných domů, tudíž jako zdroj tepelné energie postačí obnovitelný zdroj o nižším výkonu. Například tepelné čerpadlo země – voda se zemním kolektorem nebo tepelné čerpadlo vzduch – voda. Musí se však zvolit dostatečně regulovatelný zdroj, aby nedocházelo ke zbytečnému přehřívání objektu. [5]

1.4 Vytápění a chlazení pasivních domů

Kvalitní pasivní domy nepotřebují příliš přídavné energie na vytápění, díky minimálním tepelným ztrátám. Velkou část tepelné energie vydávají veškeré spotřebiče v domě, což je přínosné v topném období. Pasivním domům tedy stačí jen zdroj tepelné energie o malém výkonu. Mimo topnou sezónu je tepelná energie ze spotřebičů spíše na škodu a pasivní dům se může začít přehřívat, což není způsobeno jen běžnými spotřebiči, ale také vysokou venkovní teplotou a slunečním svitem. Pasivní domy je tedy nutné mimo topnou sezónu chladit.

1.4.1 Vytápění pasivních domů

Pro vytápění pasivních domů lze využít například plynové kondenzační kotle, tepelná čerpadla, kotle na biomasu, elektrické kotle, teplovzdušné techniky a elektrické přímotopné rohože.

1.4.1.1 Plynový kondenzační kotel

Tyto kotle dosahují vysokých účinností díky využívání tepla ze spalin, které by u běžných plynových kotlů odešli komínem do atmosféry mimo objekt. V plynovém kondenzačním kotli dochází ke kondenzaci spalin zemního plynu díky ochlazení pod rosný bod. Kondenzát spalin může v kotli ohřát přes výměníky teplotně médium pro vytápění a tím se využije více tepla ze spáleného plynu. [11]

Díky vysoké účinnosti a nízkému obsahu škodlivých látek ze spalování plynů jsou kondenzační plynové kotle vhodné pro pasivní domy. Jejich výhodou je využití pro vytápění objektů i ohřev teplé užitkové vody. [12]

1.4.1.2 Tepelná čerpadla

Jedná se o zařízení, které dokáže odebírat teplo okolnímu prostředí a pomocí kompresoru a dalších zařízení převede toto teplo na vyšší teplotní hladinu, což se dá využít pro ohřev médií pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Oproti plynovým kondenzačním kotlům mají jednu velkou výhodu - chod některých tepelných čerpadel se dá i reverzovat a je možno jimi i chladit. [1] [13]

Tepelná čerpadla dosahují vysokých účinností a lze je využít pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody i chlazení zároveň. [13]

1.4.1.3 Kotle na biomasu

Spalování biomasy je ekologickým řešením pro vytápění rodinných pasivních domů, protože míra oxidu uhličitého vzniklého při spalování biomasy je přibližně stejná jako míra oxidu uhličitého, který je spotřebován rostlinami. Na kotle jsou kladeny vysoké nároky, aby byly schopny spálit více druhů biomasy. Těmito kotli lze vytápět i ohřívat teplou užitkovou vodu. [14]

1.4.1.4 Teplovzdušné vytápění

Použitelné pro objekty s velmi malou tepelnou ztrátou z důvodu hygienických omezení – teplota vzduchu nesmí přesáhnout 50 °C, jinak by se kvalita vzduchu zhoršila kvůli rozkladu prachových částic. Vzduch lze ohřát pomocí nízkoteplotních zdrojů tepla s teplovodním výměníkem (lze využít systém ohřívající teplou užitkovou vodu). Nebo pomocí elektrického ohříváče. [15]

Hlavní výhodou teplovzdušného vytápění oproti jiným vytápěním je rychlá reakce systému na změny teplot. Tento systém lze propojit se systémem nuceného větrání s rekuperací. [15]

1.4.1.5 Elektrické kotle

Voda je ohřívána odporovými topnými tyčemi. Systém může být průtočný nebo s akumulací nádobou. Často využíván jako bivalentní zdroj k tepelným čerpadlům.

1.4.1.6 Elektrické přímotopné rohože

Můžou sloužit jako hlavní zdroje tepelné energie i jako doplňkové zdroje. Pod podlahu jsou umístěna topná tělesa ohřívána průchodem elektrického proudu. Ukládají se do různých materiálů a hloubky podle chtěného efektu – přímotopný, smíšený nebo akumulací. Přímotopné jsou snadno regulovatelné a poskytují rychlý přísun tepla. [19]

1.4.2 Chlazení pasivních domů

Chladit rodinné pasivní domy lze například pomocí tepelných čerpadel (umožňujících reverzační chod), klimatizací a rekuperačních větracích jednotek.

1.4.2.1 Reverzační chod tepelných čerpadel

Chlad vyrobený tepelným čerpadlem vzduch – voda lze použít k chlazení pasivních rodinných domů. Pro předávku chladu ve vnitřních prostorech lze využít nástěnné nebo

podstropní výměníky. Pro podstropní výměníky se často využívají fan-coily, což jsou zařízení, které mají 2 části – tepelný výměník a ventilátor zajišťující proudění chladného vzduchu. [13]

Lze také využít podlahového vytápění pro chlazení místností. Podlahové vytápění využívané pro chlazení bohužel nemá tak dobrou účinnost, protože chlad nesálá směrem nahoru, ale přesto je schopné místnosti ochladit. Výhodou podlahového vytápění pro chlazení je (pokud už je v daném objektu instalováno), že není potřeba dalších investic a lze chladit se stávající otopnou soustavou. [13]

1.4.2.2 Klimatizace

Klimatizace většinou využívají pro svůj chod kompresor, který stlačí chladicí médium, v plynném stavu, kolující v oběhu jednotky. Takto stlačené médium má vyšší tlak i teplotu. Stlačené médium částečně kondenzuje v tepelném výměníku a tím se i částečně ochladí. Přes kapiláru, nebo expanzní ventil se u média sníží tlak i teplota a ve výparníku se ohřeje a dojde k vypařování. V této fázi se okolí výparníku ochladí. Ohřáté médium dále putuje do kompresoru a cyklus se opakuje. [20]

1.4.2.3 Rekuperační větrací jednotky

V případě použití rekuperačních větracích jednotek pro chlazení je zapotřebí nasávat čerstvý vzduch přes zemní výměník zakopaný v dostatečné hloubce pod zemí, kde je v létě konstantní teplota v rozmezí 10 – 14 °C. Nasátý vzduch se ochladí díky zemnímu výměníku a přes bypass okolo výměníku tepla putuje do místností pomocí větrací vzduchotechniky. [15]

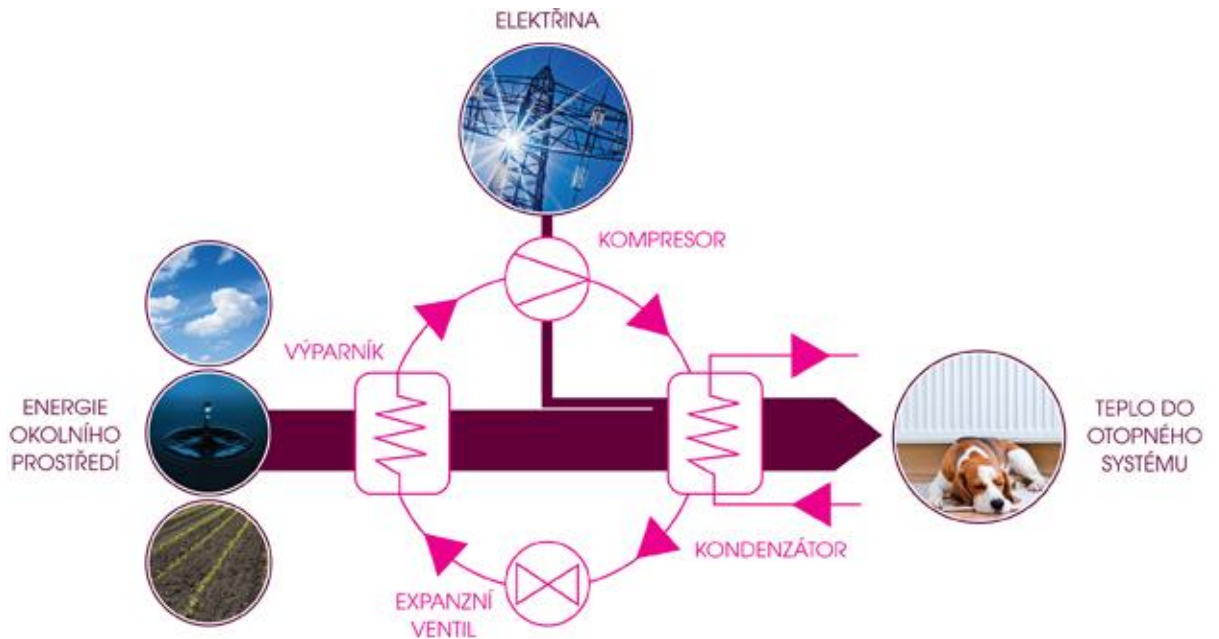
Zemní výměník má výhodu i v topném období. Dokáže vzduch přehřát a navíc tím omezí kondenzaci vody. [15]

2 Tepelné čerpadlo

2.1 Popis principu fungování TČ

Tepelné čerpadlo má čtyři elementární části chladicího okruhu: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané z venkovního prostředí je předáno ve výparníku pracovní látce (kapalnému chladivu) při malé teplotě. Chladivo se zahřátím začne

odpařovat a vzniknou páry, které se následně stlačí kompresorem na tlak o vyšší hodnotě. Páry stlačeného chladiva jsou přivedeny do kondenzátoru, kde při jejich kondenzaci dojde k předání tepla do topné vody (při vyšší teplotě a tlaku, než byla teplota a tlak ve výparníku při odebrání). Cyklus se uzavře v expanzním ventilu, kde dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku, avšak s nižší teplotou. [1]



Obr. 2.1 Princip tepelného čerpadla [1]

2.2 Jednotlivé části TČ

- Výparník
- Kompresor
- Expanzní ventil
- Kondenzátor

2.2.1 Výparník

Výparník zajišťuje odebrání tepla nízkopotenciálním zdroji tepla z okolního prostředí. Díky dobrým vlastnostem chladiva se dokáže vypařovat již při nízké teplotě a získat tím teplo z teplotnosné látky. [1]

Výměníky u výparníku pro kapaliny se většinou používají letované deskové a pro vzduch se používají trubkové žebrované (měděné potrubí s hliníkovými žebry). [1]

2.2.2 Kompresor

Kompresor má za úkol nasát plyn z výparníku při tlaku chladiva, který odpovídá výparné teplotě a tento plyn je kompresorem stlačen na tlak odpovídající teplotě pro kondenzování. Motor kompresoru napájený elektrickou energií zajistí práci kompresoru. Kompresor zvýší tlak chladiva a tím i jeho teplotu. *"Energie je tímto způsobem přečerpána z nižší teplotní hladiny na vyšší a je ji možno využít pro vytápění či přípravu teplé vody."* V dnešní době se nejvíce využívají tepelná čerpadla s pístovými kompresory a kompresory typu scroll (rotační) pro vytápění průmyslových objektů, rodinných a bytových domů. Tyto kompresory jsou zpravidla hermeticky uzavřené. Motor kompresoru i samotný kompresor jsou spolu v jedné utěsněné nádobě, čímž zabráníme úniku chladiva do okolního prostředí. [1]

2.2.3 Expanzní ventil

Expanzní ventil zajišťuje vysokotlaký a nízkotlaký rozdíl stran chladicího oběhu. V závislosti na výstupní teplotě z výparníku je schopen regulovat průtok chladiva z kondenzátoru do výparníku a také se stará o udržování přehřátí chladiva za výparníkem. Tím zaručíme, že do kompresoru vstoupí zcela vypařené chladivo. Expanzní ventily jsou řízeny elektronicky nebo termostaticky (EEV nebo TEV). [1]

2.2.4 Kondenzátor

V kondenzátoru dojde k předání tepla do otopné soustavy. Chladivo o vysokém tlaku a teplotě kondenzuje a předá své teplo do teplonosné látky otopné soustavy. Výměníky kondenzátoru se dělají trubkové nebo letované deskové. [1]

2.2.5 Další zařízení

- filtry
- odlučovače
- dehydrátory
- ukazatele vlhkosti [1]

2.3 Akumulační nádoba

Za část tepelného čerpadla se dá považovat i akumulční nádoba, která je připojena až v otopném systému, kde zvýšíme objem vody v otopném systému. Tím můžeme zajistit snížení počtu cyklů, protože tepelné čerpadlo může být v provozu při výhodnějších podmínkách a vyrobené teplo uloží do akumulční nádoby, ze které jej můžeme odebírat i v době nečinnosti tepelného čerpadla. [2]

Dalšího snížení počtu startů lze dosáhnout naddimenzováním zásobníku nad jeho optimální kapacitu, avšak dojde i k vzrůstu tepelných ztrát způsobených zásobníkem, který má nedokonalou izolaci, čímž dojde ke snížení celkové účinnosti. V dnešní době se v tepelných čerpadlech používají scroll kompresory, které snesou více rozběhů, než dříve používané pístové kompresory. Dále existují moderní tepelná čerpadla invertorového typu, která jsou dobře regulovatelná a akumulční nádoba pro ně není většinou zapotřebí. [2]

2.4 Základní parametr - Topný faktor

"Topný faktor je schopnost tepelného čerpadla zvýšit dodanou energii na jeho pohon (většinou el. energii) o tepelnou energii získanou nejčastěji ze vzduchu, vody nebo země."

[4] Během roku se mění topný faktor kvůli změnám provozních podmínek. Pokud změříme dodanou a odebranou energii, můžeme tím zjistit skutečnou hodnotu průměrného celoročního topného faktoru. Průměrný topný faktor 2,5 odpovídá ekologické mezi v evropských podmínkách. Výpočet topného faktoru probíhá dle evropské normy EN14511. [4] [9]

Tepelný faktor se často uvádí jako zkratka COP (z angličtiny Coefficient of Performance). [9]

2.5 Základní parametr – Sezónní topný faktor

Jedná se o bezrozměrné číslo udávající poměr mezi spotřebovanou elektrickou energií a vyrobeným teplem za topné období. „Udává průměrný topný faktor za celé topné období při zvolené tepelné ztrátě objektu P_{design} , dané venkovní teplotě T_{design} a venkovní teplotě při které dochází ke spínání bivalentního zdroje $T_{bivalent}$." [9] Do spotřeby se započítává celková spotřeba topného zdroje (tepelné čerpadlo, oběhové čerpadlo otopné soustavy, standby režim, řídicí systém, energie spotřebovaná na odtávání a případně

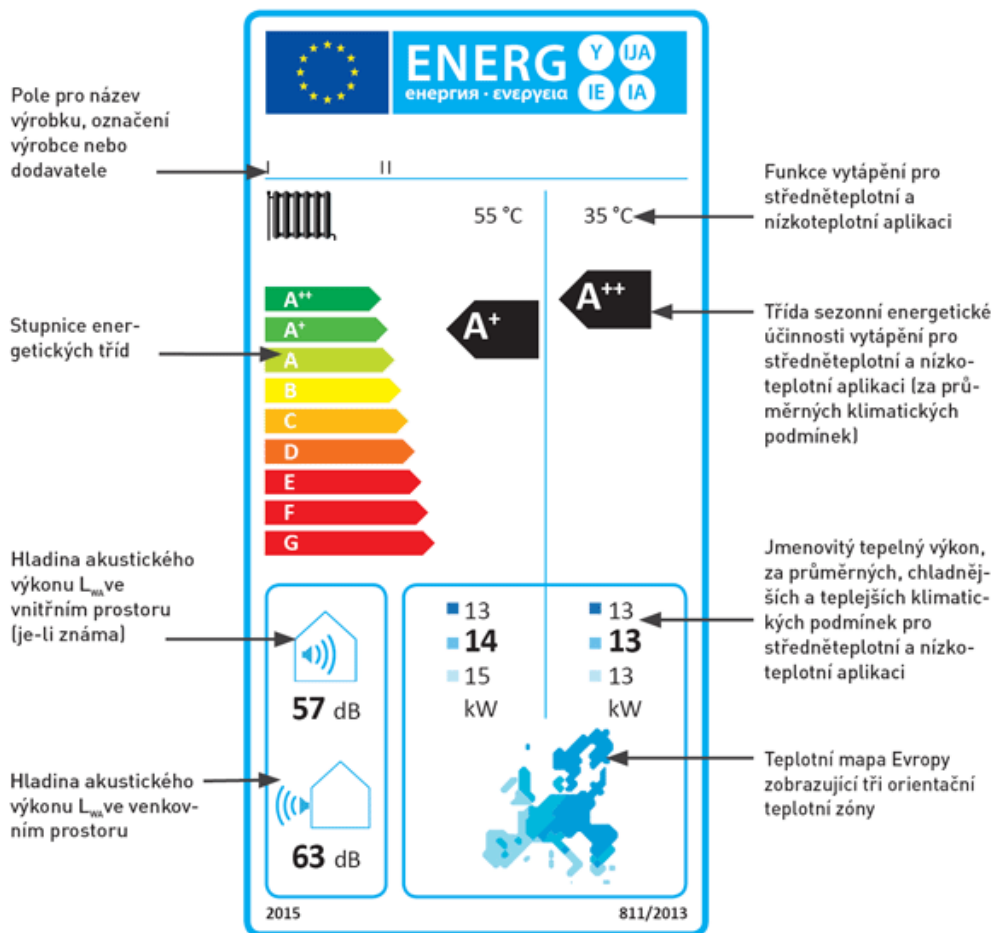
bivalentní zdroj). Výpočet sezónního topného faktoru probíhá dle evropské normy EN 14825. [9]

Sezónní topný faktor je uváděn jako SCOP (z angličtiny Seasonal Coefficient of Performance). [9]

2.6 Energetický štítek – eko design

Každé tepelné čerpadlo musí mít energetický štítek na základě měření podle normy ČSN EN 14825. Je to jednoduchý ukazatel informací ohledně energetické náročnosti tepelného čerpadla pro spotřebitele. Energetický štítek tepelných čerpadel pro vytápění udává 3 hlavní údaje: sezónní energetickou účinnost vytápění pro nízkoteplotní systémy (určené pro podlahové vytápění s teplotou vody 35°C), sezónní energetickou účinnost vytápění pro vysokoteplotní systémy (určené pro vytápění radiátory s teplotou vody 55°C) a hladinu akustického tlaku. [9]

Prodávát lze pouze tepelná čerpadla, která splňují požadované podmínky (maximální hladina akustického výkonu a minimální energetická účinnost). Tepelná čerpadla jsou rozdělena do energetických tříd účinnosti (např. A+++, A++), což slouží ke snadnějšímu srovnání kvality. [9]



Obr. 2.2 Příklad energetického štítku eko design s vysvětlivkami [10]

2.7 Rozdělení TČ

Tepelná čerpadla se dělí podle zdroje energie, kterému je odebíráno teplo, vstupního a výstupního média. Mezi zdroje energie patří vzduch, voda a země. Vzduch může být odebírán z okolního prostředí vytápěného objektu nebo lze využít na některých místech odpadní vzduch. Vodu lze odebírat z vrtů, studen, potoků řek a odpadních vod. Lze využít i energii ze země pomocí zakopaných výměníků v dostatečné hloubce. Jako výstupní médium může být použita voda nebo vzduch. Vytápění může zajistit ohřátá voda, která putuje do otopné soustavy nebo ohřátý vzduch pomocí vzduchotechniky.

