

Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům - Řídicí systém iNELS

The integrated system in the building - Intelligent house - iNELS control system

Bc. Václav Mahdal

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav MAHDAL**
Osobní číslo: **A10351**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům – Řídicí systém iNELS**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie.
4. Navrhnete vytápěcí systém odpovídající parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.
5. Navrhnete systém řízení komunikace iNELS a iMM s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
6. Navrhnete elektroinstalaci a integrovaný systém EPS a EZS.
7. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. AULICKÝ, Václav, Samuel BURIAN, Zdeněk FRÁNEK, Pavel HALÍK, Miloslav JOKL, Jiří PLCH a Karel SRDEČNÝ. Inteligentní budovy a ekologické stavby. Praha: Nakladatelství Dr. Josef Raabe, 280. ISBN 1803-4322.
2. DANIELS, Klaus. Technika budov: Příručka pro architekty a projektanty. Bratislava: Jaga group, 2003, 520 s. ISBN 80-88905-60-5.
3. CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela preprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
4. SMOLÍK, Jan. Technika prostředí. Praha: SNTL, 1985, 317 s.
5. PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
6. JELÍNEK, V., M. HOUŠKOVÁ, I. PAVLÍČEK a M. PETROVÁ. Technická zařízení budov: Podklady pro projekty. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
7. VALENTA, V. Topenářská příručka 1, 2, 3. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
8. KINDL, Jiří. Projektování bezpečnostních systémů I. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 134 s. ISBN 978-80-7318-554-1.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

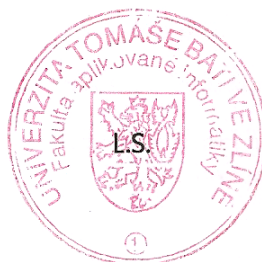
24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá využitím inteligentního systému v rodinném domě. Ten integruje dílčí systémy využívané v domě do jednoho centrálního systému a poskytuje tak uživateli komfortní ovládání z jednoho místa. Jde o určitou formu automatizace procesů probíhajících v domě. S ohledem na vnitřní a vnější podmínky je navržen systém vytápění. Součástí práce je i návrh inteligentní elektroinstalace iNELS v domě, která je aplikovaná na jednotlivé technologie a jejíž součástí je i řízení osvětlení a zabezpečovací systém. Pro monitorování a vizualizaci byl vytvořen SCADA systém.

Klíčová slova: inteligentní dům, inteligentní elektroinstalace, zabezpečovací systém, iNELS, iMM, KNX, LonWorks, SCADA, tepelné ztráty, vytápění, ohřev teplé vody, solární systém, fotovoltaický systém.

ABSTRACT

A diploma thesis deals with the use of intelligent systems in a family house. It integrates sub-systems used in the house to one central system and provides the user with a comfortable control from one place. It is a certain form of an automation of processes which take place in the house. With regard to internal and external conditions a heating system is designed. The work also includes design of intelligent electrical installations iNELS in the house, which is applied to particular technologies involving the lighting control and the security system. For monitoring and visualization the SCADA system was created.

Keywords: Intelligent house, intelligent electrical installation, security system, iNELS, iMM, KNX, LonWorks, SCADA, heat loses, heating, hot water heating, solar system, photovoltaic system.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za odbornou pomoc, vedení a poskytnutí potřebných informací při tvorbě diplomové práce.

Velký dík patří také společnosti ELKO EP, s.r.o., která mi vyšla vstříc s individuálním pracovním plánem a poskytla mi vždy potřebné materiály a informace pro zpracování hlavních částí mé diplomové práce.

V neposlední řadě bych chtěl ještě poděkovat rodičům za morální a finanční podporu v průběhu celého studia a své přítelkyni za pomoc a pochopení během celého studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY	12
1.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM	12
1.2 PASIVNÍ DŮM.....	12
1.3 DŮM S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE.....	14
2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	15
2.1 TEPELNÉ ČERPADLO	15
2.1.1 Typy tepelných čerpadel	16
2.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	16
2.2.1 Typy deskových kolektorů	17
2.3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	17
2.3.1 Systémy připojené k síti (grid-on).....	18
2.3.2 Samostatné (ostrovní) systémy (grid-off)	18
3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY	19
3.1 TEPLOTA VNĚJŠÍHO VZDUCHU	19
3.2 VLHKOST VZDUCHU	20
3.3 RYCHLOST A SMĚR VĚTRU	20
3.4 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	20
4 TVORBA MIKROKLIMATU	21
4.1 TEPELNÁ POHODA	22
Vnitřní produkce tepla	22
4.1.1 Faktory ovlivňující z hlediska tepelné pohody okolní prostředí.....	25
Teplota vzduchu θ_i	25
Střední radiační teplota okolních ploch θ_r	26
Operativní teplota θ_o	27
Relativní vlhkost vzduchu φ	28
Rychlost proudění vzduchu w	29
4.2 INDEX PMV A PPD	30
4.2.1 PMV (Predicted Mean Vote)	30
4.2.2 PPD (Predicted percentage of dissatisfied).....	32
4.3 HYGIENICKÁ POHODA	34
4.3.1 Škodliviny	34
4.3.2 Zápachy (odéry)	34
4.3.3 Toxické škodliviny.....	36
Hodnocení škodlivin	36
PEL	36
NPK-P.....	37
4.3.4 Oxid uhličitý.....	38
5 AKUSTICKÉ POŽADAVKY	39
6 OSVĚTLENÍ	43

6.1	DENNÍ OSVĚTLENÍ	43
6.2	UMĚLÉ OSVĚTLENÍ	44
7	TECHNOLOGIE ŘÍZENÍ – INTELIGENTNÍ BUDOVY	46
7.1	ROZDÍL MEZI KLASICKOU A INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACÍ	46
7.1.1	Klasická elektroinstalace	46
7.1.2	Inteligentní elektroinstalace	47
7.1.3	Porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace	49
7.2	VYUŽITÍ INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE	50
7.2.1	Komfort	50
7.2.2	Úspora energií	51
7.2.3	Bezpečnost	52
7.2.4	Osvětlení	53
7.2.5	Vytápění a chlazení	53
7.3	ROZDĚLENÍ SYSTÉMŮ	54
7.3.1	Centralizovaný systém	54
7.3.2	Decentralizovaný systém	54
7.3.3	Hybridní systém	55
8	KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE	56
8.1	KNX	56
8.1.1	Topologické uspořádání KNX	56
8.1.2	Princip činnosti KNX	58
8.1.3	Princip komunikace KNX	59
8.1.4	Přenosová média KNX	61
8.2	LONWORKS	62
8.2.1	Hlavní elementy a standardy využívané v síti LonWorks	62
8.2.2	Vlastnosti sítě LonWorks	63
8.2.3	Výhody a využití sítě LonWorks	63
8.2.4	Protokol LonTalk	64
II	PRAKTICKÁ ČÁST	69
9	NÁVRH SYSTÉMU	70
9.1	POPIS OBJEKTU	70
9.1.1	Půdorys	73
9.1.2	Posouzení pláště budovy	75
10	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	78
10.1	NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU	78
10.2	PŘÍKLAD VÝPOČTU	80
10.2.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	80
10.2.2	Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním	84
10.2.3	Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty místnosti 1.19	84
10.2.4	Výpočet tepelného zátapového výkonu	85
10.2.5	Celkový návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor	85
11	NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	87
11.1	ZDROJ TEPLA	87
11.1.1	Tepelné čerpadlo	87
11.1.2	Kotel na ZP	89

