

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh vytápění a větrání u pasivního rodinného sídla
včetně projektu elektroinstalace a připojení na distribuční
sít'**

**vedoucí práce: prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
autor: Bc. Zbyněk Martínek**

2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

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

Jméno a příjmení: **Bc. Zbyněk MARTÍNEK**
Osobní číslo: **E13N0058P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Návrh vytápění a větrání u pasivního rodinného sídla včetně projektu elektroinstalace a připojení na distribuční síť**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište a analyzujte pasivní rodinná sídla
2. Pro zadané sídlo navrhnete vytápění a větrání s ohledem na životní prostředí
3. Dimenzujte přípojku NN pro napájení objektu při respektování ČSN IEC
4. V projektu elektroinstalace vypracujte ochranu před atmosférickým přepětím
5. Proveďte ekonomickou a energetickou bilanci pro větrání a vytápění

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


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

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


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




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

V Plzni dne 15. října 2014

Anotace

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem vytápění a větrání u pasivního rodinného sídla včetně projektu elektroinstalace a připojení na distribuční síť. Dále zahrnuje dimenzování přípojky nn pro napájení objektu a návrh kompletní ochrany před atmosférickým přepětím při respektování ČSN IEC.

Klíčová slova

Pasivní dům, nízkoenergetický dům, přípojka nízkého napětí, elektroinstalace klasická a moderní, silový rozvod, slaboproudý a sběrníkový rozvod, atmosférické přepětí, vytápění, životní prostředí.

Abstract

This diploma thesis deals with heating and ventilation for passive-family residence including project wiring and connection to the distribution network. It also includes design of low-voltage wiring to power the object and design of complete protection against atmospheric surge while respecting the ČSN IEC.

Key words

Passive house, low-energy house, connection of low voltage wiring classical and modern power distribution systems, low-voltage and bus divorce, atmospheric surges, heating environment.

Prohlášení

Předkládám k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr mého Mgr. studia na Katedře elektroenergetiky a ekologie, Fakulty elektrotechnické, ZČU v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury, při respektování ČSN IEC a pramenů uvedených v seznamu použité literatury, které jsou součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, byl legální.

V Plzni dne 11. 5. 2015

Bc. Zbyněk Martínek

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení mé diplomové práce. Mé poděkování patří také i všem učitelům FEL, ZČU v Plzni, kteří mi předávali své odborné znalosti během mého magisterského studia.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| OBSAH | 8 |
| ÚVOD | 10 |
| SEZNAM SYMBOLŮ | 11 |
| 1. FILOSOFICKÝ POHLED NA RODINNÁ SÍDLA OBECNĚ | 13 |
| 1.1 PLATNÁ A ZÁVAZNÁ LEGISLATIVA | 14 |
| 1.2 DEFINICE PASIVNÍHO DOMU | 17 |
| 1.2.1 Základní znaky pasivních domů | 18 |
| 1.2.2 Kritéria pasivního domu (hodnoty určené pro středoevropské klimatické podmínky) | 18 |
| 1.2.3 Kvalita vnitřního prostředí pasivního domu | 19 |
| 1.2.4 Těsnost budovy | 20 |
| 1.2.5 Zásady dobrého utěsnění | 22 |
| 1.3 NÁVRH PASIVNÍHO DOMU | 22 |
| 1.3.1 Hlavní zásady navrhování | 22 |
| 1.3.2 Výběr pozemku a umístění stavby | 22 |
| 1.3.3 Tvar budovy | 24 |
| 1.3.4 Řešení stavební konstrukce | 25 |
| 1.3.5 Základy | 25 |
| 1.3.6 Obvodové stěny | 26 |
| 1.3.7 Střecha | 27 |
| 1.4 TEPELNÉ IZOLACE | 27 |
| 1.4.1 Kontaktní systém | 27 |
| 1.4.2 Bezkontaktní systém | 28 |
| 1.4.3 Vnitřní zateplení | 28 |
| 1.5 TYPY TEPELNÉ IZOLACE | 29 |
| 1.5.1 Expandovaný pěnový polystyren EPS | 29 |
| 1.5.2 Extrudovaný polystyren XPS | 30 |
| 1.5.3 Minerální vlna MW | 30 |
| 1.5.4 Pěnové sklo | 30 |
| 1.5.5 Pěnový polyuretan PUR | 31 |
| 1.5.6 Vakuová izolace VIP | 31 |
| 1.5.7 Transparentní izolace | 31 |
| 1.5.8 Recykláty | 32 |
| 1.5.9 Izolace z přírodních materiálů | 32 |
| 1.6 OKNA, DVEŘE | 33 |
| 1.6.1 Volba rámu | 34 |
| 1.6.2 Zasklení | 34 |
| 1.6.3 Stínění | 35 |
| 2. OBECNÝ POHLED NA VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ | 36 |
| 2.1 PRIMÁRNÍ VYTÁPĚNÍ- KOMPAKTNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKA NILAN VP 18 | 37 |
| 2.1.1 Zimní provoz kompaktní jednotky NILAN VP 18K | 38 |
| 2.1.2 Letní provoz kompaktní jednotky NILAN VP 18K | 39 |
| 2.2 VZDUCHOTECHNICKÉ ROZVODY | 40 |
| 2.2.1 Regulace | 40 |
| 2.3 SEKUNDÁRNÍ VYTÁPĚNÍ | 41 |
| 3. DIMENZOVÁNÍ PŘÍPOJKY NN PRO NAPÁJENÍ RODINNÉHO PASIVNÍHO DOMU PŘI RESPEKTOVÁNÍ ČSN IEC | 42 |
| 3.1 DIMENZOVÁNÍ A KONTROLY | 42 |
| 3.1.1 Vstupní data pro dimenzování kabelu přípojky | 42 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.1.2 | Celkový instalovaný souborý příkon, P_{β} (kW) | 43 |
| 3.1.3 | Celkový proud protékající přípojkou, I_P (A)..... | 43 |
| 3.1.4 | Maximální jmenovitá hodnota proudu protékajícího kabelem, I_{NP} (A)..... | 43 |
| 3.1.5 | Maximální dovolená hodnota proudu protékajícího kabelem, I_{DOV} (A)..... | 43 |
| 3.1.6 | Kontrola úbytku napětí na kabelu, ΔU (V)..... | 43 |
| 3.1.7 | Návrh jištění přípojky objektů..... | 43 |
| 3.1.8 | Síťový napájecí zdroj | 45 |
| 3.1.9 | Transformátor..... | 45 |
| 3.1.10 | Kabelové vedení..... | 45 |
| 3.1.11 | Celková impedance zkratové smyčky | 46 |
| 3.1.12 | Výpočet zkratového proudu..... | 46 |
| 3.1.13 | Kontrola na minimální průřez..... | 46 |
| 3.2 | VÝPOČTOVÝ PROGRAM OEZ SICHR VERZE 14.10..... | 46 |
| 3.3 | ZHODNOCENÍ NÁVRHU A VÝPOČTU PŘÍPOJKY PRO NAPÁJENÍ PASIVNÍHO SÍDLA..... | 55 |
| 4. | NÁVRH OCHRANY PŘED ATMOSFÉRICKÝM PŘEPĚTÍM PŘI RESPEKTOVÁNÍ ČSN EN 62305-1 AŽ 3 PRO RODINNÝ PASIVNÍ DŮM | 56 |
| 4.1 | OCHRANA PŘED ATMOSFÉRICKÝM PŘEPĚTÍM | 56 |
| 4.2 | ZÁSADY SPRÁVNÉHO NÁVRHU OCHRANY PŘED ATMOSFÉRICKÝM PŘEPĚTÍM | 56 |
| 4.3 | VNĚJŠÍ OCHRANA PŘED BLESKEM..... | 57 |
| 4.4 | HROMOSVODY A JEJICH HLAVNÍ ČÁSTI..... | 57 |
| 4.5 | UMÍSTĚNÍ HROMOSVODŮ, DRUHY JÍMACÍCH ZAŘÍZENÍ A OCHRANNÉ ZÓNY (LPZ)..... | 58 |
| 4.6 | NÁVRH OCHRANY PŘED BLESKEM PRO ZADANÝ PASIVNÍ DŮM | 59 |
| 4.7 | VÝPOČTOVÝ PROGRAM DEHNSUPPORT TOOLBOX | 59 |
| 4.8 | VÝPOČET DOSTATEČNÉ VZDÁLENOSTI | 59 |
| 4.9 | PROJEKT OCHRANY PŘED BLESKEM..... | 59 |
| 4.10 | ZHODNOCENÍ NÁVRHU A VÝPOČTU OCHRANY PŘED BLESKEM..... | 63 |
| 5. | NÁVRH VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ S OHLEDEM NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ..... | 63 |
| 5.1 | ZREALIZOVANÝ NÁVRH VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ V PASIVNÍM DOMĚ..... | 63 |
| 5.2 | EKONOMICKÁ BILANCE PRIMÁRNÍHO TEPELNÉHO ZDROJE | 65 |
| 5.3 | EKONOMICKÁ BILANCE SEKUNDÁRNÍHO TEPELNÉHO ZDROJE | 66 |
| 5.4 | CELKOVÁ EKONOMICKÁ BILANCE ZDROJŮ TEPELNÉ ENERGIE VČETNĚ DPH | 67 |
| 5.5 | ENERGETICKO-EKONOMICKÁ BILANCE PASIVNÍHO DOMU | 68 |
| 5.6 | EKONOMICKÁ A ENERGETICKÁ BILANCE SROVNÁVACÍHO DOMU (KLASICKÉ NOVOSTAVBY)..... | 69 |
| 5.6.1 | Tepelné čerpadlo vzduch / voda IVT PREMIUM LINE 09 A/W + COMBIMODUL 200 A/W SS | 69 |
| 5.6.2 | Ekonomická bilance primárního tepelného zdroje..... | 70 |
| 5.6.3 | Ekonomická bilance sekundárního tepelného zdroje | 72 |
| 5.6.4 | Energeticko-ekonomická bilance srovnávacího domu | 72 |
| 5.6.5 | Zhodnocení a závěrečné stanovisko | 73 |
| 5.7 | EKOLOGICKÁ BILANCE | 75 |
| 5.8 | STANOVISKO K EKOLOGII | 76 |
| 6. | ZÁVĚR | 77 |
| | POUŽITÁ LITERATURA..... | 78 |
| | PŘÍLOHY..... | 1 |

Úvod

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem vytápění a větrání u pasivního rodinného sídla včetně projektu ochrany před atmosférickým přepětím a připojením pasivního rodinného sídla na distribuční síť, při respektování ČSN IEC.

Diplomová práce je rozdělena do pěti kapitol.

První kapitola popisuje a analyzuje pasivní rodinná sídla a zahrnuje základní poznatky z problematiky uspořádání těchto pasivních sídel.

Druhá kapitola se věnuje obecnému pohledu na vytápění a větrání.

Ve třetí kapitole je při respektování ČSN IEC proveden návrh přípojky nn pro napájení pasivního rodinného sídla ze stávající distribuce: síť TN, jmenovité napětí AC 230/400 V. Pro vlastní výpočet byl po zaregistrování na OEZ použit výpočtový program SICHK 14. 10. Výpočty zahrnují: impedanční smyčku, vypínací charakteristiky a nastavení spouští, selektivitu jištění a ekonomickou optimalizaci.

Pomocí výpočetního programu pro ochranu před bleskem DEHNSupport Toolbox v souladu s platnou normou ČSN EN 62305 je zpracován kompletní projekt ochrany před atmosférickým přepětím, který je **náplní čtvrté kapitoly**. Výpočet zahrnuje přípustné riziko, stanovení třídy ochrany před bleskem LPL, parametry systému ochrany před bleskem LPS a výpočet dostatečné vzdálenosti s. V závěru čtvrté kapitoly diplomové práce bude uveden v AutoCADU 2015 vlastní projekt ochrany před bleskem.

Poslední **pátá kapitola** řeší ekonomickou a energetickou bilanci návrhu pro vytápění a větrání. Moderní technologie zahrnující optimální a ekonomické vytápění a větrání jsou v dnešní době stále více a více vyhledávané. Při používání těchto technologií získáme tzv. pasivní I-HOME, který umožňuje zvýšení komfortu při vytápění a větrání, provozní spolehlivosti, bezpečnosti a šetrnosti k životnímu prostředí. Optimální ekonomický provoz, velká úspora elektrické a tepelné energie jsou dalšími kardinálními výsadami těchto moderních pasivních sídel. Vlastní výpočty respektují platné normy ČSN IEC a projekt ochrany před bleskem bude navržen z hlediska platných mezinárodních norem ČSN IEC respektovaných i v EU.

Seznam symbolů

| | |
|--------------------------------------|--|
| L1, L2, L3 | Fázové vodiče napět'ové soustavy TN-C, TNC-S, TN-S |
| N | Střední vodič, pracovní nula |
| PE | Ochranný vodič |
| LPS | System ochrany před bleskem |
| LEMP | Elektromagnetický impuls vyvolaný bleskem |
| SPD | Přepět'ové ochranné opatření |
| ČSN IEC | Česká státní norma respektovaná v EU |
| HDO | Hromadné dálkové ovládání |
| P_i (kW) | Instalovaný příkon |
| β (-) | Soudobost |
| P_β (kW) | Soudobá hodnota instalovaného příkonu |
| U_s (V) | Sdružené napětí |
| $\cos\varphi$ (-) | Účinník |
| t (°C) | Teplota okolí |
| I_P (A) | Proud protékající přípojkou |
| I_{NP} (A) | Jmenovitá hodnota proudu |
| I_{DOV} (A) | Hodnota dovoleného proudu |
| S (mm ²) | Průřez vodiče |
| β (-) | Soudobost |
| P_i (kW) | Celkový instalovaný příkon |
| $\cos\alpha$ (-) | Účinník |
| t (°C) | Teplota okolí (země) |
| k_1 (-) | Přepočítávací koeficient- uložení v zemi |
| k_2 (-) | Přepočítávací koeficient- závislost teploty |
| I_{NV} (A) | Napájecí proud vedení |
| l (m) | Délka kabelu |
| γ_{Cu} (S.m/mm ²) | Měrná specifická vodivost |
| I_k'' (kA) | Rázový zkratový proud zdroje |
| S_k'' (MVA) | Zdánlivý zkratový výkon |
| U_n (kV) | Primární jmenovité napětí transformátoru |
| S_{RT} (MVA) | Jmenovitý výkon transformátoru |

| | |
|-----------------------------------|--|
| $U_{RTL\bar{V}}$ (kV) | Sekundární napětí transformátoru |
| u_{kR} (%) | Napětí nakrátko na štítu |
| u_{RR} (%) | Napětí nakrátko ohmická složka |
| k (-) | Přepočítávací koeficient |
| E_{vc} (kWh/(m ² a)) | Celková roční spotřeba primární energie |
| E_v (kWh/(m ² a)) | Měrná spotřeba tepla na vytápění |
| P_{mt} (W/m) | Maximální topný výkon |
| U (W/(m ² K)) | Součinitel prostupu tepla |
| n_{50} (h ⁻¹) | Součinitel vzduchové neprůvzdušnosti |
| $n_{50,N}$ (h ⁻¹) | Hraniční hodnota celkové neprůvzdušnosti obálky budovy |
| A/V (-) | poměr A/V |
| λ (W/(m. K)) | Součinitel tepelné vodivosti |
| Φ (mm) | Průměr vodiče |
| R_z (Ω) | Zemní odpor |

1. Filosofický pohled na rodinná sídla obecně

Mezi jednu ze základních lidských potřeb patří potřeba bezpečí a jistoty. Tato potřeba zahrnuje snahu člověka chránit se před násilím nebo odolávat agresi. Dále se tato potřeba také projevuje snahou zajistit pravidelný, jistý příjem a přístup ke zdrojům, jistotou rodiny a zdraví, jistotou v zaměstnání a také morální a fyziologickou jistotou. Už od pradávna se lidé snaží docílit takových podmínek okolo sebe, aby tuto potřebu uspokojili. Velmi důležitým mezníkem v uspokojování této potřeby je vytvoření místa, obydlí nebo domova, ve kterém se bude člověk cítit v bezpečí. V dávném pravěku lidé osídlovali různé jeskyně a skalní převisy nebo stavěli různá obydlí z kostí a kůží ulovených zvířat. Jejich hlavní prioritou bylo se chránit před rozmanitými, neustále se měnícími klimatickými vlivy a před nebezpečnými dravými šelmami.

Postupem času, začali lidé zdokonalovat materiály, ze kterých svá obydlí stavěli. Mezi tyto materiály patřily různé druhy dřeva, kamení, hlína anebo také sláma. S postupným dalším vývojem všech technických odvětví začala průmyslová výroba různých moderních druhů materiálů, jako jsou cihly, tvárnice nebo cement. Tím docházelo k výstavbě čím dál komfortnějších obydlí. S rozvojem stavebních materiálů přicházeli i nové technologické stavební postupy pro zrychlení a zjednodušení práce. Vybudování a provoz moderních obydlí představovalo spotřebu vysokých dávek energie vytvořené například spalováním fosilních paliv. Při stavbě a následném provozu vznikalo, a neustále vzniká, mnoho škodlivých emisí unikajících do našeho životního prostředí.

Klimatické podmínky se v důsledku nadměrného a nešetrného spotřebovávání energie z fosilních paliv začaly výrazně měnit. Zvýšila se prašnost, významně vzrostlo množství škodlivých a vysoce toxických látek v atmosféře, které způsobují jednak zhoršení zdravotního stavu lidské populace, ale také tvorbu antropogenního skleníkového efektu. Přírodní skleníkový efekt zde byl již od pradávna. Kvůli němu je průměrná teplota povrchu Země okolo 14 °C. Bez něj by byla okolo -18°C. Antropogenní skleníkový efekt je vlastně příspěvek z lidské činnosti k přírodnímu skleníkovému efektu.

Z toho důvodu se v dnešní době hledají nová řešení pro moderní obytné domy tak, aby vyhovovala všem kritériím, která jsou stanovená v rámci celé Evropské unie. Jedním takovým možným a myslím si, že i vhodným řešením je stavba pasivního domu. Každý člověk sní o prostorném komfortním domě, ve kterém by mohl aktivně pracovat, bavit se se svými dobrými přáteli nebo si jen tak hrát s dětmi a relaxovat. Toto pohodlí ale nemusí znamenat velkou spotřebu energie. Jde to i jinak. Žítí v pasivním domě znamená, že trávíme

svůj čas doma ve vysokém pohodlí, vždy dýcháme čistý čerstvý vzduch a přitom nemusíme vydávat ze svých kapes více finančních prostředků.

1.1 Platná a závazná legislativa

Státy Evropské unie stanovily velké množství cílů, které by společně chtěly splnit. Jedním z důležitých bodů je závazek snížit o 20 % do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů, spotřebu energie v zemích EU. Dále dosáhnout 20 % podílu obnovitelných zdrojů z celkové spotřeby energie. Ten to cíl je také označován jako cíl 20-20-20. Vycházelo se z hodnot z roku 1990.

V poslední době došlo ke konkrétnímu naplnění podmínek k těmto závazkům. Směrnice 2010/31/EU je platná od července 2010 a ukládá členským státům mimo jiné:

- Navrhování všech nových budov s téměř nulovou spotřebou energie do 31. 12. 2020.
- Navrhování nových budov užívaných nebo vlastněných orgány veřejné moci v energetickém standardu téměř nulové spotřeby energie nejpozději 31. 12. 2018.

V České republice platí novela zákona o hospodaření energií č. 318/2012 Sb. s účinností od 1. 1. 2013 s novou prováděcí **vyhláškou 78/2013 Sb.** s účinností od 1. 4. 2013, která stanovuje, od kdy se musí stavět budovy s téměř nulovou spotřebou energie, které jsou rozděleny na veřejné a ostatní a dále se dělí podle zastavěné plochy. Důležité mezníky vyhlášky jsou:

- Od 1. 1. 2016 veřejné budovy o rozloze $> 1500 \text{ m}^2$
- Od 1. 1. 2017 veřejné budovy o rozloze $> 350 \text{ m}^2$
- Od 1. 1. 2018 veřejné budovy o rozloze $< 350 \text{ m}^2$
- Od 1. 1. 2018 ostatní budovy o rozloze $> 1500 \text{ m}^2$
- Od 1. 1. 2018 ostatní budovy o rozloze $> 350 \text{ m}^2$
- Od 1. 1. 2020 všechny nové budovy

Zdroj: <http://www.nizkoenergetickydum.cz/nulove-domy-od-roku-2020>. [11]

Vyhláška č. 499/2006 Sb.

Tato vyhláška o dokumentaci staveb ve znění novely č. 62/2013 Sb. (o územním plánování a stavebním řádu) stanovuje rozsah a obsah:

- Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení.
- Dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně využití území.
- Dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně vlivu užívání stavby na území.
- Společné dokumentace pro vydání společného územního rozhodnutí a stavebního povolení.
- Projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení.
- Dokumentace pro provádění stavby.
- Dokumentace skutečného provedení stavby.

Tato vyhláška dále stanoví náležitosti dokumentace bouracích prací, obsahové náležitosti stavebního deníku, jednoduchého záznamu o stavbě a způsob jejich vedení.

Zdroj:http://www.mupe.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=11891&id_dokumenty=5460. [12]

Vyhláška 78/2013 Sb.

Tato vyhláška o energetické náročnosti budov, stanovuje:

- Nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov.
- Úroveň požadavků pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.
- Metodu výpočtu energetické náročnosti budovy.
- Vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.
- Vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy.
- Vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování.
- Umístění průkazu v budově.

Zdroj:http://www.sagit.cz/pages/zpravodajtxtanot.asp?zdroj=../_anotace/sb13078a&cd=166&typ=r. [13]

Norma ČSN EN 13829

Tato norma stanovuje postupy určení průvzdušnosti (vzduchové propustnosti) budov nebo jejich částí měřeními na budovách (in-situ). Použije se především pro:

- Kontrolu splnění požadavků na vzduchotěsnost budov nebo jejich částí, zpravidla vyjádřených nejvyšší přípustnou intenzitou výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa.
- Porovnání průvzdušnosti budov nebo jejich částí mezi sebou.
- Lokalizaci netěsností v obvodovém plášti budov.
- Určení poklesu průvzdušnosti při dotěšňování obvodového pláště.

Zdroj: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/73/62565/62565_nahled.htm. [14]

Norma TNI 73 0330

Tato technická normalizační informace stanovuje jednotný postup hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, zejména nízkoenergetických a pasivních domů.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/normy/tni-73-0330-2010-08>. [15]

1.2 Definice pasivního domu

Termín pasivní dům znamená využívání převážně pasivních tepelných zisků. Jde o stavbu, která získává tepelnou energii hlavně ze slunečního záření a vnitřních tepelných zisků, např. elektrických spotřebičů a osob. Jedním z hlavních kritérií pasivního domu je měrná spotřeba tepla na vytápění E_v , která pro pasivní dům nesmí překročit hodnotu 15 kWh/m²rok a je znázorněna v tabulce 1. 2. Proto, by měl stačit pouze malý zdroj tepla, který by pokryl zbytkovou potřebu tepla. Velice dobrá tepelná pohoda je způsobena vysokým stupněm zateplení. Čistý a čerstvý vzduch, který je zajištěn z větracího systému se zpětným získáváním odpadního tepla vytváří velmi příjemné prostředí uvnitř pasivního domu. Obálka budovy musí být vzduchotěsná a bez tepelných mostů, s nepřetržitým větráním.

Tabulka 1. 2. Rozdělení staveb dle charakteristiky a potřeby tepla na vytápění. [1]

| Druhy budovy | Charakteristika | Měrná spotřeba tepla na vytápění E_v (kWh/(m ² a)) |
|--|---|---|
| Domy běžné v 70. - 80. let. | Zastaralá otopná soustava, zdrojem tepla je velkým zdrojem emisí, větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolované konstrukce, přetápí se. | > 200 |
| Současná novostavba | Klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy | 80 – 140 |
| Nízkoenergetický dům | Otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání. | < 50 |
| Pasivní dům | Řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce. | < 15 |
| Nulový dům, dům s přebytkem tepla | Parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů. | < 5 |

Zdroj: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>. [1]

1.2.1 Základní znaky pasivních domů

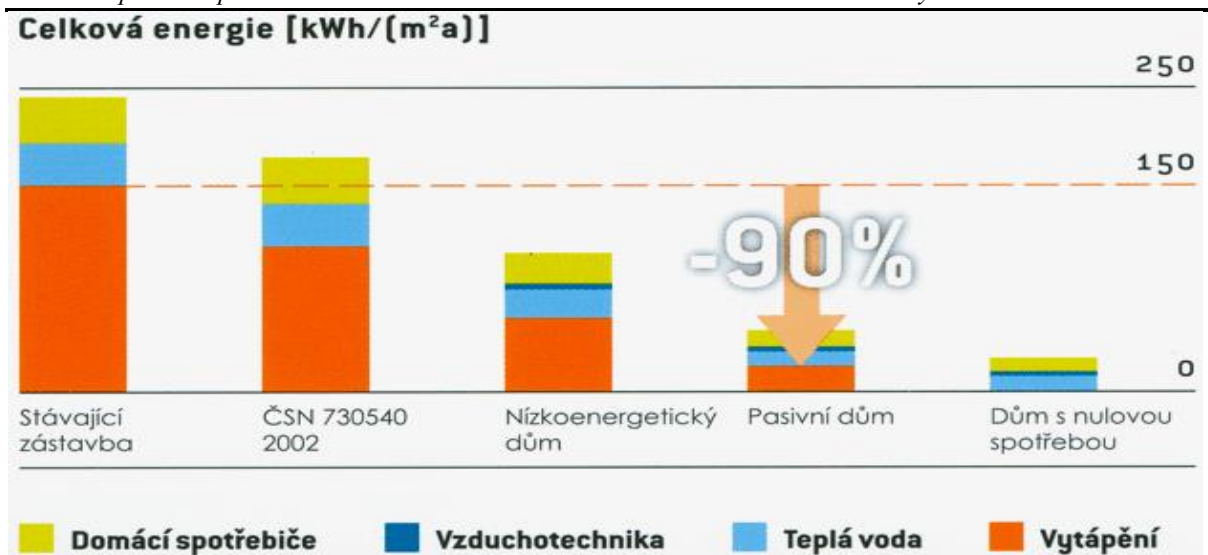
- Správně provedený návrh pasivního domu s orientací hlavní prosklené fasády směrem na jih.
- Jednotný a celistvý tvar bez prvků, u kterých by mohly vznikat tepelné mosty (vikýře).
- Velice kvalitní izolační okna.
- Vzduchotěsnost domu se spojením s velmi kvalitní tepelnou izolací.
- Zamezení vzniku tepelných mostů.
- Rekuperace tepla a řízené větrání.
- Neúčast klasického topného systému (plynový kotel).