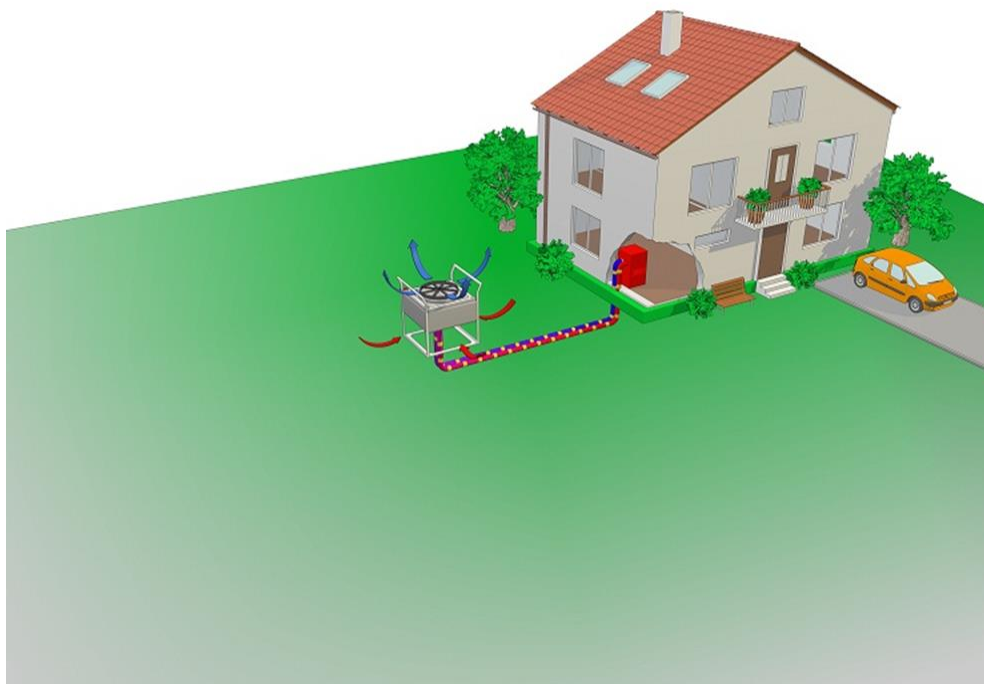
2.7.1 Vzduch – voda

Nejprodávanejší tepelná čerpadla jsou v poslední době typ vzduch – voda. Ve srovnání s pořizovacími náklady ostatních tepelných čerpadel je mají nižší a díky tomu mají i rychlejší ekonomickou návratnost. Tepelná čerpadla vzduch – voda jsou závislá na venkovní teplotě,

což je jejich nevýhodou. Při poklesu venkovní teploty klesne i výkon tepelného čerpadla, avšak při vzrůstu venkovní teploty výkon tepelného čerpadla vzroste. Tím zajistíme vyrovnání výkonu při velmi malých teplotách. Velmi malé teploty pod minus 5 °C naštěstí trvají krátce. Vzhledem k lokalitě trvá topné období 180 – 260 dní. Během topné sezóny je průměrná venkovní teplota v rozmezí 3 až 5 °C. [3]

Pokud klesne výkon tepelného čerpadla kvůli venkovním nízkým teplotám, je většinou zapotřebí zapojit doplňkový zdroj tepla. Tepelná čerpadla vzduch – voda se snadno a rychle instalují oproti ostatním tepelným čerpadlům. Výhodou některých tepelných čerpadel je jejich schopnost chlazení v období vysokých teplot v létě. [3]

Tepelná čerpadla vzduch – voda lze doplnit invertorem zajišťujícím plynulou regulaci od daného minimálního výkonu do maximálního. [16]



Obrázek 2.3 Příklad tepelného čerpadla vzduch – voda [6]

výhody: možnost změny umístění, nejlevnější

nevýhody: zimní provoz (horší COP), velký rozdíl výkonu v létě a zimě, zimní provoz (horší COP), nutno řešit odtávání námrazy na výparníku, konstrukčně složitější zařízení [1]

2.7.2 Odpadní vzduch – voda

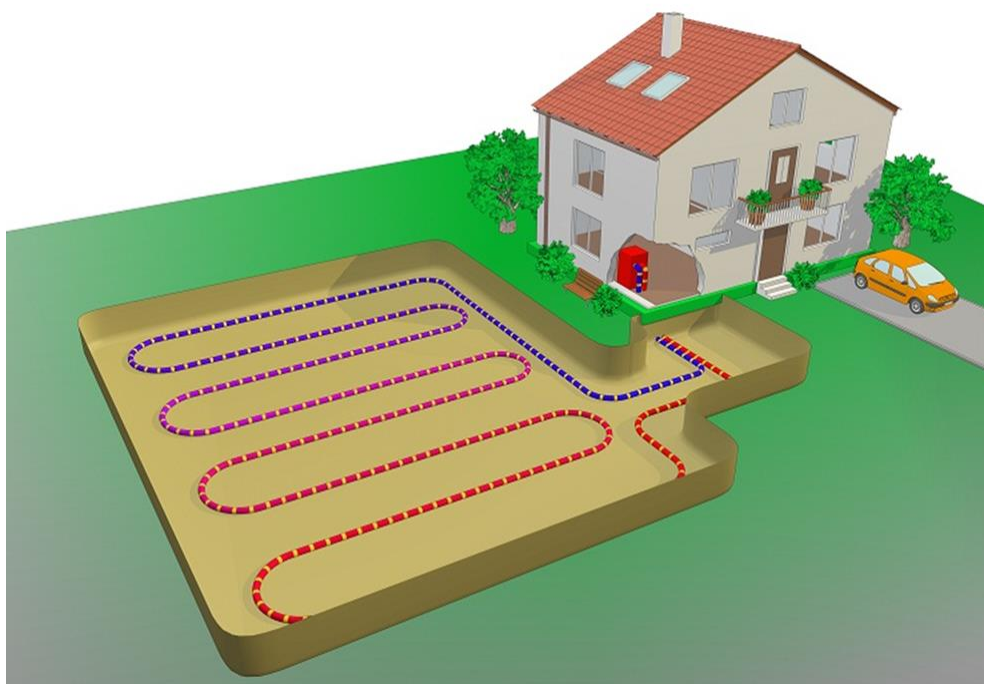
Využití odpadního vzduchu je použitelné spíše v případě průmyslového užití tepelného čerpadla.

výhody: stálé pracovní podmínky (při vysoké teplotě odpadního vzduchu je vysoké COP)

nevýhody: dostupnost vhodné odpadního vzduchu v blízkosti místa spotřeby tepla [1]

2.7.3 Země – voda s horizontálním výměníkem

Na obrázku 2.4 lze vidět příklad užití tepelného čerpadla s plošným kolektorem, který je veden na pozemku vedle vytápěného objektu. Takto realizovaný výměník je více náchylný na změny teplot, než vertikálně řešený výměník. [1]



Obrázek 2.4 Příklad tepelného čerpadla země – voda [6]

výhody: téměř stálé podmínky (dobré COP), levnější než provedení s vrtem

nevýhody (-): potřeba větší plochy pro instalaci horizontálního výměníku, kolísá teplota [1]

2.7.4 Země – voda se svislým zemním vrtem

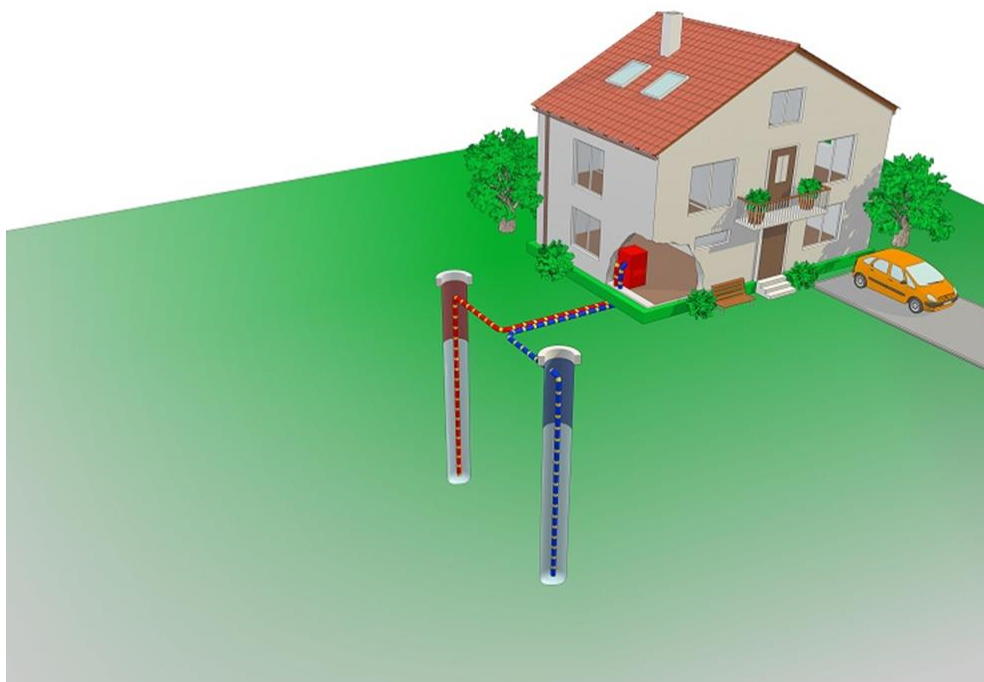
Řešení je podobné jako u země – voda s horizontálním výměníkem, ale výměnný kolektor je veden vrtem do země, což je více náročné na realizaci, avšak dosáhneme tím větší stálé teploty.

výhody: stálé podmínky (dobré COP), možnost pasivního chlazení

nevýhody: větší investiční náklady na tepelné čerpadlo a vrt [1]

2.7.5 Voda – voda

Tepelným čerpadlem voda – voda se rozumí vytvoření hlubinného vrtu – studny nebo použití vody z potoků a řek. [1]



Obrázek 2.5 Příklad tepelného čerpadla voda – voda [6]

výhody: stálé pracovní podmínky (vyšší COP)

nevýhody: výskyt vhodných zdrojů [1]

2.7.6 Odpadní voda – voda

Odpadní voda představuje v dnešní době velký, avšak málo využívaný, potenciál. Jedná se např. o kanalizační systémy. [7]

výhody: stálé pracovní podmínky (při vysoké teplotě odpadní vody je vysoké COP)

nevýhody: dostupnost vhodné odpadní vody v blízkosti místa spotřeby tepla [1]

2.7.7 Země/voda/odpadní voda/odpadní vzduch – vzduch

Souhrn tepelných čerpadel, kde se jako výstupní médium pro vytápění používá ohřátý vzduch, který je dále roznášen vzduchotechnikou a zajistí se tak přísun tepla. Teplo lze odebírat vzduchu, zemi, nebo vodě (všechny typy).

výhody: stálé pracovní podmínky (při vysoké teplotě odpadní vody je vysoké COP)

nevýhody: dostupnost vhodné odpadní vody v blízkosti místa spotřeby tepla [1]

2.7.8 Hybridní

Hybridní tepelná čerpadla jsou kombinací více zdrojů nízkopotenciálního tepla, nebo je teplo odebíráno z několika míst. Například využívání odpadního tepla a při jeho nedostatku se teplo odebere z okolního vzduchu. Jako další příklad lze uvést odebírání tepla z akumulací nádob, která je přehřívána ze solárních kolektorů a při nedostatku slunečního světla odebereme teplo ze zemního vertikálního výměníku. Hybridní čerpadlo se dvěma kondenzátory můžeme využít tak, že na jednom vzduchovém kondenzátoru budeme odvádět přebytečné teplo z chlazení a na druhém kondenzátoru budeme ohřívat teplou vodu. [1]

výhody: stálé pracovní podmínky (při vysoké teplotě odpadní vody je vysoké COP)

nevýhody: dostupnost vhodné odpadní vody v blízkosti místa spotřeby tepla [1]

3 Návrh řešení PD s vytápěním pomocí tepelného čerpadla

Předpokládáme, že rodinný dům splňuje podmínky pro pasivní standard – je dobře utěsněn, zateplen, nevykazuje velké teplotní mosty v okolí oken a dveří, jsou použita okna s dostatečnou propustností slunečního svitu a schopností stínění v letních dnech. PD je situován tak, aby sluneční svit mohl dobře procházet většinou oken – natočení na jih místem s největším výskytem oken.

Pro tento projekt bylo vybráno tepelné čerpadlo typu vzduch – voda AC Heating Conwert AW9 o maximálním topném výkonu 10,5 kW při teplotě vstupního média 7 °C a teplotě výstupního média 35 °C. Podrobnější technické specifikace jsou uvedeny v tabulkách 3.1 až 3.4.

Tab. 3.1 „Technické parametry“ [17]

Max. topný výkon (A7/W35)	10,5 (kW)
Min. topný výkon	2,9 (kW)
Nominální topný výkon (A2/W35)	10,1 (kW)
Max. příkon	3,5 (kW)
COP (A7/W35)*	4,73
COP (A2/W35)*	3,7
Max. chladicí výkon	9,5 (kW)
Max. příkon při chlazení	3,7 (kW)
EER	3
Kompresor	Toshiba Dc – dvojitý rotační
Expanzní ventil	Elektronicky řízený
Počet expanzních ventilů	1 (ks)

* Dle normy ČSN EN 14511 (certifikováno ve Strojírenském zkušebním ústavu s.p., Brno, registrovaném centru EHPA při 50% výkonu).

Tab. 3.2 „Elektrické parametry“ [17]

Napájení	230 (V), 1 fáze, 50 (Hz)
Napětové rozmezí	198–264 (V)
Napájení řídicího okruhu	24 Ac (V)
Požadovaný jistič	B16/1 fáze
Max. proud	15 (A)
Rozběhový proud	3 (A)
Max. provozní příkon	3,5 (kW)
Účinitel $\cos\phi$	0,98

Tab. 3.3 „Hlukové parametry – venkovní jednotka“ [17]

Hodnota hladiny akustického tlaku – režim topení*	49 (dB(A))
Hodnota hladiny akustického tlaku – režim chlazení*	48 (dB(A))

* Hodnoty akustického tlaku platí v 3 m volného prostoru a v plné zátěži. Údaje platí za podmínky šíření zvuku do volného prostoru bez odrazových ploch.