11.1.3	Solární systém	89
11.2	SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	93
11.3	SYSTÉM TUV	94
11.3.1	Přerušovaná dodávka tepla.....	96
11.4	SEKUNDÁRNÍ OKRUH VYTÁPĚNÍ	98
11.5	OTOPNÁ TĚLESA	98
11.5.1	Příklad výpočtu oběhového čerpadla	99
11.5.2	Příklad výpočtu třicestního směšovacího ventilu	102
11.6	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	103
11.7	ROZVODY A IZOLACE	103
11.8	NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU	104
11.8.1	Použité technologie	108
12	ŘÍDICÍ SYSTÉM VYTÁPĚNÍ	112
12.1	OHŘEV TEPLÉ VODY	112
12.2	OHŘEV VODY PRO VYTÁPĚNÍ.....	113
12.3	TECHNOLOGIE	114
13	NÁVRH ELEKTROINSTALACE	117
13.1	OSVĚTLENÍ.....	118
13.2	ZÁSUVKOVÉ OKRUHY	123
14	NÁVRH INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE INELS A IMM	128
14.1	TECHNICKÉ INFORMACE	128
14.1.1	Instalační sběrnice CIB	129
14.1.2	Centrální jednotka	130
14.2	ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ.....	132
14.2.1	Spínací aktory.....	132
14.2.2	Stmívací aktory	134
14.3	ŘÍZENÍ VYTÁPĚNÍ	136
14.4	NÁVRH SYSTÉMŮ EZS A EPS.....	138
14.5	OVLÁDÁNÍ POMOCÍ SYSTÉMU IMM.....	142
14.6	KOMUNIKACE.....	144
14.6.1	Vestavěný webserver	144
14.6.2	GSM brána	145
14.7	VIZUALIZACE (SCADA SYSTÉM).....	146
15	FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM.....	150
15.1	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	152
	ZÁVĚR	154
	CONCLUSION	156
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	158
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	162
	SEZNAM OBRÁZKŮ	164
	SEZNAM TABULEK.....	167
	SEZNAM GRAFŮ	168

ÚVOD

V současné době se s využitím moderní technologie a inteligentními systémy setkáváme zejména v oblasti průmyslu, administrativních budov a také v nepříliš zmiňovaném, ačkoliv s inteligentními systémy úzce souvisejícím, automobilovém průmyslu. Uživatel automobilu už dnes nepřemýšlí, jakým způsobem nastavit větrání a topení, aby se cítil dobře. Zajímá ho pouze teplota a o ostatní se postará samotný vůz.

Podobné technologie se stále častěji objevují i u rodinných domů kde vzhledem k jejich náročnosti začíná být centrální systém řízení nutností. Součinnost několika dílčích a autonomních systémů (řízení osvětlení, žaluzií, topení, solárního a fotovoltaického systému, tepelného čerpadla, tvorby mikroklimatu atd.) nelze efektivně regulovat, aniž by se zapojily do centrálního inteligentního systému řízení.

Součástí inteligentního rodinného domu jsou jak zmíněné dílčí systémy, tak zejména automatizační, komunikační a počítačové technologie. Právě ty reagují na požadavky uživatelů a slouží jako vstupní parametry pro následné vyhodnocení a optimální nastavení žádoucích technologií. Důraz je kladen na zvýšení bezpečnosti, efektivnosti spotřeby energií, pohodlí a zejména komfort ovládání.

Inteligentní systém je ovládán centrálně prostřednictvím dotykového panelu ve zdi umístěného na snadno dostupném místě v domě či přenosným tabletem, mobilním telefonem nebo klasickým počítačem. Stejně tak lze k domu přistupovat vzdáleně prostřednictvím internetu nebo využitím GMS sítě. Tím je zajištěn neustálý dohled nad domem, jeho monitorování a vizualizace jeho stavu „online“. Pomocí automatické regulace vytápění, klimatizace a řadě integrací obnovitelných zdrojů energie lze v inteligentním domě dosáhnout snížení spotřeby energie s cílem jejího efektivního využití. Systémy inteligentní elektroinstalace umožňují řadu funkcí přes řízení osvětlení, žaluzií, vytápění až po klimatizaci, bezpečnostní systém a populární AV techniku.

V diplomové práci je podrobněji rozebírán jak systém inteligentní elektroinstalace, tak systém vytápění, osvětlení a zabezpečení. Zdrojem energií je tepelné čerpadlo v součinnosti s kotlem na zemní plyn a solární systém. Všechny zmíněné technologie jsou určeny pro ohřev teplé vody i pro vytápění. Pro tyto technologie je navržen systém řízení, monitorování a vizualizace. V domě je implementován inteligentní systém iNELS od společnosti ELKO EP, s.r.o., který se stará o řízení osvětlení, regulaci jednotlivých topných okruhů a zabezpečovací systém.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

Energeticky úsporný dům je takový dům, jehož náklady na provoz jsou menší, než stanoví příslušné normy a předpisy. Provozem se rozumí zejména náklady na spotřebu elektrické energie, na vytápění, případně chlazení objektu, větrání, ohřev teplé užitkové vody a pitné vody.

V současné době jsou energeticky úsporné domy velkým trendem a mnoho nově budovaných staveb klade důraz na úspory. Řada z nás se domnívá, že postavit energeticky úsporný dům je zejména otázkou peněz a návratnost takové investice je až několik desítek let. Opak je pravdou a díky dostupným technologiím, včetně inteligentního řízení domu, lze energeticky úsporného domu dosáhnout za přijatelné investiční náklady.

1.1 Nízkoenergetický dům

Za nízkoenergetické domy se považují dle normy ČSN 73 0540-2 budovy, které mají roční měrnou potřebu tepla na vytápění do $50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}$, pokud využívají velmi účinnou otopnou soustavu. Kritérium se vztahuje na všechny domy bez ohledu na jejich tvar nebo velikost. U členitých domů bude kritéria dosaženo obtížněji, nežli u domu s pravidelným tvarem. Nízké potřeby tepla na vytápění je dosahováno zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. [38]

1.2 Pasivní dům

Pasivní dům je druh nízkoenergetického domu. Je charakteristický jak minimalizovanou potřebou energie, která slouží k zajištění požadovaného vnitřního stavu, tak minimalizovanou potřebou primární energie, která je získávána z neobnovitelných zdrojů, pro provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a jiným opatřením.

Pasivní budovy musí splňovat požadavky dané podle Tabulky 1. Do hodnocení primární energie se také zahrnují roční energetické potřeby dle Tabulky 2.

Povinně hodnocenou vlastností je také celková průvzdušnost obálky budovy. Celková intenzita výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí překročit hodnotu $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. [6]

Tabulka 1 Základní vlastnosti pasivních budov dle ČSN 73 0540-2 [6]

		Průměrný součinitel prostupu tepla	Měrná potřeba tepla na vytápění	Měrná potřeba energie na chlazení	Měrná potřeba primární energie
		U_{em} [W/(m ² .K)]	[kWh/(m ² .a)]	[kWh/(m ² .a)]	[kWh/(m ² .a)]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 0,20 požadováno ≤ 0,15 doporučeno	0 ²	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18°C - 22°C		≤ 0,35 ¹	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
POZNÁMKY					
¹ Uvedená hodnota je doporučena, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$, kde $U_{em,rec}$ je Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla a $U_{em,N}$ požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla					
² Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče.					

Tabulka 2 Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení
primární energie pasivních budov [6]

(hodnotí se položky označené ✓)

	Obytné budovy	Neobytné budovy
Vytápění	✓	✓
Chlazení a úprava vlhkosti	x ¹	✓
Příprava teplé vody	✓	✓
Pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy	✓	✓
Elektrické spotřebiče a umělé osvětlení	x	x
¹ Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo (dodatečně) použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče		

1.3 Dům s téměř nulovou spotřebou energie

Domem s téměř nulovou spotřebou energie se myslí budovy, které mají potřebu tepla blízkou nule. Přesněji menší než $5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}$. Takových přísných podmínek lze dosáhnout jen v mimořádně vhodných podmínkách, a proto se s takovými domy setkáváme jen zřídka. Realizace takových domů lze spíše očekávat s vývojem technologií a řízení budov někdy v budoucnu.