1.2.2 Kritéria pasivního domu (hodnoty určené pro středoevropské klimatické podmínky)

- Měrná spotřeba tepla na vytápění $E_v \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.
- Maximální topný výkon $P_{mt} 10 \text{ W}/\text{m}$.
- Součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- Celková neprůvzdušnost nesmí přesáhnout 0,6 násobek výměny vzduchu za hodinu (součinitel vzduchové neprůvzdušnosti $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$).
- Jednotka vzduchotechniky s rekuperací s účinností vyšší než 75 %.
- Celková roční spotřeba primární energie (na topení, ohřev teplé užitkové vody (TUV), větrání a na elektrické spotřebiče) nesmí překročit $E_{vc} 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Zdroj: Pasivní rodinný dům Proč a jak stavět (Mojmír Hudec). [2]

Provozní náklady pasivního domu nejsou pouze náklady za teplo určené pro vytápění, jež jsou znázorněny v grafu 1. 2. 1., ale je to i součet veškerých nákladů pro funkci pasivního domu. Provozní náklady se skládají z ceny za spotřebované teplo na vytápění, ohřev teplé vody a elektřiny pro domácnost. Náklady na ohřev teplé vody jsou srovnatelné s náklady na energii na vytápění. Proto se snažíme snížit jednak energii na ohřev teplé vody například využitím solárního systému pro ohřev teplé vody a také pořizovat si pouze elektricky úsporné spotřebiče.



Graf 1. 2. 1. Srovnání měrné spotřeby energie jednotlivých typů staveb.

Zdroj: <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm>. [3]

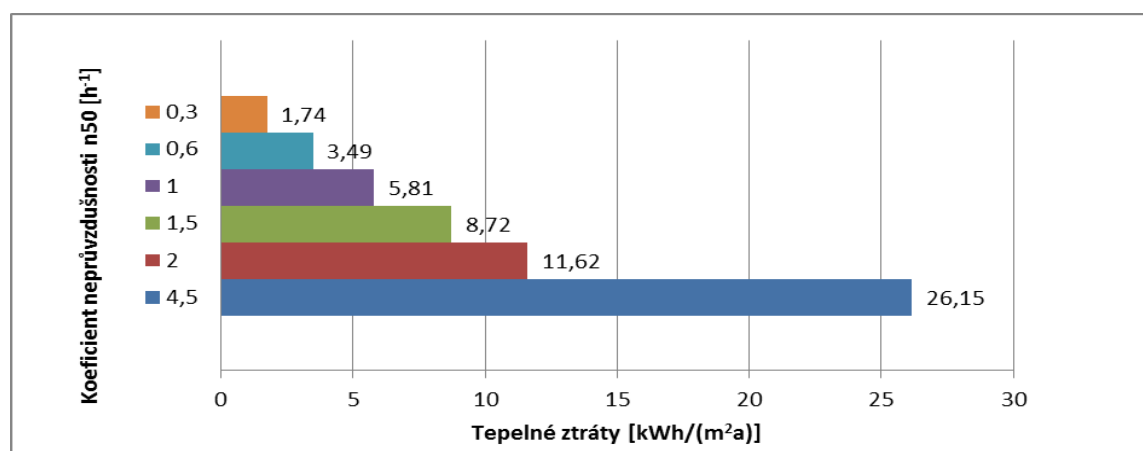
1.2.3 Kvalita vnitřního prostředí pasivního domu

Pasivní domy se vyznačují výbornou kvalitou vnitřního prostředí. Tato vysoká kvalita je způsobena velice dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi a automatickou regulací větrání. Kvalitní izolační obálka zabezpečuje stejnou teplotu vzduchu jak v obytných místnostech, tak i naměřenou na povrchu stěn. To znamená, že nemůže dojít ke kondenzaci vody uvnitř stavební konstrukce a dále k nepříznivým dopadům vznikajícím chladným sáláním ze stěn. Systém větrání pasivního domu je založen na velice kvalitní vzduchotechnice s výměnnými filtry a s rekuperační jednotkou. Výměnné filtry slouží k čištění vzduchu od prachu a mikroorganismů, což může být velice důležitý aspekt pro lidi trpící astmatem a alergiemi. Pachy a plyny vznikající z provozu domácnosti a z přítomnosti lidí, mohou být ve vyšších koncentracích škodlivé. Jsou to například oxidy síry, uhlíku anebo také dusíku. Při použití vzduchotechniky s rekuperací a řízeným větráním je vyřešen odvod škodlivých plynů, vlhkosti. Odpadní vzduch je ještě před vypuštěním proveden přes rekuperační jednotku, kde odevzdá svoji tepelnou energii vzduchu, který je nasáván z venkovního prostředí. Jednotka vzduchotechniky s rekuperací musí mít vysokou účinnost vyšší než 75 %. Optimální relativní vlhkost by měla být v intervalu od 35 do 50 %. Při zvyšování teploty v místnostech se hodnota relativní vlhkosti snižuje. Během roku se relativní vlhkost mění v závislosti na klimatických podmínkách daného místa a topné sezony. Jestliže relativní vlhkost klesne pod hodnotu 30 %, může dojít ke zdravotním komplikacím ve formě vysychání sliznic a nemocí z nachlazení. Jestliže je vlhkost vyšší než 60 %, vzniká prostředí, ve kterém může

dojít k rozmanitému rozvoji různých mikroorganismů a plísní.

1.2.4 Těsnost budovy

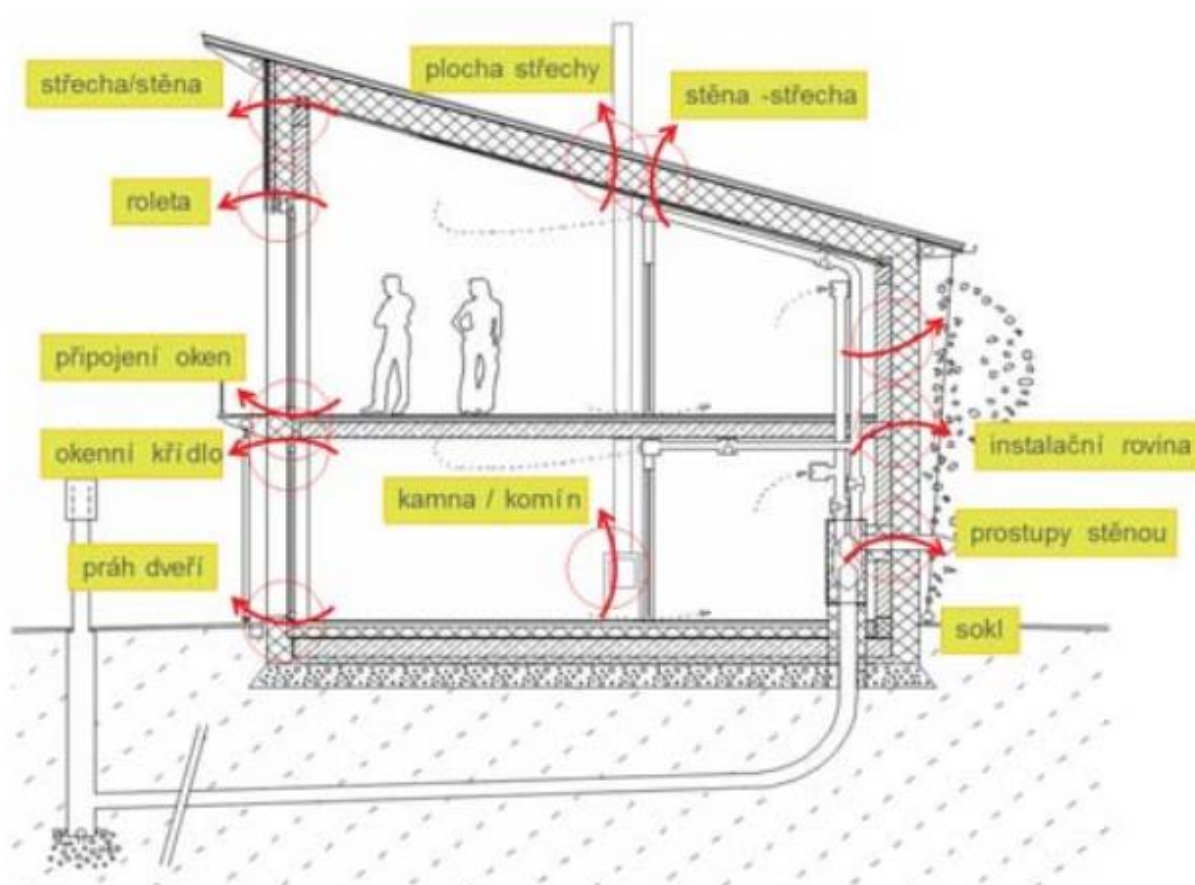
Jednou z hlavních podstat pasivního domu je nutnost vytvoření vzduchotěsné obálky domu. V pasivních domech se při výstavbě snažíme vyhnout různým spárám a netěsnostem, ze kterých by mohl unikat vzduch. Toto nechtěné větrání nahradíme větracím systémem s rekuperací tepla, s velice dobrou účinností. Hlavní podmínkou správné funkce pasivního domu po dostavění a provozování je vytvoření vysoce kvalitního návrhu (projektu), který je vytvořen kvalifikovanými lidmi. Celková neprůvzdušnost obálky budovy je dána normami ČSN EN 13829 a TNI 73 0330. Norma TNI 73 0330 stanovuje postupy pro ohodnocení vzduchové propustnosti (průvzdušnosti) budov nebo jejich částí. Norma ČSN EN 13829 stanovuje tepelně technické požadavky pro návrh a ověření budov s nárokovaným stavem vnitřního prostředí. Celková neprůvzdušnost obálky budovy nesmí překročit 0,6 násobek výměny vzduchu za 1 hodinu (součinitel vzduchové neprůvzdušnosti $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$) při tlakovém rozdílu 50 Pa v dané budově. Celková výměna objemu vzduchu v budově musí být menší než 60 % celkového objemu budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa. Jestliže se zvyšuje hodnota průvzdušnosti obálky budovy, pak se také s ní zvyšují tepelné ztráty, které jsou nepřijatelné. Hraniční hodnota pro $n_{50,N}$ celkové neprůvzdušnosti obálky budovy je rovna $0,6 \text{ h}^{-1}$, čemuž odpovídá přibližně tepelná ztráta $3,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, která je znázorněna v grafu 1. 2. 4. 1. Měrná spotřeba tepla na vytápění E_v musí být menší nebo rovna $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Z výše uvedených faktů vyplývá, že tepelná ztráta $3,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ je značná část z měrné spotřeby tepla na vytápění E_v . Obvyčejné běžné budovy mají hodnotu $n_{50,N} = 4,5 \text{ h}^{-1}$. Roční ztráta pak je okolo $26 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.



Graf 1. 2. 4. 1. Vliv celkové průvzdušnosti obálky budovy na potřebu tepla na vytápění. [4]

Zdroj: <https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=webove-infolyisty-08-kvalita-neprovzdusnost.pdf> . [4]

Tepelné ztráty jsou způsobené netěsnostmi v obálce budovy. Těmito netěsnostmi uniká ohřátý vzduch se vzdušnou vlhkostí. Vlivem rozdílných teplot mezi interiérem a exteriérem dochází ke kondenzaci vody uvnitř stavební konstrukce. V tomto případě se ve stavební konstrukci začnou tvořit plísně a dřevokazné houby, které způsobují velké materiální škody hlavně na přírodních materiálech. Vlhkost dále snižuje zásadně izolační schopnosti izolačních materiálů. Na obrázku 1. 2. 4. 2. jsou znázorněny místa s nejvyšším a nejčastějším výskytem netěsností.



Obrázek 1. 2. 4. 2. Nejčastější místa vzniku netěsností. [4]

Zdroj: <https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=webove-infolisty-08-kvalita-neprovzdušnost.pdf>. [4]

1.2.5 Zásady dobrého utěsnění

- Správně zkonstruovaná vzduchotěsná obálka budovy, která je nepřerušovaná a je umístěna z vnitřní strany objektu.
- Návrh příhodné stavební konstrukce, kde je omezen výskyt problematických míst (vikýře, pilíře, dekorativní prvky na obálce budovy).
- Zmenšení počtu vstupů obvodovým pláštěm, které se musejí utěšňovat.
- Vhodný výběr vzduchotěsného materiálu (OSB desky) a těsnících a spojovacích prvků (těsnící pásy, polyuretanové pěny, silikon).
- Řádně provedené spojení míst s vysokým výskytem chybných řešení (spojení stěn s podlahou a se stropem, instalace oken).

1.3 Návrh pasivního domu

Lidé, kteří si chtějí koupit nebo postavit pasivní dům, by měli mít velice podrobnou představu svého budoucího obydlí. Důležité je vycházet ze zájmů a životních potřeb těchto lidí, kteří v pasivním domě budou po dokončení a zkolaudování stavby bydlet. Vše také záleží na finančním rozpočtu, tedy na množství peněz, které jsme ochotni vynaložit na celou stavbu pasivního domu. Čím lépe bude pasivní dům zkonstruován, tím méně pak budeme muset vynakládat finančních prostředků k jeho provozu a údržbě. S tím také souvisí předpoklad, že majitel a další obyvatelé domu, mají nastudované principy pasivního domu a budou ho správně využívat.

1.3.1 Hlavní zásady navrhování

- Výběr pozemku a umístění stavby.
- Tvar budovy.
- Řešení stavební konstrukce.
- Stínění a ventilační jednotka z rekuperací.

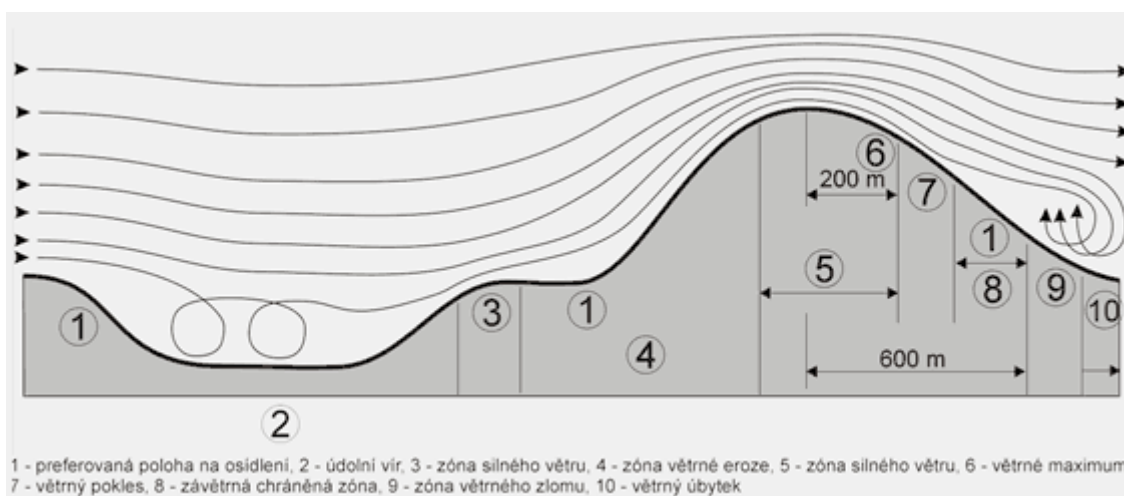
1.3.2 Výběr pozemku a umístění stavby

Při výběru pozemku se v dnešní době často přihlíží spíše k ceně pozemků než k orientaci na sever, jih. Ceny pozemků jsou v současné době vysoké a neustále se zvyšují. Dá se říci, že v některých lokalitách vynaložíme větší finanční sumu za pozemek než pak za samotnou výstavbu domu. Pro danou lokalitu pak také mohou být stanoveny

regulační podmínky, které mohou představovat velké problémy realizace pasivních domů. Je to např. definování maximální zastavěné plochy, orientace dané budovy nebo také tvar střechy. Pasivní domy jsou konstruovány a orientovány tak, aby dosahovaly co největších pasivních solárních zisků. Solární zisky ulpívající na jižní straně fasády mohou v topném období dosahovat až 650 kWh/m^2 . Proto je důležité, aby hlavní a největší strana fasády s nejvíce prosklenou plochou byla orientována směrem k osluněné straně oblohy, což znamená od jihovýchodu přes jih až k jihozápadu na jižní straně kopce. Pasivní dům lze postavit i na nevyhovujícím místě s tím předpokladem, že budeme muset vynaložit větší úsilí, tedy i více finančních prostředků. Vždy je důležité se nejdříve poradit s kvalifikovaným odborníkem z praxe, který už má mnoho zkušeností, než dát na realitní kanceláře, které se snaží hlavně o prodej pozemku. Dalšími kritérii při výběru pozemku jsou:

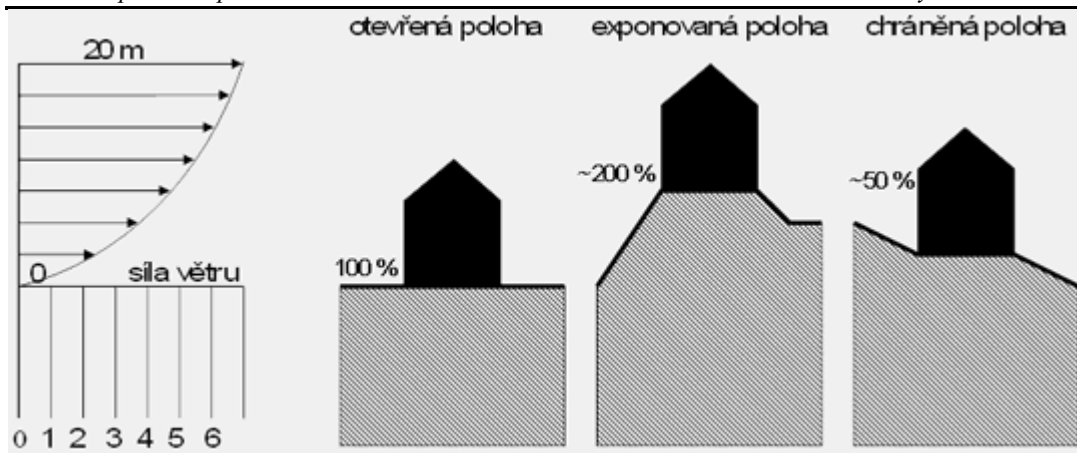
- Nadmořská výška dané lokality.
- Povětrnostní vlivy.
- Hustota okolní zástavby.
- Druh okolní vegetace.
- Vodní toky a plochy.

Teplota vzduchu klesá o $0,65 \text{ }^\circ\text{C}$ na každých 100 metrů nadmořské výšky. Spotřeba tepla na vytápění v zimních i letních měsících je závislá na proudění vzduchu a rychlosti větru. Proudění vzduchu a rychlost větru ovlivňuje součinitele přestupu tepla na vnější obálce budovy. Vhodná oblast pro vybudování pasivního domu při vlivu proudění vzduchu a rychlosti větru je znázorněna na obrázku 1. 3. 2. 1. a 1. 3. 2. 2.



Obrázek 1. 3. 2. 1. Rozložení působení větru v závislosti na morfologii terénu. [5]

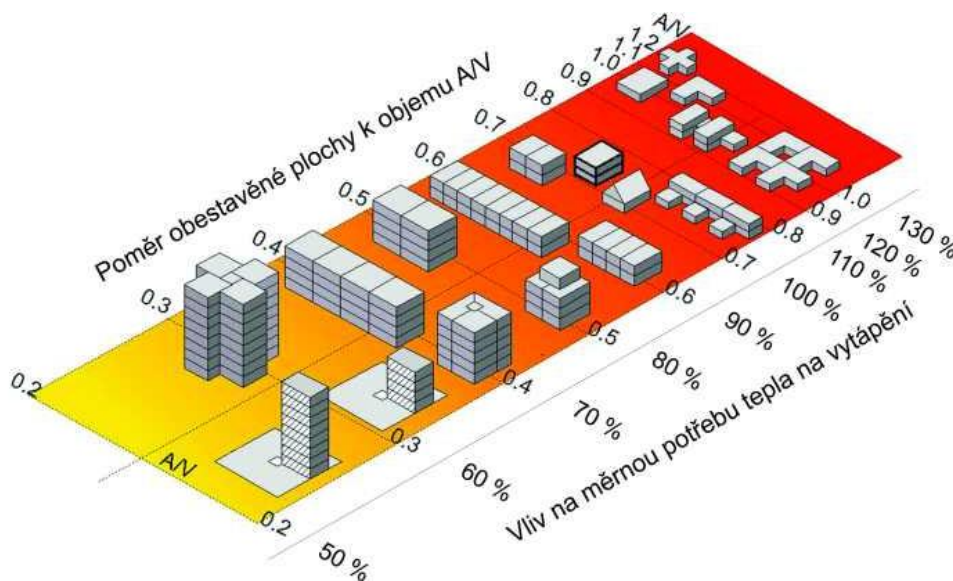
Zdroj: <http://www.archiweb.cz/salon.php?action=show&id=1204&type=10&lang=en>. [5]



Obrázek 1. 3. 2. 2. Tepelné ztráty budovy v (%) závislé na síle větru a umístění v terénu. [5]

1.3.3 Tvar budovy

Důležitým parametrem, který ovlivňuje spotřebu energie na vytápění je poměr A/V . Jde o poměr plochy vnější obálky budovy A k vytápěnému objemu budovy V . Je to také nazýváno jako geometrická charakteristika budovy. Čím je poměr A/V nižší, tím jsou nižší i tepelné ztráty. Z obrázku 1. 3. 3. je jednoznačné, že tvar budovy by měl být kompaktní ve formě kvádrů a natočen tak, aby delší strana byla směřována ke slunci. Nejlepší poměr má tvar polokoule, ale bylo by velice obtížné takovou stavbu realizovat. Střecha takové to budovy, by měla být pultová nebo plochá, tím se ještě více zlepší poměr A/V . V praxi se ale nevyhneme odborným nařízením. Některé jsou vyjmenovány výše (regulační požadavky dané územním plánem a stavebním úřadem), např. použití sedlové střechy.



Obrázek 1. 3. 3. Vliv tvaru objektu na poměr A/V . Vliv na měrnou spotřebu tepla na vytápění v (%). [6]

Poznámka: Vliv tvaru budovy je malý, jestliže je dům nebo budova dobře izolovaná, protože poté je i menší podíl ztrát tepla prostupem obálky budovy na celkové spotřebě energie v objektu.

Zdroj: <http://www.pasivnidomy.cz/architektura-pasivniho-domu/t4026>. [6]

1.3.4 Řešení stavební konstrukce

Ve své diplomové práci vám popíši pouze tzv. masivní stavební konstrukci, která je tvořena převážně z různých druhů cihel a materiálů na bázi cementu. Tento typ konstrukce jsem si zvolil, protože je mi blízká a v budoucnu bych rád takovou stavbu zrealizoval. Stavební konstrukce se dá rozdělit do několika částí:

- Základy.
- Obvodové stěny.
- Střecha.
- Tepelné izolace.
- Okna, dveře.
- Stínění.

1.3.5 Základy

První, co se buduje při výstavbě, jsou základy. Základy jsou nosným prvkem pro celou následující stavbu. Občas je nutné provést geotechnický průzkum dané lokality, kde jsme se rozhodli stavět. Geotechnický průzkum se provádí tehdy, jestliže máme podezření, že je podloží nestabilní. Mezi další kritéria pro provedení geotechnického průzkumu patří:

- Území s možností sesuvu půdy.
- Výskyt násypů a náplav.
- Vzlínající spodní vody.

Nejvíce budovanou základovou konstrukcí jsou pasové základy z betonu, které se mohou pomocí šalovacích drátů vyztužit. V dnešní době se základy částečně vybetonují a následně se na ně staví nadezdívka pomocí ztraceného bednění. Ztracené bednění jsou obyčejné betonové tvarovky, které jsou průchodné. Po dostavění konstrukce ze ztraceného bednění se pak tato konstrukce zalije betonem. Tím dojde ke zpevnění a stává se kompaktní. Použití izolace v základové konstrukci pasivního domu je nezbytné. Používá se zde soklový polystyren o celkové šířce 150 mm. Soklový polystyren je extrudovaný polystyren, který

je odolný proti vlhkosti. Desky z tohoto soklového polystyrenu se přidělávají ke ztracenému bednění, které bylo předtím ještě pokryto asfaltovým izolačním (penetračním) nátěrem.

Dalším možným stavebním řešením je vytvoření železobetonové desky, jako základové konstrukce, která leží na deskách z extrudovaného polystyrenu. Tento extrudovaný polystyren musí mít vysokou nosnost. Takovýto způsob izolování pak umožňuje bezproblémový izolační přechod mezi základovou deskou a svislými obvodovými stěnami.

Při tvorbě základů je dobré využívat už osvědčené konstrukce, které nejsou zbytečně robustní.

1.3.6 Obvodové stěny

Obvodové stěny u pasivního domu jsou konstruovány tak, aby součinitel prostupu tepla U byl v intervalu od 0,10 do 0,15 W/(m²·K). Součinitel prostupu tepla U je schopnost vést teplo skrz daný materiál o dané tloušťce. Čím je hodnota tohoto součinitele menší, tím je průchod tepla přes ten určitý materiál také menší. Jde vlastně o převrácenou hodnotu tepelného odporu R , což je schopnost materiálu o dané tloušťce udržet teplo. Jednotlivé, doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům jsou uvedeny v tabulce 1. 4. 3. V dnešní době se používají tzv. sendviče, což je spojení nosné stěny s izolací. Nosná stěna je naprojektována tak, aby byla co nejtenčí, ale při tom aby splňovala všechna kritéria, která jsou na ni kladena. A k této nosné zdi se pak přidá velice silná vrstva tepelné izolace. Nejlepší materiály, které by se daly použít pro stavbu nosné zdi, jsou bloky z betonu odlehčené keramzitem, což jsou malé hliněné duté kuličky. Dalším stavebním materiálem může být polosilikát. Tloušťka zdi při použití těchto stavební materiálů může dosahovat 250 mm. Tyto stavební materiály mají velice dobré izolační vlastnosti ve všech směrech. Vyznačují se jednoduchou opracovatelností, a proto jsou vhodné pro stavbu, jelikož v interiéru budeme muset zavádět mnoho různých vnitřních rozvodů a instalací. Nevýhodou těchto materiálů je nízká akumulární schopnost tepla. V tomto případě ji můžeme zvýšit pomocí těžkých stropů ze železo-betonu. Dalším vhodným materiálem jsou vápenopískové bloky, které mají velice dobrou akumulární schopnost. Tloušťka zdiva se pak pohybuje od 150 mm až do 250 mm. Tloušťka nosné zdi 175 mm unese až pětipatrovou budovu. Tento materiál je velice těžký a je náročný na řešení rozvodů instalací. Dalšími metodami pro vybudování nosných zdí jsou ztracené bednění vyplněné betonem nebo plná pálená cihla. U těchto materiálů bychom už ale mohli najít řadu chyb. Je zde větší riziko tepelných mostů, hlavně u pálené cihly. Ztracené bednění má zase spolu s betonem malou akumulární schopnost. Při použití pálených cihel by měla být tloušťka stěny okolo 500 mm.

1.3.7 Střecha

U pasivních domů můžeme použít jakýkoliv typ střechy. Nejvýhodnější tvar střechy je ale pultový nebo plochý. Tyto tvary jsou jednak konstrukčně méně náročné a také finančně výhodnější. Největší výhodou je však nejnižší obsah ochlazované plochy. Stavební úřady v České republice ale často předepisují sedlový tvar střechy. Optimální tloušťka izolace na střeše se pohybuje okolo 400 mm. Dále je velice důležitá vnitřní parozábrana ve střešní konstrukci. Vnitřní parozábrana zajišťuje také neprůvzdušnost objektu.