Tab. 3.4 „Sezónní topný faktor SCOP“ [17]

	<i>Teplota topné vody 35 °C na výstupu tepelného čerpadla (pro podlahové vytápění)</i>	<i>Teplota topné vody 55 °C na výstupu tepelného čerpadla (pro otopná tělesa)</i>
<i>SCOP</i>	4,59	3,45
<i>Energetická třída</i>	A+++	A++
<i>Tbivalent (venkovní teplota spínání bivalentního zdroje)</i>	-10 (°C)	-8 (°C)
<i>Pdesignh (tepelná ztráta objektu)</i>	6 (kW)	5,8 (kW)
<i>Tdesign (venkovní teplota příslušná hodnotě Pdesign)</i>	-10 (°C)	-10 (°C)

3.1 Návrh topných okruhů včetně mechanismů

Ve spolupráci s firmou AC Heating byl vytvořen návrh řešení vytápění s ohřevem teplé užitkové vody i možnosti chlazení pomocí tepelného čerpadla. Podrobné schéma je uvedeno v **příloze C** a princip je popsán níže.

3.1.1 Princip vytápění a přípravy TUV

Venkovní jednotka tepelného čerpadla bude napájena z el. sítě. Chladivo R-410a stlačené kompresorem venkovní jednotky bude putovat izolovaným potrubím ve zdi do vnitřní jednotky **1**. Ve vnitřní jednotce dojde k předání tepla hlavnímu okruhu. Hlavní okruh poháněný oběhovým čerpadlem umístěným ve vnitřní jednotce TČ bude ohřát na teplotu 55 °C nebo 35 °C (55 °C pro ohřev TUV a 35 °C pro vytápění) o tlaku 2,5 bar. Ohřátá topná voda bude putovat potrubím do trojcestného ventilu **5**. Trojcestný ventil umožní přepínání toků topné vody do zásobníku TUV **3** a do termohydraulického rozdělovače **6**.

V případě otevření ventilu směrem do zásobníku TUV dojde k ohřátí TUV pomocí potrubní spirály zavedené v zásobníku TUV. Ochlazená topná voda pak putuje zpětným potrubím do vnitřní jednotky TČ.

V případě otevření ventilu směrem do termohydraulického rozdělovače dojde ke snížení průtoku topné vody na výstupu rozdělovače. Průtok bude regulovat oběhové čerpadlo **8**. Topná voda dále povede do otopné soustavy objektu řešené pomocí podlahového vytápění.

Termohydraulický rozdělovač dokáže zabránit tlakovým rozdílům přívodního okruhu (potrubí z vnitřní jednotky TČ) a výstupního (potrubí do podlahové vytápění) s rozdílnými průtoky na vstupu a výstupu. Navíc je osazen v horní části odvzdušňovacím ventilem pro

odvzdušnění. Ve spodní části nalezneme vypouštěcí kohout zajišťující vypouštění usazených kalů. Náš termohydraulický rozdělovač je navíc vybaven topným tělesem o příkonu 6 kW pro případ velkých mrazů, kdy TČ nebude zvládat dodávat dostatečně teplou vodu. [18]

Zásobník TUV bude dohříván topným tělesem o příkonu 2,5 kW pro dosažení sanitace vody (snížení kontaminace vody mikroorganismy). Ze zásobníku TUV povede potrubím teplá užitková voda do koupelen a kuchyně.

Na hlavní potrubí topné vody budou připojeny dva topné žebříky (řez **A – A**) vyhřívané topnou vodou o hodnotě 55 °C při režimu ohřevu TUV nebo na teplotu pro podlahové vytápění (25 – 35 °C). V režimu chlazení tepelným čerpadlem se tyto topné žebříky odpojí kulovými kohouty se servopohonem, aby nedocházelo ke kondenzaci vody.

3.1.2 Princip chlazení a příprava TUV tepelným čerpadlem

V období, kdy bude nutné pasivní dům chladit, přepne TČ do reverzačního chodu a bude dodávat chladnější topnou vodu přes trojcestný ventil pouze směrem do termohydraulického rozdělovače, který ve spolupráci s oběhovým čerpadlem, teplotních čidel a regulace docílí požadované teploty pro topnou vodu do podlahového vytápění v rozmezí 18 – 22 °C. V momentě, kdy bude zapotřebí dohřát zásobník TUV, tepelné čerpadlo naběhne do normálního topného chodu a trojcestným ventilem pustí topnou vodu do potrubní spirály zásobníku TUV. Objem vody v hlavním přívodním okruhu není velký, tudíž nebude přechod z chladicího režimu do topného trvat dlouho a nenaruší tím ohřev TUV.

Chlazení podlahovým vytápěním bude podporováno nuceným větráním, které zajistí cirkulaci vzduchu a tím bude lépe probíhat předávka tepla (chlada) podlahy mezi prostorami rodinného domu.

Celý chod vytápění, přípravy TUV a chlazení bude regulován regulací xCC Family firmy AC Heating.

3.2 Návrh větrací rekuperační jednotky

Bude zvolena větrací rekuperační jednotka s možností předeřevu vstupního studeného vzduchu. Předeřev bude řešen elektrickými topnými tělesy. Oproti zemním výměníkům budeme sice mít větší spotřebu energie, ale sníží se investiční náklady a zbavíme se

problému kondenzace v zemním výměníku. Rekuperační jednotka bude mít možnost bypassu pro větrání v letních dnech. Instalaci provede odborná firma.

4 Návrh elektroinstalací a elektrických rozvodů PD

Při realizaci návrhu elektroinstalace se musí zohlednit součinitel soudobosti β , který určuje míru soudobého vytížení instalovaného výkonu. Musíme si uvědomit míru účasti jednotlivých spotřebičů při soudobém chodu.

V našem případě je zřejmé, že instalované spotřebiče s největším odběrem jako je tepelné čerpadlo a topná tělesa v TUV a THR nebudou odebírat maximální proud současně a pokud ano, tak jen ve výjimečných případech. TČ pojede většinu období na menší výkon, protože nebude potřeba příliš tepla na vytápění díky nízkým tepelným ztrátám pasivního domu. Další běžné domácí výkonné spotřebiče typu pračka, myčka mají sice velký příkon, ale jsou využívány minimálně s ohledem na soudobost.

Domy a byty se dělí dle stupně elektrifikace do skupin A, B a C, podle zaměření a míry využívání el. energie. Náš dům spadá do stupně elektrifikace C, kde se využívá el. energie k osvětlení, vaření a vytápění a není zde stanoven maximální soudobý příkon. I přesto je nutné stanovit součinitel soudobosti, pro správné navržení hlavního jističe a pojistky.

Za výše uvedených předpokladů odhadneme součinitel soudobosti $\beta = 0,6$.

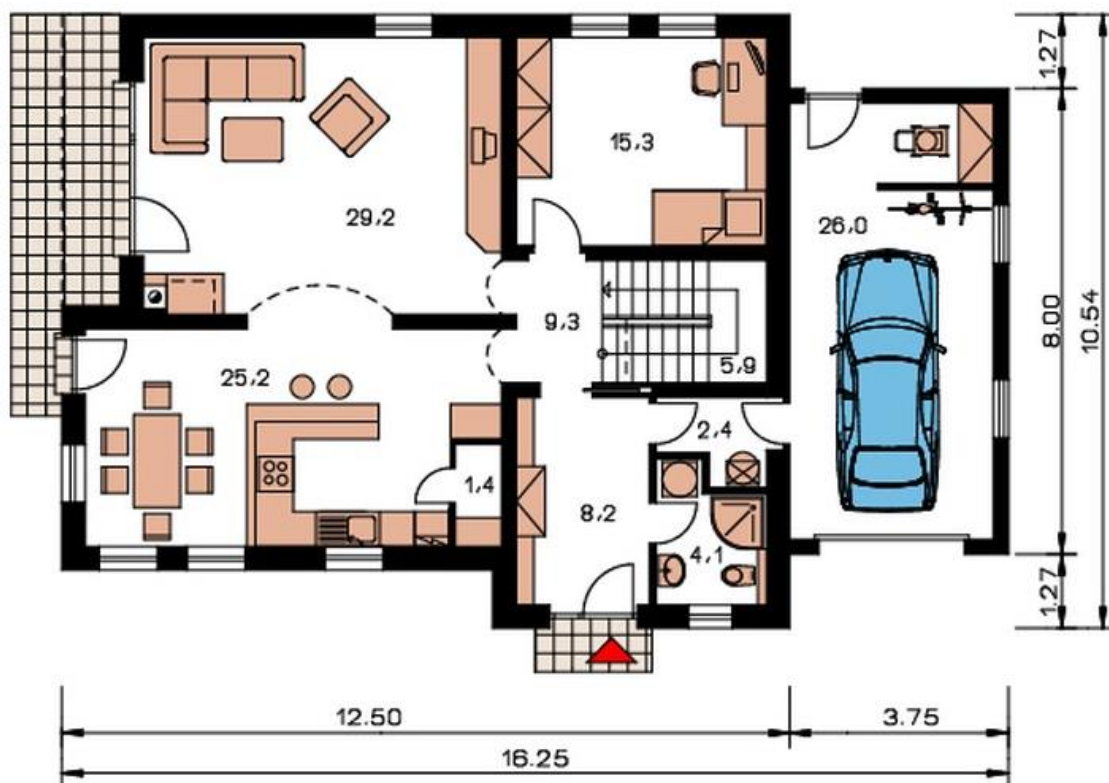
4.1 Předmět projektu

Projekt řeší připojení rodinného domu k místní distribuční síti nízkého napětí, rozvod zásuvkových a světelných okruhů, připojení tepelného čerpadla, umístění rekuperační jednotky, uzemňovací a jímací soustavu hromosvodu, měření odběru elektrické energie a bytový rozvaděč. Elektrická přípojka bude provedena kabelem AYKY 3 x 120 + 70 mm ukončeném v plastovém pilíři osazeném na hranici pozemku. Kabel bude uložen v plastové ochranné trubce. Hloubka uložení kabelu bude zvolena podle druhu terénu: v chodníku minimálně 35 cm, ve volném terénu minimálně 70 cm a přes komunikaci nebo v krajnici vozovky minimálně 100 cm. Plastový pilíř bude obsahovat přípojkovou skříň a elektroměr.

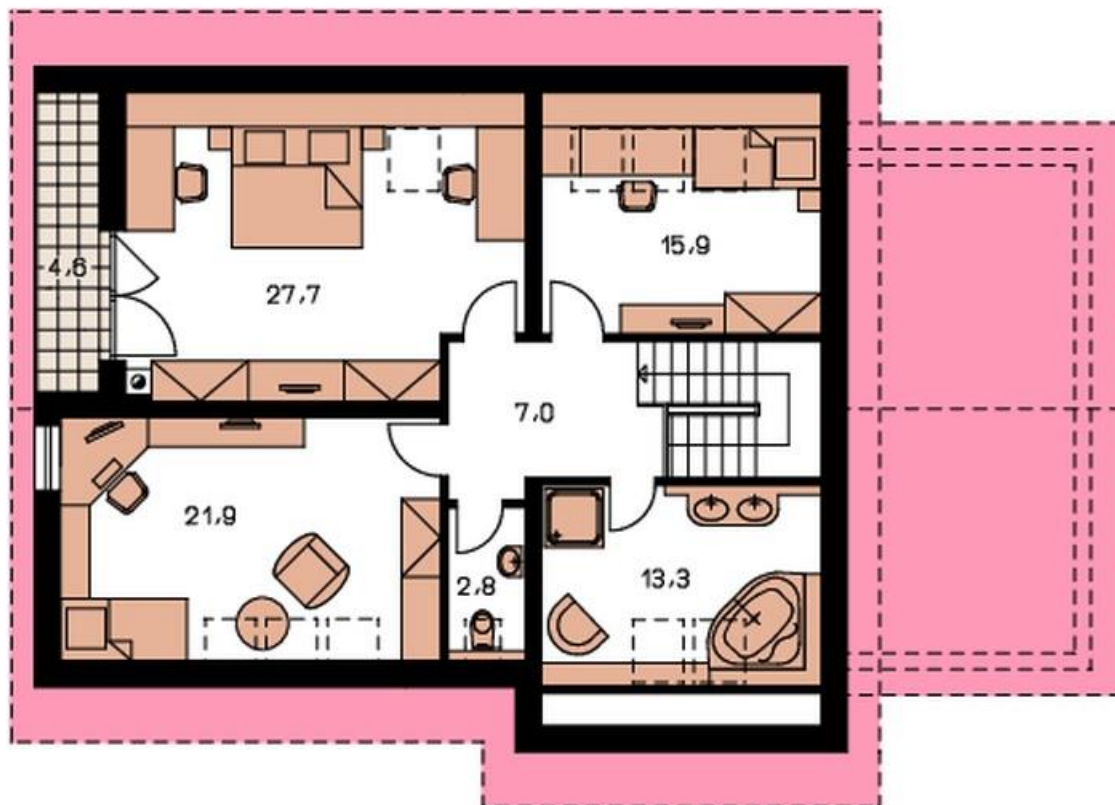
Výkres půdorysu objektu včetně vypracované elektroinstalace je v příloze. Elektroinstalace je rozdělena do více výkresů. Jednotlivé výkresy obsahují světelné okruhy, zásuvkové okruhy, datová vedení, návrh hromosvodu, situační plán, umístění a zapojení topné soustavy a pozici rekuperační jednotky. Měřítko výkresů je 1:100.



Obr. 4.1 Rodinný dům Elan Plus [21]



Obr. 4.2 Půdorys domu – přízemí [21]



Obr. 4.3 Půdorys – patro [21]

4.2 Technické údaje

Napěťová soustava:

3 + PEN, 50 Hz, AC, 400/230 V, TN-C (přívod nízkého napětí do rozvaděče)

3 + PE+N, 50 Hz, AC, 400/230 V, TN-S (rozvody v objektu)

Tab. 4.1 Instalovaný výkon

Spotřebič	výkon (W)
LED televize	75
Domácí kino	125
Počítače	450
Kuchyňský robot	1300
Myčka nádobí	1750
Mikrovlnná trouba	1100
Lednička	160
Mrazák	150
Světelný okruh	800
Automatická pračka	2050
Tepelné čerpadlo	3500
Topné těleso termohydraulického rozdělovače	6000
Oběhové čerpadlo	72
Topné těleso zásobníku TUV	2500
Rekuperační jednotka větrání	1500
Rychlovarná konvice	2200
Rezerva	1000
Celkem	24732

U našeho domu byl činitel soudobosti (koeficient soudobosti) β stanoven 0,6. Stupeň elektrizace je v našem případě C.

Soudobý příkon:

$$P_{\beta} = P_i \cdot \beta = 24732 \cdot 0,6 = 14839,2 \text{ (W)} \quad (1)$$

Hlavní jistič před elektroměrem: třífázový 25 A

4.2.1 Ochrana před nebezpečným dotykem, proti přetížení a zkratu

Živé části budou chráněny před nebezpečným dotykem pomocí izolací, krytím a doplňkové ochrany – proudovým chráničem. Ochrana neživých částí před dotykem bude realizována uzemněním, samočinným odpojení od zdroje, zvýšenou ochranou proudovým

chráničem a doplňujícím pospojováním. Každý elektrický okruh bude jištěn proti přetížení a zkratu pomocí pojistek a jističů.

4.3 Popis jednotlivých rozvodů

4.3.1 Elektroměrový rozvaděč, přívodní vedení

V pilíři plotu bude osazen Elektroměrový rozvaděč, který bude napojený z pojistkové skříně. Pojistková skříň bude také uložena ve sloupku. Rozvaděč se připojí dle podmínek připojování ČEZ Distribuce, nebo jiného místního distributora elektřiny (E.ON Distribuce, PREDistribuce). ČEZ Distribuce je investorem přípojky, zákazník zaplatí jen podíl podle hlavního jističe.

Propojení pojistkové skříně a elektroměrového rozvaděče bude provedeno kabelem CYKY 4 x 10 – J. Tento kabel bude také sloužit k propojení elektroměrového rozvaděče a bytového rozvaděče. Uložen bude v plastové ochranné trubce v zemi v hloubce minimálně 70 cm.

4.3.2 Vnitřní rozvody

Domovní rozvaděč byl zvolen typ FW – 72 modulů, který bude uložen do plastové krabičky zapuštěné ve zdi. Všechny obvody budou jištěny jističi o velikosti 10 A nebo 16 A. Kabelové vedení bude realizováno kabely CYKY 3 x 1,5 – J, CYKY 3 x 2,5 – J, CYKY 3 x 4 – J a CYKY 5 x 2,5 – J. Ochrana koupelnových zásuvek bude realizována pomocí proudového chrániče. V bytovém rozvaděči bude osazena přepět'ová ochrana I. a II. stupeň. Přepět'ová ochrana III. stupeň bude osazena do zásuvek pro TV, HiFi, domácí kino a PC.

Vypínače budou umístěny ve výšce 120 cm nad zemí a budou vzdáleny 20 cm od pravé strany zárubně dveří. Zásuvky budou v obytných místnostech umístěny 20 cm nad podlahou. V ostatních místnostech a technických prostorách budou umístěny 120 cm nad podlahou. Ve vnitřních prostorách budou použity klasické zásuvky zapuštěné ve zdech. Budou použity jednoduché i dvojité zásuvky. Pod omítkou budou vedeny rozvody v ochranných trubkách. Jedna zásuvka s ochranou IP 44 bude vyvedena na roh budovy pro napájení tepelného čerpadla.