2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Obnovitelné zdroje energie začínají být stále populárnější v rezidentním sektoru a to jak z hlediska úspory energií, tak v efektivnosti jejich využití. Zdroje v zemi, vodě, vzduchu i slunečním záření obsahují velké množství tepla, ačkoli jeho nízká teplotní hladina neumožňuje jeho přímé využití. K tomu slouží technologie typu tepelného čerpadla, které odnímá teplo okolnímu prostředí a převádí jej na teplotu vyšší. Ta je pak předávána cíleně dle potřeby do vytápěcího systému nebo je využita pro ohřev teplé užitkové vody. Jde o zcela bezodpadovou technologii.

Druhy obnovitelných zdrojů energie:

- Vodní elektrárny
- Geotermální energie
- Biomasa
- Větrné elektrárny
- Sluneční elektrárny
- Tepelná čerpadla
- Energie přílivu a příboje
- Solární kolektory
- Fotovoltaické systémy

Dále se budu zabývat pouze zdroji, které využívám ve své diplomové práci.

2.1 Tepelné čerpadlo

Principem tepelného čerpadla (TČ) je chladicí okruh, prostřednictvím kterého se teplo na jedné straně odebírá a naopak druhé straně předává. TČ ochlazuje například vzduch, půdu nebo podzemní vodu. Získané teplo, které odebere z těchto zdrojů, pak předává do topných systémů.

Činnost TČ využívá fyzikální jevy spojené se změnou skupenství. V tomto případě chladiva. Ve výparníku chladivo při nízkém tlaku a teplotě odebírá teplo zdroji nízkopotenciálního tepla. Na základě tohoto jevu dochází k varu. Páry chladiva se dále stlačí, zahřívají se a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo látce ohřívané. Tím dochází opětovně k jejich ochlazení a zkapalnění.

TČ je v současné době schopné odebrat teplo z okolního vzduchu, povrchových vod, půdy, vrtů i z podzemní vody.

Hlavním hodnotícím prvkem je tzv. topný faktor (TF), který udává efektivitu čerpadla. Je to poměr topného výkonu (přečerpávaného tepla) k příkonu elektrické energie. Například TF 3 znamená, že tepelné čerpadlo přečerpá třikrát více tepla, než kolik spotřebuje elektrické energie.

2.1.1 Typy tepelných čerpadel

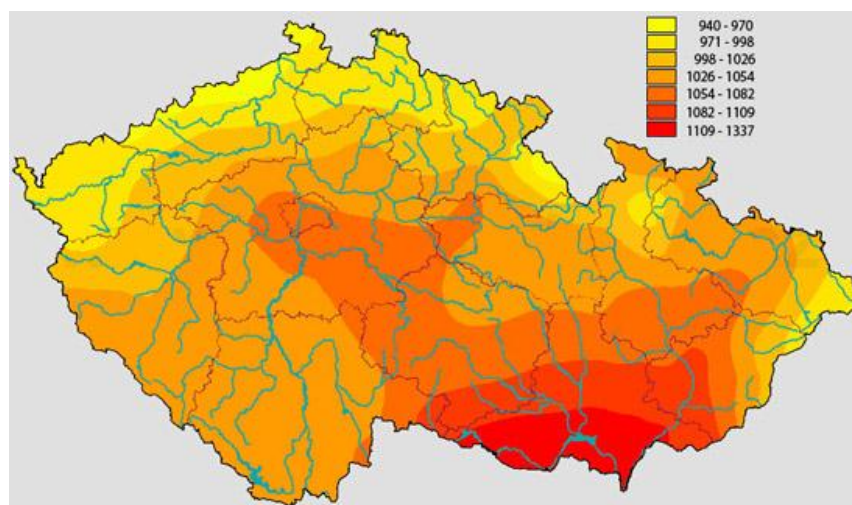
TČ se dělí dle způsobu, jakým se odsávají páry z výparníku na kompresorová – nejčastěji používaná, absorpční a hybridní. Dále se pak dělí dle druhu ochlazované a ohříváné látky [37]:

- vzduch/voda
- vzduch/vzduch
- voda/voda
- země/voda

2.2 Solární kolektory

Další již dnes běžně dostupnou technologií jsou solární kolektory. Vysoká cena je téměř vyvážena nízkými provozními náklady. Ve většině případů jsou solární systémy dimenzovány na 60-70% spotřeby teplé vody, a to z důvodu, že v létě by byl systém předimenzován a vznikaly by tak přebytky nevyužitého tepla. Větší plochy se využívají pouze v případech zapojených do systému vytápění či ohřevu teplé vody do bazénu v letním období.

Optimální dimenzování je $1,5 \text{ m}^2$ na osobu.



Obrázek 1 Mapa slunečního svitu v ČR [$\text{kWh}\cdot\text{m}^2$]

Základním prvkem systému je absorbér, ve kterém se sluneční záření mění na teplo. V absorberu je zahříváno teplotně médium. To je skrze solární okruh napojeno na zásobník tepla, kde přes výměník nebo topný had ohřívá vodu.

V rámci České republiky dopadá na 1 m^2 přibližně 1100 kWh energie. Zisk se však v jednotlivých měsících v roce liší. Průměrná roční výroba se pak předpokládá přibližně $380 - 420 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2$ kolektorové plochy za rok.

2.2.1 Typy deskových kolektorů

Ploché deskové kolektory

Jedná se o nejčastěji používaný typ kolektoru a skládá se s tepelně izolované desky – konstrukce prosklená speciálním sklem, absorberu a měděných trubek. Deskové kolektory se vyrábí i ve vakuovém provedení. To má větší účinnost, ale po čase je nutné ho obnovit.

Trubicové vakuové kolektory

Udává se, že mají větší účinnost než ploché kolektory, jelikož se skládají ze skleněných trubic, ve kterých je vytvořeno vakuum, a jsou umístěny před odrazivou plochou, která lépe rozptyluje sluneční záření. Díky tomu mohou trubicové kolektory získávat teplo i při slabém slunečním záření. Pořizovací cena je vyšší než u plochých deskových kolektorů.

2.3 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické články umožňují přímou přeměnu sluneční energie na energii elektrickou. Tato technologie je hodně využívána v pasivních domech, kdy umožňuje dosáhnout domu až nulovému standardu.

Nejčastěji používanou technologií jsou články z monokrystalického křemíku, jehož účinnost je mezi 14 – 17 %.

Výkon panelu v závislosti na umístění:

- šikmo umístěné panely (optimální sklon 35°) – roční produkce $110 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2$
- panely s natáčením ve dvou osách – roční produkce $150 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2$
- svisle umístěné panely na jižní fasádě - roční produkce cca $75 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2$

Rozhodující faktory v účinnosti jsou zejména oblačnost a znečištění atmosféry. Množství dopadající energie se meziročně mnohdy liší až o 10%.

2.3.1 Systémy připojené k síti (grid-on)

Fotovoltaika v rodinných domech napájí zejména spotřebiče. Není-li zaznamenáván odběr, jsou přebytky dodávány do sítě. Systémy jsou dimenzovány bez akumulátorů a jako tzv. nekonečně velký akumulátor slouží sama síť. Součástí systému je i měnič, který mění stejnosměrný proud na střídavý. Systémy připojené přímo k síti fungují zcela automaticky a podléhá schvalovacímu řízení distributora elektřiny.