1.4 Tepelné izolace

Tepelné izolace jsou jedním z nejdůležitějších prvků pasivního domu. Jak je již zmíněno výše, dnes se používají sendvičové konstrukce. Tloušťka tepelné izolace podlahy nad terénem by měla mít okolo 200 až 250 mm. Tloušťka tepelné izolace stěn by měla dosahovat okolo 350 mm a na střeše okolo 400 mm. Existuje více metod a systémů, jak zateplit. Základní druhy systémů jsou:

- Kontaktní zateplovací systém.
- Bezkontaktní zateplovací systém.
- Vnitřní zateplení.

1.4.1 Kontaktní systém

Kontaktní systém je zhotoven z tepelně izolačních desek z minerální vlny nebo z polystyrenu, které jsou přilepeny lepidly a přichyceny pomocí plastových talířových hmoždinek na obvodové stěny z vnější strany. Poté se celý takto provedený systém překryje lepidlem, které je vyztuženo perlinkou (plastová síť). Na tento podklad se pak nanáší tenkovrstvá omítka. Na tenkovrstvou omítku se pak dále nanášejí různé druhy barevných nátěrů na bázi silikátů, akrylátů nebo silikonů. Silikonový nátěr je nejkvalitnější, protože nejlépe dokáže propouštět vlhkost do venkovního prostředí. Velkým problémem kontaktních zateplovacích systémů je možná kondenzace vodních par v konstrukci. Tato skutečnost závisí na difuzním odporu těchto krycích materiálů (vnějších lepidel, omítek a nátěrů), které se používají hlavně při rekonstrukci. Čím je difuzní odpor vyšší, tím je propustnost vodních par nižší. Tento neblahý problém způsobí zavlhnutí zdiva u starších staveb a poté opadávání nátěru. Proto je lepší se vyvarovat akrylátovým nátěrům.

1.4.2 Bezkontaktní systém

Je zde uměle vytvořena provětrávaná mezera mezi dvojitým dřevěným roštem a fasádním obkladem. Dvojitý dřevěný rošt, který je prokládán tepelnou izolací (nejčastěji minerální vatou), je použit proto, aby bylo dokonale zamezeno vzniku liniových tepelných mostů, a je pevně připojen k nosné stěně. Provětrávaná mezera je minimálně 25 mm široká a je do ní vložena ještě difuzně otevřená fólie, která má funkci hydroizolace. Jako fasádní obklad se pak používá dřevo, keramika, kovové profily atd., které jsou zavěšené na speciální konstrukci. Tento systém provětrávaných fasád nám může přinést vysokou energetickou efektivitu, přirozenou ventilaci vzduchu, paropropustnost, rychlou montáž a různorodý design s dokonalým vzhledem.

Zdroj: <http://www.iltegro.cz/konstrukce-pro-bezkontaktni-zatepleni-fasady-domu>. [7]

1.4.3 Vnitřní zateplení

Vnitřní zateplení se používá při zateplování historických budov, které mají velice členitou vnější fasádu. Dalším možným případem využití tohoto způsobu zateplení je, že nic jiného už použít nejde. Tloušťka tepelné izolace je maximálně do 80 mm ve vnitřních prostorech. Při použití širší tepelné izolace se efekty tepelných mostů, které pronikají izolací, stávají velice výrazné. Výhodami tohoto zateplení je možnost realizace po celý rok, nízká cena, není potřeba lešení a zachování vnějšího historického rázu budovy. Nevýhodami jsou pak vznikající tepelné mosty, které nelze odstranit a také ztráta akumulčních vlastností zdiva.

Tabulka 1. 4. 3. Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro běžný, nízkoenergetický a pasivní dům. [2]

| Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)] | Běžné novostavby (ČSN 73 0540-2) | | Nízkoenergetický dům | Pasivní dům |
|--|-------------------------------------|------------|----------------------|-------------|
| | požadovaný | doporučený | doporučený | doporučený |
| Obvodové stěny-těžké | 0,38 | 0,25 | 0,19 | 0,15 |
| Obvodové stěny-lehké | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,12 |
| Střecha plochá, nebo šikmá do 45° | 0,24 | 0,16 | 0,12 | 0,12 |
| Podlaha nad exteriérem | 0,24 | 0,16 | 0,12 | 0,12 |
| Podlaha na terénu | 0,45 | 0,30 | 0,20 | 0,15 |
| Okna | 1,70 | 1,20 | 0,80 | 0,80 |

1.5 Typy tepelné izolace

V dnešní době existuje už nezměrné množství druhů tepelných izolací. Zde bych rád uvedl základní přehled tepelných izolací, které jsou dostupné a běžně se používají. Jedním z hlavních parametrů tepelných izolací je součinitel tepelné vodivosti λ W/(m.K). Jednotlivé hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ jsou uvedeny v tabulce 1. 5. 9..

1.5.1 Expandovaný pěnový polystyren EPS

EPS je jednou z nejrozšířenějších tepelných izolací. Jeho hlavní surovinou je ropa a jde v podstatě o produkt polymerace styrenu. Tento materiál se pak dále tepelně zpracovává. Bloky polystyrenu se vyrábějí vypěnováním do forem. Tyto formy se poté rozřezají na jednotlivé desky různých rozměrů. Samozhášivého polystyrenu docílíme přidáním retardérů hoření při výrobním procesu. Polystyren velice rychle degraduje při kontaktu s UV zářením. Typ polystyrenu se udává například takto: EPS 100 S. Číselná hodnota v názvu udává třídu pevnosti v tlaku v kPa. Třídy polystyrenu, které jsou běžně k dostání, jsou 50, 70, 100, 150, 200, 250 kPa. Součinitel tepelné vodivosti λ obvykle dosahuje hodnot $\lambda = 0,036$ W/(m. K). Dlouhodobě tento materiál dokáže snášet teplotu pod 80 °C a není dobré ho po delší dobu vystavovat vlhku. Speciální polystyren s příměsí uhlíku dokonce dosahuje součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,031$ W/(m.K).

Můžeme se s ním potkat ve čtyřech základních variantách:

- Z (základní)-desky nejsou moc přesné a používají se do podlah.
- S (stabilizovaný)-desky se používají k zateplování střeš.
- F (fasádní)-tyto desky vykazují vysokou přesnost a používají se pro kontaktní systémy.
- Perimetr-desky, které jsou mrazuvzdorné a minimálně nasákavé, se využívají tam, kde se očekává kontakt s vodou, například soklová izolace.

1.5.2 Extrudovaný polystyren XPS

Extrudovaný polystyren se od expandovaného pěnového polystyrenu liší způsobem výroby a má také jiné vlastnosti. Vyrábí se pomocí extruze, což je protlačování pěny. Tímto způsobem se dosáhne struktury bez mezer a tím se zvýší jeho pevnost v tlaku a sníží nasákavost. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje v rozmezí 0,029-0,038 W/(m.K). Tento typ polystyrenu může rozdělit do tří kategorií:

- Podle tvaru hran (perodrážka, polodrážka, rovné).
- Podle pevnosti v tlaku v (kPa) (200, 250, 300, 500).
- Podle povrchové struktury (hladký, zdrsňený, protlačovaný).

U pasivních domů se používá při izolování svislých základů, suterénu, podlah, nebo ve speciálním případě je položen pod celou základovou deskou. Tento typ polystyrenu také velice rychle degraduje při kontaktu s UV zářením.

1.5.3 Minerální vlna MW

Tepelná izolace, jejíž základní surovinou jsou sklotvorné materiály, například křemen, čedič. Při přimíchání syntetických pryskyřic se vlákna spojí a vznikají bloky. Tato izolace dokáže odolávat i vysokým teplotám a velice dobře propouští vodní páry. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje v rozmezí 0,035-0,040 W/(m. K). Má velice nízký difuzní odpor. Je velice dobře nasákavá. Na našem trhu se vyskytuje v různých formách: role, desky o určitých hustotách materiálu. Používá se jako tepelná izolace u provětrávaných fasád nebo u dvouplášťových střeš.

1.5.4 Pěnové sklo

Tento izolační materiál se vyrábí roztavením směsi uhlíkového a skleněného prášku, do kterého se přimíchává kysličník uhličitý. Tímto způsobem se v materiálu vytvářejí malé

bublínky, které jsou roztavenou směsí zcela obklopeny. Takto zhotovený materiál je nehořlavý, nenasákavý a parotěsný. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje v intervalu od 0,040 do 0,050 W/(m.K). Širší využití tohoto materiálu limituje jeho vyšší cena. Desky z pěnového skla se používají na izolaci základů ze všech stran nebo pod základovou desku, kvůli jeho vysoké pevnosti v tlaku. Další využití mají v průmyslu, kde se aplikují na podlahy nebo střechy, které jsou tlakově namáhány.

1.5.5 Pěnový polyuretan PUR

S pěnovým polyuretanem se můžeme setkat kdekoliv. Může být buď ve formě měkké pěny (molitan), anebo ve formě tvrdé polyuretanové pěny, která se využívá jako tepelně izolační materiál. Hlavní surovinou pro výrobu je ropa. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje pod hodnotou 0,025 W/(m.K). Dá se aplikovat více způsoby. Může se nastříkat, nalít na dané místo nebo se vyrábí také ve formě desek, tvarovek. Při vystavení UV záření degraduje. Při jeho výrobě dochází k produkci škodlivin, které mohou být alergenní. Na výrobu je potřeba vynaložit mnoho energie. Používá se pro eliminaci tepelných mostů jako práh u dveří nebo jako kotvící tvarovky.

1.5.6 Vakuová izolace VIP

Vakuová izolace je jedna z nejlepších tepelných izolací. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje v intervalu 0,004-0,008 W/(m.K). Tato izolace je zhotovena z hmoty pyrogenní kyseliny křemičité. Vyrábí se ve formě desek. Tyto desky jsou dále obaleny v metalizované vyztužené fólii. Využití je limitováno vysokou cenou, proto se používají pouze v atypických případech, například jako izolace roletových skříní nad okny nebo tam, kde je málo prostoru. Šířka desek je od 20 do 80 mm.

1.5.7 Transparentní izolace

Izolace, která vychází z principu Trombeho stěny. Transparentní izolace propouští sluneční záření, které ohřívá nosnou stěnu, ale zpět přes sebe teplo vyzářené z nosné stěny už nepustí. Tento princip se dá využít v zimních měsících. V letních měsících je to problém. Proto se musí nainstalovat spolu se stíněním za prosklenou stěnou. Tyto konstrukce se moc nepoužívají kvůli její složitosti a ceně.

1.5.8 Recykláty

Recykláty jsou nejčastěji na bázi celulózy, která se vytváří drcením starého novinového papíru. Do této drtě se pak přidávají boritanové soli pro snížení hořlavosti a výskytu hniloby. Tato izolace se aplikuje na místa sypáním, nafoukáním s tím, že musí být zaručena určitá hustota materiálu v izolovaných místech. Součinitel tepelné vodivosti λ tohoto materiálu se pohybuje v rozmezí 0,035-0,042 W/(m.K).

Recyklovat se dá také expandovaný pěnový polystyren, který se rozdrťí na malé kuličky. Poté se může použít jako odlehčovací a izolační přísada do betonu nebo se sype do špatně přístupných dutin, které jsou špatně přístupné. Další materiály, které je možné recyklovat a poté použít jako tepelnou izolaci jsou například pneumatiky a textil.

1.5.9 Izolace z přírodních materiálů

Jedním takovým perspektivním materiálem je sláma. Tento druh tepelné izolace ve formě slaměných balíků je čím dál tím více oblíbenější u stavebníků, kteří stavějí ekologické stavby. Kvalita této izolace závisí na hustotě slaměných balíků. Součinitel tepelné vodivosti λ této izolace se pohybuje okolo hodnoty 0,052 W/(m.K), což dokážou poskytnout slaměné balíky o objemové hmotnosti 90-110 kg/m³. Slaměné balíky musejí být chráněny proti vlhkosti. Můžou mít také funkci nosné konstrukce v kombinaci s hliněnou omítkou.

Další přírodní materiály, které se používají jako izolační materiál jsou konopí, len, dřevité desky, ovčí vlna, korek a bavlna.

Tabulka 1. 5. 9. Znázornění součinitele tepelné vodivosti λ a faktoru difuzního odporu jednotlivých druhů izolací s různou objemovou hmotností a tloušťkou, udávané hodnoty jsou deklarované výrobcí. [8]

| Typ izolace | Součinitel tepelné vodivosti λ | Faktor difuzního odporu | Doporučená tloušťka izolace |
|-------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| | [W/(m.K)] | [-] | [mm] |
| Cihla děrovaná | 0,090 | 9 | 750 |
| Polystyren EPS | 0,031-0,040 | 40-100 | 300 |
| Polystyren XPS | 0,029-0,038 | 100-200 | 280 |
| Pěnový polyuretan | 0,024-0,028 | 180-200 | 220 |
| Minerální vata | 0,030-0,042 | 1-3 | 300 |
| Pěnové sklo | 0,040-0,050 | 70 000 | - |
| Vakuová izolace | 0,008 | >100 000 | 60 |
| Celulóza | 0,037-0,042 | 1-2 | 320 |
| Dřevité desky | 0,038-0,046 | 5 | 330 |
| Desky z konopí | 0,040 | 1-4 | 320 |
| Sláma | 0,050-0,060 | 2-3 | 400 |

Zdroj: file:///C:/Users/Zbynek/Downloads/webove-infolisty-03-tepelna-izolace.pdf. [8]

1.6 Okna, dveře

Při výstavbě pasivního domu je velice důležité nepodcenit výplně stavebních otvorů, což jsou okna a dveře. Tyto výplně mají mnoho důležitých funkcí:

- Osvětlení interiéru.
- Vyhřívání interiéru pomocí slunečních paprsků.
- Optické zvětšení prostoru.
- Izolace venkovního klimatu od vnitřního.
- Pocit bezpečí.
- Vizuální kontakt s vnějším světem.
- Odhlučnění.
- Dekorační prvek stavby.

Úniky tepla přes okna a dveře jsou ale vysoká. Proto se u pasivních staveb musí velice

dobře promyslet, jak kvalitní rámy a zasklení zvolíme a kolik slunečního záření potřebujeme propustit a kdy. Plocha prosklení jižní fasády, která je natočena na osluněnou stranu pasivních domu, by měla být okolo 40 %. Při zvýšení plochy prosklení a tím zvýšení solárních zisků se bude stavba nejspíše přehřívat. Tepelný komfort by byl neudržitelný a život lidí v tomto domě by se tak dosti ztížil. Možnost, jak zabránit tomuto faktu, je instalace stínících prvků. Kompromis mezi prosklenou plochou a plochou podlahy v místnosti je poměr 1/6 až 1/4.

Dalo by se říci, že v minulosti byly okna doslova zářiči energie. Přes okna unikala podstatná část tepelné energie. Okna určená pro pasivní domy musejí mít jednak velice kvalitně provedený a izolovaný okenní rám s trojskly. Musí být zajištěna těsnost funkční okenní spáry. Mezi jednotlivými skly musí být inertní plyn nebo vakuum a musí být splněna všech kritéria pro jeho udržení. Dále by měla být dostatečně propustná pro sluneční záření a měla by mít možnost stínění proti přehřívání v letních měsících. I přes všechny možné vylepšení má neporušená plná zeď bez otvorů 5 × nižší součinitel prostupu tepla U než kvalitní izolovaná okna. Součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí je v rozmezí od 0,10 do 0,15 W/(m²K). Dnešní požadavek pro okna pasivních staveb stanovuje mezní hodnotu $U=0,8$ W/(m²K). Tato hodnota zahrnuje celou konstrukci okna. Celková funkčnost a kvalita je určena jednak zasklením, rámem a těsností okenní spáry, ale také správnou montáží provedenou odborníky z praxe.

1.6.1 Volba rámu

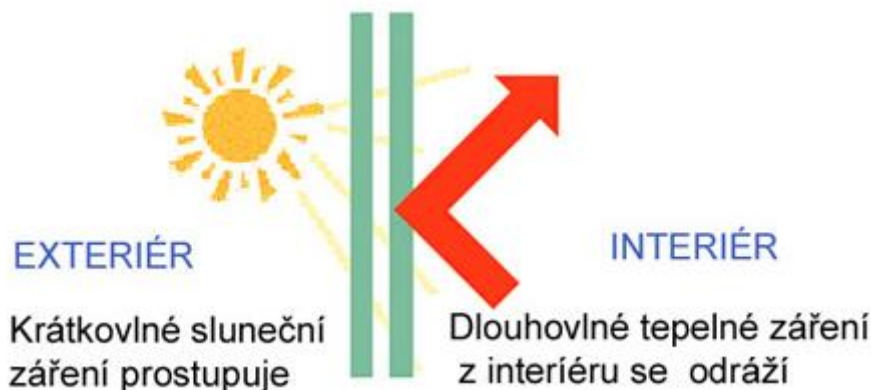
Rám okna nebo dveří představuje nejslabší článek obálky budovy. Světlo se od něj odráží. Ale bez rámu by se okno nedalo otevírat, nebylo by přizpůsobeno k zabudování. Vše má své výhody a nevýhody. U rámu se tedy musí zamezit co nejvíce únikům tepla. Proto se nová generace rámu vyrábí nižší a širší s tepelnou izolací v dutinách rámu. Tyto rámy se mohou vyrábět z dřeva, plastu nebo hliníku. Každý má své pro i proti. Hliníkové rámy jsou nejdražší a zcela bezúdržbové, ale dobře vedou teplo. Plast je neekologický, ale jinak cenově a vlastnostmi vyhovující. Dřevo je dražší, ekologicky nezatěžující, ale je zde nutná pravidelnost údržby.

1.6.2 Zasklení

Konstrukce trojskel zapříčinila, že okna dosahují kladné roční bilance. Přes okna projde více tepelné energie do interiéru, než se přes ně vyzáří zpět. Kladné roční bilance se také dosahuje pokovením skel viz. obrázek 1.6.2. a vyplňováním prostoru mezi skly inertním plynem (argonem Ar , Kryptonem Kr). Pokovení skla je způsob, jak zamezit

průchodu dlouhovlnného záření zpět do exteriéru. Krátkovlnné sluneční záření propouští zpět z interiéru do exteriéru. Je to napařování kovových částic na sklo ve vakuu pomocí elektromagnetického procesu.

SELEKTIVNÍ VLASTNOSTI POKOVENÉ VRSTVY SKEL



Obrázek 1. 6. 2. Znárodnění vlivu pokovení skla na průchod slunečního záření. [9]

Zdroj: <http://www.vokno-plastova-okna.cz/plastova-okna-zaskleni-a-vyplne/>. [9]

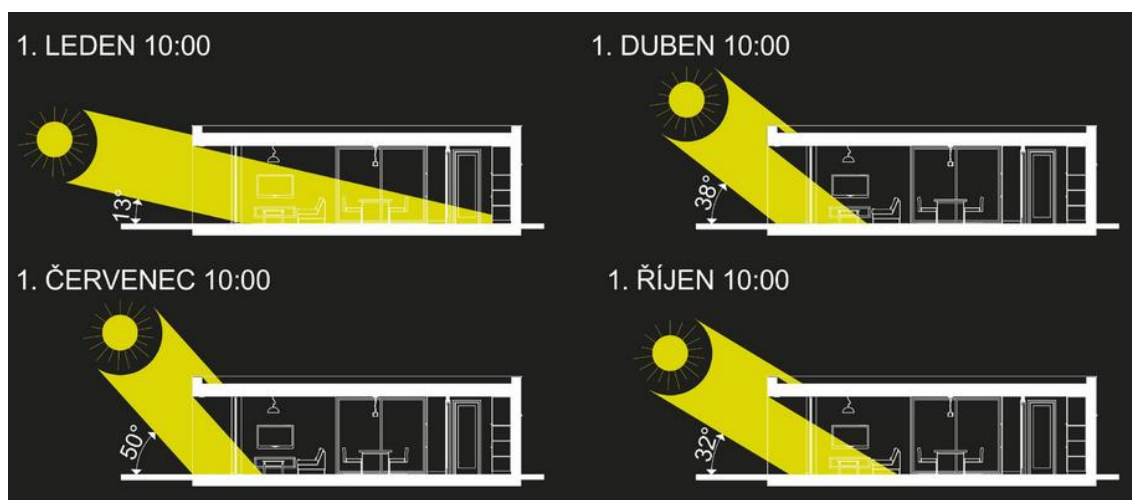
1.6.3 Stínění

Jde o velice důležitý prvek hlavně u dřevostaveb. Dřevostavby nedokáží akumulovat teplo, naopak hmotné stavby z různých stavebních bloků nebo betonu akumulují teplo velmi dobře. Ale to nic nemění na potřebě stínících systémů u obou druhů staveb. Akumulace tepla není v hmotné stavbě nekonečná. Po určité době se teploty vnitřního prostředí také začnou zvyšovat. Stínit se dá:

- Přesahem střechy.
- Pergolami.
- Venkovními nebo vnitřními žaluziemi.
- Markýzami.

V létě je zapotřebí odstínit vysoké jižní slunce a v zimě je zase prioritní čerpat sluneční energii z nízké polohy slunce na východu a západu například přesahem střechy viz. obrázek 1.6.3.. Velmi často se využívá systém žaluzií. U vnitřních žaluzií je část tepla vyzářena do interiéru a zbytek do venkovního prostředí. Vnitřní žaluzie mají nižší účinnost než venkovní, které odrazí veškeré přímé sluneční záření. Venkovní žaluzie zase musí být ovládány bezdrátově dálkovým ovládáním bez možnosti úniku tepla. Velkým problémem je

box pro uložení žaluzií nad oknem, kde vzniká tepelný most. V dnešní době se tento problém řeší využitím pěnového skla jako izolace žaluziového boxu.



Obrázek 1. 6. 3. Znárodnění vlivu stínění pomocí přesahu střešy na průchod slunečního záření do interiéru obydlí. [10]

Zdroj : <http://www.zerodomy.cz/jak-vznikly-zerodomy/>. [10]

2. Obecný pohled na vytápění a větrání

Existuje více variant, jak vytápět a větrat v pasivním domě. Je proto velice důležité zvážit všechny možnosti, i s ohledem na životní prostředí, a poradit se s odborníky, kteří této problematice rozumějí a mají dobré reference. Při výběru vytápění a větrání pasivního domu se řeší:

- Pořizovací cena systému.
- Náklady na provoz zdroje za rok.
- Ekologické hledisko.
- Dostatečný, tepelný komfort.
- Velikost ztrát tepelné energie.

Se zvyšující se průměrnou roční teplotou a měnícím se klimatem potřebujeme takový tepelný zdroj, který zabezpečí stejnou teplotu, vlhkost a čistotu vzduchu v interiéru v zimě, i v létě.

Tyto požadavky jsou splněny při využití aktivní rekuperace s filtry, která je založena na principu tepelného čerpadla. Přivedený čerstvý vzduch z venku vstoupí do kondenzátoru, kde je ohříván na požadovanou teplotu, kterou chceme mít v domě, prostřednictvím proudícího chladicího média. Odpadní vzduch, který je odsáván z určitých částí v domě, je vháněn

do výparníku, kde předá svojí tepelnou energii proudícímu chladicímu médiu. Poté je vypouštěn do venkovního prostředí. K vystoupaní teploty chladicího média dojde při stlačení v kompresoru, odkud pak je vedeno do kondenzátoru. Po ohřátí čerstvého vzduchu, chladicí médium projde přes expanzní trysku, kde dojde ke zvětšení objemu chladicího média, které se tímto zchladí. V poslední fázi je tato chladicí látka znovu vháněna do výparníku. Tepelná energie, která byla předána chladicímu médiu, je tedy použita znovu pro ohřev vzduchu vháněného do domu a i teplé vody. Tento cyklus se neustále opakuje.

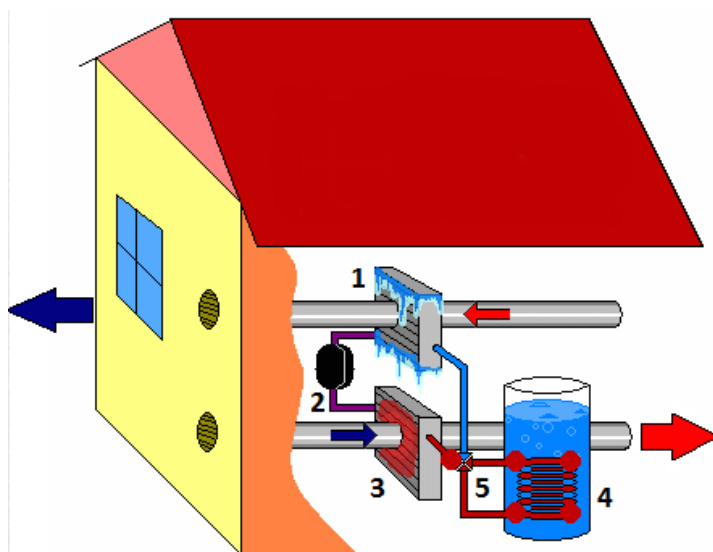
2.1 Primární vytápění- Kompaktní větrací jednotka NILAN VP 18

Výše popsaný princip je využit u kompaktní větrací jednotky NILAN VP 18. Tato jednotka je určena pro rodinné domy. Je navržena tak, aby zabezpečila ohřev teplé vody a současně i tepelný komfort v domě.

Je možnost si vybrat z více variant. Označení jednotky NILAN VP 18 WT znamená, že má vyvedený vstup a výstup navíc. Je to určeno pro napojení dalšího tepelného okruhu se zdrojem tepla, například krbovou vložkou nebo solárními kolektory. Označení jednotky NILAN VP 18 K znamená, že je určena také na chlazení. V letních měsících je nasáván z venkovního prostředí teplý vzduch viz. obrázek 2.1.2.. Z tohoto vzduchu je prostřednictvím tepelného čerpadla odvedeno teplo potřebné na ohřev teplé vody. Teplota vzduchu se sníží a vzduch je poté vypouštěn do interiéru. Je možné zakoupit kompaktní jednotku s oběma funkcemi najednou.

V horní části nádrže na teplou vodu je zabudována tepelná spirála pro ohřev teplé vody při nízkém topném faktoru tepelného čerpadla v zimních měsících nebo při větší spotřebě teplé vody. Nebyla zde opomenuta ochrana proti Legionelle pomocí ochranné anody, která zvyšuje bezpečnost systému.