Na osvětlení budou použity především úsporné žárovky a v koupelnách budou použita bodová světla napájená transformátory 230/12 V. Transformátory budou uloženy v dutině nad sádkartone. Venkovní světla budou použita se stupněm krytí IP 65. Do kanálů

stropnic budou zasazeny rozvody stropních svítidel. Rozvody stropních svítidel budou zakončeny ve svorkovnicích.

4.3.3 Slaboproudé rozvody

Pro rozvody pozemního digitálního vysílání budou použity koaxiální kabely VCEKY 75 Ω , které budou zakončeny, celkem v pěti místnostech (2 v přízemí a 3 v patře), kombinovanou SAT zásuvkou. Internetové kabely pro internetové připojení budou předpřipraveny pro připojení k budoucí anténě poskytovatele internetu. Zvonek bude zvolen drátový, který bude napojen na dvě místa – venkovní zvonek na sloupku u vrátek k pozemku a zvonek umístěný u vstupních dveří rodinného domu. K zvonku bude přiřazen kamerový systém snímající prostor u vrátek k pozemku. Video z kamerového systému bude přenášeno na obrazovku umístěnou v předsíni. Ochrana proti požáru bude realizována optickým požárním čidlem umístěným v kuchyni. Dále budou rozmístěna pohybová čidla v přízemních prostorách v místech u dveří a oken, kde by byl možný přístup z venkovních prostor. Veškerá čidla budou bezdrátová a připojena na společnou ústřednu.

4.3.4 Hromosvod

Pro celý objekt budou namontovány čtyři jímací tyče na střechu. Všechny kovové části střechy, převážně okapy, budou připevněny k jímací soustavě. Pro jímací soustavu, včetně svorek a podpěr, bude použit hromosvodní drát FeZn 8 mm. Jímací soustava bude ukončena 180 cm nad zemí zkušebními svorkami. Zkušební svorky jsou součástí uzemňovací soustavy a budou pokračovat zemnicím drátem FeZn 10 mm k uzemňovací soustavě. Hlavní část uzemňovací soustavy bude tvořena základovým zemničem FeZn 30/4.

HOP (hlavní ochranná přípojnice) bude připojena na uzemnění zemnicím drátem FeZn 10 mm.

Parametry:

třída LPSIII	
vzdálenost mezi svody	max. 15 m
poloměr valící se koule	30 m
počet svodů	6 ks.

4.4 Dimenzování a kontrolní výpočty k návrhu elektroinstalace

Kontrolní výpočty jsou uvedeny v **příloze B**. Stanovený jistič o velikosti 25 A a nožová pojistka o velikosti 32 A vyhovují.

4.5 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, 2, 3, 4 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

5 Ekonomická bilance

5.1 Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám (dále jen „Program“) je programem Ministerstva životního prostředí, který je administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR. Program napomáhá energeticky úsporným rekonstrukcím bytových domů a rodinných domů záměnou nevyhovujících vytápěcích zdrojů za obnovitelné zdroje energie. Navíc podporuje i výstavbu nových nízkoenergetických staveb bytových domů a rodinných domů. [8]

Cílem Programu je dosáhnout zlepšení stavu životního prostředí díky menší produkci skleníkových plynů a emisí znečišťujících látek. Zároveň Program přináší další úsporu v konečné spotřebě a stimulaci ekonomiky České republiky s dalšími sociálními benefity, mezi které lze zahrnout například lepší vzhled měst a obcí, zvýšení kvality bydlení občanů a započatí dlouhodobých progresivních trendů. [8]

Česká republika prodala emisní povolenky EUA (European Union Allowance) a tím získala finanční prostředky na financování Programu Nová zelená úsporám. Program je financován ze státního rozpočtu. [8]

Na podporu mají nárok opatření snižující energetickou náročnost budov, především zateplení obvodových plášťů, výměny dveří a oken, záměna neekologických zdrojů tepla za zdroje ekologicky šetrné (tepelná čerpadla, kotle na biomasu nebo plynové kondenzační kotle), větrací rekuperační jednotky schopné získávat zpět teplo z odpadního vzduchu a realizace zelených střech. Podporu lze získat i na výstavbu nových nulových domů (domy s přebytkem tepla), pasivních domů a domů blížících se pasivnímu standardu. [8]

5.1.1 Oblasti podpory pro rodinné domy

Podle typu dotovaného objektu je Program rozčleněn na podprogram Nová zelená úsporám – rodinné domy a podprogram Nová zelená úsporám – bytové domy. Pro každý podprogram přísluší různé oblasti podpory určené velkými písmeny. Tato označení oblastí a následně podoblastí vymezují různé možnosti dotací. [8]

Do oblasti A. *Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů* patří dotace na zateplení obálky budovy, což se především provádí zateplením obvodových stěn, podlah, stropů a střech, dále se provede záměna dveří a oken. Dotaci lze využít na komplexní opatření i na částečné opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti. [8]

Oblast B. *Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností* je zaměřena na dotace ohledně nové výstavby velmi nízkoenergetických rodinných domů. [8]

Mezi hlavní dotace pro oblast C. *Efektivní využití zdrojů energie* lze zahrnout záměnu neekologických zdrojů tepla za účinnější zdroje, které jsou ekologicky šetrné. Například záměny kotlů spalující koks, uhlí, mazut, nebo uhelné brikety za kotle na biomasu, kondenzační plynové kotle a tepelná čerpadla. Dále jsou dotace určeny pro instalaci solárních termických systémů a větracích rekuperačních jednotek schopných získávat zpět teplo z odpadního vzduchu. [8]

Našeho projektu se týká oblast podpory B. *Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností*. Tato oblast podpory se dále dělí na dvě podoblasti podpory B.1 *Dům s velmi nízkou energetickou náročností* a B.2 *Dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů* podle míry dosažených energetických parametrů budovy. Podoblast B.1 zahrnuje nízkoenergetické domy s měrnou roční potřebou na vytápění pod $20 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ a podoblast B.2 zahrnuje pasivní domy s měrnou roční potřebou tepla pod $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$. Přesnější rozlišení podoblastí B.1 a B.2 určuje *tabulka 5.1*. [8]

Tab. 5.1 „Požadované parametry podoblastí B.1 a B.2“ [8]

Sledovaný parametr	Označení (Jednotky)	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	E_A ($\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$)	≤ 20	≤ 15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pN,A}$ ($\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$)	≤ 90	≤ 60
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	U ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)	$\leq U_{pas}$	$\leq U_{pas}$
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)	$\leq 0,22$	$\leq 0,22$
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	n_{50} ($1\cdot\text{h}^{-1}$)	$\leq 0,6$	$\leq 0,6$
Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období	$\theta_{ai,max}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\leq \theta_{ai,max,N}$	$\leq \theta_{ai,max,N}$
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	(-)	Ano	Ano

Pro podoblast B.1 *Dům s velmi nízkou energetickou náročností* je stanovena výše dotace 300 000 Kč za jeden dům. U podoblasti B.2 *Dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů* je výše dotace 450 000 Kč za jeden dům. Maximální částky dotací jsou omezeny na 50 % řádně doložených způsobilých výdajů a jsou poskytovány formou jednorázové fixní dotace. [8]

Další podoblastí oblasti B. je oblast B.3 *Podpora na zpracování odborného posudku a zajištění průvzdušnosti obálky budovy*. Pro využití podpory z podoblasti B.3 je zapotřebí současného využití podpory z podoblasti B.1 nebo B.2. Maximální částka podpory z podoblasti B.3 je 35 000 Kč a může být zvýhodněna o dalších 10 000 Kč v případě použití materiálů a výrobků na opatření s vydaným environmentálním prohlášením typu III, přičemž jich musí být alespoň 5 a jejich pořizovací náklady musí činit alespoň 150 000 Kč. [8]

5.1.2 Možnosti dotací pro náš projekt

Dne 22. 10. 2015 byla spuštěna třetí výzva Nová zelená úsporám pro rodinné domy. Tato výzva byla následně 21. 11. 2016 upravena a vešla v platnost od 9. 1. 2017. [8]

Náš projekt (návrh) by měl splňovat podmínky pro udělení dotací z oblasti B., podoblasti B.2 a podoblasti B.3. Po sečtení lze získat dotacemi na realizaci našeho pasivního domu až 485 000 Kč. Případně 495 000 Kč v případě použití materiálů a výrobků na opatření s vydaným environmentálním prohlášením typu III.

5.2 Cena elektroinstalace, topného systému a rekuperačního větrání

Byl vytvořen cenový souhrn potřebných materiálů pro elektroinstalaci, tepelné čerpadlo včetně připojeného topného systému (bez rozvodů podlahového vytápění) a větrací rekuperační jednotky (bez rozvodů vzduchotechniky). Ceny jsou uvedeny v *tabulce 5.2* a *5.3* včetně DPH.

Tab. 5.2 Ceny položek elektroinstalace

Název položky	Počet kusů, délka (ks), (m)	Cena za kus (Kč)	Celková cena (Kč)
Instalační krabice KU68-1901	51	5,70	290,70
Domovní rozvaděč	1	1250,00	1250,00
Kabel CYKY 3J x 1,5	312	11,53	3597,36
Kabel CYKY 3J x 2,5	345	18,78	6479,10
Kabel CYKY 3J x 4	25	30,78	769,50
Kabel CYKY 5J x 2,5	20	30,98	619,60
Svorka WAGO různé velikosti	250	5,09	1272,50

Kabel CY 1C x 4 mm	30	12,86	385,80
Svorkovnice	2	11,52	23,04
Přepěťové ochrany	1	18000	18000
Domácí videotelefon EMOS	1	5314,61	5314,61
Jistič 10A	12	73,15	877,80
Jistič 16A	14	69,70	975,80
Jistič 32A/3F/B	1	380,23	380,23
Proudový chránič 25A/4P/0,03A	2	729,24	1458,48
Koaxiální kabel	100	9,84	984,00
Dvozásuvka	34	98,57	3351,38
UTP kabel	100	7,89	789,00
Transformátor 220/12V	2	331,77	663,54
Jednoduchá zásuvka	3	83,65	250,95
Jednoduchý vypínač	12	78,53	942,36
Dvojitý vypínač	15	114,79	1721,85
Bezdrátový zabezpečovací systém kompletní	1	18900,00	18900,00
Křížový vypínač	1	123,80	123,80
Elektroměrový rozvaděč typu PER2	1	5616,00	5616,00
Svorka SS	60	13,29	797,40
Zásuvka SAT/TV	5	189,00	945,00
Bodové světlo	10	113,90	1139,00
Svítilna	18	850,66	15311,88
Žárovky do bodovek	10	154,50	1545,00
Čísla na hromosvod	4	8,69	34,76
Držák jímáče	30	18,45	553,50
Podpěra vedení na hřeben	25	142,15	3553,75
Jímací tyč	4	436,87	1747,48
Svorka okapová	4	33,20	132,80
Zaváděcí tyč kompletní	4	502,43	2009,72
Zkušební svorka	4	42,04	168,16
Drát jímací soustavy FeZn	60	33,40	2004,00
Zemnicí pásek	40	33,40	1336,00
Nožová pojistka 32A	3	65,19	195,57
Ostatní pomocný spojovací materiál	1	4000,00	4000,00
Venkovní přípojka včetně trubek	1	3000,00	3000,00
Cena za práci			35000
Celkem			148511,42

Tab. 5.3 Ceny za část topného systému a pasivních prvků

Tepelné čerpadlo, zásobník TUV, THR, regulace, slaboproudé rozvody pro regulaci	302500
Rekuperační jednotka	67155
Celkem	369655

6 Porovnání TČ s jiným zdrojem tepelné energie

Návrh našeho řešení lze poupravit i pro jiný zdroj tepelné energie. Plynové kondenzační kotle dosahují vysokých účinností, jsou dobře regulovatelné a vhodné pro systémy s menším teplotním spádem. Tepelné čerpadlo by se dalo zaměnit za tento kotel bez úpravy zbytku navržené topné a otopné soustavy. Kotel by byl schopný ohřívat teplou užitkovou vodu na 55 °C a vodu vhodnou do podlahového vytápění.

Termohydraulický rozdělovač, zajišťující snížení průtokové rychlosti v otopné soustavě s podlahovým vytápěním, by byl z původního návrhu možný vynechat nebo vyměnit za akumulační nádobu.

Plynový kondenzační kotel bohužel nemůže chladit a je určen jen pro vytápění a ohřev TUV. Chlazení pasivního domu by tedy bylo nutné vyřešit jinak. Například důmyslnější ventilační rekuperační jednotkou s možností klimatizace.

Investiční náklady na pořízení TČ včetně zbylých částí topné soustavy pro náš projekt vyjdou přibližně na 300 000 Kč. Tato soustava je schopna dům vytápět, chladit a připravovat TUV. Náklady na pořízení plynového kondenzačního kotle včetně podobné topné soustavy vyjdou na značně menší částku 180 000 Kč, avšak nesmíme zapomenout na nutnost pořízení chladicího zařízení a vybudování komínu.

Celkové provozní náklady pro vytápění a přípravu TUV se u TČ a plynového kondenzačního kotle příliš neliší, což dokazují výpočty na serveru TZB-info. [22]

Závěr

Tlak ze strany EU na snižování emisí způsobených výrobou tepla vytvořil možnost dosažení vyššího komfortu bydlení díky nabízeným dotacím. Tyto dotace jsou poskytovány pro pasivní a nízkoenergetické domy pouze za určitých podmínek, které jsou důkladně kontrolovány.

Po prozkoumání různých systémů vytápění, ohřevu teplé užitkové vody, chlazení a větrání pasivních domů bylo zjištěno, že kombinace tepelného čerpadla vzduch – voda s rekuperační větrací jednotkou bude vhodná pro chod pasivního rodinného domu. Tepelné čerpadlo bylo vybráno s možností reverzačního chodu. Lze jím i chladit.

Vytvořený návrh topného systému s tepelným čerpadlem je schopný zajistit v objektu tepelnou pohodu během topné sezóny i mimo ní. Vybrané tepelné čerpadlo vzduch – voda může přepnout do reverzačního chodu a v horkých letních dnech objekt chladit přes podlahové vytápění. Přísun čerstvého vzduchu zajistí ventilační rekuperační jednotka, která navíc zefektivní chlazení díky proudění vzduchu v místnostech.

Topný systém, elektroinstalace a elektrické rozvody pasivního domu byly zpracovány do výkresů. Byly vypočteny hodnoty vedoucí k určení vhodné přípojky s ohledem na topný systém a další spotřebiče v objektu. Výpočet byl ověřen programem SICHR.

Návrh řešení byl porovnán s jiným zdrojem tepelné energie, kterým byl plynový kondenzační kotel. Tento kotel by nedokázal plnit všechny funkce navrženého tepelného čerpadla. Plynový kondenzační kotel nemá možnost chlazení, a tudíž by se muselo chlazení objektu vyřešit jinak. Pořizovací náklady porovnaných zdrojů tepelné energie se velice liší a řešení s plynovým kondenzačním kotlem se jeví jako lepší řešení, z důvodu nižší pořizovací ceny kotle a podobných provozních nákladů obou systémů.