2.3.2 Samostatné (ostrovní) systémy (grid-off)

Samostatné ostrovní systémy jsou využívány zejména v místech, kde není možné připojení do stávající sítě. Používají se zejména tam, kde nevádí, že připojené elektrické zařízení je funkční pouze v době dostatečné intenzity slunečního záření. To lze vyřešit zálohovacím systémem s akumulací.

Fotovoltaický systém pracuje nejefektivněji, pokud je navržen pro místní podmínky. Je nutné brát v úvahu účel, uvažovanou spotřebu, typ a provozní dobu připojených spotřebičů. Dále pak počet hodin slunečního svitu v dané lokalitě, orientace vůči světovým stranám, sklon panelů, ovlivňující faktory atd.

Průměrný počet solárního svitu se v ČR pohybuje kolem $1460 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1}$. [11]

3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY

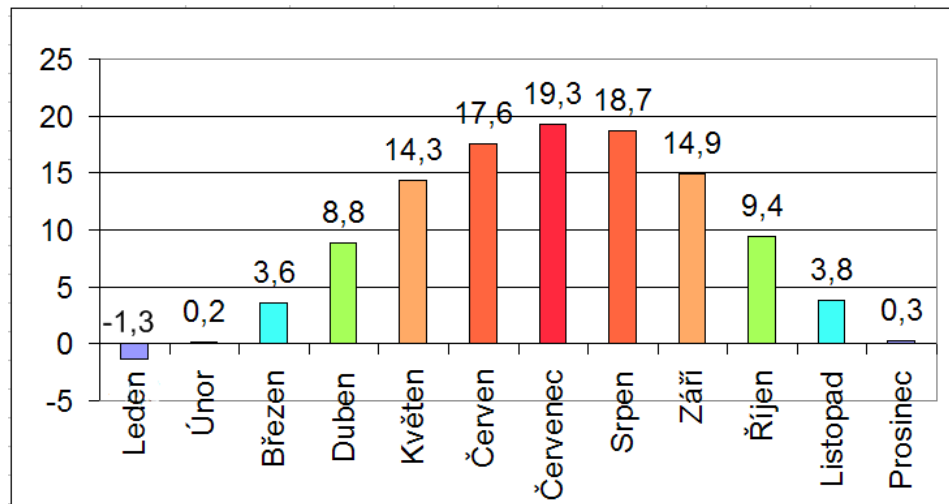
Vnější klimatické podmínky jsou závislé na činitelích, které je ovlivňují. Hlavními energetickými činiteli jsou teplota, tlak, rychlost proudění vzduchu, intenzita osvětlení, akustický tlak atd. Mezi tzv. hmotnostní činitele patří měrná vlhkost vzduchu, koncentrace příměsí apod. Tyto veličiny jsou nejčastěji měřeny a závisí na zeměpisné poloze, roční a denní době, na produkci znečišťujících látek apod. Působí přímo na člověka ve vnějším prostředí i na životnost staveb a technických zařízení. Ovlivňují i vnitřní klima v budovách.

3.1 Teplota vnějšího vzduchu

Teplota vnějšího vzduchu je ovlivňována intenzitou slunečního záření a jeho absorpcí povrchem a prouděním vzduchu. Je závislá na zeměpisné poloze, nadmořské výšce a roční denní době. Teplota během dne není konstantní. Kolísání má přibližně sinusový průběh a vlivem tepelné akumulace se maximální teplota zpožďuje za maximální sluneční radiaci přibližně o 2-3 hodiny.

Tabulka 3 Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu $\theta_{e,mm}$ v ročním průběhu [6]

Nadmořská výška [m n.m.]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměrná celoroční teplota [°C]
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	
200	-1,7	0,1	4,2	9,3	14,3	17,5	19,0	18,6	14,5	9,5	4,1	0,1	9,1
300	-2,2	-0,4	3,6	9,1	13,4	17,0	18,0	17,9	13,8	8,9	3,5	-0,2	8,5
400	-2,5	-0,8	3,0	8,6	13,0	15,9	17,6	17,5	13,1	8,3	3,0	-0,5	8,0
500	-2,8	-1,3	2,6	7,2	12,7	15,1	17,4	17,1	12,5	8,0	2,3	-0,9	7,5
600	-3,3	-1,8	1,8	6,5	11,5	14,7	16,2	15,6	12,2	7,4	2,1	-1,4	6,8
700	-3,7	-2,3	1,2	5,8	10,8	14,0	15,5	15,0	11,7	7,0	1,6	-2,0	6,2
800	-3,9	-2,7	0,6	4,9	10,0	13,2	14,8	14,3	11,0	6,5	1,2	-2,4	5,6
900	-4,3	-3,2	-0,1	4,2	9,2	12,5	14,0	13,6	10,4	6,0	0,7	-2,9	5,0
1000	-4,7	-3,8	-0,8	3,3	8,4	11,7	13,2	12,8	9,6	5,4	0,2	-3,4	4,3
1100	-5,3	-4,4	-1,5	2,5	7,7	11,0	12,5	12,0	8,9	4,8	-0,4	-4,0	3,7
1200	-5,9	-5,1	-2,2	1,7	6,9	10,3	11,7	11,3	8,2	4,2	-1,1	-4,6	3,0



Obrázek 2 Průměrná teplota v ČR podle jednotlivých měsíců [25]

3.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je stejně jako teplota ovlivňována zeměpisnou polohou místa, intenzitou vodních srážek, blízkostí vodních ploch a roční i denní dobou.

Relativní vlhkost vzduchu φ se mění v závislosti na teplotě vzduchu.

Vlhkost je obvykle zadána výpočtovými hodnotami parciálního tlaku vodních par p_D , nebo entalpie h_c a teploty venkovního vzduchu θ_e . V zimním období, kdy jsou teploty venkovního vzduchu na minimu je parciální tlak vodních par p_D malý. Například pro teplotu vzduchu -15°C je parciální tlak sytých par $p_D'' = 165 \text{ Pa}$, pro 0°C je $p_D'' = 611 \text{ Pa}$.

3.3 Rychlost a směr větru

Proudění vzduchu vzniká vlivem tlakových rozdílů, které zároveň určují i směr proudění větru. Tyto děje se odehrávají v troposféře. Průběh denního kolísání rychlosti větru se téměř rovná průběhu teploty vzduchu. Průměrně nejvyšších hodnot dosahuje rychlost větru v poledne.

3.4 Sluneční záření

Slunce vyzařuje energii ve vlnovém rozsahu $10^{-10}\text{m} \leq \lambda \leq 10^3\text{m}$. Hlavní a zároveň podstatnou částí je oblast v rozsahu $0,2 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 3 \mu\text{m}$.

Na zemský povrch dopadá přibližně 43% vyzařované energie. Zbytek se odráží nebo je absorbován v různých vrstvách atmosféry.

4 TVORBA MIKROKLIMATU

Mikroklimatické činitele zahrnují tepelné a vlhkostní veličiny, které ve vnitřním prostředí ovlivňují výsledný fyzický a duševní stav člověka. Vnitřní prostředí je definováno jako prostředí ohraničené neprůsvitnými i průsvitnými stavebními konstrukcemi v těsné kooperaci s technikou prostředí.