2.1.1 Zimní provoz kompaktní jednotky NILAN VP 18K



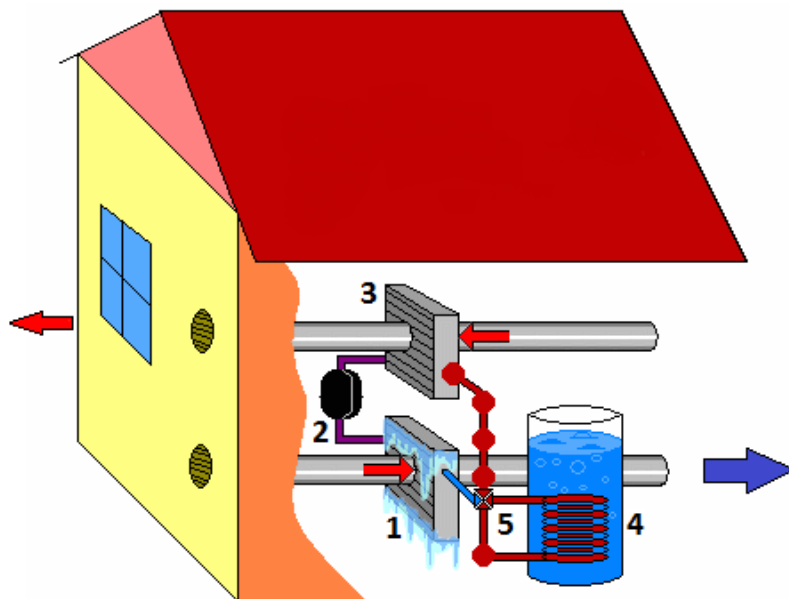
Obrázek 2. 1. 1. Znáornění zimního provozu kompaktní jednotky NILAN VP 18K. [16]

POPIS:

- 1) díl s námrazou = výparník (odebírání odpadnímu vzduchu teplo).
- 2) černý válec = kompresor (stlačením média v okruhu zvyšuje jeho teplotu).
- 3) zahřátý díl pod výparníkem = kondenzátor (ohřívá přívodní vzduch do domu).
- 4) spirála v nádrži s vodou = vodní kondenzátor (ohřívá užitkovou vodu).
- 5) úhlopříčně rozdělený červenomodrý čtvereček = čtyřcestný ventil (přepíná mezi zimním a letním cyklem, modrá část znázorňuje snížení tlaku média, což má za následek jeho ochlazení a opětovné zmrznutí výparníku). [16]

Zdroj: <http://www.nilan.cz/princip-aktivni-rekuperace.htm>. [16]

2.1.2 Letní provoz kompaktní jednotky NILAN VP 18K



Obrázek 2. 1. 2. Znárodnění letního provozu kompaktní jednotky NILAN VP 18K. [17]

POPIS:

- 1) díl s námrazou = výparník (odebírání venkovnímu vzduchu teplo, dovnitř jde chladný).
- 2) černý válec = kompresor (stlačením média v okruhu zvyšuje jeho teplotu).
- 3) šedý díl nad výparníkem = kondenzátor (dokud se v létě ohřívá voda v nádrži, kondenzátor se neohřívá).
- 4) spirála v nádrži s vodou = vodní kondenzátor (ohřívá užitkovou vodu).
- 5) úhlopříčně rozdělený červenomodrý čtvereček = čtyřcestný ventil (přepíná mezi zimním letním cyklem, modrá část znázorňuje snížení tlaku média, což má za následek jeho ochlazení a opětovné zmrznutí výparníku). [17]

Zdroj: <http://www.nilan.cz/princip-aktivni-rekuperace.htm>. [17]

2.2 Vzduchotechnické rozvody

Rozvody teplého vzduchu se vedou v podlaze nebo stropěch v tepelných místnostech. Tepelné místnosti jsou pokoje, kam se teplý a čerstvý vzduch přivádí. Je to obývací pokoj, ložnice, pracovna, dětský pokoj atd. V podlaze se teplovzdušný rozvod sestavuje z kanálků o tvaru kvádrů s rozměry 50 x 200 mm. Tyto kanálky jsou zkonstruovány z pozinkovaného kovu nebo se dělají plastové. Systém těchto kanálků je položen na tepelnou izolaci a poté je obložen tepelnou izolací. Je nutné dbát na to, aby byla oddělena podlaha od kanálků nějakou tenkou vrstvou izolace. Vedení ve stropě musí být také velice dobře izolováno, ale už nemusí být ve tvaru kvádrů, ale například válce. Takto projektovaný vzduchotechnický systém se ukládá nad snížený podhled ze sádkokartonu. Otvory ve stěnách pro průchod vzduchotechniky by měly být veliké 200 x 250 mm. Odpadní vzduch se nasává z místností, kde se vyskytuje nejvíce pachů. To je WC, koupelna, chodba, šatna, kuchyně. Nesmí se opomenout minimální mezera mezi dveřmi a podlahou, která slouží k vyrovnávání tlaků v jednotlivých místnostech. Tato mezera by měla být minimálně 8 mm.

2.2.1 Regulace

Regulace tohoto systému se provádí pomocí jednotky NILAN Compact s programovatelným ovladačem CTS 602. V této jednotce je možnost nastavení:

- Aktuálního větracího výkonu.
- Teploty v interiéru, přírodního vzduchu.
- Týdenního rozvrhu.
- Tři variant týdenních rozvrhů (lichý, sudý týden a speciální režim na dovolenou).

Dále v ovladači CTS 602 se zaznamenávají data o provozu celého systému, které pak poskytují důležité informace při poruše nebo servisu.

Jednou z velkých výhod tohoto systému jsou tlačítka pro okamžité provětrání. Tyto spínače je možné rozprostřít v celém objektu. Není omezen jejich počet. Při stisknutí tlačítka se uvede v činnost větrací jednotka o zvýšeném výkonu, který je předem možné naprogramovat. Tyto tlačítka mohou dále obsahovat detektory pohybu, CO₂ atd..

2.3 Sekundární vytápění

Není dobré se spoléhat pouze na jeden zdroj tepelné energie. Je lepší být připraven i na okamžik, kdy se z nějakých důvodů ocitne primární zdroj mimo provoz. Může to být způsobeno poruchou, výpadkem elektrické energie, nebo nevhodným zacházením s nastavením systému. Dalším důležitým faktorem, který se musí brát v úvahu je poddimenzování tepelného čerpadla oproti celkovým ztrátám pasivního sídla. Životnost kompresoru v tepelném čerpadle je závislá na počtu sepnutí, proto by měl být topný výkon tepelného čerpadla vždy o něco nižší, než jsou tepelné ztráty celého domu. Z těchto důvodů je důležité mít k dispozici doplňkové zdroje tepelné energie, které slouží jednak jako rezervní zdroj při výpadku elektrické energie a dále jako sekundární zdroj, který svým výkonem dorovná spolu s primárním zdrojem celkové ztráty objektu. Jako sekundární zdroj se dají využít:

- Topné rohože na elektřinu.
- Krbová kamna, která spalují biomasu.
- Krbová kamna na biolích.
- Elektrické přímotopy.
- Elektrické trubkové sušáky v koupelně.

Z informací uvedených výše je patrné, že se v dnešní době už bez elektrické energie těžko obejdeme. U krbových kamen na biomasu bude problém s regulací výkonu, s komínem a při připojení výměníku na teplou vodu již budeme muset do oběhu připojit také čerpadlo a expanzní nádobu kvůli přehřátí, nebo v zimě zamrznutí.

Nejllepší je instalace krbových kamen na biolích a topných rohoží na elektřinu v místech, kde se v domě nejvíce vyskytujeme. To je obývací pokoj, kuchyně a koupelna. Je dobré tyto tepelné systémy instalovat hlavně ve spodních patrech, protože teplý vzduch stoupá nahoru. U krbových kamen na biolích není potřeba komín, což je velkou výhodou. Navíc je to velice dobrý dekorativní prvek do interiéru. Cena 1 litru biolihu se pohybuje mezi 80 a 140 Kč. Na 1 litr biolihu je možné krb provozovat 3 až 5 hodin.

3. Dimenzování přípojky nn pro napájení rodinného pasivního domu při respektování ČSN IEC

Dalším mým úkolem je návrh a dimenzování přípojky nn pro napájení rodinného pasivního domu při respektování ČSN IEC.

3.1 Dimenzování a kontroly

3.1.1 Vstupní data pro dimenzování kabelu přípojky

Tabulka 3.2.1 Vstupní hodnoty pro tvorbu výpočtu.

| | |
|---|------|
| Soudobost, β (-) | 0,77 |
| Celkový instalovaný příkon, P_i (kW) | 29 |
| Sdružené napětí, U_s (V) | 400 |
| Účinník, $\cos\alpha$ (-) | 0,98 |
| Teplota okolí (země), t (°C) | 20 |
| Přepočítávací koeficient- uložení v zemi, k_1 (-) | 1,1 |
| Přepočítávací koeficient- závislost teploty, k_2 (-) | 1,22 |
| Napájecí proud vedení, I_{NV} (A) | 81 |
| Parametry kabelu | |
| Délka kabelu, l (m) | 10 |
| Průřez jednotlivých vodičů, S (mm ²) | 10 |
| Měrná specifická vodivost, γ_{Cu} (S.m/mm ²) | 56 |
| Rázový zkratový proud zdroje, $I_k^{''}$ (kA) | 3,15 |
| Zdánlivý zkratový výkon, $S_k^{''}$ (MVA) | 54,4 |
| Primární jmenovité napětí transformátoru, U_n (kV) | 22 |
| Jmenovitý výkon transformátoru, S_{RT} (MVA) | 0,4 |
| Sekundární napětí transformátoru, U_{RTLv} (kV) | 0,4 |
| Napětí nakrátko na štítku, u_{KR} (%) | 6 |
| Napětí nakrátko ohmická složka, u_{RR} (%) | 3,2 |
| Přepočítávací koeficient, k (-) | 1,1 |

3.1.2 Celkový instalovaný soudobý příkon, P_{β} (kW)

$$P_{\beta} = P_i \cdot \beta = 29 \cdot 0,77 = 22,33 \text{ kW}$$

K připojení objektu na rozvodnou, distribuční síť použijeme kabel CYKY 4Jx10.

3.1.3 Celkový proud protékající přípojkou, I_p (A)

$$I_p = \frac{P_{\beta}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos\alpha} = \frac{22,33 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 32,89 \text{ A}$$

3.1.4 Maximální jmenovitá hodnota proudu protékajícího kabelem, I_{NP} (A)

$$I_{NP} = \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2} = \frac{32,89}{1,1 \cdot 1,22} = 24,51 \text{ A}$$

3.1.5 Maximální dovolená hodnota proudu protékajícího kabelem, I_{DOV} (A)

$$I_{DOV} = I_{NP} \cdot k_1 \cdot k_2 = 24,51 \cdot 1,1 \cdot 1,22 = 32,89 \text{ A}$$

Zde musí být splněna podmínka, že $I_{NP} < I_{DOV}$, což je splněno, takže kabel CYKY 4Jx10 vyhovuje maximální hodnotě protékajícího proudu.

3.1.6 Kontrola úbytku napětí na kabelu, ΔU (V)

$$\Delta U < 2\% \cdot U_s$$

$$\Delta U < 0,02 \cdot 400$$

$$\Delta U < 8 \text{ V}$$

Úbytek napětí na kabelu CYKY 4Jx10 nesmí přesáhnout hodnotu 2% (8V) ze jmenovitého napětí U_s . Tato hodnota je počítána pro úsek mezi elektroměrovým rozvaděčem a hlavním rozvaděčem. Ověříme, zda kabel CYKY 4Jx10 je vyhovující.

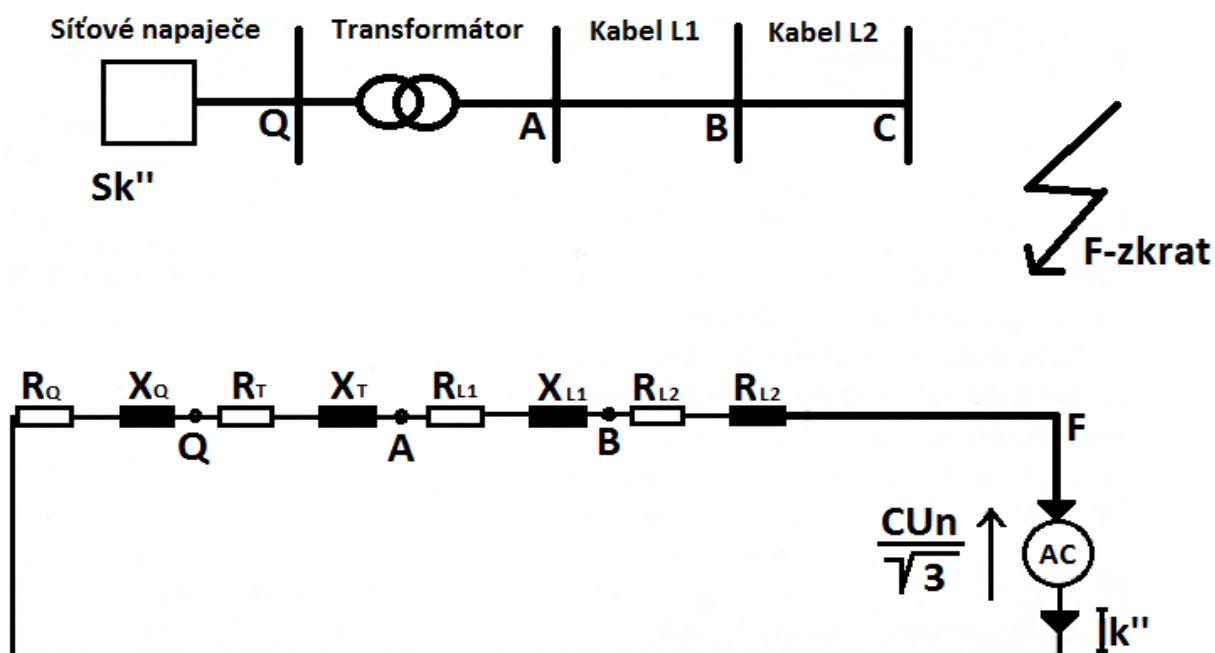
$$\Delta U = \frac{l \cdot P_{\beta}}{\gamma_{Cu} \cdot S \cdot U_s} = \frac{10 \cdot 22330}{56 \cdot 10 \cdot 400} = 0,997 \text{ V} < 8 \text{ V}$$

Tato podmínka byla splněna. Kabel CYKY 4Jx10 je vyhovující z hlediska úbytku napětí.

3.1.7 Návrh jištění přípojky objektů

Hlavní přípojka je jištěna hlavním jističem typu B, který je umístěn před elektroměrem v elektroměrovém rozvaděči. Jističe typu B jsou odporové jističe, které vypínají 3 až 5 násobek zkratového proudu $I_{k''}$ do 0,1s. Hodnota zkratového proudu $I_{k''}$ musí být menší, než je dovolený proud I_{DOV} . Hodnota proudu jističe dle katalogu bude 25 A. V připojovací skříni jako elektrická výzbroj budou nožové pojistky o jmenovité hodnotě 40 A. Dle ČSN IEC

minimálně o jeden stupeň vyšší než je proudová hodnota hlavního jističe. Selektivita je splněna.



Obrázek 3.2.7 Znáornění náhradního schéma obvodu.

3.1.8 Síťový napájecí zdroj

Síťový napájecí zdroj

$$p = \frac{U_n}{400} = \frac{22\,000}{400} = 55$$

Impedance sítě, Z_S (m Ω)

$$Z_S = \frac{c \cdot U_n^2}{S_{K''} \cdot p^2} = \frac{1,1 \cdot 22\,000^2}{54,5 \cdot 10^6 \cdot 55^2} = 3,23 \text{ m}\Omega$$

3.1.9 Transformátor

$$Z_T = \frac{u_{kR}}{100} \cdot \frac{U_{RTLTV}^2}{S_{RT}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{0,4 \cdot 10^6} = 24 \text{ m}\Omega$$

$$R_T = \frac{u_{RR}}{100} \cdot \frac{U_{RTLTV}^2}{S_{RT}} = \frac{3,2}{100} \cdot \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{0,4 \cdot 10^6} = 12,8 \text{ m}\Omega$$

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

3.1.10 Kabelové vedení

Kabel L1

AYKY 4 x 70 mm²

$l_{L1} = 230 \text{ m}$

$R'_{L1} = 0,4423 \text{ }\Omega/\text{km}$

$X'_{L1} = 0,15 \text{ }\Omega/\text{km}$

$R_{L1} = R'_{L1} \cdot l_{L1} = 101,73 \text{ m}\Omega$

$X_{L1} = X'_{L1} \cdot l_{L1} = 34,5 \text{ m}\Omega$

$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} = 107,42 \text{ m}\Omega$$

Kabel L2

CYKY 4J x 10

$l_{L2} = 10 \text{ m}$

$R'_{L2} = 0,7519 \text{ }\Omega/\text{km}$

$X'_{L2} = 0,93 \text{ }\Omega/\text{km}$

$R_{L2} = R'_{L2} \cdot l_{L2} = 7,519 \text{ m}\Omega$

$X_{L2} = X'_{L2} \cdot l_{L2} = 9,3 \text{ m}\Omega$

$$Z_{L2} = \sqrt{R_{L2}^2 + X_{L2}^2} = 11,96 \text{ m}\Omega$$

3.1.11 Celková impedance zkratové smyčky

$$Z_K = Z_S + Z_T + Z_{L1} + Z_{L2} = 3,23 + 24 + 107,42 + 11,96 = 146,61 \text{ m}\Omega$$

3.1.12 Výpočet zkratového proudu

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_S}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 146,61 \cdot 10^{-3}} = 1,73 \text{ kA}$$

Ekvivalentní výpočtový proud

$$k_E = 1 \text{ podle ČSN 33 3015}$$

$$I_{kE} = k_E \cdot I_k'' = 1 \cdot 1,73 = 1,73 \text{ kA}$$

3.1.13 Kontrola na minimální průřez

Při této kontrole vycházíme z podmínky, že $S \geq S_{\min}$

Dle normy ČSN 33 3015 určíme koeficient K, který se volí podle dovolené provozní hodnoty daného vodiče jednak před samotným zkratem a dále podle maximální dovolené teploty po zkratu.

$U_{\text{dovol}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – nesmí být překročena při normálním provozu

$U_K = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – nesmí být nikdy překročena kvůli poškození izolace

$K = 200$

- $t_k = 1 \text{ s}$ - délka trvání zkratu (uvažujeme nejhorší případ)

$$S_{\min} = \frac{I_{kE} \cdot \sqrt{t_k}}{K} = \frac{1,73 \cdot \sqrt{1}}{200} = 8,65 \text{ mm}^2$$

Podmínka pro minimální průřez kabelu je splněna. Kabel CYKY 4Jx10 vyhovuje.

3.2 Výpočtový program OEZ SICHR verze 14.10.

Pro výpočet napájení vybraného pasivního sídla jsem použil po zaregistrování na web OEZ program SICHR verze 14.10. Tento program řeší paprskové sítě TN-C, TN-C-S a IT sítě bez vyvedení pracovního (středního) vodiče ve všech dle ČSN IEC obvyklých napěťových hladinách. Program SICHR ve své databance zahrnuje databázi:

- jisticích a spínacích prvků.
- proudových chráničů vyložených na 30 mA.
- svodičů přepětí.
- databázi transformátorů.
- databázi silových kabelů.

V projektu mého pasivního sídla, jsem v první části namodeloval připojení napájení kabelem k distribuční síti a následně pomocí SW SICHR jsem pak modeloval dimenzování. Nejdříve jsem vypočítal zkratové proudy a porovnal je s mezní vypínací schopností jističů a pojistek. Dále jsem vyhodnotil velikost omezených proudů za omezujícími přístroji. Výsledky jsem použil k posouzení možnosti vzájemného kaskádování. Během výpočtu program kontroluje správnost ochrany proti nadproudům, správnost zvolených proudových chráničů a také přepětových ochran. Využil jsem i jednu z důležitých funkcí programu a to, že jsem posoudil správné dimenzování a ochrany proti nadproudům silových kabelů. Jakmile program SICHR 14. 10. vyhodnotil úbytky napětí na transformátorech, na jednotlivých kabelech a výsledná napětí na jednotlivých vývodech a sběrnicích, bylo vše porovnáno při respektování ČSN IEC s nastaveným maximálně povoleným úbytkem napětí. Dále jsem vyhodnotil selektivitu mezi jednotlivými stupni jištění. Při výpočtu impedanční smyčky jsem bral v úvahu impedanci celého obvodu. Ve zvoleném režimu ekonomické optimalizace byl pak stanoven ekonomicky optimální průřez vedení a to jak z pohledu minimalizace součtu pořizovacích a provozních nákladů, tak i celkových nákladů během životnosti.

Kromě technických parametrů vložených prvků, se v mých schématech označených DP-2015 vypisují výsledky, které souvisejí:

- se selektivitou.
- s impedancí.
- s optimalizací.
- a vypisují se i jednotlivé charakteristiky, které jsou součástí dimenzování.



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martínek

Autor : Bc. Zbyněk Martínek

Všeobecné informace a soupiska materiálu

DP-2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce

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.

Soupiska strojů, přístrojů a vodičů

Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení.

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu.

Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu.

| | | |
|------|---|-------|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40, In = 361 A, Sr = 250 kVA | 1 ks |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 | 20 m |
| 1Q3 | BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE | 1 ks |
| 1F5 | * FD1-3... | 1 ks |
| 1F5 | PHNA1 125A gG | 3 ks |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 | 230 m |
| 1F7 | * S3PB00... | 1 ks |
| 1F7 | PHNA000 40A gG | 3 ks |
| 1L8 | CYKY4x10 | 3 m |
| 1Q9 | LPN-25B-3 | 1 ks |
| 1L10 | CYKY4x10 | 10 m |

Výpočet DP – 2015 - 1, všeobecné informace pro dimenzování a soupiska materiálu



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martínek

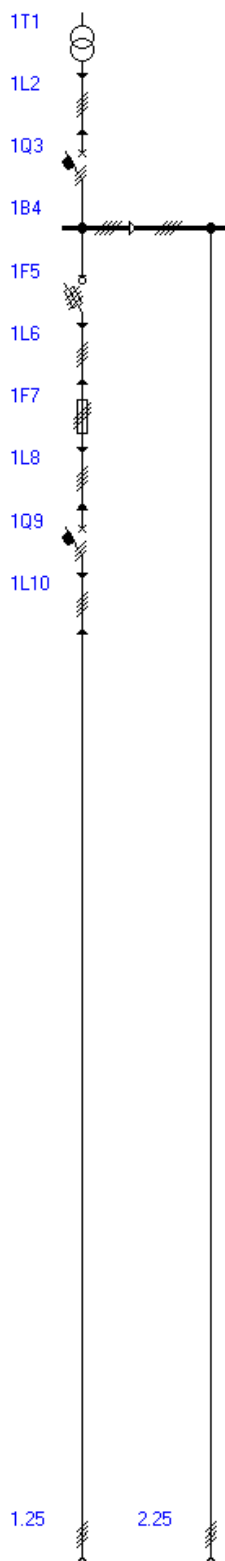
Celkové schéma

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce 2015

Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$



Výpočet DP – 2015 – 2, celkové schéma reprezentující přípojku pro napájení



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martinec

Přehled parametrů a výpočtů (TN, Un = 230 / 400 V)

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce

| | | | |
|-------------|--|--|--|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40 U ₂ = 231/400 V S _r = 250 kVA I _n = 361 A uk = 4 % dU = 0.2 % | I _k ' = 8.91 kA ip = 16.1 kA | Parametry VN sítě : Sk = 500 MVA, X/R = 10 |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 I _z = 607 A t _m = 70 ° C dU = 0.0 % I _{2t} < k2S2 | I _k ' = 8.65 kA ip = 15.6 kA | 5 m ve vzduchu (F) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1 |
| 1Q3 | BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE I _n = 630 A I _R = 361 A | I _{cu} = 36 kA ip = 15.6 kA | I _i = 4512.50 A Z _s (30s) = 183 mΩ (I _a = 1.20 kA) |
| 1B4 | Sběrnice B = 1 U = 399 V (U _n - 0.2%) | I _k ' = 8.65 kA ip = 15.6 kA | O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (27.8 mΩ < 183 mΩ) |
| 1F5 | PHNA1 125A gG I _n = 125 A | I _{cc} = 120 kA io = 8.03 kA | Připojeno pomocí FD1 Z _s (30s) = 519 mΩ (I _a = 423 A) 1Q3-1F5 zaručena plná selektivita |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 I _z = 183 A t _m = 21 ° C dU = 1.1 % I _{2t} < k2S2 | I _k ' = 1.91 kA ip = 2.76 kA | 230 m v zemi (D) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (246 mΩ < 519 mΩ) Teplota okolí [st. C] : 20 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1 |
| 1F7 | PHNA000 40A gG I _n = 40 A | I _l = 120 kA io = 2.22 kA | Připojeno pomocí SPB00 Z _s (30s) = 1.91 Ω (I _a = 115 A) 1F5-1F7 zaručena plná selektivita |
| 1L8 | CYKY4x10 I _z = 60 A t _m = 41 ° C dU = 0.1 % I _{2t} < k2S2 | io = 2.20 kA | 3 m ve vzduchu (E) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (252 mΩ < 1.91 Ω) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně Počet lávek, žebříků či roštů : 1 |
| 1Q9 | LPN-25B I _n = 25 A | I _{cn} = 10 kA io = 2.20 kA I _{cm} = 17 kA | I _i = 112.50 A Z _s (30s) = 3.48 Ω (I _a = 63 A) 1F7-1Q9 selektivní minimálně do 620 A |
| 1L10 | CYKY4x10 I _z = 64.3 A t _m = 32 ° C dU = 0.2 % I _{2t} < k2S2 | io = 2.15 kA | 10 m v zemi (D) O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (294 mΩ < 3.48 Ω) Teplota okolí [st. C] : 20 Měrný tepelný odpor [K.m ² /W] : 0.7 = vlhká půda Uspořádání seskupených obvodů : 1 x v trubkách v zemi |
| 1.25 | Vývod I = 25 A x B = 25 A cos φ = 0.95 I = 25.0 A B = 1 U = 394 V (U _n - 1.5%) | io = 2.15 kA | O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (294 mΩ < 3.48 Ω) |
| 2.25 | Vývod S = 0 VA U = 399 V (U _n - 0.2%) | I _k ' = 8.65 kA ip = 15.6 kA | O.K. Z _{sv} < Z _s (30s) (27.8 mΩ < 183 mΩ) |

Výpočet DP – 2015 – 3, přehled vstupních dat, parametrů a výpočtů nutných pro připojení.



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martínek
Selektivita jištění

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce
Sít TN, Un = 230 / 400 V

| Zapojení | Přístroj | Poznámka |
|----------|--|----------|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40 In = 361 A Sr = 250 kVA Ik''= 8.91 kA U2 = 231/400 V dU = 0.2 % uk = 4 % ip = 16.1 kA | |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 Iz = 607 A tm = 70 ° C Ik''= 8.65 kA 5 m ve vzduchu (F) dU = 0.0 % I ² t < k ² S ² ip = 15.6 kA | |
| 1Q3 | BH630N-DTVE In = 630 A IR = 361 A Icu = 36 kA li = 4512.50 A ip = 15.6 kA | |
| 1B4 | Sběrnice B = 1 Ik''= 8.65 kA U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 15.6 kA | |
| 1F5 | PHNA1qG In = 125 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FD1 1Q3-1F5 zaručena plná selektivita | |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 Iz = 183 A tm = 21 ° C Ik''= 1.91 kA 230 m v zemi (D) dU = 1.1 % I ² t < k ² S ² ip = 2.76 kA | |
| 1F7 | PHNA000qG In = 40 A I1 = 120 kA Připojeno pomocí SPB00 1F5-1F7 zaručena plná selektivita | |
| 1L8 | CYKY4x10 Iz = 60 A tm = 41 ° C 3 m ve vzduchu (E) dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² io = 2.20 kA | |
| 1Q9 | LPN-25B In = 25 A Icm = 17 kA li = 112.50 A 1F7-1Q9 selektivní minimálně do 620 A | |
| 1L10 | CYKY4x10 Iz = 64.3 A tm = 32 ° C 10 m v zemi (D) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 2.15 kA | |
| 1.25 | Vývod I = 25 A xB = 25 A cos fi = 0.95 I = 25.0 A U = 394 V (Un - 1.5%) B = 1 io = 2.15 kA | |

Výpočet DP – 2015 – 4, splněná selektivita jištění pro daný pasivní dům.