Dalším možným řešením by mohla být stavba pasivního domu bez použití obnovitelných zdrojů s vytápěním pomocí elektrických rohoží. U takového projektu bychom sice nedosáhli plné výše dotací, avšak výsledné investiční náklady by byly o poznání nižší. Navíc by byl systém pro vytápění spolehlivější, bezúdržbový a velice pružný.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Tepelná čerpadla. *TZB-INFO* [online]. *TZB-INFO* [online]. Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB-info, c2001-2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla>
- [2] Tepelné čerpadlo vzduch-voda. *VZDUCH-VODA* [online]. *VZDUCH-VODA: VZDUCH-VODA*, 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.vzduch-voda.cz/o-čerpadlech/7-tepelne-čerpadlo-vzduch-voda>
- [3] Tepelná čerpadla. *KP-KLIMA* [online]. *KP-KLIMA: KP-KLIMA* [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.kpklima.cz/category/2/tepelna-čerpadla>
- [4] Topíme ze studeného vzduchu: O tepelných čerpadlech. *AB Klimatizace* [online]. *AB Klimatizace: AB Klimatizace*, c1992-2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.topim.cz/o-tepelnych-čerpadlech/>
- [5] O pasivním domě: Co je pasivní dům. *Centrum pasivního domu* [online]. Údolní 33, 602 00 Brno: Centrum pasivního domu, 2013 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [6] Vybíráme tepelné čerpadlo - rady, tipy, informace. *BYDLENI.CZ* [online]. Kotlářská 5, 602 00 Brno: BYDLENI.CZ, 2016 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Vybirame-tepelne-čerpadlo-rady-tipy-informace>
- [7] Využití energie z odpadních vod. *ASIO: čištění a úprava vody* [online]. ASIO, spol. s r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno: ASIO, 2012 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/139.vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>
- [8] O Programu. *Nová zelená úsporám* [online]. Vršovická 1442/65 100 10 Praha 10: Ministerstvo životního prostředí, 2016 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>
- [9] Slovníček pojmů a definic, FAQ: Slovníček pojmů a definic. *AC Heating: absolutely clever heating* [online]. KUFÍ INT, s.r.o. Staroplzenecká 177 326 00 Plzeň - Letkov: KUFÍ INT, c2013 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.ac-heating.cz/cz/slovnicek-pojmu.htm>
- [10] Energetické štítkování: Energetické štítkování a ekodesign. *Topení-chlazení.cz: Systémy a produkty pro Vaše úspry a komfort* [online]. Tepelná čerpadla AIT, s.r.o. V přístavu 1585/20, 170 00 Praha 7: Tepelná čerpadla AIT, c2015 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.topeni-chlazení.cz/energeticke-stitkovani/>
- [11] Kondenzační kotel pro každého (II). *TZB-INFO* [online]. Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB-info, c2001-2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/878-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-ii>

- [12] Plynové kondenzační kotle pro topení. *Thermona* [online]. Thermona, spol. s r.o. Stará osada 258 Zastávka u Brna, 664 84: Thermona, spol. s r.o., c2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/pouze-pro-topeni>
- [13] Chlazení tepelným čerpadlem. *VZDUCH-VODA.CZ* [online]. Okrajová ul. 178 Praha západ - Chýně: VZDUCH-VODA.CZ, 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.vzduch-voda.cz/o-cerpadlech/chlazení>
- [14] Jak funguje výroba energie z biomasy. *Skupina ČEZ* [online]. ČEZ: ČEZ, c2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>
- [15] VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ. *Centrum pasivního domu* [online]. Údolní 33, 602 00 Brno: Centrum pasivního domu, 2013 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapeni/t4029?s=102>
- [16] Systémy tepelných čerpadel: Princip tepelného čerpadla. *AC heating: absolutely clever heating* [online]. KUFÍ INT, s.r.o. Staropltzenecká 177 326 00 Plzeň - Letkov: KUFÍ INT, c2013 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.ac-heating.cz/cz/princip-tc.htm>
- [17] TEPELNÁ ČERPADLA: chytré a pohodlné vytápění. *AC heating: absolutely clever heating* [online]. KUFÍ INT, s.r.o. Staropltzenecká 177 326 00 Plzeň - Letkov: KUFÍ INT: KUFÍ INT, c2013 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: http://www.ac-heating.cz/upload/files/Katalog%20AC%20Heating%202017_.pdf
- [18] Termohydraulický rozdělovač. *Honeywell* [online]. Honeywell: Honeywell [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://home.tiscali.cz/cz447703/honeywell/thr.htm>
- [19] Elektrické přímotopné rohože - nejen jako hlavní zdroj, ale i komfortní doplněk pro vytápění. *TZB-INFO* [online]. Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB-info, 2005 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/2466-elektricke-primotopne-rohoze-nejen-jako-hlavni-zdroj-ale-i-komfortni-doplnek-pro-vytapeni>
- [20] Klimatizace a chlazení. *TZB-INFO* [online]. Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB-info, c2001-2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení>
- [21] Elan Plus, rodinný dům. *GSERVIS: Projekty a realizace rodinných domů* [online]. G SERVIS CZ, s.r.o., Tiskařská 10/257, Budova TTC, 108 00 Praha 10 - Malešice: G SERVIS CZ, c2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/elanplus.html>
- [22] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info: Výpočet a grafické porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii v budovách. *TZB-INFO* [online]. Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB-info, c2001-2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-tzb-info>

Přílohy

Příloha A – Kontrola přípojky programem Sichr

Příloha B – Dimenzování a kontrolní výpočty k návrhu elektroinstalace

Příloha C – Schéma návrhu řešení otopné soustavy

Příloha D – Schémata elektroinstalací rodinného domu

Příloha A – Kontrola přípojky programem Sichr

Soupiska strojů, přístrojů a vodičů

Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

Trafo	SGB DOTZ 400H 22/0,4, In = 577 A, Sr = 400 kVA	1 ks
L1	1-AYKY 3x120+70	250 m
pojistka*	S3PB00	1 ks
	PNA000 32A gG	3 ks
1L4	CYKY4x10	0,2 m
Jistič	LTE-25B-	31 ks
1L6	CYKY4x10	10 m

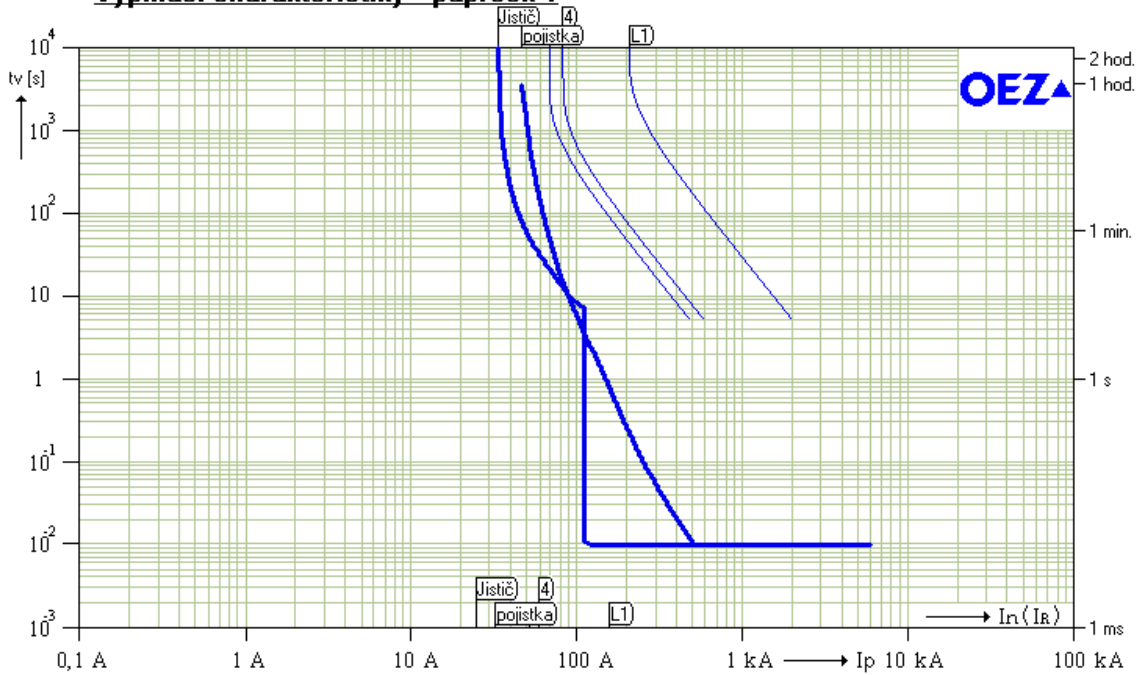


Projekt : Pasivní dům s tepelným čerpadlem
Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 1.6.2017
 BP - Vítek Furbacher
 Síť TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
Trafo	OTZ 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 dU = 0.7 % I ² t < k ² S ² ip = 4.03 kA	250 m v zemi (D) AYKY 3 x 120 + 70 250m
pojistka	PNA000qG In = 32 A I1 = 120 kA io = 1.90 kA	Připojeno pomocí SPB00 Pojistka 32 A PHNA000 GG
1L4	CYKY4x10 Iz = 60 A tm = 40 ° C (Ik'' = 2.76 kA) dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² io = 1.90 kA	0.2 m ve vzduchu (E)
Jistič	LTE-25B In = 25 A Icn = 50 kA* li = 112.50 A io = 1.90 kA	Jistič 25 A
1L6	CYKY4x10 Iz = 51.8 A tm = 38 ° C (Ik'' = 2.30 kA) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 1.83 kA	10 m v zemi (D) CYKY 4 x 10 10m
	TN-C TN-S	
1.7	Vývod P = 25 kWxB=15 kW cos fi = 0.96 I = 22.3 A U = 396 V (Un - 0.9%) B = 0.6 io = 1.83 kA	(Ik'' = 2.30 kA, ip = 3.32 kA) Výkon 25 kW, beta 0.6, účinnost 0.96
1.25	Vývod S = 0 VA U = 396 V (Un - 0.9%) io = 1.83 kA	(Ik'' = 2.30 kA, ip = 3.32 kA)

Vypínací charakteristiky - paprsek 1



Příloha B – Dimenzování a kontrolní výpočty k návrhu elektroinstalace**Kontrola dimenzování kabelu k přípojkové skříně**

Instalovaný výkon

$$P_i = 22615 \text{ (W)}$$

Koeficient soudobosti

$$\beta = 0,6$$

Soudobý příkon

$$P_\beta = P_i \cdot \beta = 22615 \cdot 0,6 = 14839,2 \text{ (W)} \quad (1)$$

Sdružené napětí

$$U_S = 400 \text{ (V)}$$

Účinník

$$\cos\varphi = 0,96$$

Teplota okolí země

$$t = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Celkový proud přípojkou

$$I_P = \frac{P_\beta}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} = \frac{14839,2}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,96} = 22,311 \text{ (A)} \quad (2)$$

 k_1 – přepočítávací koeficient – kabel uložen v zemi k_2 – přepočítávací koeficient – kabel není uložen v prostředí při základní teplotě

$$k_1 = 1,1$$

$$k_2 = 1,22$$

$$I_{NP} = \frac{I_P}{k_1 \cdot k_2} = \frac{22,311}{1,1 \cdot 1,22} = 16,625 \text{ (A)} \quad (3)$$

I_{NV} pro kabel CYKY 4J x 10 je 62 A.

$$I_{DOV} = I_{NV} \cdot k_1 \cdot k_2 = 62 \cdot 1,1 \cdot 1,22 = 83,204 \text{ (A)} \quad (4)$$

Musí platit podmínka $I_{DOV} > I_P$.

$$I_{DOV} > I_P$$

$$83,204 > 16,625$$

Podmínka $I_{DOV} > I_P$ platí.

Kontrola úbytku napětí u přípojkové skříně

Úbytek napětí přípojkové skříně

$$\Delta U_S = \frac{l \cdot P_\beta}{\gamma_{Cu} \cdot S \cdot U_S} = \frac{10 \cdot 14839,2}{56 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 400} = 662,464 \text{ (mV)} \quad (5)$$

Tolerance úbytku napětí přípojkové skříně

$$2\%U_S = 0,02 \cdot 400 = 8 \text{ (V)} \quad (6)$$

Musí platit podmínka $2\%U_S > \Delta U_S$

$$2\%U_S > \Delta U_S$$

$$8 > 662,464 \cdot 10^{-3}$$

Podmínka $2\%U_S > \Delta U_S$ platí, tudíž kabel CYKY 4 x 10 – J je vyhovující z hlediska úbytku napětí pro hlavní přípojku k objektu.

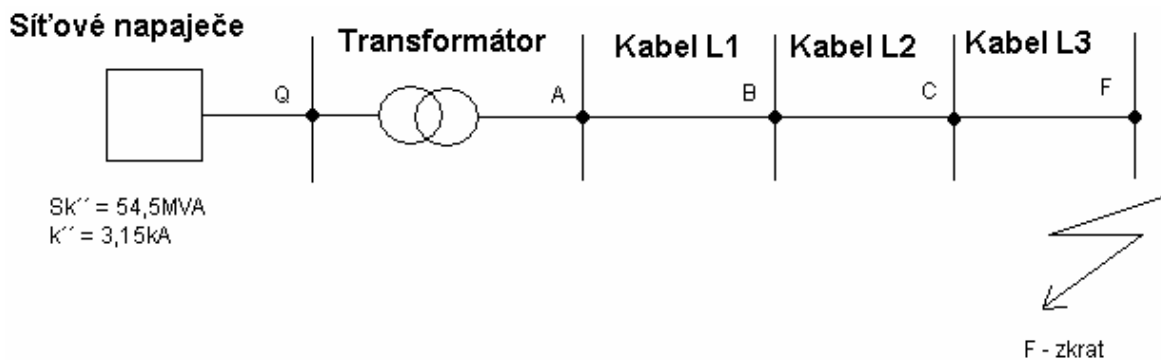
Kontrola jištění přípojky objektu

Hodnota proudu jističe

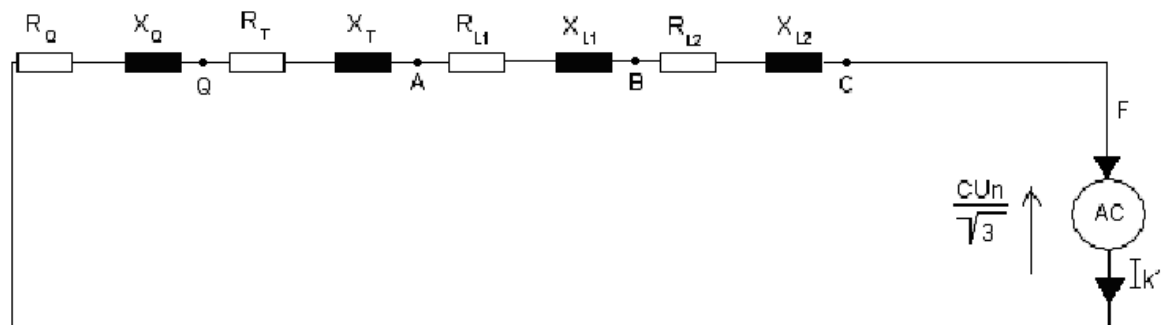
$$I_J = 25 \text{ (A)}$$

Hodnota proudu nožové pojistky

$$I_{NP} = 32 \text{ (A)}$$



Obr. 4.4 Náhradní schéma obvodu přípojky objektu



Obr. 4.5 Náhradní schéma obvodu přípojky objektu

Síťový napaječ

$$I_K = 3,15 \text{ (kA)}$$

$$S_{SK} = 54,5 \text{ (MVA)}$$

$p = 55$ (transformátor 22 kV/0,4kV)

$$Z_S = \frac{c \cdot U_N^2}{S_{SK}} \left(\frac{1}{p^2} \right) = 3,23 \text{ (m}\Omega) \tag{7}$$

Transformátor

$$U_{KR\%} = 0,06$$

$$U_{RR\%} = 0,032$$

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

$$U_{RTL\%} = 0,4 \text{ (kV)}$$

$$Z_T = \frac{U_{KR\%}}{100} \cdot \frac{U_{RTL\%}^2}{S_{RT}} = 24 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (8)$$

$$R_T = \frac{U_{RR\%}}{100} \cdot \frac{U_{RTL\%}^2}{S_{RT}} = 12,8 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (9)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 20,3 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (10)$$

Kabelové vedení

Kabelové vedení L_1 AYKY 3 x 120 + 70 mm

$$l_1 = 250 \text{ (m)}$$

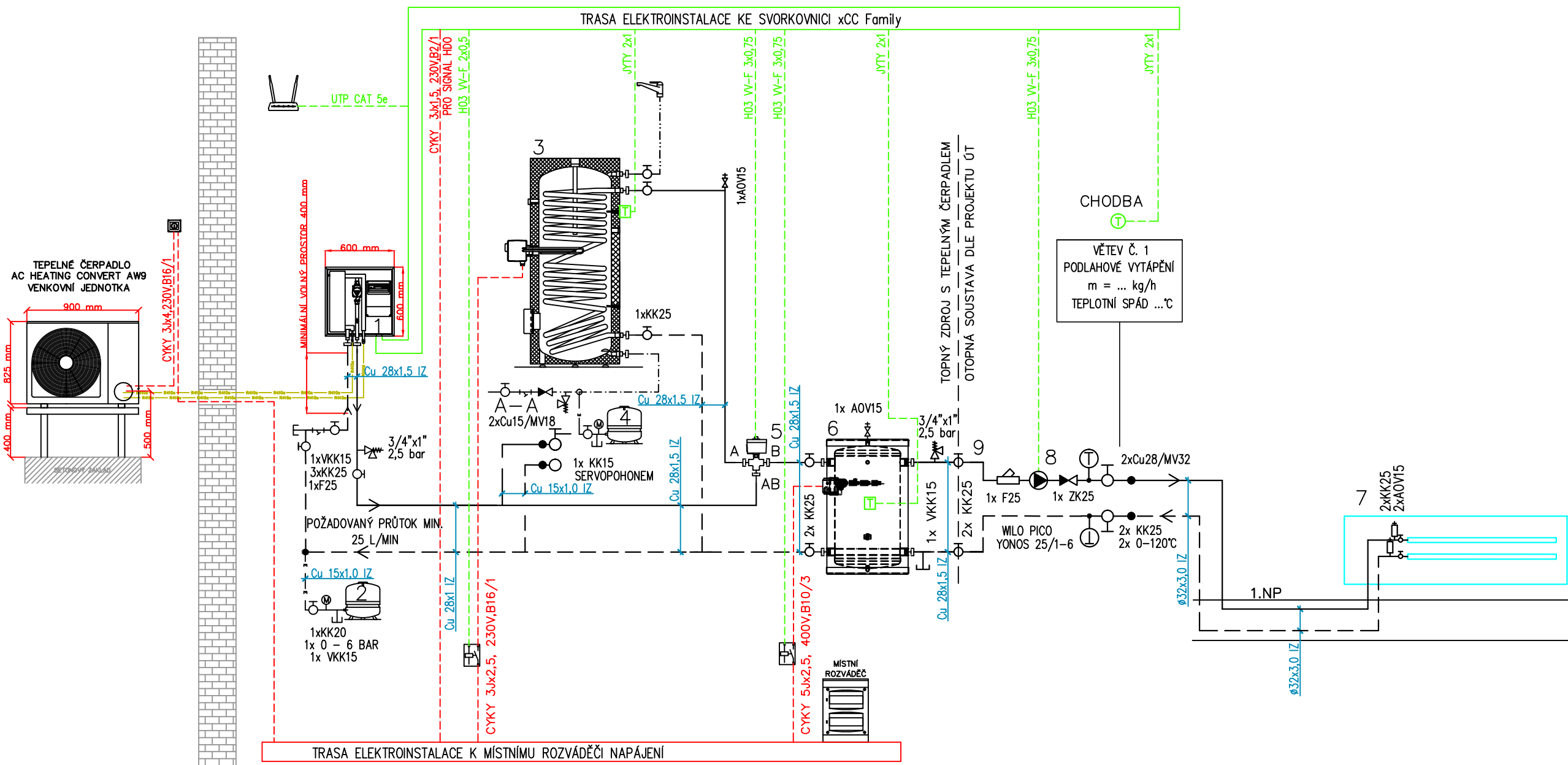
$$R = 0,4423 \text{ (}\Omega \cdot \text{km}^{-1}\text{)}$$