Interiérovým prostředím se rozumí vnitřní prostor a zařízení včetně vnitřního klimatu. Vnitřní klima je charakterizováno několika faktory:

- složení vzduchu
- teplota vzduchu a ostatní tepelné vlastnosti prostředí
- vlhkost vzduchu
- hluk (zvuk)
- záření (světlo)
- elektrické a magnetické vlastnosti prostředí

Nejdůležitějšími faktory jsou teplota a vlhkost. Tepelný stav vnitřního prostředí ovlivňují čtyři základní činitele:

- teplota okolního vzduchu θ_i [$^{\circ}\text{C}$]
- střední radiační teplota okolních ploch θ_r [$^{\circ}\text{C}$]
- rychlost proudění vzduchu w [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- relativní vlhkost vzduchu φ [%]

Tepelná pohoda ovšem není závislá jen na uvedených čtyřech činitelích, ale i na několika dalších parametrech, které úzce souvisí s osobou a účelem místnosti. Těmi jsou:

- aktivita člověka vyjádřená jeho metabolismem [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
- oblečení – tepelný odpor oděvu clo [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

Spokojenost člověka v interiéru z hlediska tepelného stavu vnitřního prostředí je neutralita, což je stav, kdy člověk nemá pocit tepla ani chladu.

4.1 Tepelná pohoda

Definicí tepelné pohody je několik. Jedna z nich říká, že tepelná pohoda prostředí je obvykle definována jako pocit spokojenosti člověka s tepelným stavem prostředí. Předpokladem tepelné pohody je dosažení rovnováhy tepelného režimu člověka potřebné k udržení stálé teploty těla. Ve zdravém lidském těle se teplota pohybuje přibližně od 36°C do 37°C a při látkových přeměnách, které v něm probíhají, se uvolňuje tzv. metabolické teplo (tepelná energie) a tím je teplo přenášeno i do okolí.

Přenos tepla do okolí probíhá konvekcí, vedením, radiací, vypařováním a dýcháním. Množství přeneseného tepla je ovlivněno činností, kterou člověk v danou chvíli provádí.

V klidu (ve spánku) je základní tepelná produkce člověka $\dot{q}_m = 44\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ a objemový průtok plicemi je $0,14\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ($0,5\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$). Tepelná produkce i objemový průtok se liší při fyzické činnosti.

Tabulka 4 Vnitřní produkce tepla při různé činnosti člověka

Druh činnosti	Intenzita vnitřní produkce tepla \dot{q}_m [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
úplný klid ve spánku	40
odpočinek v poloze vsedě	60
uvolněné stání	70
kancelářská práce	65 až 70
práce v domácnosti	90 až 120
lehká fyzická práce	80 až 100
středně těžká fyzická práce	120 až 160
těžká fyzická práce	180
chůze po rovině rychlostí 3 km/h	110
chůze po rovině rychlostí 5 km/h	180
běh po rovině rychlostí 9 km/h	380
tanec	140 až 260
gymnastika	170 až 230

Vnitřní produkce tepla

Energie, která se uvolňuje při oxidačním procesu, se přeměňuje s časem (metabolismus \dot{q}_m) do vnitřního tepla organismu \dot{Q} a vydává na vnější mechanickou práci W . Vnitřní produkci tepla člověka pak můžeme definovat vztahem

$$\dot{Q}_m = \dot{Q} + W \text{ [W]}$$

Vnější mechanická účinnost je

$$\eta = \frac{W}{\dot{Q}_m} [-]$$

potom

$$\dot{Q} = \dot{Q}_m \cdot (1 - \eta) [W]$$

a na jednotku povrchu těla

$$\frac{\dot{Q}}{S_t} = \frac{\dot{Q}_m}{S_t} \cdot (1 - \eta) [W \cdot m^{-2}]$$

Metabolizmus vyjádřený výrazem $\frac{\dot{Q}}{S_t}$ je funkci činnosti posuzované osoby. Úroveň činnosti je vyjadřována v jednotkách *met* ($1 \text{ met} = 58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), což se přibližně odpovídá klidnému sezení.

Pokud člověk nekoná mechanickou práci (např. chůze po rovině), pak je vnější účinnost nulová. V ojedinělých případech dosahuje účinnost hodnoty 0,25. Při výrobních činnostech pak tepelná produkce společně s účinností rostou v závislosti na intenzitě práce.

Velikost tepelných ztrát lidského těla závisí na možnostech odevzdávání tepla do okolního prostředí. To může nastat:

- vedením - kondukcí
- prouděním - konvekcí
- sáláním - radiací
- dýcháním
- vypařováním potu

Tepelná rovnováha lidského těla bývá vyjadřována funkčním vztahem

$$f(\dot{q}_m, R_d, \theta_i, \theta_r, w, p_v, \theta_k, \dot{q}_w) = 0$$

kde

$\dot{q}_m = \frac{\dot{Q}}{S_t}$ je vnitřní tepelná produkce tepla (metabolizmus) z jednotkové plochy na povrchu těla [$W \cdot m^{-2}$],

S_t – plocha povrchu těla [m^2],

R_d – tepelný odpor oděvu [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$],

θ_i – teplota okolního vzduchu [$^{\circ}C$],

θ_r – střední radiační teplota okolních ploch [$^{\circ}C$],

w – rychlost proudění vzduchu [$m \cdot s^{-1}$],

p_v – tlak vodních par ve vzduchu [kPa],

θ_k – střední teplota pokožky [$^{\circ}C$],

$\dot{q}_w = \frac{\dot{Q}_w}{S_t}$ je tepelný tok z jednotkové plochy povrchu těla vypařováním vyloučeného potu.

Pokud vyjádříme tepelnou rovnováhu pro lidské tělo rovnicí, dostaneme tvar

$$\dot{Q}_{vypr} = \dot{Q}_{str}$$

Dosažením tepelných toků do rovnice získáme rovnici tepelné rovnováhy – rovnici tepelné pohody ve tvaru

$$\dot{Q}_{vypr} = \pm \dot{Q}_{kd} \pm \dot{Q}_k \pm \dot{Q}_s + \dot{Q}_d + \dot{Q}_w \pm \dot{Q}_a$$

kde

\dot{Q}_{vypr} je celková tepelná produkce v lidském těle [W],

\dot{Q}_{kd} – tepelný tok vedením (zpravidla se zanedbává) [W],

\dot{Q}_k – tepelný tok prouděním [W],

\dot{Q}_s – tepelný tok sáláním [W],

\dot{Q}_d – tepelný tok odváděný dýcháním [W],

\dot{Q}_w – tepelný tok vyvolaný vypařováním (difúze pokožky, běžné pocení) [W],

\dot{Q}_a – tepelný tok akumulovaný v těle (zpravidla se zanedbává) [W].

4.1.1 Faktory ovlivňující z hlediska tepelné pohody okolní prostředí

Tepelný stav prostředí projevující se výsledným tepelným účinkem prostředí na člověka můžeme rozdělit na čtyři základní faktory:

- teplota vzduchu θ_i [$^{\circ}C$],
- střední radiační teplota okolních ploch θ_r [$^{\circ}C$],
- relativní vlhkost vzduchu φ [%],
- rychlost proudění vzduchu w [$m \cdot s^{-1}$]

a dva faktory týkající se osoby:

- činnost člověka,
- tepelný odpor oděvu R_d [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$] - $clo = 0,155 m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Stav vnitřního prostředí se považuje za vyhovující, pouze v případě, kdy procento nespokojených nepřesáhne hodnotu 15%.

Teplota vzduchu θ_i

Optimální teplota vzduchu závisí na účelu místnosti:

- vnitřní produkce tepla,
- druh oděvu,
- věk člověka,
- pohlaví apod.

Nejvhodnější teplota v interiéru je těžko určitelná. Dle střeoevropských podmínek se ale udává pro přiměřeně oblečeného, fyzicky nepracujícího, sedícího nebo odpočívajícího člověka teplota vzduchu v interiéru 18 – 22 $^{\circ}C$ v zimě a 13 – 25 $^{\circ}C$ v létě. V letním období je teplota volena záměrně vyšší, jelikož se předpokládá, že je člověk lehčeji oblečený a k odvádění stejného množství tepla potřebuje při stejné povrchové teplotě těla vyšší teplotu okolí.