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martínek
Impedanční smyčky

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce
 Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

| Zapojení | Přístroj | Poznámka |
|----------|---|----------|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40 $I_n = 361 \text{ A}$ $S_r = 250 \text{ kVA}$ $I_k' = 8.91 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $i_p = 16.1 \text{ kA}$ | |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 $I_z = 607 \text{ A}$ $t_m = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k' = 8.65 \text{ kA}$ 5 m ve vzduchu (F) $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1Q3 | BH630N-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_R = 361 \text{ A}$ $I_{cu} = 36 \text{ kA}$ $l_i = 4512.50 \text{ A}$ $Z_s(30s) = 183 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 1.20 \text{ kA}$) $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1B4 | Sběrnice $B = 1$ $I_k' = 8.65 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($27.8 \text{ m}\Omega < 183 \text{ m}\Omega$) $U = 399 \text{ V}$ ($U_n - 0.2\%$) $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1F5 | PHNA1qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FD1 $Z_s(30s) = 519 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 423 \text{ A}$) $i_o = 8.03 \text{ kA}$ | |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 $I_z = 183 \text{ A}$ $t_m = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k' = 1.91 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($246 \text{ m}\Omega < 519 \text{ m}\Omega$) $dU = 1.1 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 2.76 \text{ kA}$ | |
| 1F7 | PHNA000qG $I_n = 40 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB00 $Z_s(30s) = 1.91 \text{ }\Omega$ ($I_a = 115 \text{ A}$) $i_o = 2.22 \text{ kA}$ | |
| 1L8 | CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 41 \text{ }^\circ\text{C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($252 \text{ m}\Omega < 1.91 \text{ }\Omega$) $dU = 0.1 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_o = 2.20 \text{ kA}$ | |
| 1Q9 | LPN-25B $I_n = 25 \text{ A}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $l_i = 112.50 \text{ A}$ $Z_s(30s) = 3.48 \text{ }\Omega$ ($I_a = 63 \text{ A}$) $i_o = 2.20 \text{ kA}$ | |
| 1L10 | CYKY4x10 $I_z = 64.3 \text{ A}$ $t_m = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($294 \text{ m}\Omega < 3.48 \text{ }\Omega$) $dU = 0.2 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_o = 2.15 \text{ kA}$ | |
| 1.25 | Vývod $I = 25 \text{ A}$ $x_B = 25 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(30s)$ ($294 \text{ m}\Omega < 3.48 \text{ }\Omega$) $I = 25.0 \text{ A}$ $U = 394 \text{ V}$ ($U_n - 1.5\%$) $B = 1$ $i_o = 2.15 \text{ kA}$ | |

Výpočet DP – 2015 – 5, výpočet impedance smyčky pro daný vývod.



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martinec
Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce
 Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

| Zapojení | Přístroj | Poznámka |
|----------|--|----------|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40 $I_n = 361 \text{ A}$ $S_r = 250 \text{ kVA}$ $I_k'' = 8.91 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 0.2 \%$ $u_k = 4 \%$ $i_p = 16.1 \text{ kA}$ | |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 $I_z = 607 \text{ A}$ $t_m = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 8.65 \text{ kA}$ 5 m ve vzduchu (F) $dU = 0.0 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1Q3 | BH630N-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_R = 361 \text{ A}$ $I_{cu} = 36 \text{ kA}$ $I_i = 4512.50 \text{ A}$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1B4 | Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 8.65 \text{ kA}$ $U = 399 \text{ V}$ ($U_n \cdot 0.2\%$) $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1F5 | PHNA1qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FD1 $i_o = 8.03 \text{ kA}$ | |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 $I_z = 183 \text{ A}$ $t_m = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 1.91 \text{ kA}$ 230 m v zemi (D) $dU = 1.1 \%$ $I^2t < k^2S^2$ $i_p = 2.76 \text{ kA}$ | |
| 1F7 | PHNA000qG $I_n = 40 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB00 $i_o = 2.22 \text{ kA}$ | |
| 1L8 | CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 41 \text{ }^\circ\text{C}$ $i_o = 2.20 \text{ kA}$ 3 m ve vzduchu (E) $dU = 0.1 \%$ $I^2t < k^2S^2$ | |
| 1Q9 | LPN-25B $I_n = 25 \text{ A}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $I_i = 112.50 \text{ A}$ $i_o = 2.20 \text{ kA}$ | |
| 1L10 | CYKY4x10 $I_z = 64.3 \text{ A}$ $t_m = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ $i_o = 2.15 \text{ kA}$ 10 m v zemi (D) $dU = 0.2 \%$ $I^2t < k^2S^2$ | |
| 1.25 | Vývod $I = 25 \text{ A} \times B = 25 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 25.0 \text{ A}$ $U = 394 \text{ V}$ ($U_n \cdot 1.5\%$) $B = 1$ $i_o = 2.15 \text{ kA}$ | |

Výpočet DP – 2015 – 6, vypínací charakteristiky a nastavení spouští pro daný pasivní dům.



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martínek
Ekonomická optimalizace

DP -2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce
Síť TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

| Zapojení | Přístroj | Poznámka |
|----------|---|------------------------|
| 1T1 | SGB DOTN 250H 22/0.40 $I_n = 361 \text{ A}$ $S_r = 250 \text{ kVA}$ $I_k'' = 8.91 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 0.2 \%$ $u_k = 4 \%$ $i_p = 16.1 \text{ kA}$ | |
| 1L2 | 1-CHBU 1x240+120 $I_z = 607 \text{ A}$ | |
| 1Q3 | BH630N-DTVE $I_n = 630 \text{ A}$ $I_R = 361 \text{ A}$ $I_{cu} = 36 \text{ kA}$ $I_i = 4512.50 \text{ A}$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1B4 | Sběrnice $B = 1$ $I_k'' = 8.65 \text{ kA}$ $U = 399 \text{ V} (U_n \cdot 0.2\%)$ $i_p = 15.6 \text{ kA}$ | |
| 1F5 | PHNA1qG $I_n = 125 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ $i_o = 8.03 \text{ kA}$ | Připojeno pomocí FD1 |
| 1L6 | 1-AYKY 4x70 $I_z = 183 \text{ A}$ | |
| 1F7 | PHNA000qG $I_n = 40 \text{ A}$ $I_l = 120 \text{ kA}$ $i_o = 2.22 \text{ kA}$ | Připojeno pomocí SPB00 |
| 1L8 | CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ | |
| 1Q9 | LPN-25B $I_n = 25 \text{ A}$ $I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $I_i = 112.50 \text{ A}$ $i_o = 2.20 \text{ kA}$ | |
| 1L10 | CYKY4x10 $I_z = 64.3 \text{ A}$ | |
| 1.25 | Vývod $I = 25 \text{ A} \times B = 25 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 25.0 \text{ A}$ $U = 394 \text{ V} (U_n \cdot 1.5\%)$ $B = 1$ $i_o = 2.15 \text{ kA}$ | |

Výpočet DP – 2015 – 7, ekonomická optimalizace připojení na distribuční síť.

3.3 Zhodnocení návrhu a výpočtu přípojky pro napájení pasivního sídla

Ve své diplomové práci v kapitole třetí jsem provedl výpočet dimenzování přípojky pro napájení objektu klasickým způsobem. Výsledky jsou srovnatelné s následným výpočtem a vlastním návrhem dle programu SICHR 14.10.

Jakmile program SICHR verze 14. 10. vyhodnotil úbytky napětí na transformátorech, na jednotlivých kabelech a výsledná napětí na jednotlivých vývodech a sběrnicích, bylo vše porovnáno při respektování ČSN IEC s nastaveným maximálně povoleným úbytkem napětí. Dále jsem vyhodnotil selektivitu mezi jednotlivými stupni jištění. Při výpočtu impedanční smyčky jsem bral v úvahu impedanci celého obvodu. Ve zvoleném režimu ekonomické optimalizace byl pak stanoven ekonomicky optimální průřez vedení, a to jak z pohledu minimalizace součtu pořizovacích a provozních nákladů, tak i celkových nákladů během životnosti.

Můj projekt připojení pasivního rodinného sídla na distribuci nízkého napětí jsem zpracoval v AutoCADU 2015 a je součástí přílohy DP 2015.

Příloha č. 4 – Situační plán připojení zvoleného pasivního rodinného sídla.

Příloha č. 5 – Schéma uzemnění.

Příloha č. 6 – Přehledové schéma napájení.

Příloha č. 7 – Projekt střecha – pasivní dům.

Příloha č. 5 – Schéma uzemnění.

Příloha č. 6 – Přehledové schéma napájení.

Příloha č. 7 – Projekt střecha – pasivní dům.

Příloha č. 8 – Vzorový příčný řez výkopem

Příloha č. 9 – Souběh kabelu nn s inženýrskými sítěmi

Příloha č. 10 – Křížení kabelu nn a vn s inženýrskými sítěmi

Grafické přílohy, které jsou výstupem výpočtu dle SW SICHR 14.10. :

Příloha č. 11 – Výpočet DP – 2015 Nastavení nadproudových spouští.

Příloha č. 12 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, selektivita jištění, paprsek 1.

Příloha č. 13 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, impedanční smyčky, paprsek 1.

Příloha č. 14 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, paprsek 1.

4. Návrh ochrany před atmosférickým přepětím při respektování ČSN EN 62305-1 až 3 pro rodinný pasivní dům

4.1 Ochrana před atmosférickým přepětím

Tato kapitola se zabývá často podceňovanou nicméně z mnoha pohledů značně důležitou částí projektové dokumentace každého rodinného sídla či stavby objektu obecně. Postup návrhu ochrany při respektování souboru norem platících v ČR od února 2009, ČSN EN 62305-1 až 3 spočívá v zasazení rodinného sídla či objektu jako takového do určité třídy ochrany před bleskem (LPS-1 až LPS-4) definující požadavky na určení rizika, návrhu a provedení ochrany před bleskem včetně vlastní jímací soustavy. Ve své diplomové práci jsem vypracoval projekt ochrany před bleskem pro vybraný pasivní dům. Kontrolní výpočty, kterými se dokáže nebo vyvrátí dostatečná vzdálenost ochrany pro projektovaný objekt v mém případě zvolený pasivní dům, vyhovují všem požadavkům národní normy ČSN EN 62305-1 až 3. Vlastní projektová dokumentace se dělí:

- Uzemňovací soustava
- Jímací soustava

Tyto dvě části jsou v mém projektu zpracovány společně, neboť tvoří jeden nedílný celek, ale realizace při stavbě objektů je ze samé podstaty stavebních prací oddělená.

4.2 Zásady správného návrhu ochrany před atmosférickým přepětím

Fyzikální povaha výboje a přepětí vyžaduje při návrhu či projektu dodržovat a respektovat normy ČSN EN 62305-1 až 3, která přinesla do technické praxe definici atmosférického výboje. Za hlavní zásady správného návrhu považujeme:

- Návrh a instalace zařízení komplexní ochrany před atmosférickým výbojem a všemi druhy tranzientních přepětí.
- Realizace komplexního stínění celého rodinného sídla či všech kovových konstrukcí a betonových armatur.
- Mezi hlavní zásady zahrnujeme též stanovení možného rizika a respektování zón bleskové ochrany.
- Do projektů je nutné vždy zahrnout již existující zařízení ochrany před atmosférickým přepětím od celkové soustavy vyrovnání potenciálu u chráněného objektu (v mém případě pasivního rodinného sídla).

- Ve vlastním výpočtu je nutné respektovat dodržení bezpečnostních a oddělovacích vzdáleností.

4.3 Vnější ochrana před bleskem

Filosofií této vnější ochrany je vždy bezpečně zajistit všechny údery blesku, které směřují do staveb. Je nutné vytvořit kanál (trasu) pro usměrnění toku energie tohoto typu, až k zemskému povrchu a následně jej rozptýlit do země. Při dodržení normy ČSN EN 62305-1 až 3 pak vnější ochrana, která zahrnuje jímací zařízení, svody i uzemňovací soustavu splňuje bezpečné předpoklady pro provoz veškerých částí hromosvodů.

4.4 Hromosvody a jejich hlavní části

Hromosvod zásadněji tvoří vodivou cestu pro svedení blesků a to vždy od místa zásahu blesku do země (tj. zemnicí tyče, zemnicího pásku či zemnicí desky). Tato cesta musí být naprojektována a následně vyřešena tak, aby výboj byl sveden bez jakéhokoliv následku do země. Hromosvod má tyto části:

- Jímací zařízení (ochranný jímač) – toto zařízení slouží k zachycení blesků a nejčastěji je umístěno v nejvyšším bodě chráněného objektu.
- Svody – jsou to vodící cesty od jímačů k uzemnění.
- Uzemnění – za uzemnění považujeme zařízení, které zajišťuje přechod blesku do země bez následků na chráněném objektu a jeho okolí.

Při projektování ochrany před bleskem, není podmínkou navrhnout celé zařízení strojené či náhodné, ale můžeme použít kombinaci těchto částí. V každém případě je však nutné držet celistvost a návaznost jímač – svod – uzemnění - vodivé spojení - nutný průřez. Na vedení a svody se mohou použít pouze tyto materiály:

- Pozinkovaná ocel pro vodiče a svody nejsou-li vystaveny korozivním vlivům. Pro vedení nad zemí FeZn s průměrem 8 mm, pro vedení v zemi FeZn s průměrem 10 mm nebo FeZn pásy s rozměrem 4x30mm.
- Měděné vodiče – drát s průměrem 6 a 8 mm, měděné lano můžeme projektovat pouze na nadzemní část hromosvodu v místech, kde je zvýšená koroze vlivem ovzduší.
- Hliníkové vodiče s průměrem 10 mm se používají pouze v nadzemní části, kde korozní vliv u hliníku bude velice malý. V prostoru nad zemí je možné též projektovat AlFe lano nebo hliníkový pásek s rozměrem 4x20mm. Norma ČSN EN 62305-1 až 3

při projektování a následné konstrukci uzemnění stanovuje, že odpor R_z jednoho svodu musí být do 10Ω včetně.

4.5 Umístění hromosvodů, druhy jímacích zařízení a ochranné zóny (LPZ)

Podle umístění rozlišujeme tyto hromosvody:

- Běžné hromosvody
- Hromosvody ve zvláštních případech
- Normální svody
- Zesílené svody

Podle charakteru a typu objektu (sídla) nazýváme tyto soustavy hromosvodů

- Hřebenová soustava
- Mřížová soustava
- Tyčový hromosvod
- Oddálený hromosvod – stožárový, závěsový či klecový

Všechny výše uvedené soustavy můžeme kombinovat. Při projektování je tvar a druh střechy vždy základem pro volbu hromosvodu. Nejčastěji má střecha tvar sedlový (stanový, či typu A), valbový, kombinovaný s různými průniky krovů nebo jsou to střechy s minimálním sklonem 12%.

Druhy materiálů používaných při stavbě hromosvodů:

- Strojené jímače se vyrábějí jako plné ocelové tyče pozinkované v ohni FeZn
- Pomocné jímače se vyrábějí z ocelového pozinkovaného drátu FeZn v průměru 8 a 10 mm.

Ochranné zóny (LPZ) jsou dle normy ČSN EN 62305-1 až3 rozděleny do 3 stupňů:

1. Rozhraní LPZ 0 a LPZ 1 - montuje se zpravidla do hlavní domovní skříně (HDS) či pojistkové skříně. Jedná se o svodiče bleskových proudů třídy B, zkoušené rázovou vlnou 10/350 μ s.
2. Rozhraní LPZ 1 a LPZ 2 - montuje se do podružných rozvaděčů. Jedná se o svodiče přepětí třídy C, zkoušené rázovou vlnou 8/20 μ s.
3. Rozhraní LPZ 2 a LPZ 3 - instaluje se co nejbližší k citlivým chráněným technologiím ve vlastním rodinném sídle, jsou to svodiče přepětí třídy D, které jsou zkoušeny rázovou vlnou 8/20 μ s.

4.6 Návrh ochrany před bleskem pro zadaný pasivní dům

Pro čtvrtý bod mé diplomové práce jsem si v lednu 2013 u firmy DEHN+SÖHNE v Neumarktu v BRD, po absolvování odborného semináře (viz. příloha č. 1) rozšířil své odborné znalosti, které jsem využil při návrhu a dále při zpracování vlastního projektu ochrany před bleskem u zvoleného pasivního sídla.

4.7 Výpočtový program DEHNSupport Toolbox

Při návrhu jsem respektoval požadavky národní normy ČSN EN 62305-1 až 3. Využil jsem možnost zpracování projektu dle SW DEHSupport Toolbox, který Katedra elektroenergetiky a ekologie dostala od firmy s 20 plovoucími licencemi darem, pro podporu odborné výuky studentů. Výpočtový program DEHNSupport Toolbox pro ochranu před bleskem (software řízení rizik) dle platné normy v ČR od 2/2009 při návrhu řeší:

1. Řízení rizika.
2. Výpočet dostatečné vzdálenosti s .
3. Určení délky jímacích tyčí.
4. Výpočet minimální délky zemničů.

Návrh a výpočet dále zahrnuje vlastní stavbu rodinného sídla či stavbu zcela obecně. Definuje vnější a vnitřní zóny ochrany před atmosférickým přepětím. Následně výpočtový program řeší inženýrské sítě, volbu činitelů a stínění. Zabývá se také definicí ztrát lidských životů a pro vlastní ocenění zpracovává data do přehledných tabulek a grafů. Výpočtový program řeší i ocenění ekonomických nákladů ochrany před bleskem a provádí výpočet dostatečné vzdálenosti s . V poslední fázi navrhne jímací soustavu a provede kontrolu zemničů.

4.8 Výpočet dostatečné vzdálenosti

Dle vstupních dat pro výpočet dostatečné vzdálenosti, které jsem zadal pro zvolený pasivní dům do programu DEHNSupport Toolbox jsem na výstupu vygeneroval konečné návrhy číslo 4. 2. A, B, C respektující mezinárodní normu ČSN EN 62305-1 až 3.

4.9 Projekt ochrany před bleskem

Při respektování výše uvedeného výpočtu jsem po zadání vstupních dat a volbě rizika zpracoval projekt ochrany před bleskem. V příloze číslo 4 až 8 – výkres AutoCAD 2015 (E - 4) Projekt střecha – pasivní dům své diplomové práce je nakreslen v AutoCADU 2015 vlastní projekt ochrany před bleskem.

Výpočet dostatečné vzdálenosti

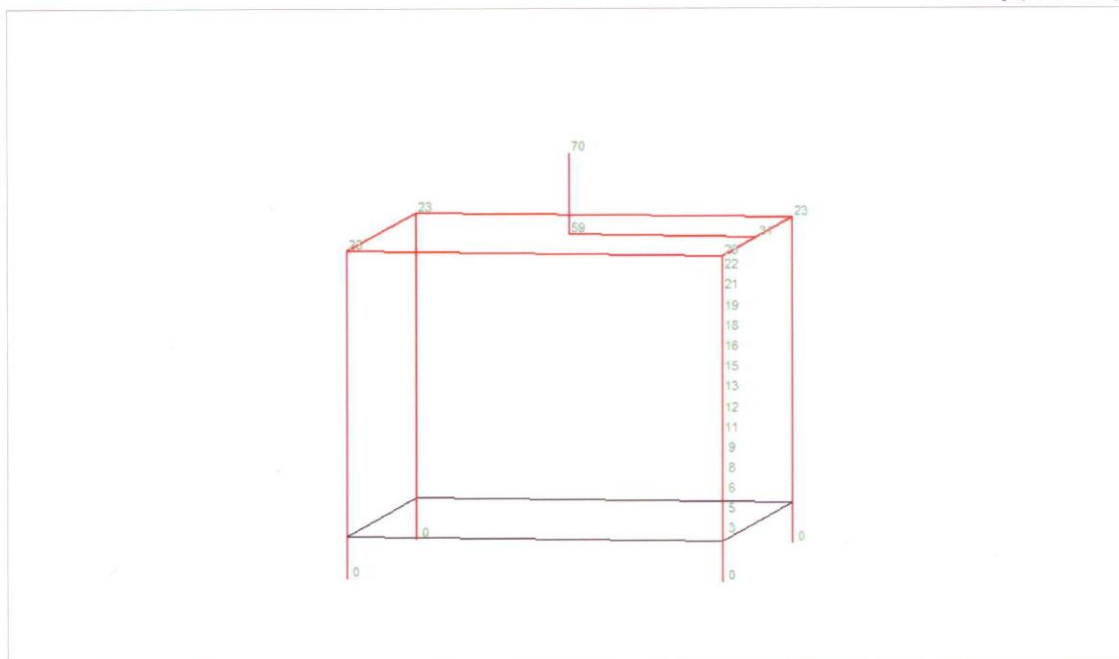
Datum: 12. 3. 2015

Provedeno dle mezinárodní normy: ČSN EN 62305-3:2012-01
Číslo zákazníka/projektu.: Martínek Zbyněk / Projekt rodinného sídla

Projektant/montážní firma:

Společnost: Bc. Zbyněk Martínek
Název: DP 2015
Ulice:
PSČ:
Telefon:

4 svody (DEHNiso)



Aktuální zobrazení: Celková stavba (3D)
Údaje o dostatečné vzdálenosti v cm

Zákazník/objednatel:

Číslo zákazníka: Martínek Zbyněk
Jméno:
Ulice:
PSČ: --

Údaje pro výpočet:

Volba třídy ochrany před bleskem: III
Proudové zatížení: 100 kA
 k_m - Izolační hodnota k_m : 0.7
Úroveň potenciálu: 0 m

Projekt:

Číslo projektu: Projekt rodinného sídla
Název projektu: Zbyněk Martínek
Ulice:
PSČ: --

Verze DEHN Distance Tool 14/31 (3.002); © Copyright 2011 DEHN + SÖHNE

Návrh číslo 4. 2. A - Výpočet dostatečné vzdálenosti.

Výpočet dostatečné vzdálenosti

Datum: 12. 3. 2015

Provedeno dle mezinárodní normy: ČSN EN 62305-3:2012-01

Číslo zákazníka/projektu.: Martínek Zbyněk / Projekt rodinného sídla

Projektant/montážní firma:

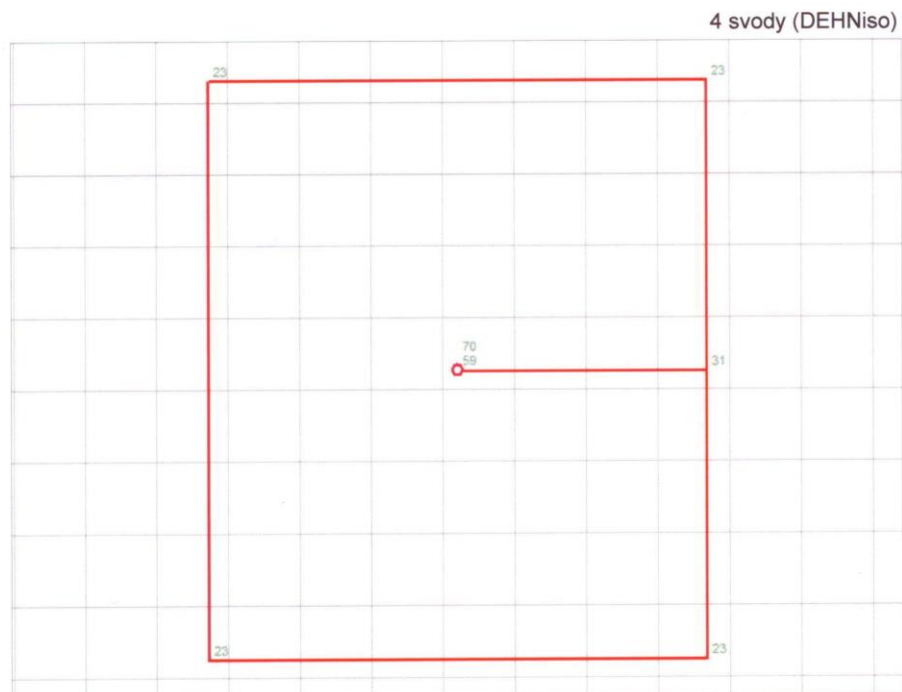
Společnost: Bc. Zbyněk Martínek

Název: DP 2015

Ulice:

PSČ:

Telefon:



Aktuální zobrazení: Hlavní stavba / nahoře
Údaje o dostatečné vzdálenosti v cm

Šířka rastru 1.37 m

Zákazník/objednatel:

Číslo zákazníka: Martínek Zbyněk

Jméno:

Ulice:

PSČ: --

Údaje pro výpočet:

Volba třídy ochrany před bleskem: III

Proudové zatížení: 100 kA

k_m - Izolační hodnota km: 0.7

Úroveň potenciálu: 0 m

Projekt:

Číslo projektu: Projekt rodinného sídla

Název projektu: Zbyněk Martínek

Ulice:

PSČ: --

Rozměry budovy:

Délka: 9.5 m

Šířka: 11 m

Výška: 7 m

Verze DEHN Distance Tool 14/31 (3.002); © Copyright 2011 DEHN + SÖHNE

Návrh číslo 4. 2. B - Výpočet dostatečné vzdálenosti, pohled horní.