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

$$R_{L1} = R \cdot l_1 = 0,4423 \cdot 250 = 110,6 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (11)$$

$$X_{L1} = X \cdot l_1 = 0,15 \cdot 250 = 37,5 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (12)$$

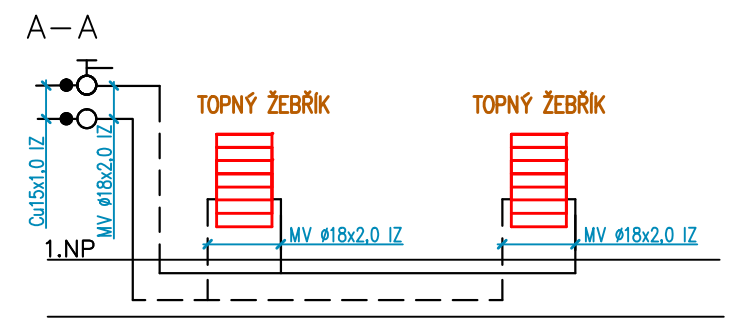
$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 - X_{L1}^2} = 116,8 \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (13)$$

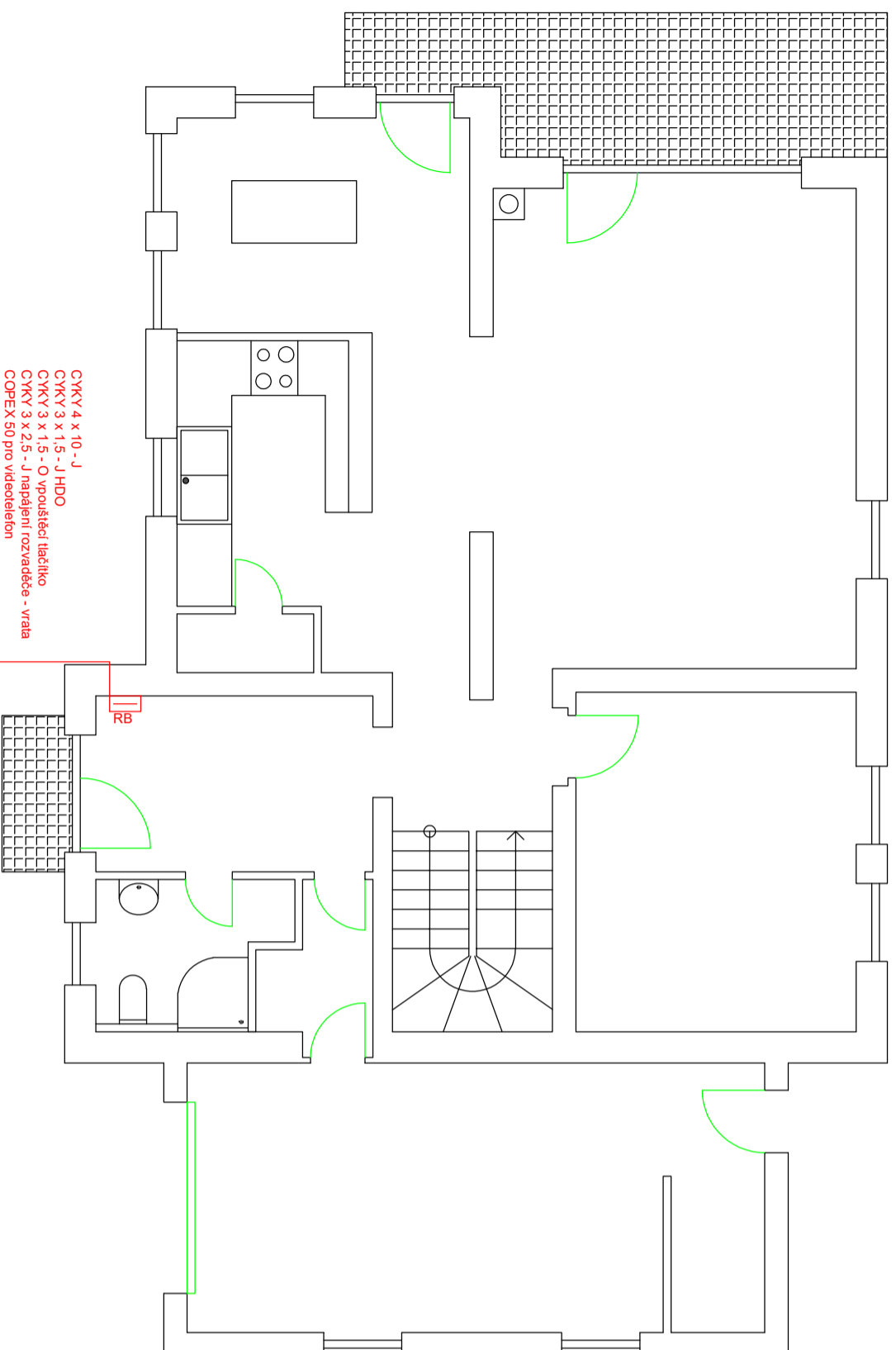


LEGENDA – ELEKTROINSTALACE	
	KABEL NAPÁJENÍ
	KABEL MaR
	TEPLOTNÍ ČIDLO – MÍSTNOST
	TEPLOTNÍ ČIDLO – PŘÍLOŽNÉ
	STYKAČ
LEGENDA – POTRUBÍ	
	TOPNÁ VODA – PŘÍVOD
	TOPNÁ VODA – ZPÁTEČKA
	CHLADIVO R410a
	EXPANZNÍ
	TUV
	STUDENÁ VODA
	CIRKULAČNÍ TUV

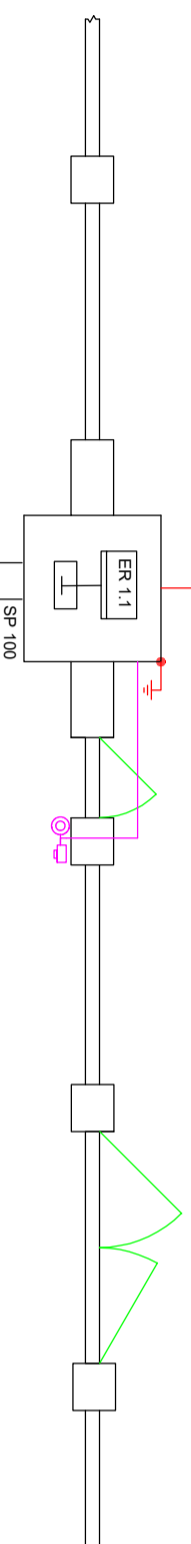
LEGENDA – ARMATURY	
	VYPOUŠTĚCÍ VENTIL
	KULOVÝ KOHOUT
	POJISTNÝ VENTIL
	MANOMETR
	ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL
	TEPLOMĚR
	FILTR
	TROJCESTNÝ ROZDĚLOVACÍ VENTIL 230 V – MUT SF25
	OBĚHOVÉ ČERPADLO
	ZPĚTNÁ KLAPKA
	KULOVÝ KOHOUT SE SERVOPOHONEM (OTEVŘ / ZAVŘ)

LEGENDA – KOMPONENTY	
1	VNITŘNÍ JEDNOTKA TEPELNÉHO ČERPADLA CONVERT AW9
2	EXPANZNÍ NÁDRŽ OTOPNÉ SOUSTAVY DLE PROJEKTU ŮT
3	ZÁSObNÍK TUV – ACH 250 TUV S TOPNÝM TĚLESEM 2,5 kW
4	EXPANZNÍ NÁDRŽ UŽITKOVÉ VODY – DLE PROJEKTU ZTI
5	TROJCESTNÝ VENTIL PRO TUV – MUT SF 25
6	VYROVNÁVACÍ NÁDOBA ROLF 150 – STACIONÁRNÍ, S TOPNÝM TĚLESEM 6 kW
7	ROZDĚLOVAČ PODLAHOVÉHO TOPENÍ DLE PROJEKTU ŮT
8	OBĚHOVÉ ČERPADLO PŘÍMÉHO EKVItermNÍHO OKRUHU DLE PROJEKTU ŮT
9	OTOPNÁ SOUSTAVA PŘÍMÉHO EKVItermNÍHO OKRUHU DLE PROJEKTU ŮT





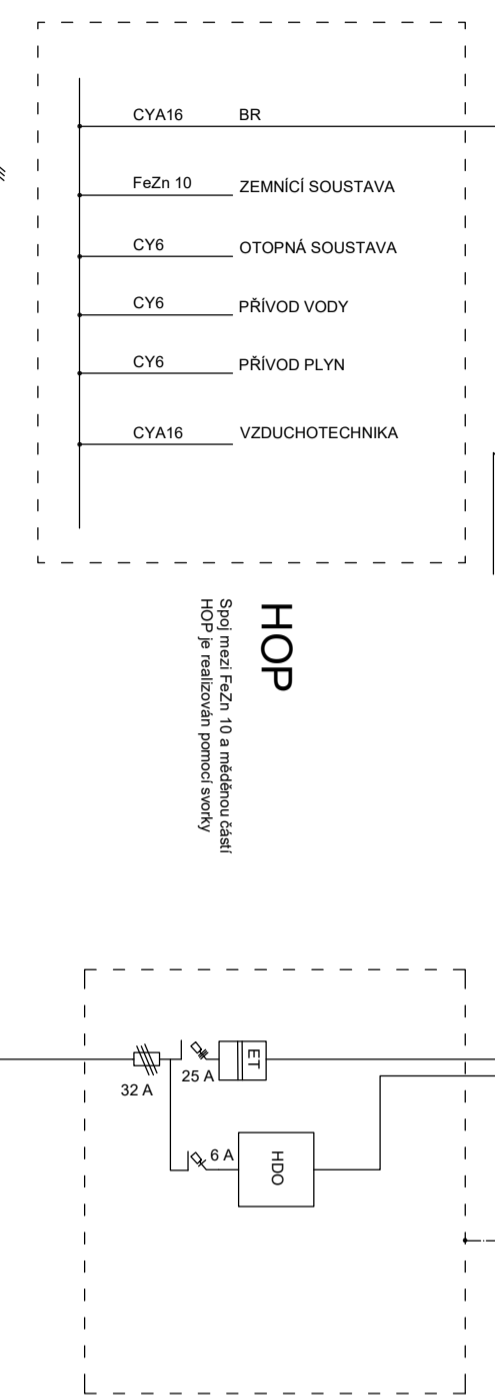
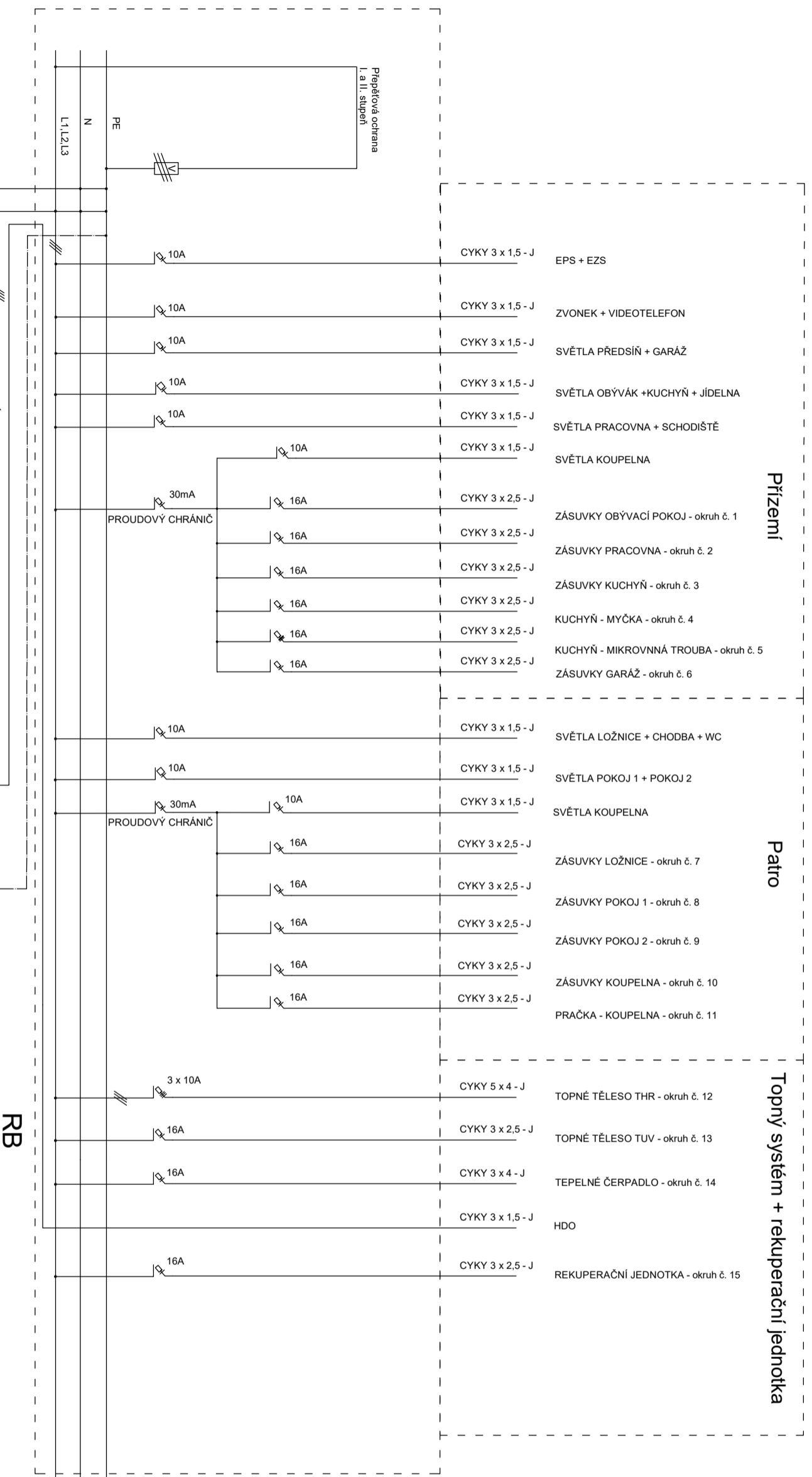
Plot