Z hlediska tepelné pohody by neměl rozdíl teplot mezi hlavou a nohou člověka dosáhnout většího rozdílu než 2 K u stojícího člověka a 1,5 K u sedícího člověka.

Střední radiační teplota okolních ploch θ_r

Střední radiační teplota je definována jako společná - průměrná teplota všech okolních ploch, při které by bylo celkové množství tepla sdílené sáláním (radiací) mezi povrchem těla a okolními plochami stejné jako ve skutečnosti.

Uvažujeme-li, že střední povrchová teplota stěn klesne o $1\text{ }^\circ\text{C}$, člověk v klidu to vnímá tak, jako by i teplota vzduchu klesla o $1\text{ }^\circ\text{C}$. Z toho vyplývá, že teplota okolních stěn a vzduchu přímo ovlivňuje ochlazování těla zhruba stejně. Teplota okolních stěn by neměla být menší než $2 - 4\text{ }^\circ\text{C}$ vzhledem k teplotě vzduchu a zároveň by neměla být větší než $6\text{ }^\circ\text{C}$ vzhledem k teplotě lidského těla.

Střední radiační teplota lze určit ze vztahu

$$\theta_r = \left[(\theta_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot w^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273$$

kde

θ_g je teplota kulového teploměru,

w - rychlost proudění vzduchu [$m \cdot s^{-1}$],

θ_a - teplota vzduchu.

Teplota kulového teploměru se měří tzv. kulovým teploměrem. Jedná se o černou (nejlépe pohlcuje radiační záření) kouli (imituje povrch těla) z tenkého měděného plechu, v jejímž středu je umístěn rtuťový teploměr. Koule musí být izolována od podstavce i teploměru. Koule je obalena vrstvou pěnového polystyrenu, který snižuje odraz tepelných paprsků od povrchu koule lépe než černý nátěr.

Teplota kulového teploměru tedy hodnotí teplotu vzduchu a sálavou teplotu, nebere v úvahu vlhkost vzduchu a pouze minimálně rychlost proudění vzduchu. Proto se v současné legislativě prosadil pojem operativní teplota.

Teplota kulového teploměru bývá mnohdy nahrazována tzv. účinnou teplotou okolních ploch θ_u , která je přibližně stejná a lze určit ze vztahu:

$$\theta_u = \frac{\sum A_i \cdot \theta_{Ai}}{\sum A_i}$$

kde

A_i je plocha i-té stěny

θ_{Ai} je povrchová teplota i-té stěny

Operativní teplota θ_o

Je definována jako teplota prostoru o stejné teplotě vzduchu i stejné střední radiační teplotě, ve kterém by lidské tělo sdílelo prouděním - konvekcí a sáláním – radiací stejné množství tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí.

Rovnice pro výpočet operativní teploty, za předpokladu, že známe rychlost proudění vzduchu, má tvar:

$$\theta_o = \theta_r + A \cdot (\theta_a - \theta_r)$$

kde

θ_r je střední radiační teplota

θ_a je teplota vzduchu

A je funkce rychlosti proudění vzduchu podle tabulky 5

Tabulka 5 Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty θ_o na rychlosti proudění vzduchu w [$m \cdot s^{-1}$].

w [$m \cdot s^{-1}$]	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
A [–]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

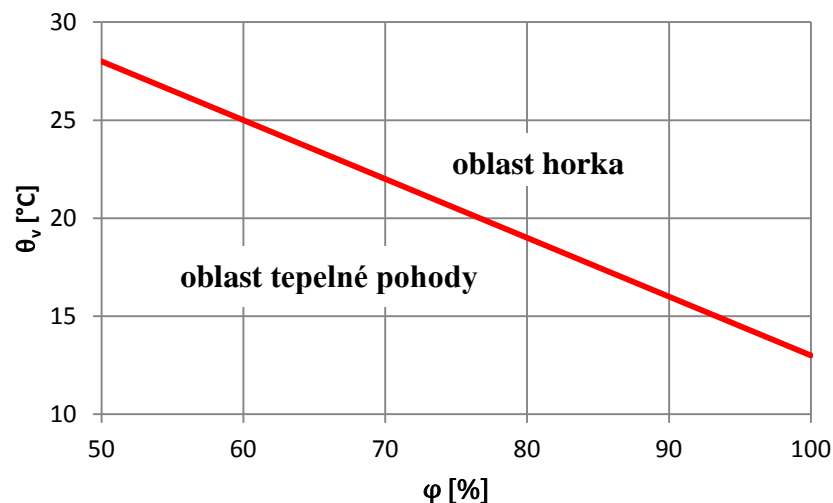
Při rychlostech proudění vzduchu menších než $0,2 m \cdot s^{-1}$ můžeme operativní teplotu nahradit přímo teplotou kulového teploměru θ_r [$^{\circ}C$].

Relativní vlhkost vzduchu φ

Jde o důležitý parametr z hlediska vyjádření tepelné pohody v interiéru udávaný v procentech. Stejně důležitou roli hraje i v oblasti hygienických požadavků.

Relativní vlhkost vzduch udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení.

V letním období lze vlhkost vzduchu zanedbat, pakliže je menší než 60%. Při větší vlhkosti je díky velkému parciálnímu tlaku vodní páry ve vzduchu ztíženo vypařování potu, a to má za důsledek narušení tepelné pohody.



Graf 1 Oblast tepelné pohody a oblast pocitu horka (Závislost relativní vlhkosti vzduchu na teplotě)

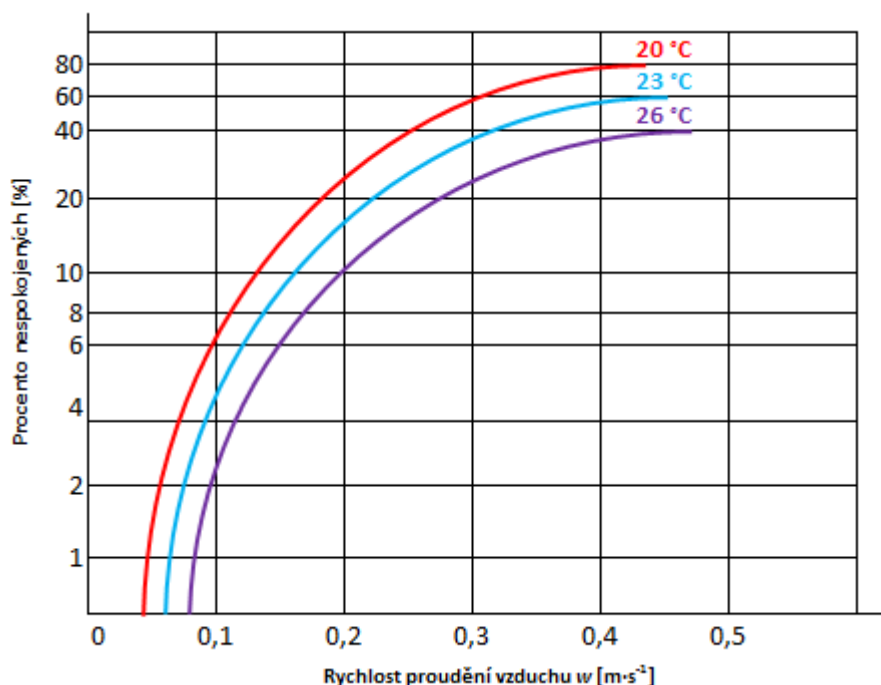
Hodnoty operativní vlhkosti v rozmezí 35 – 70% nejsou člověkem téměř vnímány, za předpokladu, že operativní teplota v místnosti je rovna 20 °C. Tyto hodnoty jsou rovněž považovány za přípustné. Jestliže hodnota vlhkosti klesne pod hranici 30%, člověku pak suchý vzduch vysouší sliznici dýchacích cest a v prostředí se zvyšuje tvorba prachových částic.