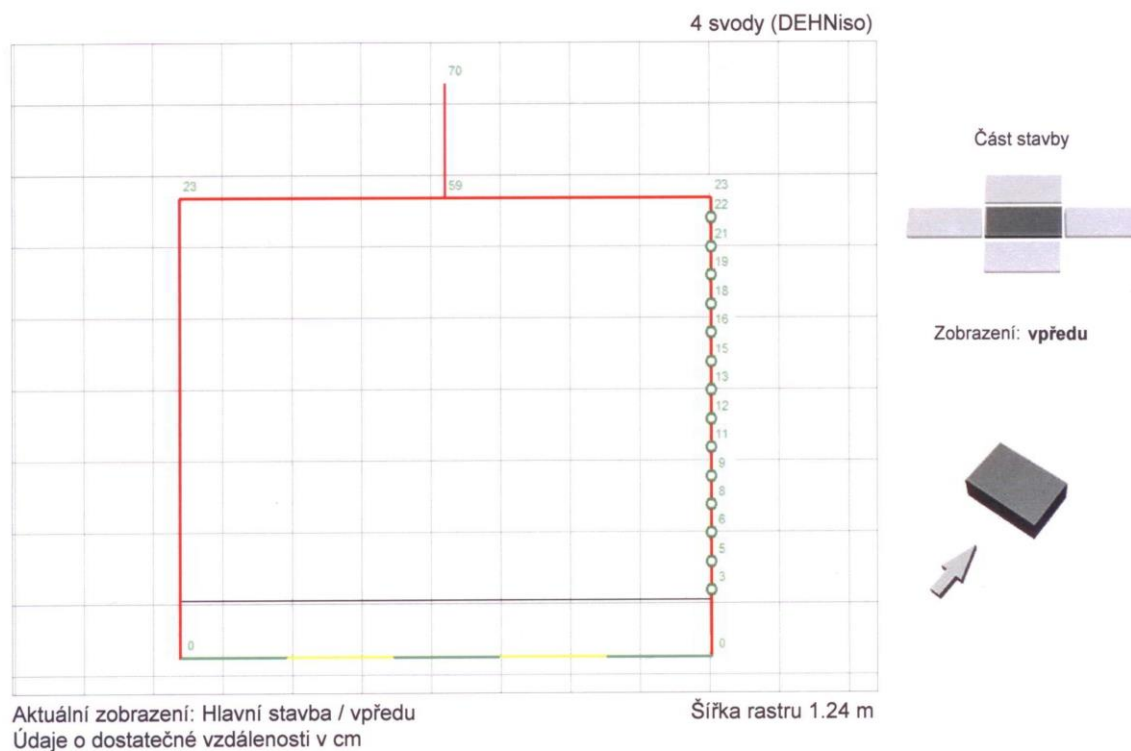
Výpočet dostatečné vzdálenosti

Datum: 12. 3. 2015

Provedeno dle mezinárodní normy: ČSN EN 62305-3:2012-01
Číslo zákazníka/projektu.: Martínek Zbyněk / Projekt rodinného sídla

Projektant/montážní firma:

Společnost: Bc. Zbyněk Martínek
Název: DP 2015
Ulice:
PSČ:
Telefon:



Zákazník/objednatel:

Číslo zákazníka: Martínek Zbyněk
Jméno:
Ulice:
PSČ: --

Údaje pro výpočet:

Volba třídy ochrany před bleskem: III
Proudové zatížení: 100 kA
km - Izolační hodnota km: 0.7
Úroveň potenciálu: 0 m

Projekt:

Číslo projektu: Projekt rodinného sídla
Název projektu: Zbyněk Martínek
Ulice:
PSČ: --

Rozměry budovy:

Délka: 9.5 m
Šířka: 11 m
Výška: 7 m

Verze DEHN Distance Tool 14/31 (3.002); © Copyright 2011 DEHN + SÖHNE

Návrh číslo 4. 2. C - Výpočet dostatečné vzdálenosti, pohled přední.

4.10 Zhodnocení návrhu a výpočtu ochrany před bleskem.

Při návrhu jsem si ověřil, že stanovení rizika, dostatečná vzdálenost ochrany, počet svodů a vlastní navržené uzemnění pro projektovaný objekt v mém případě zvolený pasivní dům, vyhovuje všem požadavkům národní normy ČSN EN. Správnost mého návrhu jsem si dále ověřil a porovnal při výpočtu pomocí SW DEHNSupport Toolbox. Výsledky byly shodné s mým projektem.

5. Návrh vytápění a větrání s ohledem na životní prostředí

5.1 Zrealizovaný návrh vytápění a větrání v pasivním domě

V kapitole č. 2 jsem se zabýval obecným pohledem na větrání a vytápění. Popsaný návrh byl realizován v pasivním domě, který je znázorněn na fotografii viz. obrázek 5. 1. 1.. V tomto domě byla naistalována kompaktní jednotka NILAN VP 18 K WT jako primární zdroj tepelné energie, která je znázorněna obrázku 5. 1. 2.. Jako další zdroj vytápění zde byly instalovány topné rohože AEG do podlahy a malá krbová kamna na bioláh. Pro tento dům jsem rovněž navrhoval prostřednictvím softwaru DEHsupport Toolbox ochranu proti atmosférickému přepětí a přípojku nn. Pasivní rodinné sídlo je provozováno již čtvrtý rok a jeho majitelé mi poskytli drahocenné informace o spotřebě energie na vytápění, přípravu teplé užitkové vody a přehled o celkových provozních nákladech tohoto rodinného objektu za rok. Tyto důležité informace byly nezbytné pro stanovení, výpočet a porovnání energetické bilance a pro vlastní dokončení mé diplomové práce. Pro své výpočty jsem vycházel z tabulek 5.2.1., 5.2.2., 5.3.1., 5.3.2., 5.3.3..

Dne 25. 2. 2015 jsem provedl u tohoto rodinného sídla měření (monitoring) termokamerou zapůjčenou na Katedře elektroenergetiky a ekologie. Vlivem počasí a sjednaného termínu měření s majitelem byla fasáda daného pasivního rodinného sídla naakumulovaná, proto pořízené fotky nejsou pro daný pasivní objekt vypovídající. Mé fotky jsou součástí přílohy DP.

Příloha č. 2 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – celkový pohled

Příloha č. 3 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – pohled z boku



Obrázek 5. 1. 1. Znárodnění reálného pasivního domu, kde byl takový návrh zrealizován a odkud byly poskytnuty informace.



Obrázek 5. 1. 2. Znárodnění reálné kompaktní jednotky NILAN.

5.2 Ekonomická bilance primárního tepelného zdroje

Tabulka 5.2.1. Pořizovací cena kompaktní jednotky NILAN VP 18 K WT.

| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|--|-----------------|-------------------------|------------------------|
| Kompaktní jednotka NILAN VP 18 K WT | 1 | 149 500 | 149 500 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 149 500 | |
| Celkem s DPH (Kč), (10 % DPH) | | 164 450 | |

Tabulka 5.2.2. Pořizovací cena vzduchotechnických rozvodů.

| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|
| Přetlaková žaluzie PTZ 200 | 1 ks | 1 440 | 1 440 |
| Proti-dešťová žaluzie PTZ 200 | 1 ks | 1 310 | 1 310 |
| Dýza, průměr 125 | 2 ks | 1630 | 3260 |
| Talířový ventil TVKP 125 | 4 ks | 230 | 920 |
| Talířový ventil TVKO 125 | 4 ks | 230 | 920 |
| Tlumič hluku LDC 160/600 | 1 ks | 2 100 | 2 100 |
| Regulační klapka KK-N/R 160 | 2 ks | 500 | 1 000 |
| Regulační klapka KK-N/R 125 | 6 ks | 510 | 3 060 |
| Ohebná hadice, průměr 160 | 15 m | 200 | 3 000 |
| Ohebná hadice, průměr 125 | 11 m | 150 | 1 650 |
| Potrubí, průměr 200 | 2 m | 180 | 360 |
| Potrubí, průměr 160 | 22 m | 150 | 3 300 |
| Potrubí, průměr 125 | 20 m | 120 | 2 400 |
| Izolace spiro potrubí, průměr 200 | 3 m | 175 | 520 |
| Izolace spiro potrubí, průměr 160 | 22 m | 155 | 3 410 |
| Izolace spiro potrubí, průměr 125 | 20 m | 130 | 2 600 |
| Oblouk, průměr 160/90°/1,5d | 9 ks | 240 | 2 160 |
| Oblouk, průměr 125/90°/1,5d | 9 ks | 160 | 1 440 |

| | | | |
|---------------------------------------|------|--------|--------|
| Oblouk, průměr 160/45°/1,5d | 2 ks | 230 | 460 |
| Rozbočka T 90°, průměr 160/160/160 | 5 ks | 270 | 1 350 |
| Rozbočka T 90°, průměr 160/160/125 | 2 ks | 230 | 460 |
| Rozdvojka, průměr 160/125 | 1 ks | 560 | 560 |
| Přechod, průměr 200/160 | 2 ks | 170 | 340 |
| Přechod, průměr 160/125 | 6 ks | 150 | 900 |
| Filtr box, průměr 160 | 1ks | 1 000 | 1 000 |
| Spojovací, těsnící a závěsný materiál | - | 5 000 | 5 000 |
| Montáž | - | 13 000 | 13 000 |
| Doprava | - | 1 000 | 1 000 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 58 920 | |
| Celkem s DPH (Kč), (10 % DPH) | | 64 812 | |

5.3 Ekonomická bilance sekundárního tepelného zdroje

Tabulka 5.3.1. Pořizovací cena topných, podlahových rohoží AEG, suchá varianta, (obývací pokoj, kuchyně, chodba, cca 28 m²).

| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Topná rohož 300, TB AL 100/3 | 2 ks | 3 500 | 7 000 |
| Topná rohož 400, TB AL 100/4 | 1 ks | 4 950 | 4 950 |
| Topná rohož 500, TB AL 100/5 | 1 ks | 5 500 | 5 500 |
| Topná rohož 1 600, TB AL 100/8 | 2 ks | 8 500 | 17 000 |
| regulace, termostat FTE 900 SN | 1 ks | 1 850 | 1 850 |
| regulace, termostat FRTD 903 | 2 ks | 2 500 | 5 000 |
| Izolační podložka, 50m ² | 5 ks | 400 | 2 000 |
| Okrajová podložka, 30m ² | 3 | 300 | 900 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 34 918 | |
| Celkem s DPH (Kč), (10 % DPH) | | 38 410 | |

Tabulka 5.3.2. Pořizovací cena topných, podlahových rohoží AEG (mokrý varianta).

| Topné rohože AEG, mokrá varianta (koupelna), 7,2 m² | | | |
|---|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
| Topná rohož 576, UPV S 160/3,6 SET | 2 ks | 3 423 | 6 846 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 6 846 | |
| Celkem s DPH (Kč) (10 % DPH) | | 7 531 | |

Tabulka 5.3.3. Pořizovací cena krbových kamen na biolích.

| Krbová kamna na biolích | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
| BIO krb 2,5 kW | 1 ks | 3 762 | 3 762 |
| BIO líc, 3l | 1 ks | 220 | 220 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 3 982 | |
| Celkem s DPH (Kč) (21 % DPH) | | 4 818 | |

5.4 Celková ekonomická bilance zdrojů tepelné energie včetně DPH

Tabulka 5.4.1. Celková ekonomická bilance zdrojů tepelné energie pro pasivní dům.

| Primární tepelné zdroje | Cena včetně DPH (Kč) |
|---|-----------------------------|
| Kompaktní jednotka NILAN VP 18 K WT | 164 450 |
| Vzduchotechnické rozvody | 64 812 |
| Celkem: | 229 262 |
| Sekundární tepelné zdroje | Cena včetně DPH (Kč) |
| Topné rohože AEG, suchá varianta | 38 410 |
| Topné rohože AEG, mokrá varianta | 7 531 |
| Krbová kamna na biolích, 2,5 kW | 4 818 |
| Celkem: | 50 759 |
| Celkem vynaložené náklady na tep. zdroje | 280 021 |

5.5 Energeticko-ekonomická bilance pasivního domu

Tabulka 5.5.1. Energeticko-ekonomická bilance pasivního domu.

| | | |
|---|------------------|--------------------------------|
| Odhadní cena domu | | 3 400 000 Kč |
| Celkové náklady na elektrickou energii | | 17 600 Kč |
| Měrná potřeba tepla na vytápění | | 12,5 kWh/(m ² .rok) |
| Užitková plocha pasivního domu | | 120 m ² |
| Celková potřeba tepelné energie na vytápění | | 1 500 kWh/rok |
| Dodané teplo z bivalentního zdroje | | 65 kWh/rok |
| Topný faktor tepelného čerpadla | | 2,1 |
| Potřeba elektrické energie tepelného čerpadla na vytápění | | 653 kWh/rok |
| Celková spotřeba elektrické energie na vytápění | | 718 kWh/rok |
| Sazba D 56d | Vysoký tarif 2 h | 2 660,2 Kč |
| Cena 1 MWh | Nízký tarif 22 h | 2 341,9 Kč |
| Poměr dob vysokého a nízkého tarifu | | 1/11 |
| Předpokládaná cena elektrické energie ve vysokém tarifu, 2 h | | 160 Kč |
| Předpokládaná cena elektrické energie v nízkém tarifu, 22 h | | 1 542 Kč |
| Náklady na tepelnou energii za rok | | 1702 Kč |
| Náklady na rozvod tepelné energie (ventilátor) za rok | | 1211 Kč |
| Celkové roční náklady vynaložené na vytápění | | 2913 Kč |
| Provozní náklady | | |
| Revize kompaktní jednotky po 2 letech | | 2251 Kč |
| Výměna chladiva R 134a, množství 1 kg po 10 letech | | 3388 Kč |
| Výměna kompresoru po 15 letech | | 7865 Kč |
| Výměna prachového (pylového) filtru G4 30x20 po 3 měsících, 1 m ² - 200 Kč | | 25 Kč |

5.6 Ekonomická a energetická bilance srovnávacího domu (klasické novostavby)

Ve své diplomové práci jsem chtěl ukázat jaký je rozdíl spotřeby tepla na vytápění mezi pasivním domem a klasickou novostavbou, ve které byl použit velice moderní systém vytápění od švédské firmy IVT. Pro své výpočty jsem vycházel z tabulek 5.6.2.1, 5.6.2.2, 5.6.3.1.

5.6.1 Tepelné čerpadlo vzduch / voda IVT PREMIUM LINE 09 A/W + COMBIMODUL 200 A/W SS

Tepelné čerpadlo využívá odběr tepla ze vzduchu. Obvykle se provozuje u rodinných domů, které se vyznačují tepelnou ztrátou okolo 9 kW. Toto zařízení je navrženo tak, aby spolehlivě zajistilo potřebné množství tepelné energie. Při venkovní teplotě okolo -3°C tepelné čerpadlo již nedokáže zajistit dostatečný výkon a pokrýt ztráty domu. Proto je tento systém vytápění vybaven bivalentním zdrojem (elektrokotlem), který dopomůže vyrovnat tepelnou bilanci. Jednou z velkých výhod tohoto tepelného čerpadla je minimální úroveň hluku v exteriéru a nulová hlučnost v interiéru.



Obrázek 5. 6. 1. 1. Znázornění vytápění ve srovnávacím domě

Jedno z nejlepších řešení vytápění rodinných domů je spojení systému tepelného čerpadla a solárních kolektorů s elektrokotlem. V našem případě je tepelné čerpadlo kombinováno se solárním systémem, který je určen pro ohřev teplé vody a vytápění. Tento systém je složen ze dvou panelů STIBEL ELTRON - SOL27 BASIC - 2,4 m², které byly instalovány na střeše.



Obrázek 5. 6. 1. 2. Znázornění srovnávacího domu

V tomto domě je také nainstalována krbová vložka. Její funkce je za normálních podmínek dekorativní, a v případě výpadku elektrické energie může fungovat jako dostačující tepelný zdroj pro celý dům.

5.6.2 Ekonomická bilance primárního tepelného zdroje

Tabulka 5.6.2.1 Ekonomická bilance tepelného čerpadla.

| Položka | Množství | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|---|----------|----------------------|------------------|
| Tepelné čerpadlo Premium line 09 A/W | 1 ks | 189 900,00 | 189 900,00 |
| COMBIMODUL 200 A/W SS | 1 ks | 95 000,00 | 95 000,00 |
| Akumulátor - součástí COMBIMODULU | 1 ks | 0,00 | 0,00 |
| Čidlo teploty TUV - součást dodávky TČ | 1 ks | 0,00 | 0,00 |
| 3 cestný ventil MUT s pohonem, pro TUV - součást dodávky TČ | 2 ks | 0,00 | 0,00 |
| Čidlo teploty v místnosti | 1 ks | 560,00 | 560,00 |
| Tlumiče hluku v otopné soustavě - součást dodávky | 2 ks | 0,00 | 0,00 |
| Nemrznoucí směs (glykol) | 0 lt | 65,00 | 0,00 |
| Měděné potrubí (28 a 22) | 10 m | 320,00 | 3200,00 |
| Tepelná izolace | 10 n | 85,00 | 850,00 |
| Uzavírací a plnicí armatury, napouštěcí sestava v COMBIMODULU | 1 ks | 0,00 | 0,00 |
| Oběhová čerpadla pro topný systém v COMBIMODULU | 1 ks | 0,00 | 0,00 |
| Pohon 3 cestný ventil ESBE, 3 bodový, 2 min. pro samostatné řízení podlahového okruhu, tělo ventilu, oběhové čerpadlo 25-60 | 0 kpl | 6960,00 | 0,00 |
| Čidlo pro podlahový okruh | 0 ks | 400,00 | 0,00 |
| 3 cestný ventil MUT s pohonem, pro bazén, vč. montáže | 0 ks | 4850,00 | 0,00 |
| Regulace IVT SW pro ohřev bazénu | 0 ks | 4200,00 | 0,00 |
| Upínací a spojovací materiál - měděné tvarovky | 1- | 3500,00 | 3500,00 |
| Montážní práce - montáž strojovny s TČ, tlaková zkouška rozvodů | 32- | 300,00 | 9600,00 |
| Připojení k distribuční síti | 8 h | 300,00 | 2400,00 |
| Elektromateriál | 1- | 0,00 | 160,00 |
| Doprava montážní čtyř | 20 km | 8,00 | 160,00 |
| Doprava zařízení | 2 kpl | 1100,00 | 2200,00 |
| Spuštění TČ | 1- | 4000,00 | 4000,00 |

| | | | |
|---|------------|------|------|
| Rozšíření záruky TČ na 5 let (přípojištění) | | 0,00 | 0,00 |
| Celkem bez DPH (Kč) | 313 370,00 | | |
| Celkem s DPH (Kč) (10 % DPH) | 344 707,00 | | |

Tabulka 5. 6. 2. 2. Ekonomická bilance solárního ohřevu.

| Položka | Množství | Jednotná cena (Kč) | Celkem (Kč) |
|---|------------|--------------------|-------------|
| STIEBEL ELTRON - SOL27 BASIC - 2,4m ² | 2 ks | 15610,00 | 26537,00 |
| konstrukce na plochou střechu | 1 kpl | 11380,00 | 11380,00 |
| Regulace SOKI 6 plus | 1 kpl | 13100,00 | 13100,00 |
| boiler SBB300 plus | 1 kpl | 26367,00 | 26367,00 |
| EXPANZOMAT 18l - SOLAR, pojišťovací ventil, kohout | 1 kpl | 1878,00 | 1878,00 |
| jímka čidlo | 1 kpl | 361,00 | 361,00 |
| Nemrznoucí směs (KOLEKTON HI30) | 30 lt | 78,00 | 2340,00 |
| Měděné potrubí, nerez vlnovec (18) | 30 m | 120,00 | 3600,00 |
| tepelné izolace - syntetický kaučuk (22/13) | 30 m | 96,00 | 2880,00 |
| uzavírací a plnicí armatury | 1 kpl | 1500,00 | 1500,00 |
| Montážní práce | 32- | 280,00 | 8960,00 |
| Připojení k distribuční síti | 2 hod | 280,00 | 560,00 |
| Elektromateriál - kabely, jistič, PE trubka | 1 kpl | 1200,00 | 1200,00 |
| nerez spojovací materiál - uchycení konstrukce, těsnění | 1 kpl | 800,00 | 800,00 |
| Doprava montážní čety | 20 km | 10,00 | 200,00 |
| Doprava kolektorů a příslušenství | 1 kpl | 500,00 | 500,00 |
| Celkem bez DPH (Kč) | 98 208,00 | | |
| Celkem s DPH (Kč) (10 % DPH) | 108 028,00 | | |

5.6.3 Ekonomická bilance sekundárního tepelného zdroje

Tabulka 5.6.3.1 Pořizovací cena krbové vložky.

| Položka | Množství (-) | Jednotková cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| Krbová vložka | 1 ks | 36 560 | 36 560 |
| Celkem bez DPH (Kč) | | 28 880 | |
| Celkem s DPH (Kč) (21 % DPH) | | 36 560 | |

Tabulka 5.6.3.2 Celková ekonomická bilance zdrojů tepelné energie.

| Primární tepelné zdroje | Cena včetně DPH (Kč) |
|---|-----------------------------|
| Systém tepelného čerpadla | 344 707 |
| Solární ohřev | 108 028 |
| Dotace zelená úsporám | 140 000 |
| Celkem: | 312 735 |
| Sekundární tepelné zdroje | Cena včetně DPH (Kč) |
| Krbová vložka Moretti | 36 560 |
| Celkem: | 36 560 |
| Celkem vynaložené náklady na tep. zdroje | 349 295 |

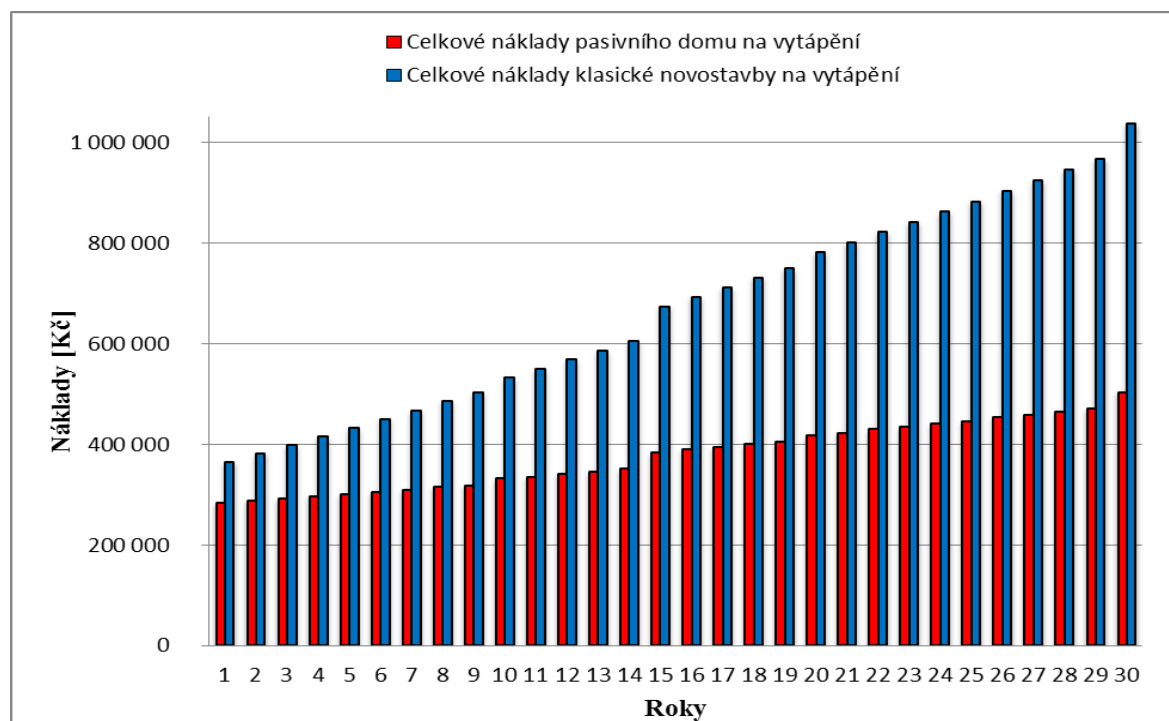
5.6.4 Energeticko-ekonomická bilance srovnávacího domu

Tabulka 5.6.4.1 Energeticko-ekonomická bilance srovnávacího domu.

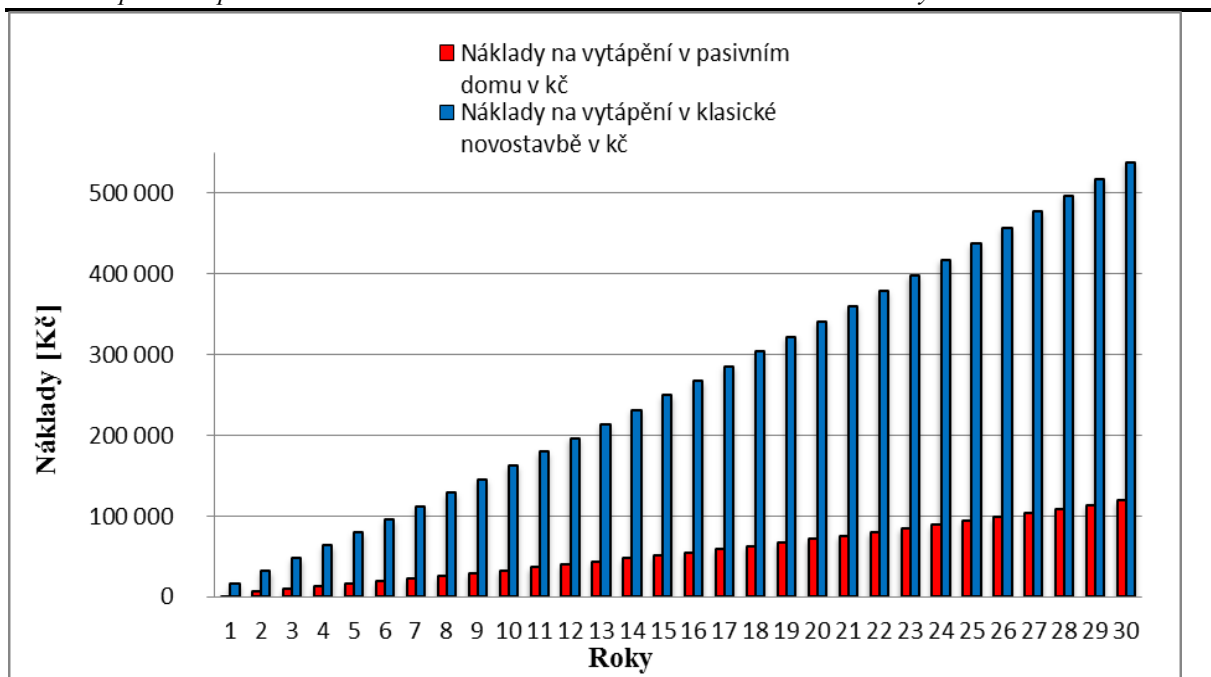
| | |
|---|--------------------------------|
| Odhadovaná cena domu | 3 400 000 Kč |
| Celkové náklady na elektrickou energii | 35 000 Kč |
| Měrná potřeba tepla na vytápění | 114 kWh/(m ² . rok) |
| Užitková plocha pasivního domu | 133 m ² |
| Celková potřeba tepelné energie na vytápění | 15 171 kWh/rok |
| Dodané teplo z bivalentního zdroje | 653 kWh/rok |
| Topný faktor tepelného čerpadla | 2,5 |
| Potřeba elektrické energie tepelného čerpadla na vytápění | 5811 kWh/rok |

| | | |
|--|------------------|---------------|
| Celková potřeba elektrické energie na vytápění | | 6 464 kWh/rok |
| Sazba D 56d Cena 1 MWh | Vysoký tarif 2 h | 2 660,2 Kč |
| | Nízký tarif 22 h | 2 341,9 Kč |
| Poměr dob vysokého a nízkého tarifu | | 1/11 |
| Předpokládaná cena elektrické energie ve vysokém tarifu, 2 h | | 1 433 Kč |
| Předpokládaná cena elektrické energie v nízkém tarifu, 22 h | | 13 877 Kč |
| Celkové roční náklady vynaložené na vytápění | | 15 310 Kč |
| Provozní náklady | | |
| Revize kompaktní jednotky po 2 letech | | 2000 Kč |
| Výměna chladiva, po 10 letech | | 5000 Kč |
| Generální oprava po 15 letech | | 30 000 Kč |

5.6.5 Zhodnocení a závěrečné stanovisko



Graf 5. 6. 5. 2. Srovnání celkových nákladů na vytápění s předpokládaným servisem a každoročním nárůstem ceny elektrické energie o 2 % v pasivním domu a klasické novostavbě.