3+PEN 230/400V AYKY 3x120+70

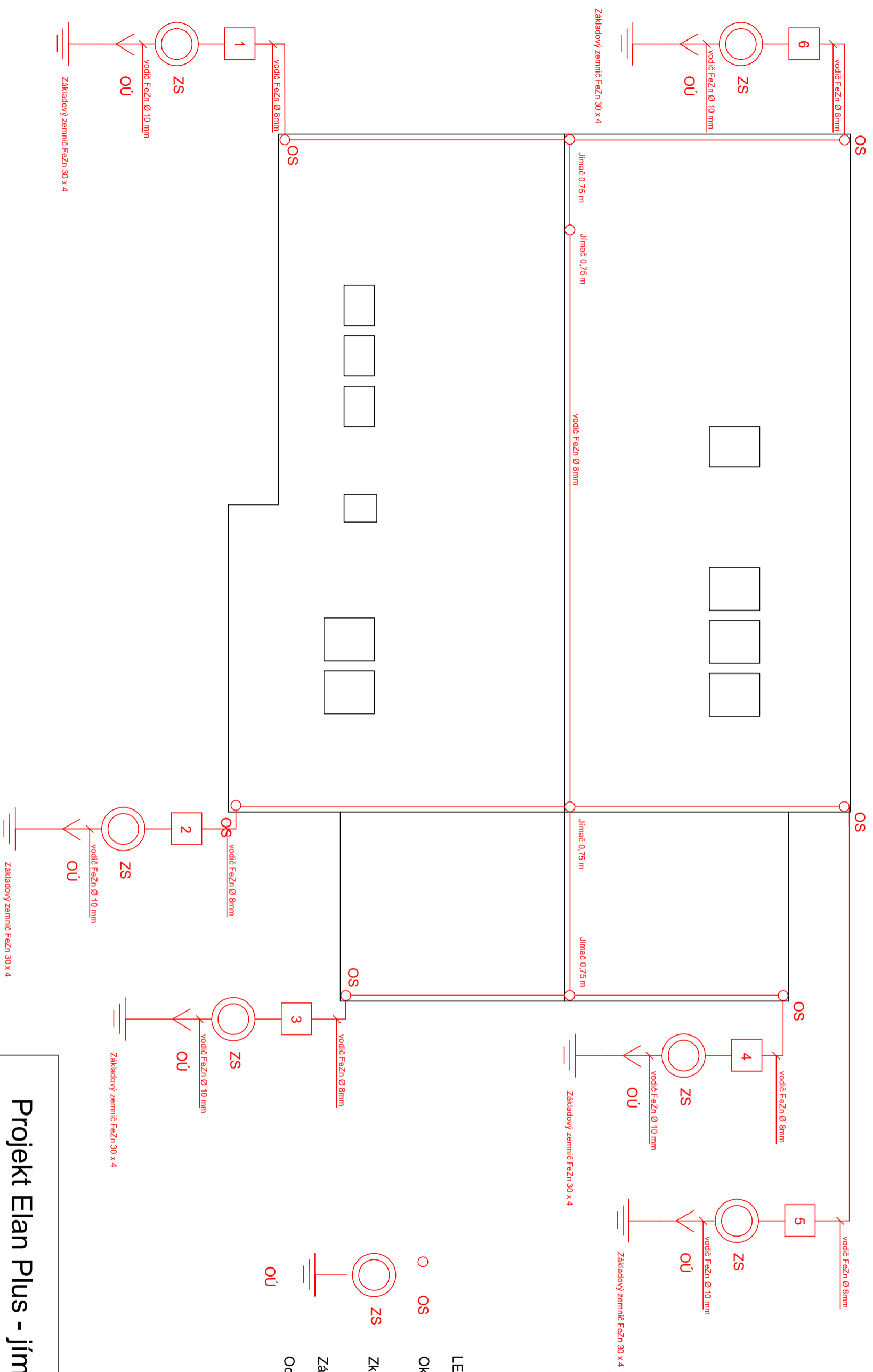
Napěťová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
 Ochrana před nebezpečným dotykem dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2
 Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovými chrániči. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Projekt Elan Plus - situační plán	
Vypracoval	Vítek Fürbacher
Datum	02. 06. 2017
Měřítko	1:80



Napěťová soustava: 3+PEN 50Hz AC 230V/400V TN-C-S
 OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE ČSN 332000-4-41 ed2
 Základní ochrana samostatným odpojením od zdroje + doplňková ochrana
 proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Projekt Elan Plus - rozvaděč	
Vypracoval	Vítek Fürbacher
Datum	02. 06. 2017



- LEGENDA:**
- OS Okapová svorka
 - ZS Zkušební svorka
 - Základový zemnič Fe Zn 30 x 4
 - OU Ochranný úhelník

Projekt Elan Plus - jímací a zemníčí soustava

Vypracoval

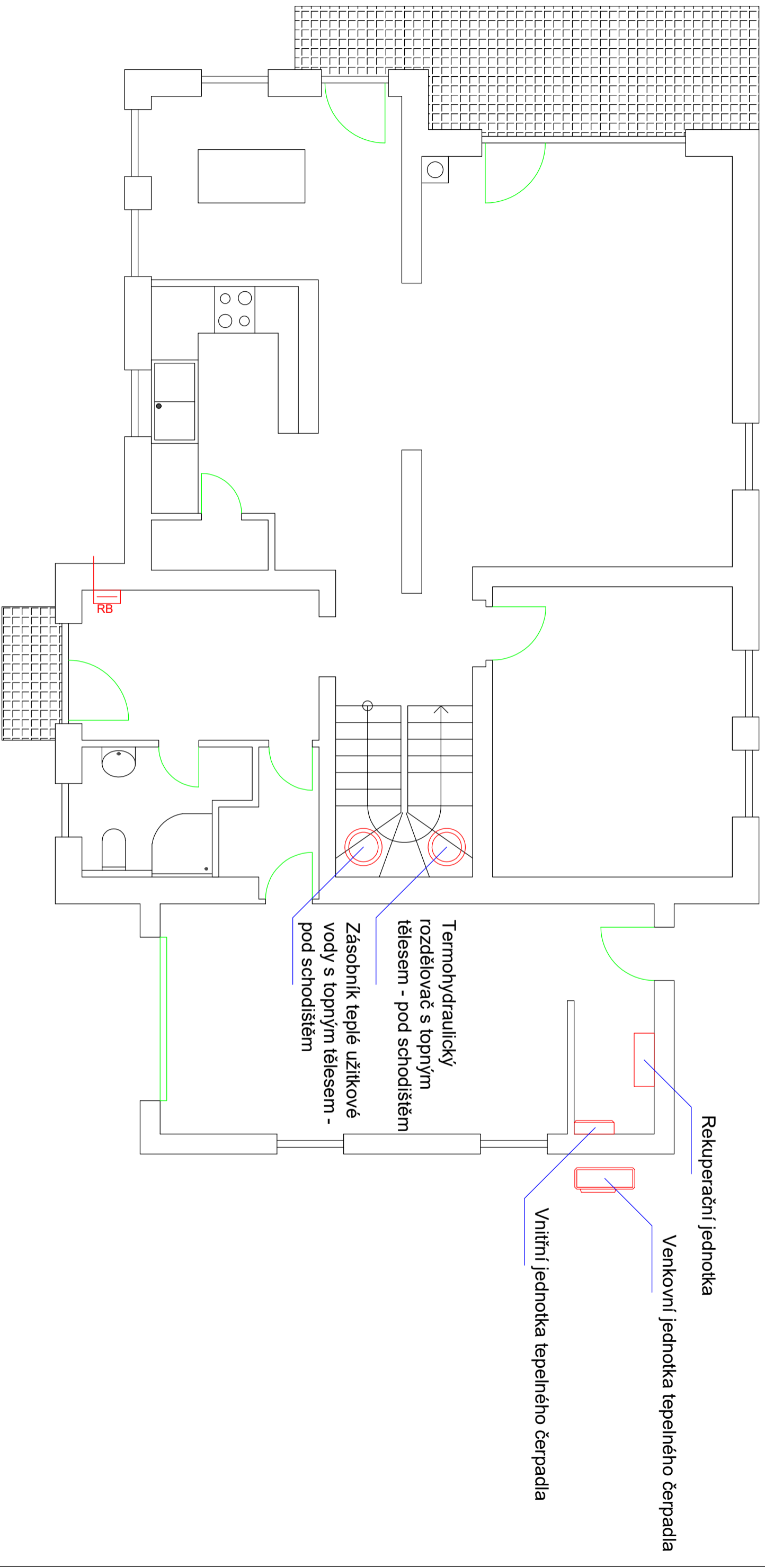
Vítek Fürbacher

Datum

02. 06. 2017

Měřítko

1:80



Projekt Elan Plus - poloha topné soustavy a rekuperační jednotky

Vypracoval

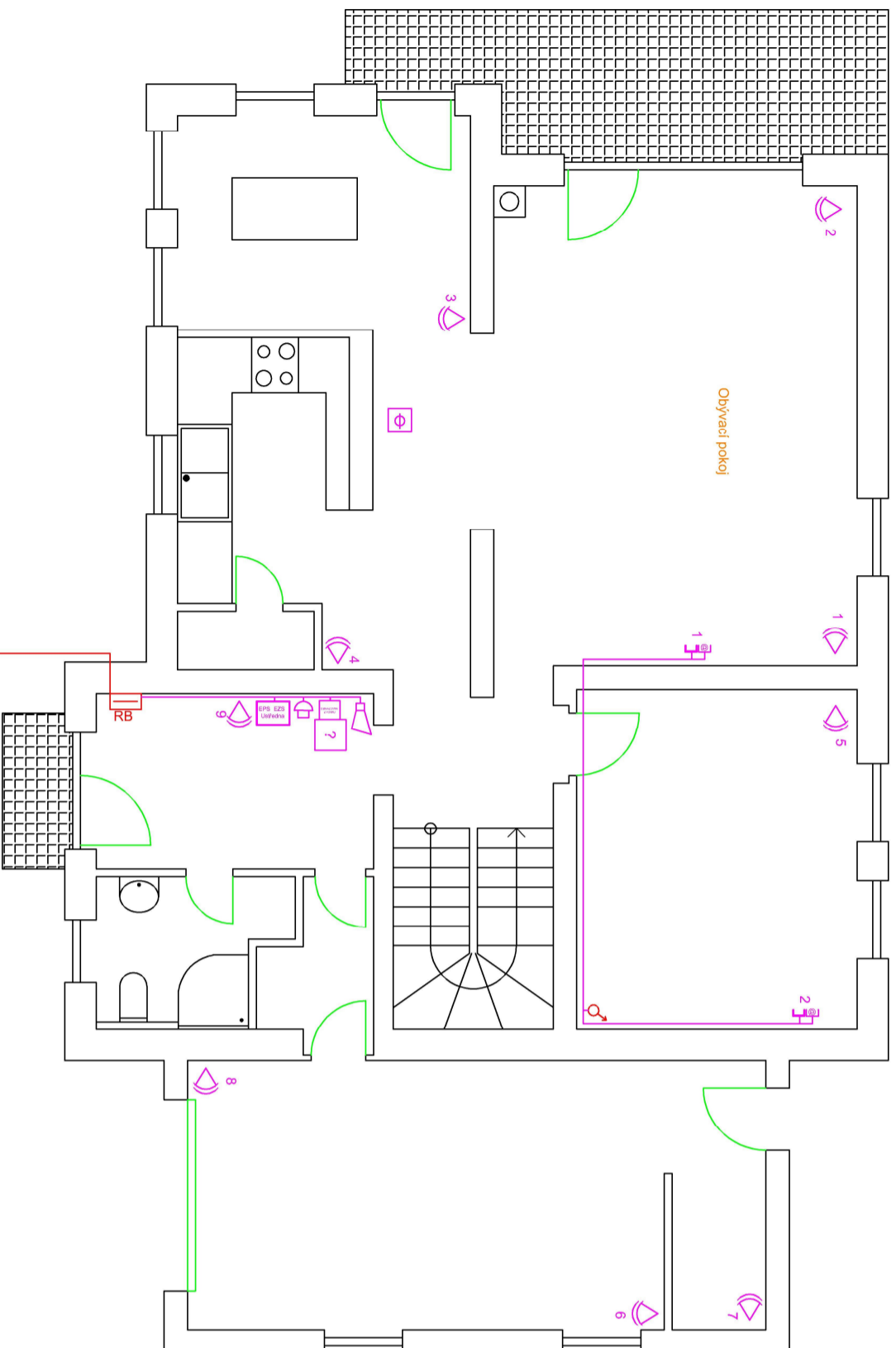
Vítek Fürbacher

Datum

02. 06. 2017

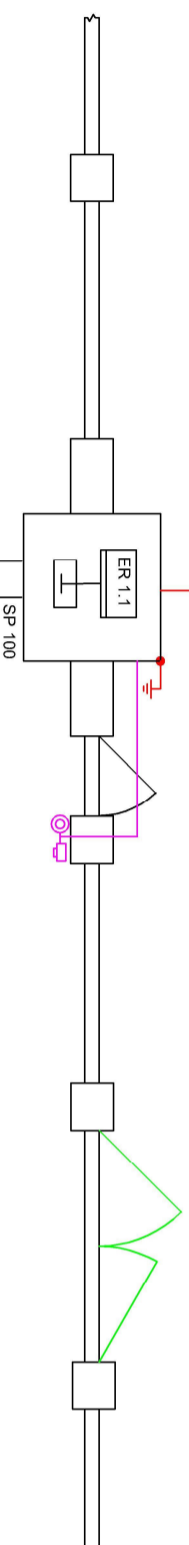
Měřítko

1:60



CYKY 4x1 - J
 CYKY 3x1,5 - J HDO
 CYKY 3x1,5 - O vypouštěcí tlačítko
 CYKY 3x2,5 - J napájení rozvaděče - vřata
 COPEX 50 pro videotelefon

Plot



3+PEN 230/400V AYKY 3x120+70

Napěťová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-S

Ochrana před nebezpečným dotykem dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2

Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovými chrániči. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

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

Projekt Elan Plus - slaboproudý rozvod - přízemí

Vypracoval

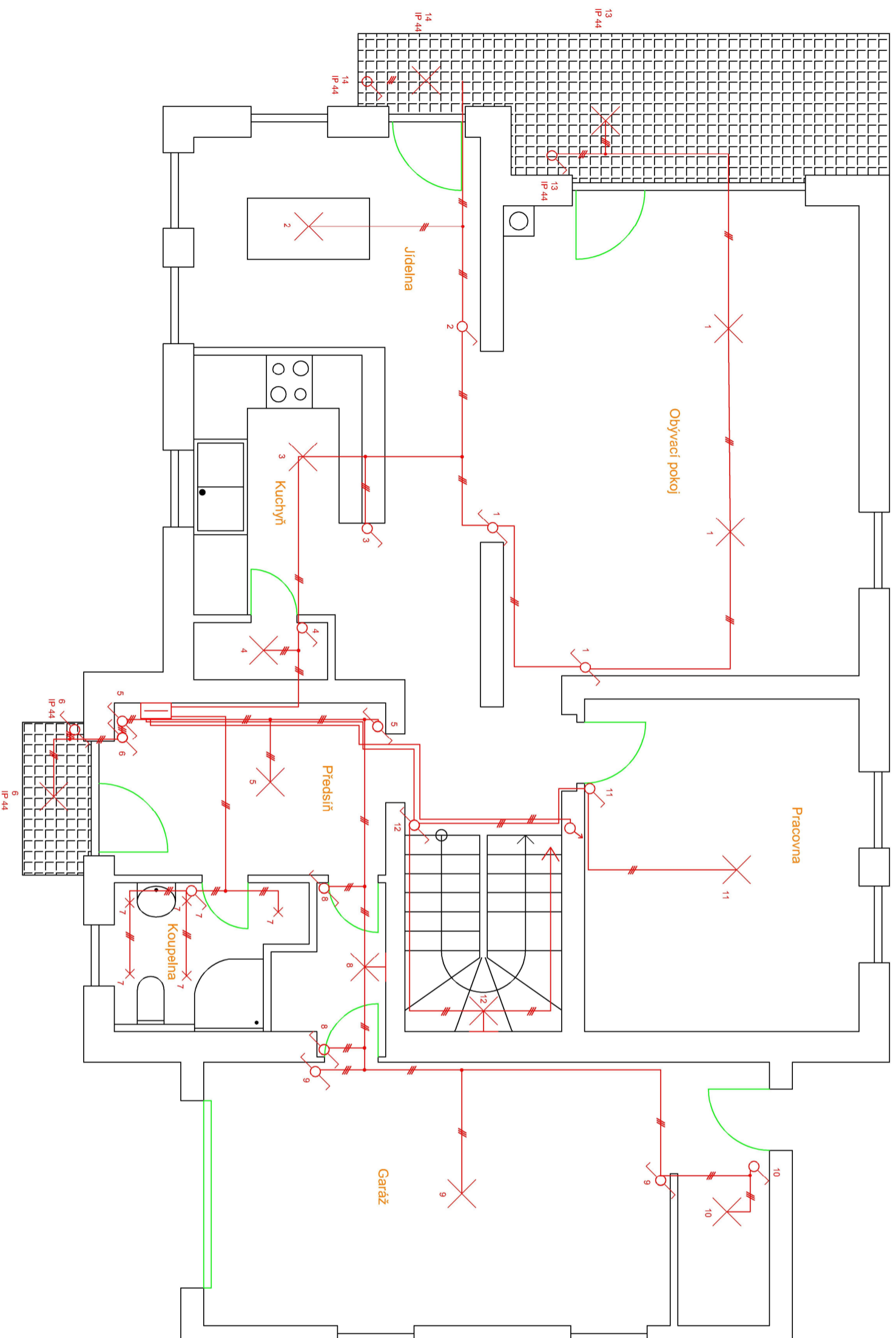
Vítek Fürbacher





Datum

02. 06. 2017

Měřítko

1:80



- LEGENDA:
-  Jednopolový spínač
 -  Žárovka
 -  Nástěnné svítidlo
 -  Jednopolový přepínač střídavý

V koupelně bude umístěno 5 bodových světel napájení 12V. Transformátor bude umístěn v dutině nad sádkokartonem.