Vlhkost vzduchu je určována několika metodami:

- psychometrický rozdíl údajů suchého a mokrého teploměru,
- délkové změny některých hygroskopických látek,
- měření teploty rosného bodu
- absorpční a adsorpční vlastnosti určitých látek, u kterých se měří jejich hmotnostní přírůstek po průtoku určitého množství vzduchu.

Rychlost proudění vzduchu w

Dalším důležitým parametrem vedle vnitřní teploty, účinné teploty okolních ploch a vlhkosti vzduchu, který má vliv na vytvoření pohody v prostředí je rychlost proudění vzduchu w v prostoru. Člověk velmi citlivě vnímá proudění vzduchu v uzavřeném prostoru a to obzvláště v případech, kdy má vzduch nižší teplotu, než je teplota v místnosti. Pro teploty 19 – 21 °C je přípustná rychlost proudění vzduchu 0,10 – 0,15 $m \cdot s^{-1}$. Při vyšších teplotách je možné zvolit rychlosti vyšší. Nejvyšší dovolená rychlost při teplotě 26 °C je $w \leq 0,4 m \cdot s^{-1}$. Jestliže je rychlost proudění vzduchu vyšší než 0,4 $m \cdot s^{-1}$, člověk ji může vnímat jako pocit průvanu.



Graf 2 Grafické znázornění závislosti procenta nespokojených uživatelů na průměrné rychlosti proudění vzduchu

4.2 Index PMV a PPD

Důležitou součástí v posuzování prostředí jsou metody předpovídání celkového tepelného pocitu a stupně diskomfortu (duševní nepohoda s tepelným prostředím) osob, které byly vystaveny mírnému tepelnému prostředí. Tyto metody nám umožňují určit tepelný komfort prostřednictvím ukazatelů PMV – předpovídaný střední tepelný pocit a PPD – předpovídané procento nespokojených.

4.2.1 PMV (Predicted Mean Vote)

PMV je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit na základě vyhodnocení hlasů velké skupiny osob, které svůj pocit hodnotí pomocí bodové stupnice (viz. Tabulka 6), která je založena na tepelné rovnováze lidského těla.

Tepelná rovnováha nastane, jestliže se vnitřní tepelná produkce těla rovná tepelné ztrátě daného prostředí. Tepelná rovnováha lidského těla je automaticky udržována termoregulačním systémem člověka, a to prostřednictvím vylučování potu.

Tabulka 6 Stupnice tepelných pocitů [32]

PMV	Tepelný pocit
+ 3	Horko
+ 2	Teplo
+ 1	Mírně teplo
0	Neutrálně
- 1	Mírně chladno
- 2	Chladno
- 3	Zima

Index PMV se vypočítá pomocí následujících rovnic:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot$$

$$\{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] -$$

$$- 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - \theta_a) -$$

$$- 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(\theta_{cl} + 273)^4 - (\theta_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (\theta_{cl} - \theta_a)\}$$

$$\theta_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot$$

$$\{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(\theta_{cl} + 273)^4 - (\theta_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (\theta_{cl} - \theta_a)\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot (\theta_{cl} + \theta_a)^{0,25} \text{ pro } 2,38 \cdot (\theta_{cl} - \theta_a)^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_a} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_a} \text{ pro } 2,38 \cdot (\theta_{cl} - \theta_a)^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_a} \end{cases}$$

$$f_{cl} = f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1,29 \cdot R_{cl} \text{ pro } R_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \\ 1,05 + 0,645 \cdot R_{cl} \text{ pro } R_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \end{cases}$$

kde

M – energetický výdej povrchu lidského těla - metabolismus

(58,2 W/m² – sedící člověk) [$W \cdot m^{-2}$]

W – účinný mechanický výkon (pro většinu prací rovno nule) [$W \cdot m^{-2}$]

I_{cl} – tepelný odpor oděvu [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

f_{cl} – poměr povrchu oděného člověka k povrchu nahého člověka

θ_a – teplota vzduchu [$^{\circ}C$]

θ_r – střední radiační teplota [$^{\circ}C$]

v_a – relativní rychlost proudění vzduchu vůči lidskému tělu

p_a – parciální tlak vodní páry [Pa]

h_c – součinitel přestupu tepla konvekcí [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

θ_{cl} – teplota povrchu oděvu [$^{\circ}C$]

Index PMV je možno počítat pro různé kombinace metabolismu, teploty vzduchu, izolace oděvu, střední radiační teploty, rychlosti proudění vzduchu i vlhkosti vzduchu. Ukazatel PMV může být aplikován s dobrým výsledkem při menším kolísání jedné nebo více proměnných, pokud jsou použity časově vážené průměry proměnných za jednu předchozí hodinu, i přesto, že je odvozen pro podmínky ustáleného stavu.

Použitelné hodnoty PMV jsou v rozmezí od -2 do +2, a jen tehdy, je-li všech šest parametrů v následujícím rozmezí:

$$M \quad 46 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ až } 232 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ (0,8 met až 4 met)}$$

$$I_{cl} \quad 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ až } 0,310 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (0 clo až 2 clo)}$$

$$t_a \quad 10 \text{ }^\circ\text{C} \text{ až } 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_r \quad 10 \text{ }^\circ\text{C} \text{ až } 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$v_a \quad 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ až } 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p_a \quad 0 \text{ Pa} \text{ až } 2700 \text{ Pa}$$

I přes dodržení přísných norem a zajištění optimální tepelné pohody bude vždy existovat určitá část nespokojených lidí, kteří s daným komfortem/diskomfortem nebudou spokojeni. Je to způsobeno osobností člověka a jeho individuálním pocitem v daném prostředí. Významnou roli zde sehrávají faktory, které ovlivňují tepelný stav prostředí. Těmi jsou fyzická aktivita, oblečení apod.

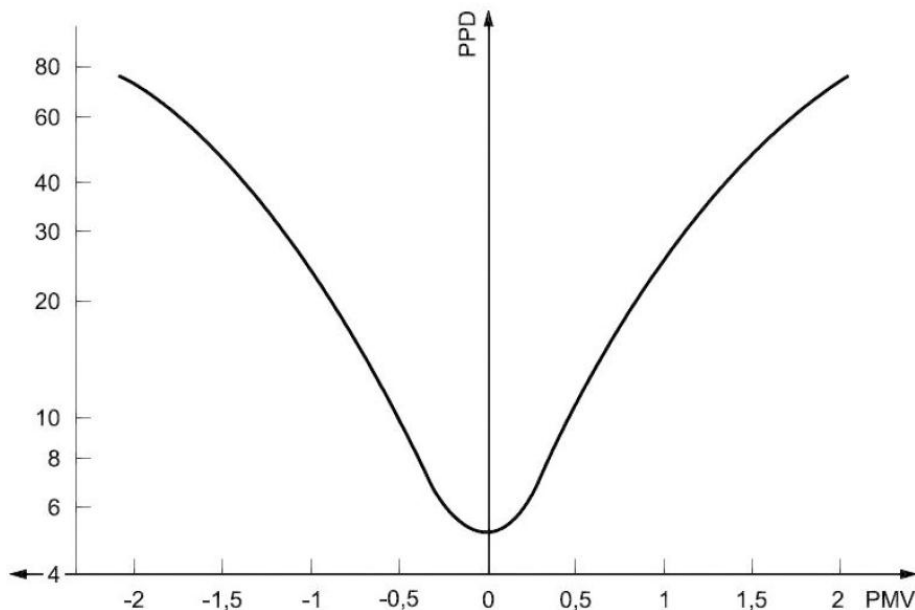
Touto problematikou se podrobněji zabývá výše zmíněný index PPD (Predicted percentage of dissatisfied), který je blíže popsán v následující kapitole.