Graf 5. 6. 5. 3. Srovnání nákladů na vytápění s každoročním nárůstem ceny elektrické energie o 2 % v pasivním domu a klasické novostavbě.

Z výše uvedených grafů 5. 6. 5. 2. a 5. 6. 5. 3. a tabulek 5.6.3.2., 5.6.4.1. plyne, že srovnávat pasivní rodinné sídlo s klasickou novostavbou je nemožné, i když u výše popsané klasické novostavby byl použit velice kvalitní a moderní systém vytápění. Pasivní dům se svojí konstrukcí, umělou ventilací je v rámci potřeb tepelné energie za rok velice dobrou volbou z dosavadních staveb. Z mého průzkumu jsem zjistil, že při provozování popsaného vytápění pasivního domu oproti klasické novostavbě je možné ušetřit okolo 130. 000,- Kč za 10 let až 420. 000,- Kč za 30 let provozu, za předpokladu 2 % nárůstu ceny elektrické energie každý rok. V celkových nákladech jsou také zahrnuty pravděpodobné náklady na opravy a na údržbu daných systémů vytápění. Systém vytápění provozovaný v klasické novostavbě v žádném případě není špatný. Je to velice kvalitní systém vytápění, který by se mohl využít pro vytápění i v nízkoenergetických rodinných sídlech, či ve všech dosavadních stavbách tohoto typu.

5.7 Ekologická bilance

Při provozu hnědouhelné elektrárny vzniká velké množství škodlivých látek (emisí), které se vypouštějí do ovzduší. Množství emisí, které vzniknou při výrobě 1MWh_e, je udáno podle druhu v tabulce 5.6.1.

Tabulka emisí 5.6.1. [Bakalářská práce Zbyněk Martínek, FEL, ZČ v Plzni, 2013]. [18]

| Emise | Tuhé látky (kg/ MWh _e) | SO ₂ (kg/ MWh _e) | NO _x (kg/ MWh _e) | CO (kg/ MWh _e) | CO ₂ (kg/ MWh _e) |
|------------------|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|---|
| Energetické uhlí | 3,000 | 5,300 | 7,700 | 0,650 | 1213,0 |

Dle tabulky 5.6.1. je možné podle ušetřené elektrické energie dopočítat množství emisí, které nevzniknou, když bychom žili a pracovali v pasivních domech nebo jiných pasivních budovách. Tyto informace byly využity v tabulce 5.6.2., která popisuje rozdíl elektrické energie spotřebované na vytápění klasické novostavby a pasivního domu za určitou dobu. Dále poukazuje na rozdíl tvorby emisí mezi novostavbou a pasivním domem.

Tabulka 5.6.2. Celková ušetřená elektrické energie a rozdíl tvorby emisí za určité etapy provozu pasivního domu oproti srovnávané klasické novostavbě.

| Celková ušetřená elektrické energie za 1 rok v (MWh) při upřednostnění pasivního domu s navrženým vytápěním oproti klasické novostavbě | | | | | | 5,746 |
|---|------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| Celková ušetřená elektrické energie za 10 let v (MWh) při upřednostnění pasivního domu s navrženým vytápěním oproti klasické novostavbě | | | | | | 57,46 |
| Celková ušetřená elektrické energie za 30 let v (MWh) při upřednostnění pasivního domu s navrženým vytápěním oproti klasické novostavbě | | | | | | 172,38 |
| Emise | Tuhé látky | SO ₂ | NO _x | CO | CO ₂ | |
| Množství nevytvořených emisí za 1 rok v (kg) | 17,24 | 30,45 | 44,24 | 3,74 | 6 970,00 | |
| Množství nevytvořených emisí za 10 let v (kg) | 172,38 | 304,54 | 442,44 | 37,35 | 69 699,00 | |
| Množství nevytvořených emisí za 30 let v (kg) | 517,14 | 913,61 | 1327,33 | 112,00 | 209 096,94 | |

5.8 Stanovisko k ekologii

V projektu pasivního rodinného sídla s výše popsáním vytápěním a větráním mohu tvrdit, že se ušetří velké množství elektrické energie a tím i související množství emisí, které vzniknou při výrobě elektrické energie při spalování fosilních paliv. Z tabulky 5.7.2 je zřejmé, kolik nebude vyprodukováno škodlivých látek při využití navrženého systému vytápění a větrání oproti klasické novostavbě. Například za 30 let provozu se nevytvoří okolo 209 tun CO₂ a 0,9 tun SO₂.

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo při důsledném respektování zadání vypracovat projekt na zvolený pasivní dům v ČR. Pro přehlednost a bližší seznámení jsem v úvodní kapitole popsal a specifikoval problematiku pasivních rodinných sídel. V následujících kapitolách je vypracován projekt vytápění a větrání pasivních sídel. Další částí této diplomové práce je projekt ochrany před atmosférickým přepětím klasickým způsobem a za pomoci výpočtového programu DEHNSupport Toolbox pro ochranu před bleskem (software řízení rizik) dle platné normy v ČR od 2/2009 ČSN EN 62305-1 až 3. Zpracoval jsem návrh přípojky nn pro napájení objektu. Projekt připojení rodinného sídla vyhovuje z hlediska dimenzování, jištění, selektivity a kontroly na zkratové proudy a oteplení. Přípojka vyhovuje i z hlediska hospodárného průřezu.

Projekt, výpočty a vlastní energetická bilance je vypracována dle platných národních norem.

S ohledem na složitost projektu je však nutné zvolit optimální variantu s důrazem na úsporu energií při šetrnosti k životnímu prostředí. V poslední kapitole jsem navrhl možný způsob větrání a vytápění pasivního rodinného sídla. Zvolený způsob vytápění není nejlevnější, ale u sídel tohoto typu se dostaneme k nulovému odpisu do osmi let. Myslím si, že je to jedna z dražších variant z hlediska pořizovacích nákladů, ale tento zdroj vyhovuje ekologickým požadavkům a mému komfortu.

Vše jsem řešil za předpokladu, aby byly splněny podmínky pro provoz těchto pasivních rodinných sídel z pohledu jejich bezpečnosti a spolehlivosti při respektování stávajících norem ČSN IEC.

Použitá literatura

- [1] Internetové stránky Pasivnidomy.cz, dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [2] Hudec, M.: Pasivní rodinný dům, proč a jak stavět. 1. Vydání, Praha, GRADA PUBLISHING, 2008. PROFY&HOBY, ISBN 978-80-247-2555-0
- [3] Internetové stránky Pasivni-stavby.com, dostupné z: <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm>
- [4] Internetové stránky google.cz, dostupné z: <https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=webove-infolisty-08-kvalita-neprovzdušnost.pdf>
- [5] Internetové stránky Archiweb.cz, dostupné z: <http://www.archiweb.cz/salon.php?action=show&id=1204&type=10&lang=en>
- [6] Internetové stránky Pasivnidomy.cz, dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/architektura-pasivniho-domu/t4026>
- [7] Internetové stránky Iltegro.cz, dostupné z: <http://www.iltegro.cz/konstrukce-pro-bezkontaktni-zatepleni-fasady-domu>
- [8] Internetové stránky Webove-infolisty.cz, dostupné z: <file:///C:/Users/Zbynek/Downloads/webove-infolisty-03-teplna-izolace.pdf>
- [9] Internetové stránky Plastova-okna.cz, dostupné z: <http://www.vokno-plastova-okna.cz/plastova-okna-zaskleni-a-vyplne/>
- [10] Internetové stránky Zero-domy.cz, dostupné z: <http://www.zerodomy.cz/jak-vznikly-zerodomy/>
- [11] Internetové stránky Nizkoenergetickydum.cz, dostupné z: <http://www.nizkoenergetickydum.cz/nulove-domy-od-roku-2020>
- [12] Internetové stránky Mupe.cz, dostupné z: http://www.mupe.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=11891&id_dokumenty=5460
- [13] Internetové stránky Sagit.cz, dostupné z: http://www.sagit.cz/pages/zpravodajxtanot.asp?zdroj=../_anotace/sb13078a&cd=166&typ=r
- [14] Internetové stránky Csonlinefirmy.unmz.cz, dostupné z: http://csonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/73/62565/62565_nahled.htm
- [15] Internetové stránky Tzb-info.cz, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/normy/tni-73-0330-2010-08>

- [16] <http://www.nilan.cz/princip-aktivni-rekuperace.htm>
- [17] <http://www.nilan.cz/princip-aktivni-rekuperace.htm>
- [18] Bakalářská práce Zbyněk Martínek, FEL, ZČ v Plzni, 2013
- [19] Internetové stránky DEHN + SÖHNE dostupné z:
<http://www.dehn.cz/> (leden 2015)
- [20] Kutáč, J., Meravý, J.: Ochrana před bleskem a přepětím z pohledu soudních znalců. Ochrana před bleskem a přepětím z pohledu soudních znalců. Praha, 2010. ISBN 978-80-7385-081-4
- [21] Internetové stránky therm-consult dostupné z: <http://www.therm-consult.cz/akce/zakon-318-2012-sb-kterym-se-meni-zakon-406-2000-sb>
- [22] Internetové stránky technické-normy dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/730317-csn-en-iso-13790_4_72541.html
- [23] Použité normy: ČSN 33 2000-4-41ed 2, PNE 33 0000-1 ed , 5 ČSN 33 0000-1ed. 5, ČSN 33 2000-4-431ed 2 a ČSN 33 2000-5-52ed 2, ČSN EN 62305-1 až 3

Přílohy

Příloha č. 1 – Certifikát DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG.

Příloha č. 2 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – celkový pohled

Příloha č. 3 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – pohled z boku

Příloha č. 4 – Situační plán připojení zvoleného pasivního rodinného sídla.

Příloha č. 5 – Schéma uzemnění.

Příloha č. 6 – Přehledové schéma napájení.

Příloha č. 7 – Projekt střecha – pasivní dům.

Příloha č. 8 – Vzorový příčný řez výkopem

Příloha č. 9 – Souběh kabelu nn s inženýrskými sítěmi

Příloha č. 10 – Křížení kabelu nn a vn s inženýrskými sítěmi

Grafické přílohy, které jsou výstupem výpočtu dle SW SICHR 14.10. :

Příloha č. 11 – Výpočet DP – 2015 Nastavení nadproudových spouští.

Příloha č. 12 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, selektivita jištění, paprsek 1.

Příloha č. 13 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, impedanční smyčky, paprsek 1.

Příloha č. 14 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, paprsek 1.



ZERTIFIKAT

Herr Zbyněk Martínek

hat am

Überspannungsschutz-Seminar

„Blitz- und Überspannungsschutz im
energietechnischen und informationstechnischen Netz“
teilgenommen.

Es wurden umfangreiche Kenntnisse über das
EMV-orientierte Blitz-Schutzzonen-Konzept,
Aufbau und Wirkungsweise von Blitzstrom- und
Überspannungs-Schutzgeräten vermittelt.

Neumarkt, den 16. Januar 2013

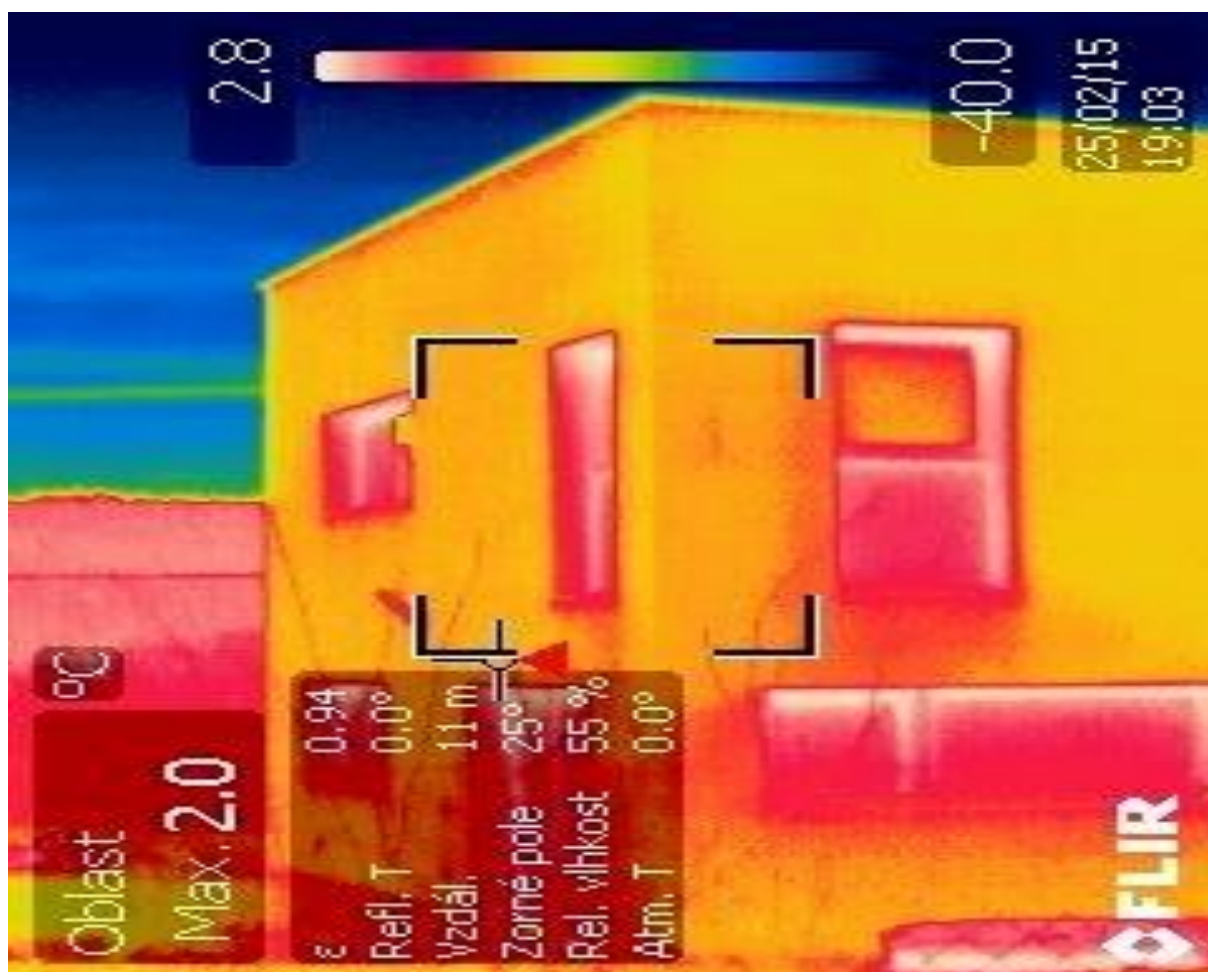
.....
Dipl.-Ing. Thomas Smatloch

Vertrieb International, Leiter Länderregion Osteuropa/Russland
DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG.

Durch diesen Teilnahme-Nachweis werden rechtliche Belange der
Handwerksordnung oder der Gewerbeordnung nicht berührt.

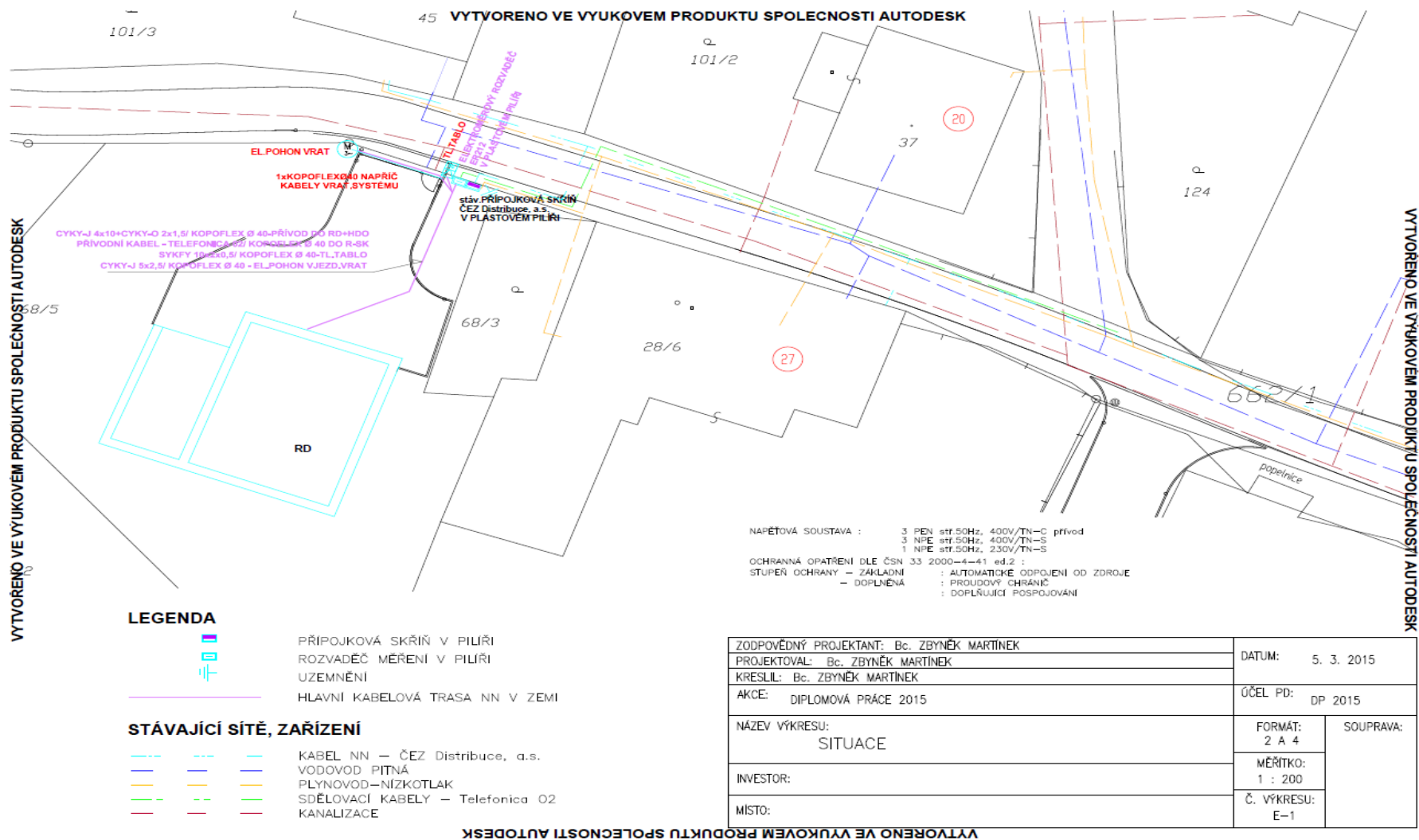


Příloha č. 2 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – celkový pohled



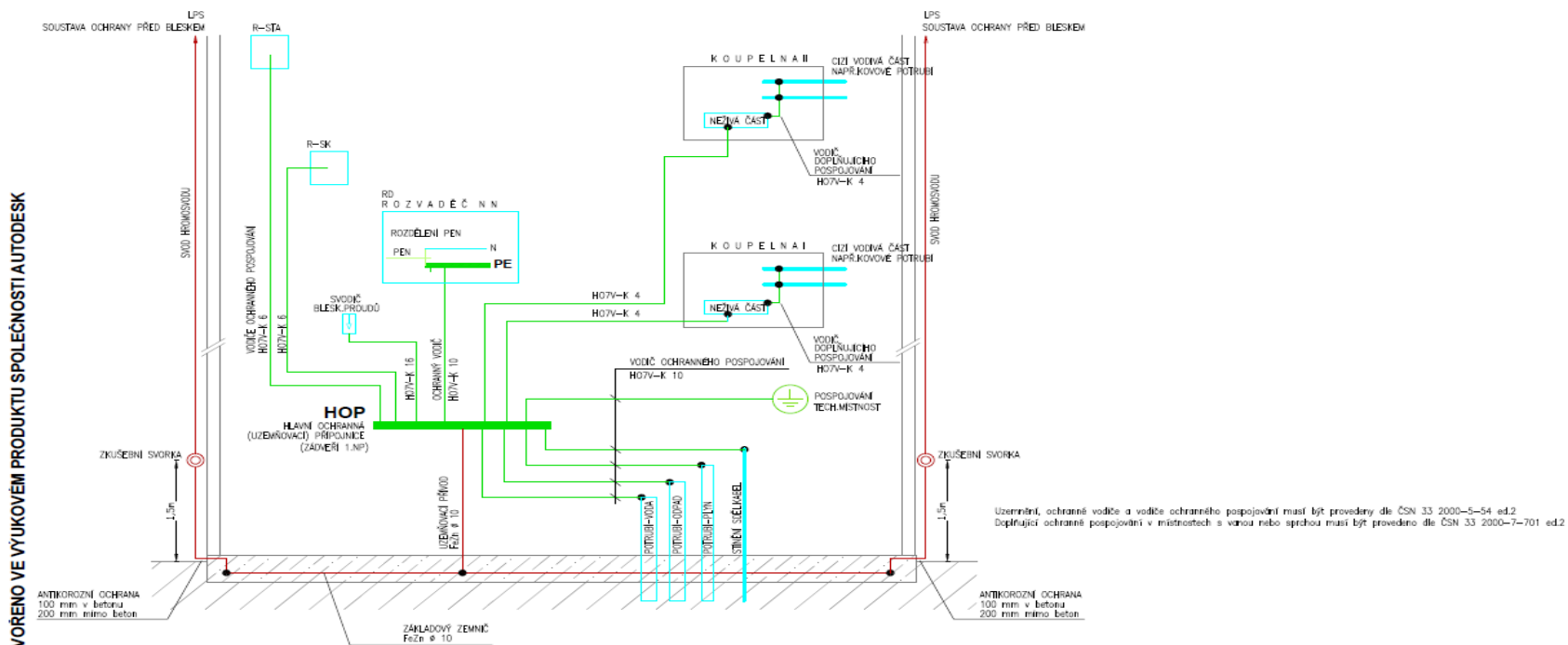
Příloha č. 3 – Monitoring rodinného pasivního sídla 25. 2. 2015 – pohled z boku

Příloha č. 4 – Situační plán připojení zvoleného pasivního rodinného sídla.



Příloha č. 5 – Schéma uzemnění.

VYTVOŘENO VE VÝKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



VYTVOŘENO VE VÝKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

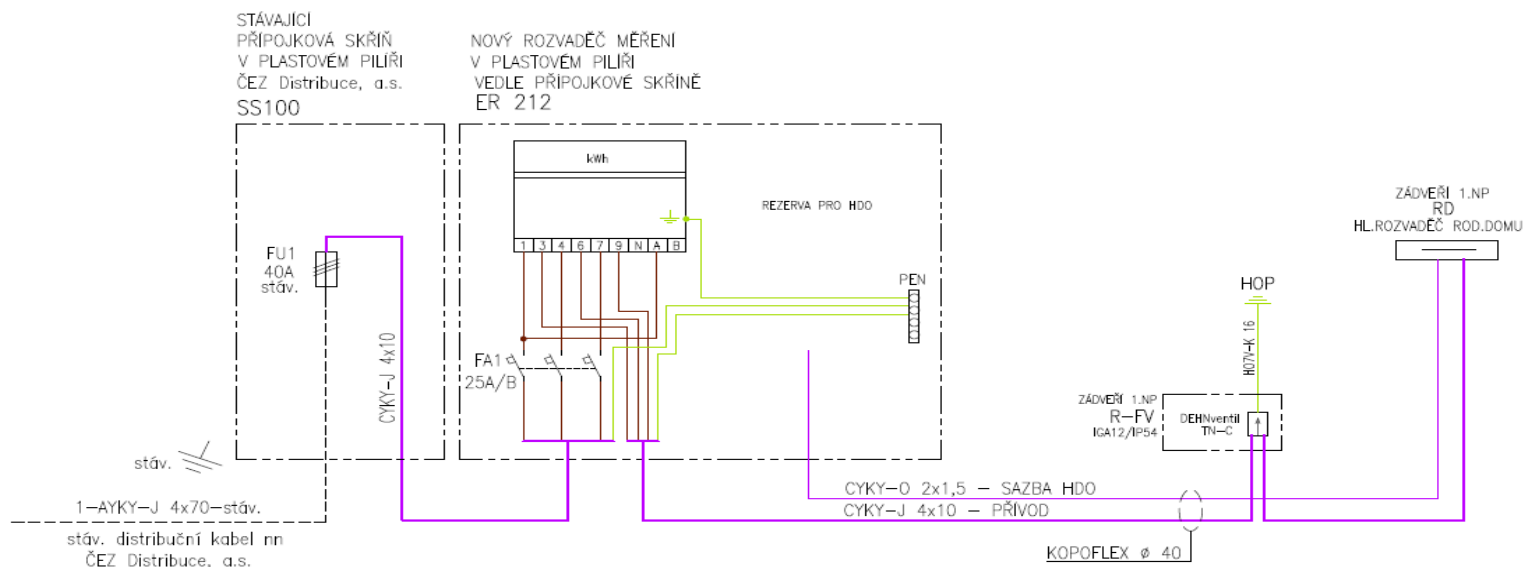
VYTVOŘENO VE VÝKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

| | | |
|--|--------------------|-----------|
| ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | DATUM: 5. 3. 2015 | |
| PROJEKTOVÁL: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | | |
| KRESLIL: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | ÚČEL PD: DP 2015 | |
| AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE 2015 | | |
| NÁZEV VÝKRESU: SCHÉMA UZEMŇENÍ | FORMÁT: 2 A 4 | SOUPRAVA: |
| INVESTOR: | MĚŘÍTKO: - | |
| MÍSTO: | Č. VÝKRESU: E-2 | |

VYTVOŘENO VE VÝKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

Příloha č. 6 – Přehledové schéma napájení.