Napěťová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-S
 OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE ČSN 33 2000-4-41 ed.2
 Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Projekt Elan Plus - světelné okruhy -
 přízemí

Vypracoval

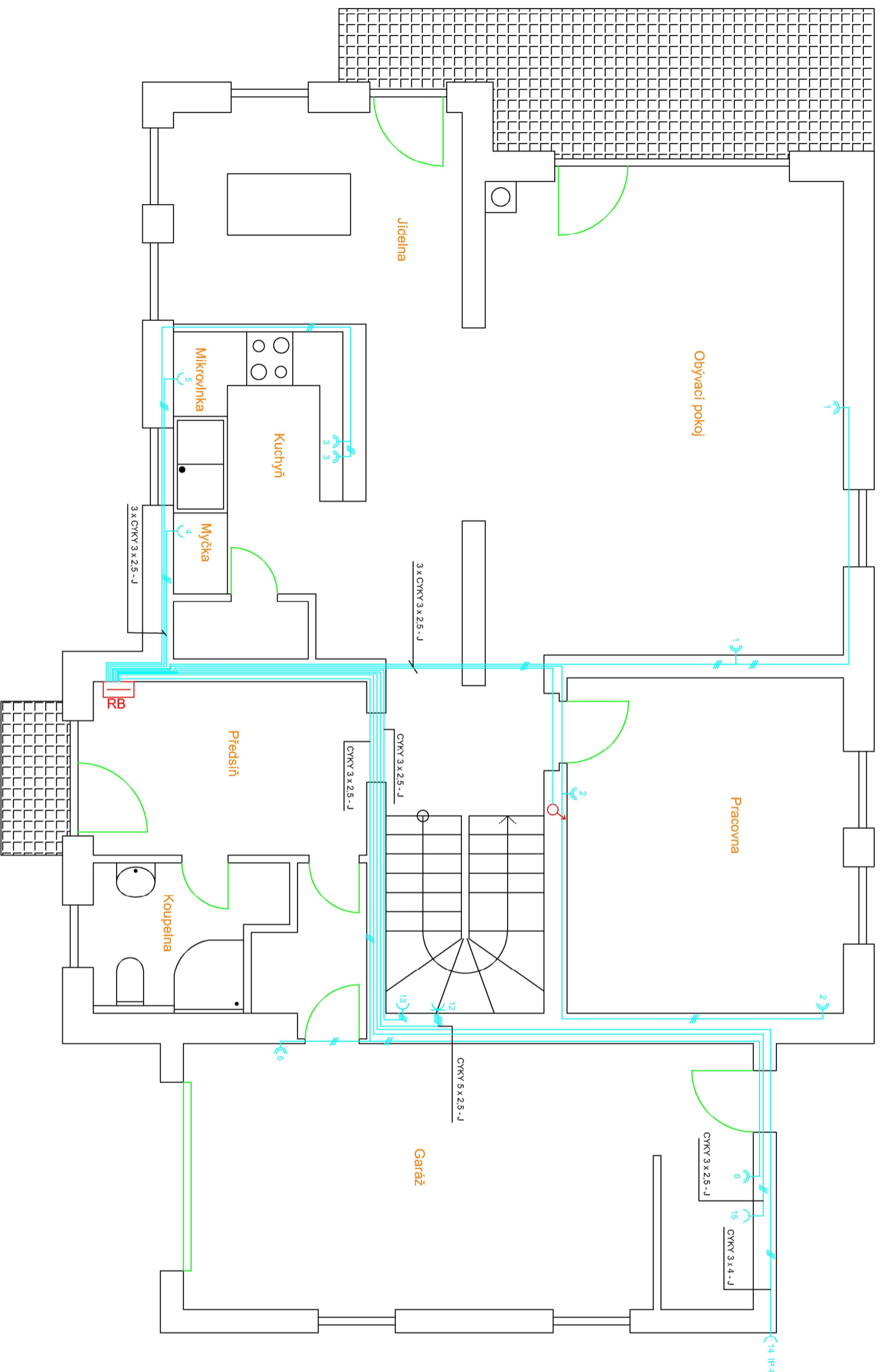
Vítek Fürbacher

Datum






02. 06. 2017

Měřítko

1:60



LEGENDA:

-  Zásuvka jednoduchá
-  Zásuvka dvojitá
-  Zásuvka třířízová
-  Vstup do trubky pro patro
-  RB Rozvaděč bytový

Projekt Elan Plus - zásuvky - přízemí

Vypracoval

Vítek Fürbacher

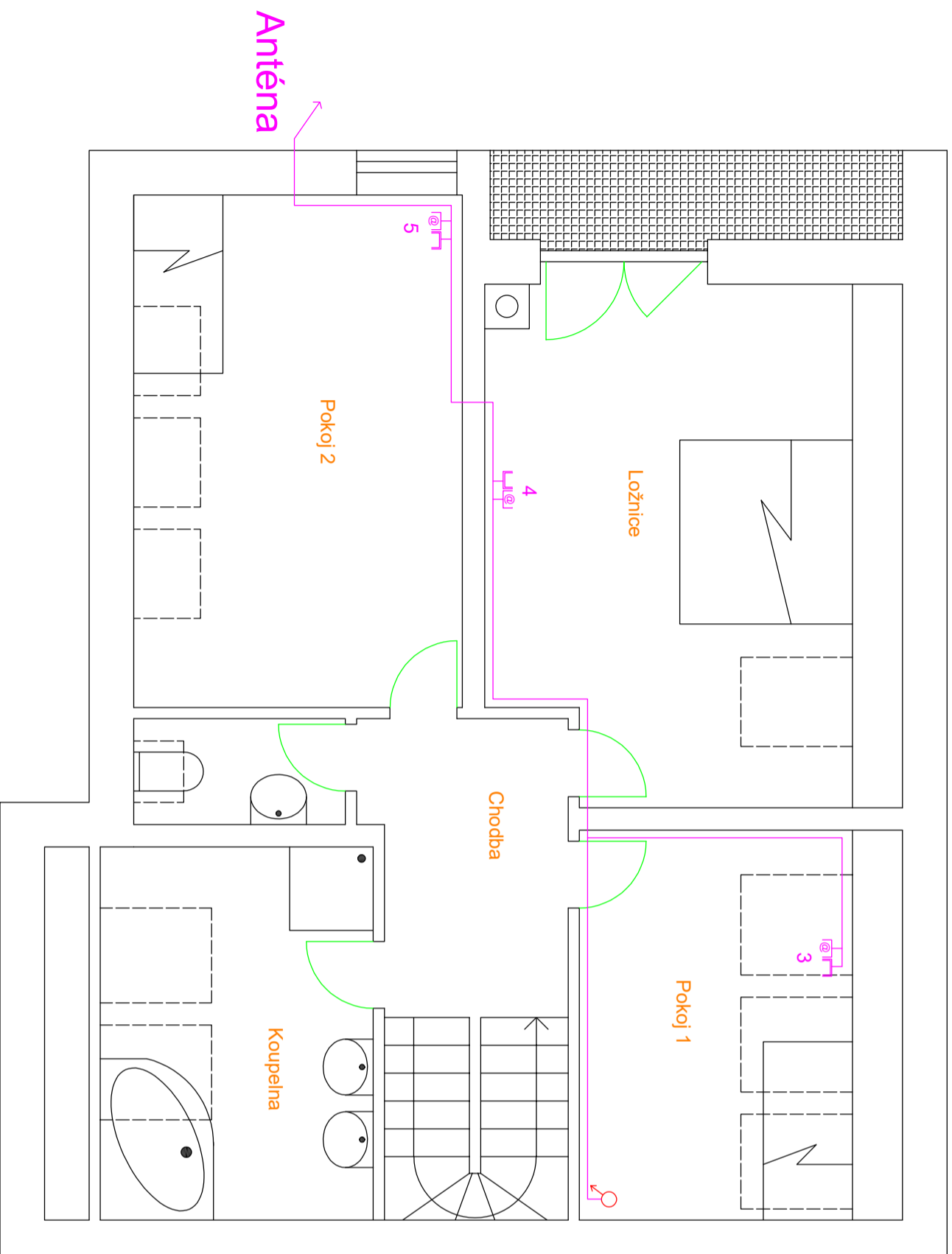
Datum

02. 06. 2017



Měřítko

1:60

Napětová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-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:

-  Datová zásuvka
-  Výústění trubky přívodů do patra

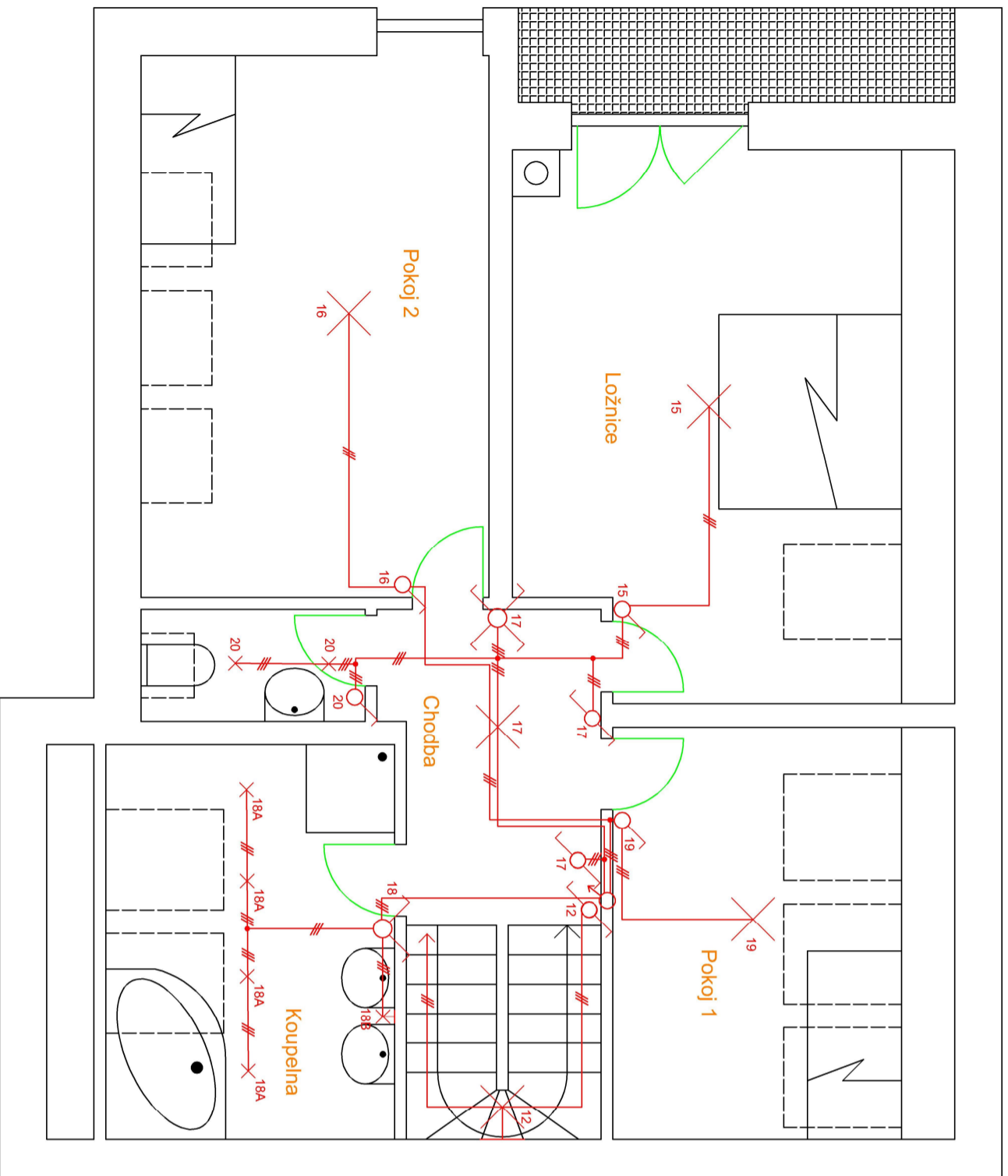
Napěťová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE ČSN 332000-4-41 ed:2
 Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

Projekt Elan Plus - slaboproudé rozvody - patro

Vypracoval **Vítěk Fürbacher**








Datum **02. 06. 2017**

Měřítko **1:50**



V koupelně bude umístěno 5 bodových světel napájených 12V. Transformátor bude umístěn v dutině nad sádkokartonem.

LEGENDA:

-  Jednopolový spínač
-  Křížový přepínač
-  Žárovka
-  Nástěnné svítidlo
-  Jednopolový přepínač střídavý
-  Lustrový vypínač
-  Výústění trubky přívodů do patra

Projekt Elan Plus - světelné okruhy - patro

Vypracoval

Vítek Fürbacher

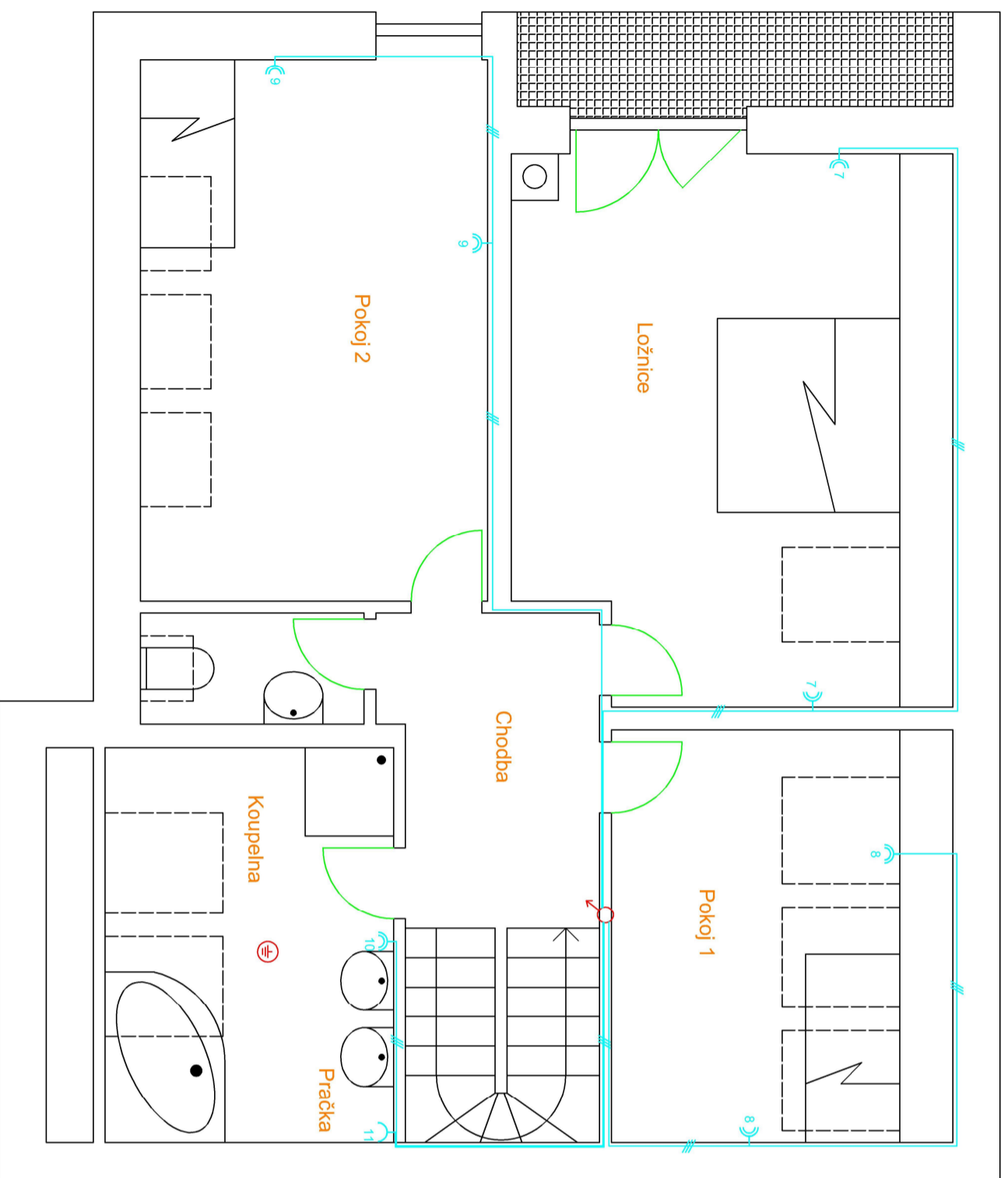
Datum

02. 06. 2017





Měřítko

1:50

Napětová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-S
 OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE ČSN 33 2000-4-41 ed. 2
 Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.



LEGENDA:

-  Zásuvka jednoduchá
-  Zásuvka dvojitá
-  Doplňující ochranné pospojování CY 4mm² žž
-  Vyústění trubky přívodů do patra

Napěťová soustava: 3+PE+N 50Hz AC 230V/400V TN-S
OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM DLE ČSN 33 2000-4-41 ed.2
 Základní ochrana samočinným odpojením od zdroje + doplňková ochrana proudovým chráničem. Doplňková ochrana ochranným pospojováním.

**Projekt Elan Plus - zásuvky -
 patro**

Vypracoval	Vítek Fürbacher
Datum	02. 06. 2017
Měřítko	1:50