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK



NAPĚŤOVÁ SOUSTAVA : 3 PEN stř.50Hz, 400V/TN-C (přívod)
 3 NPE stř.50Hz, 400V/TN-S
 1 NPE stř.50Hz, 230V/TN-S

OCHRANNÁ OPATŘENÍ DLE ČSN 33 2000-4-41 ed.2 :
 STUPEŇ OCHRANY – ZÁKLADNÍ : AUTOMATICKÉ ODPOJENÍ OD ZDROJE
 – DOPLŇENÁ : PROUDOVÝ CHRÁNIČ
 : DOPLŇUJÍCÍ POSPOJOVÁNÍ

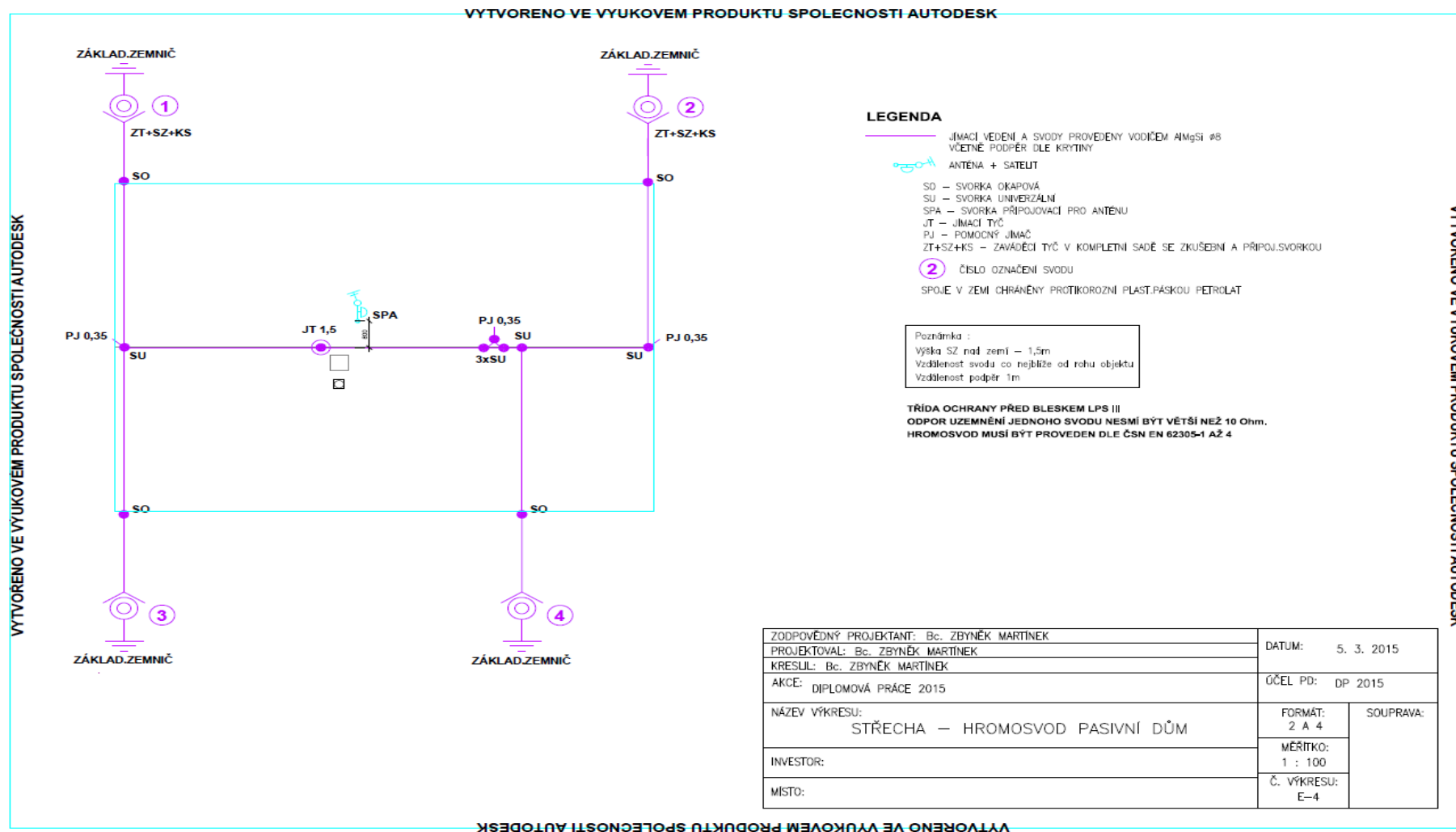
| | | |
|--|--------------------|-----------|
| ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | DATUM: 5. 3. 2015 | |
| PROJEKTOVAL: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | | |
| KRESLIL: Bc. ZBYNĚK MARTINEK | ÚČEL PD: DP 2015 | |
| AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE 2015 | | |
| NÁZEV VÝKRESU: PŘEHLEDOVÉ SCHEMA NAPÁJENÍ | FORMÁT: 2 A 4 | SOUPRAVA: |
| INVESTOR: | MĚŘÍTKO: - | |
| MÍSTO: | Č. VÝKRESU: E-3 | |

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

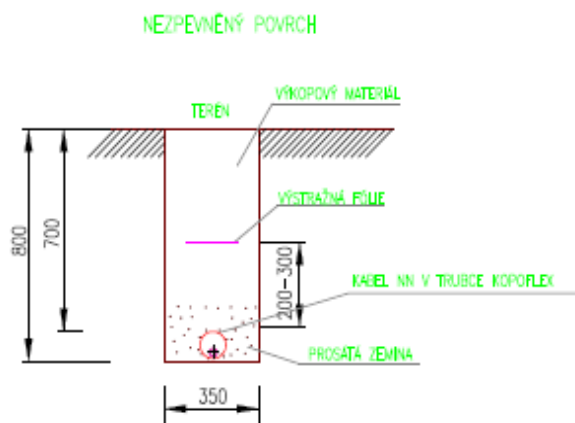
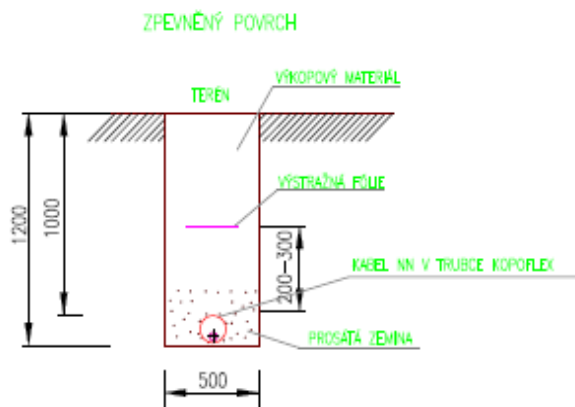
VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

Příloha č. 7 – Projekt střecha – pasivní dům.



VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ VÝKOPEM



VYTVORENO VE VÝUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

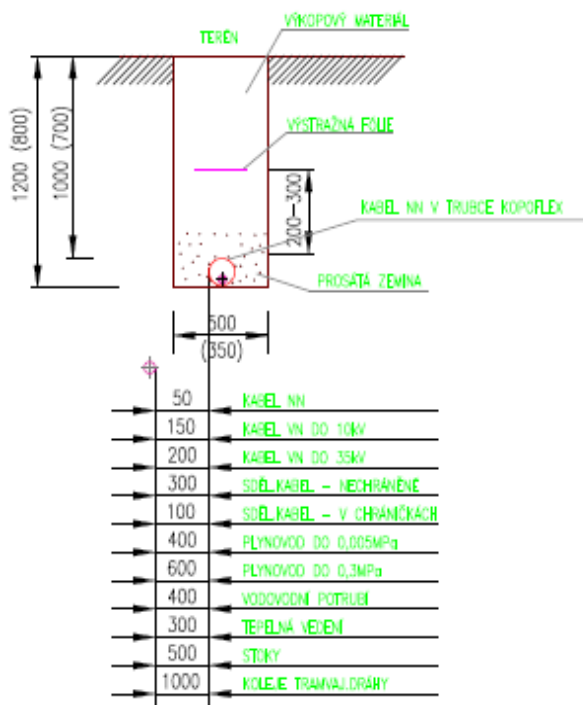
VYTVORENO VE VÝUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

Příloha č. 9 – Souběh kabelu nn s inženýrskými sítěmi

VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

Souběh kabelu nn s inženýrskými sítěmi



VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

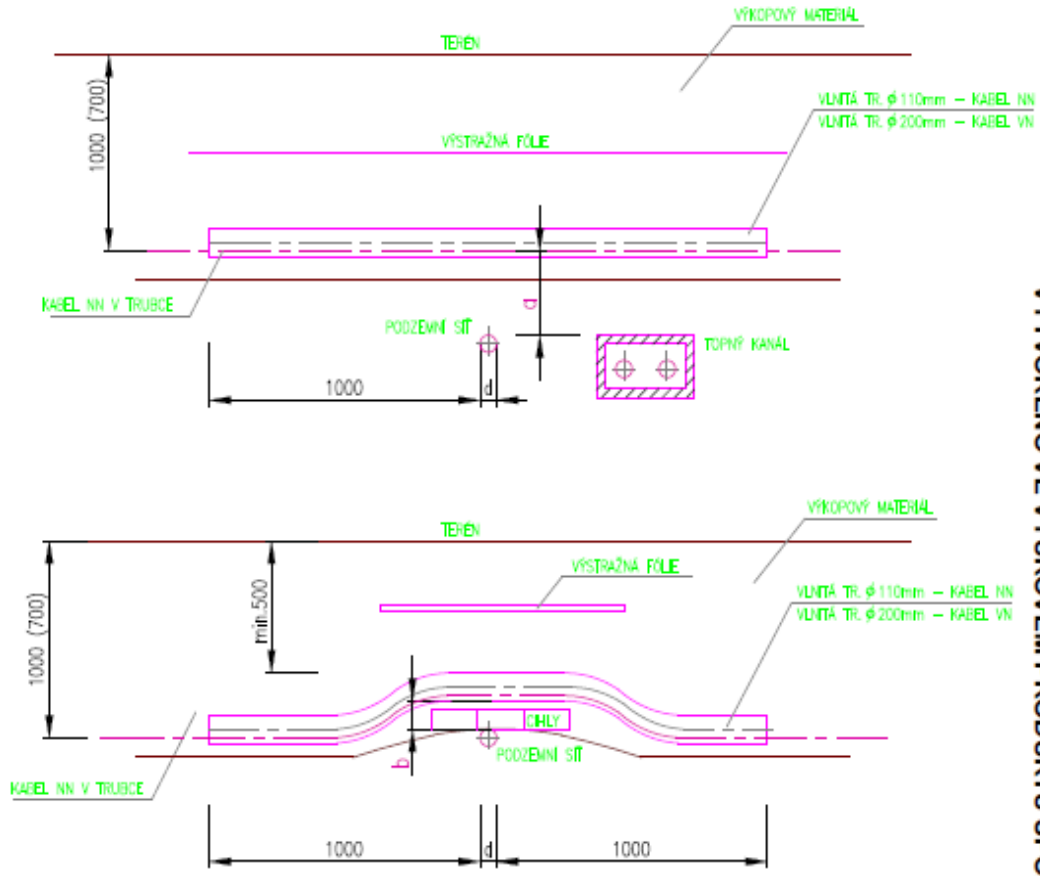
VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

Příloha č. 10 – Křížení kabelu nn a vn s inženýrskými sítěmi

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK
KŘÍŽENÍ KABELU NN A VN S INŽENÝRSKÝMI SÍTĚMI

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK



| | | PODZEMNÍ SÍŤ | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|---------|---------|-----------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|-------|-------------------------|
| | | DO 1kV | DO 10kV | DO 35kV | SŘEZOVAČI KABEL | PLYN DO 0,005MPa | PLYN DO 0,3MPa | VODOVODNÍ POTRUBÍ | TEPELNÁ VEDENÍ | STORY | KOLEJE TRAMVAJOVÉ DRÁHY |
| NEJMENŠÍ DOV. VZDÁLENOST d (mm) | KABEL NN | 50 | 150 | 200 | 300 | 100 | 100 | 400 | 300 | 300 | 1000 |
| | KABEL VN DO 10kV | 150 | 150 | 200 | 800 | 100 | 200 | 400 | 500 | 300 | 1000 |
| | KABEL VN DO 35kV | 200 | 200 | 200 | 800 | 100 | 200 | 400 | 500 | 500 | 1000 |
| VZDÁLENOST PŘI KŘÍŽENÍ b (mm) | KABEL NN | 50 | 150 | 200 | 100 | 100 | 100 | 200 | 300 | 300 | 1000 |
| | KABEL VN DO 10kV | 150 | 150 | 200 | 100 | 100 | 200 | 200 | 500 | 300 | 1000 |
| | KABEL VN DO 35kV | 200 | 200 | 200 | 100 | 100 | 200 | 200 | 500 | 500 | 1000 |

VYTVORENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK



Projekt : Diplomová práce Bc. Zbyněk Martinec
Nastavení nadproudových spouští

DP-2015

Datum : 6. 2. 2015

Projekt - Diplomová práce 2015

1Q3

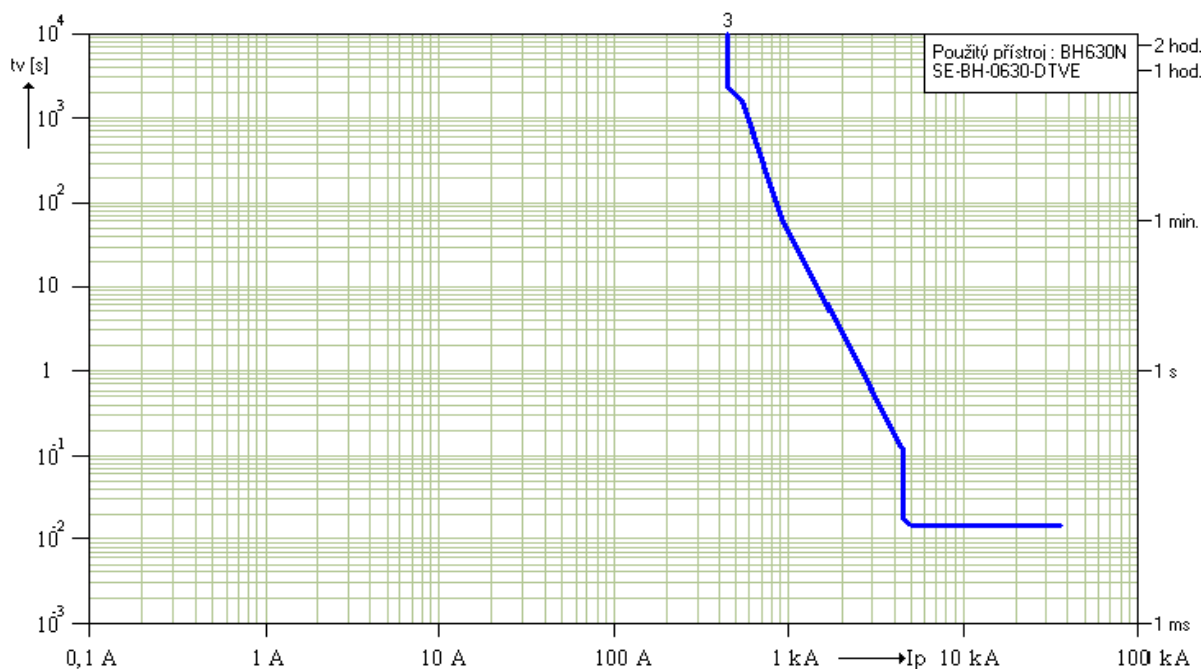
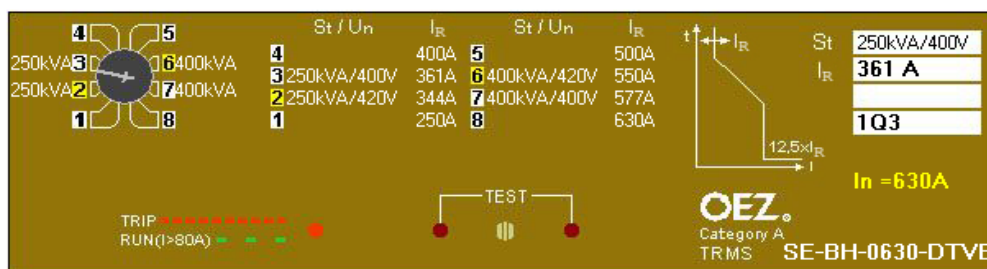
BH630NE305 + SE-BH-0630-DTVE

$I_{cu} = 36 \text{ kA}$

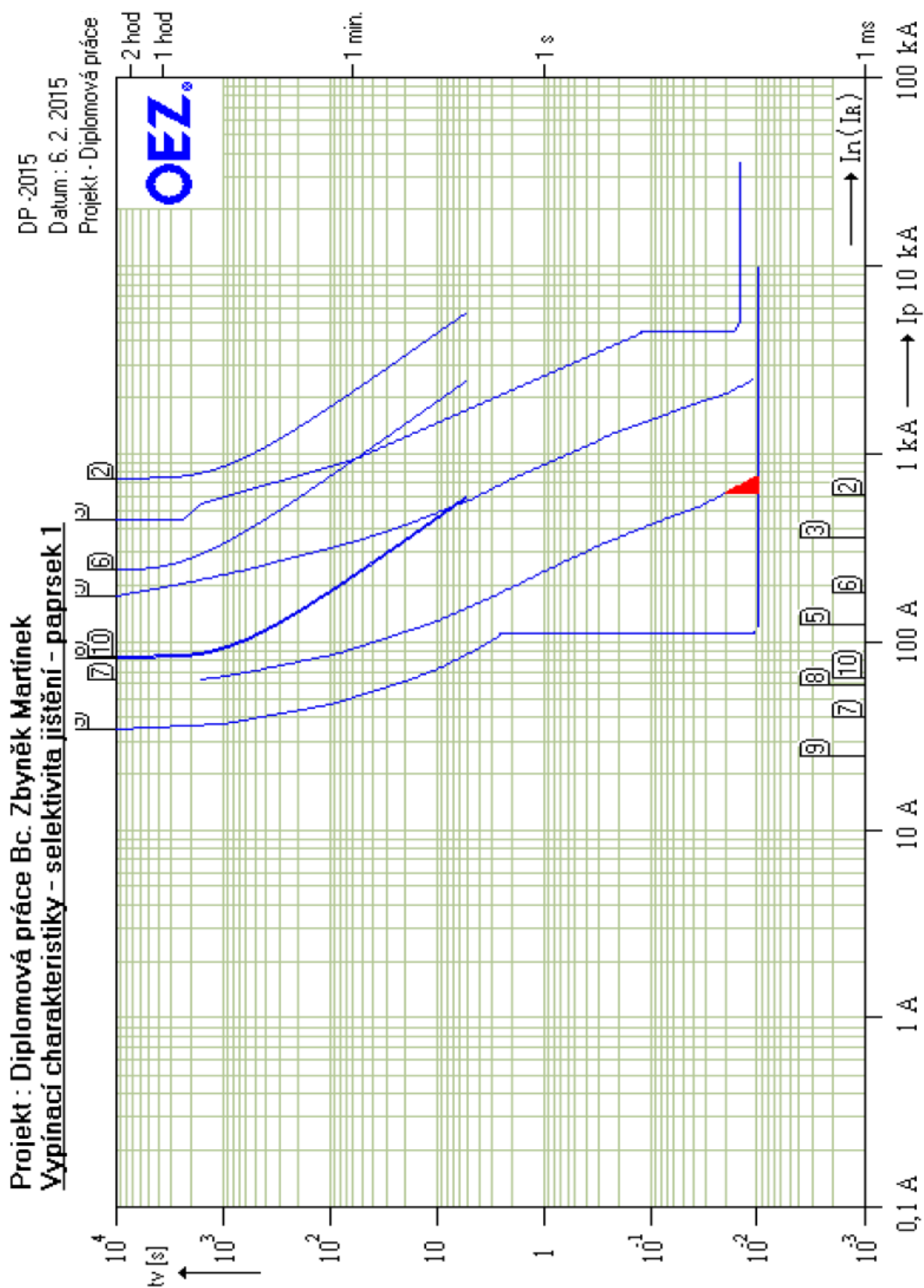
$I_n = 630 \text{ A}$

$I_R = 361 \text{ A}$

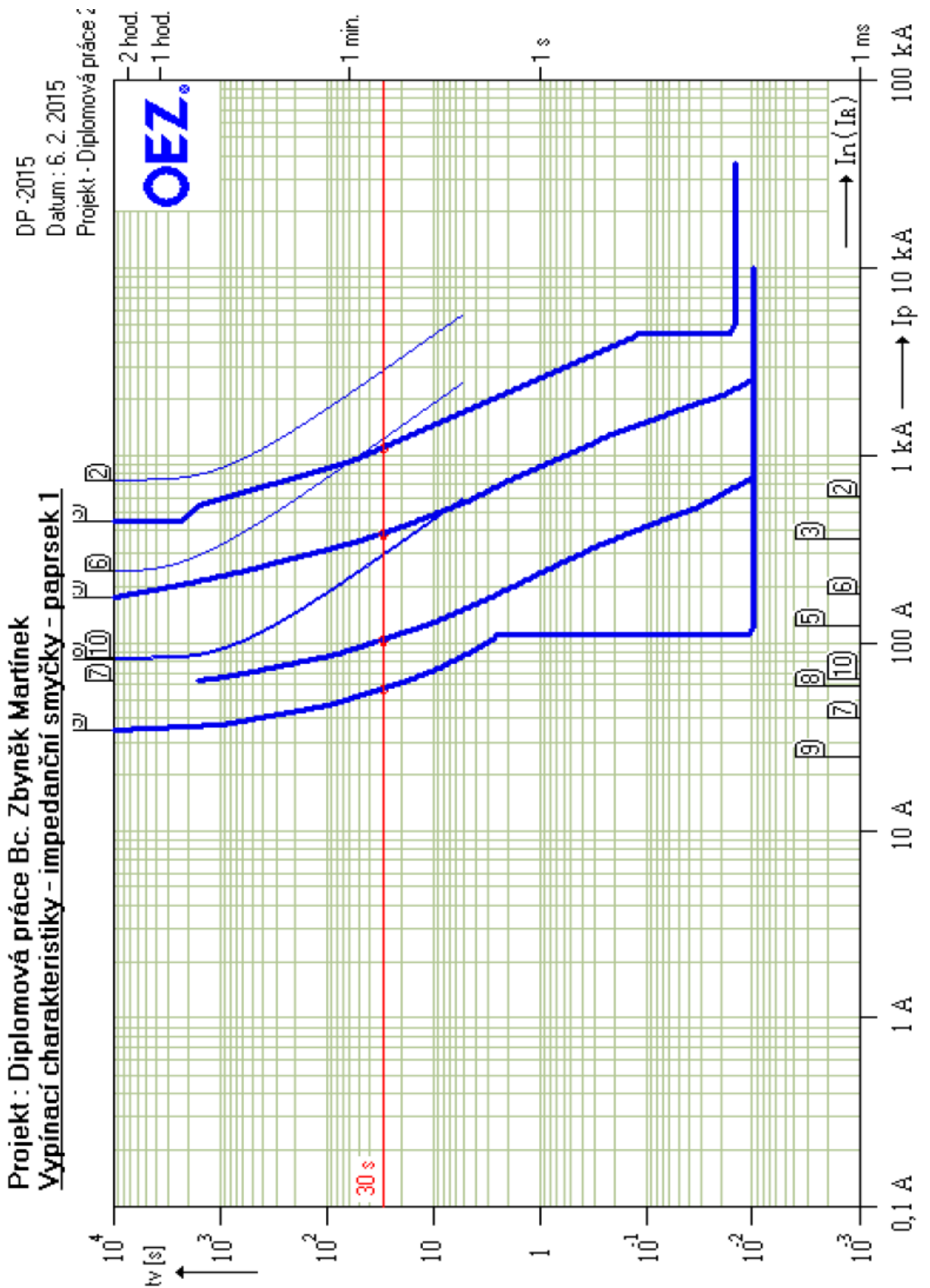
$I_i = 4512.50 \text{ A}$



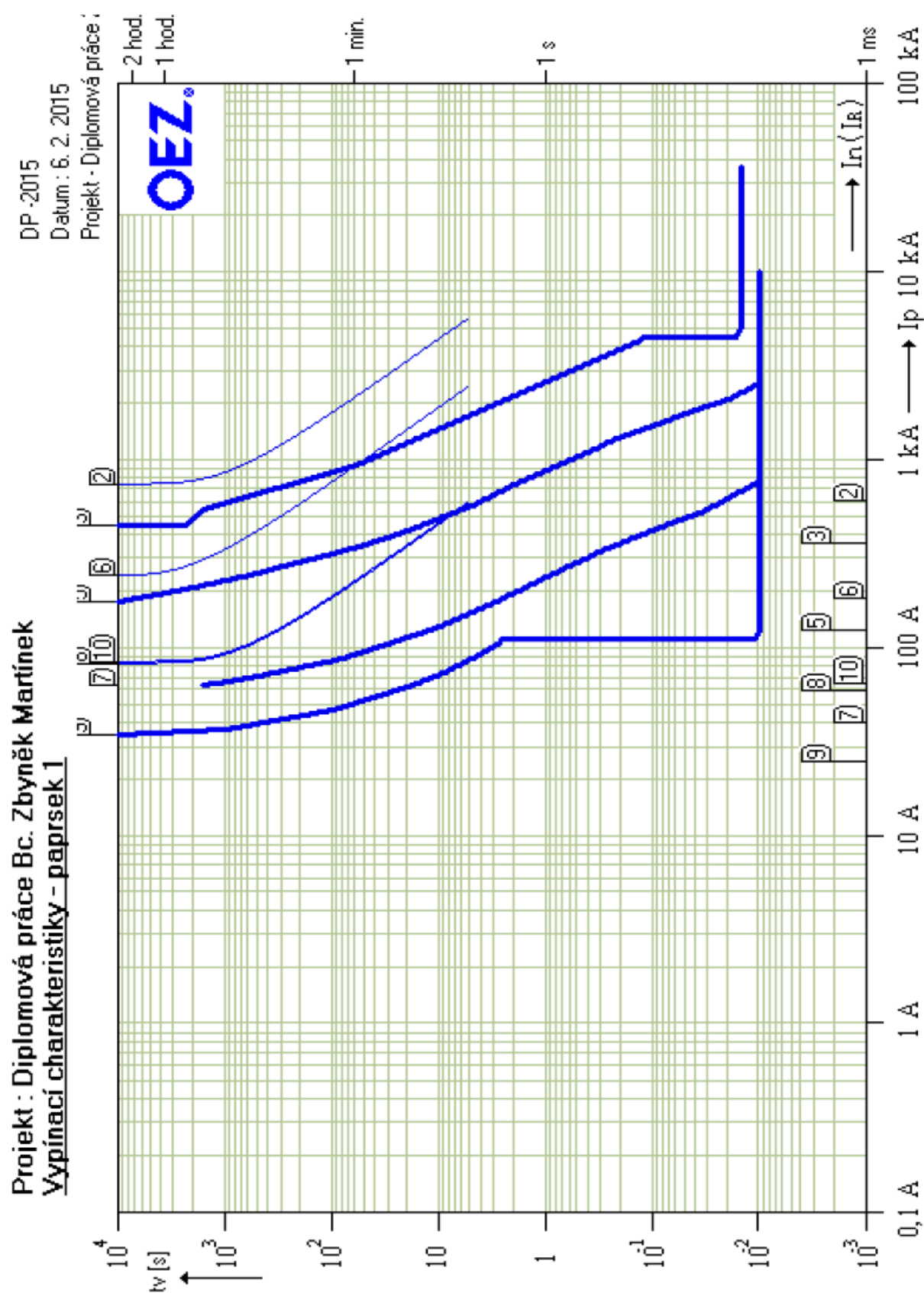
Příloha č. 11 – Výpočet DP – 2015 Nastavení nadproudových spouští.



Příloha č. 12 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, selektivita jištění, paprsek 1.



Příloha č. 13 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, impedanční smyčky, paprsek 1.



Příloha č. 14 – Výpočet DP – 2015 Vypínací charakteristiky, paprsek 1.