4.2.2 PPD (Predicted percentage of dissatisfied)

PPD je ukazatel, který stanovuje kvantitativní předpověď podíl nespokojených osob s tepelným prostředím v daném prostoru, které pociťují jako příliš chladné nebo naopak příliš teplé. Za nespokojené osoby se považují ty, které na stupnici (Tabulka 6) zvolí *horko*, *tepló*, *chladno* nebo *zima*.

Hodnota indexu PPD vychází z hodnoty indexu PMV. Je-li určen index PMV, pak hodnota PPD se vypočítá pomocí následující rovnice:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2}$$



Graf 3 Závislost indexu PMV na indexu PPD [15]

PPD předpokládá, kolik osob bude nespokojených s tepelným prostředím v dané skupině lidí. Zbytek osob se bude cítit neutrálně. Budou tedy pociťovat *mírné teplo* nebo *mírný chlad*. Předpokládané rozložení je zobrazeno podrobněji v Tabulce 7.

Tabulka 7 Rozložení hodnocení individuálního tepelného pocitu pro různé hodnoty středního tepelného pocitu [32]

PMV	PPD	předpověď hlasování osob ¹⁾ [%]		
		0	-1, 0 nebo +1	-2, -1, 0, +1 nebo +2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0,5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

¹⁾ Založená na odpovědích 1300 osob

Index PPD hraje obrovskou roli ve spotřebě energií. Pokud se spokojíme s vyšším procentem nespokojených, účinnost systému pak můžeme snížit a ušetřit tak energii. Lze tedy říci, že čím více je procento nespokojených vyšší, tím méně nás stojí provoz celého systému.

4.3 Hygienická pohoda

Dalším sledovaným kritériem je tzv. hygienická pohoda, která hraje v podmínkách vnitřního prostředí stejně důležitou roli, jako předchozí parametry. Jedním z posuzovaných faktorů je kvalita vnitřního vzduchu, kterou ovlivňují především:

- škodliviny
- zápachy (odéry)
- toxické škodliviny
- mikrobiologické škodliviny
- oxid uhličitý
- oxidy dusíku
- radon

4.3.1 Škodliviny

Škodlivinou se rozumí jakákoliv látka (plyn, pára, prach apod.), stejně tak i energetické, biologické a fyziologické jevy, které svou přítomností v určité koncentraci nebo intenzitě škodí zdraví člověka, zvířete i rostlin, případně nepříznivě působí na výrobní postup, životnost staveb a kvalitu skladovaného materiálu.

Mezi průmyslové škodliviny řadíme plyny, páry, kapalné (mlhovina) nebo tuhé (prach, dým) aerosoly. Škodlivinou je také nadměrné teplo – konvekční nebo radiační. V oblasti průmyslu nelze škodliviny z prostředí zcela vyloučit. Z tohoto důvodu se do průmyslu zavádí tzv. nucené větrání, které má za úkol zajistit odvod vznikajících škodlivin z pracovních částí (části, v nichž se pohybují lidé) a přivádět na toto místo čerstvý vnější vzduch. Obsah škodlivin ve vzduchu nesmí překročit přípustný limit. To je docíleno technickými opatřeními a intenzitou výměny vzduchu.

4.3.2 Zápachy (odéry)

Odérové látky jsou plynné složky ovzduší vnímané jako pachy (vůně nebo zápachy). Jedná se o anorganické nebo organické látky, které jsou většinou produkovány člověkem nebo jeho činností, ojediněle se uvolňují ze stavebních konstrukcí.

V interiérech má počet odérů rostoucí tendenci. Mezi klasické odéry patří například kosmetické přípravky, odéry z přípravy jídel, kouření cigaret apod. Několik dalších typů odérů přibýlo s příchodem novodobých stavebních látek – zejména plastů (styren, formaldehyd atd.

Dle Zwaardemarkerovy stupnice se v ovzduší může vyskytovat pět základních typů odérů:

- 1) éterický (lidské pachy),
- 2) aromatický (pachy rozkládajícího se, zralého ovoce),
- 3) izovalerický (pach z kouření tabáku, pach potu),
- 4) zažluklý (pachy mlékárenských produktů),
- 5) narkotický (pachy rozkládajících se, proteinů a vůně tabáku).

Odérové látky vstupují do objektu jak z vnějšího prostředí, tak z prostředí vnitřního, kde přímo vznikají – činností člověka, uvolňováním ze stavebních materiálů – především z izolací, nátěrů a prostředků na ochranu dřeva. Ve většině případů nemusí odéry přímo ohrozit zdraví člověka, nicméně mají nepříznivý vliv na jeho výkonnost, soustředění, chuť a způsobují pocit nevolnosti.

Optimální hodnota odérového mikroklimatu je určena tzv. prahovou koncentrací odérových látek. Nejčastější druhy zápachů jsou uvedeny v Tabulce 8.

Tabulka 8 Prahové koncentrace zápachů (odérů) [34]

Odérová látka	Koncentrace		
	ppm ¹⁾	mg·l ⁻¹	mg·m ⁻³
tetrachlormetan	0,0440000	70	44
amoniak	0,3480000	50	34,8000
chlor	0,0102000	3,500000	10,2000
akrolein	0,0041200	1,800000	4,1300
amylacetát	0,0053300	1,000000	5,3300
pyridin	0,0008100	0,250000	0,8100
sirovodík	0,0006220	0,200000	0,6220
ozon	0,0000982	0,050000	0,0982
organické sirníky	-	0,005555	-
vanilinová esence	-	0,000080	-
pižmo	-	0,000004	-

¹⁾ ppm = parts per milion = 1 cm³·m⁻³

Zápachy zhoršují kvalitu vzduchu v místnosti. Změřit koncentraci zápachové látky je téměř nemožné, jelikož i u pronikavého zápachu může být koncentrace minimální. Stupeň zápachu se tedy posuzuje podle snadno měřitelného CO₂.

4.3.3 Toxické škodliviny

Toxické mikroklima tvoří tzv. toxické plyny – plynné složky ovzduší, které vyvolávají u člověka chorobné změny v organismu. Stejně jako odéry se dělí na organické a anorganické a vstupují do interiéru z vnějšího i vnitřního prostředí.

Škodliviny vstupující z vnějšího prostředí mohou být oxidy síry (SO_2 a SO_3), oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), ozon (O_3) a některé uhlovodíky.

Oxidy síry SO_2 a SO_3 vznikají při spalování fosilních paliv, které obsahují síru. Oxidy dusíku vznikají primárně při hoření za vyšších teplot z atmosférického dusíku – v dieselových motorech, v kotelnách tepláren, elektráren a při hoření plynu v domácnostech apod. CO je produkováno zejména benzínovými motory. Zdrojem O_3 jsou zejména blesky. Uhlovodíky vznikají zejména v dopravě – emise z výfukových plynů.

Vznik toxických škodlivin v interiéru je zejména ze stavebních látek (styren, formaldehyd apod.).

Hodnocení škodlivin

Koncentrace škodlivin se v ovzduší se vyjadřuje:

- hmotnostně ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- objemově (obj. %), ($\text{ppm} = 1 \text{ cm}^3\cdot\text{m}^{-3} = \text{parts per milion}$)
- počtem částic v objemové jednotce (při prachu)

Nejvyšší přípustné koncentrace určuje Nařízení vlády č. 178/2001 a jeho novela Nařízení vlády č. 523/2002. V daných normách jsou definovány hodnoty PEL a NPK-P.

PEL

Jedná se o přípustný expoziční limit, tzn. celosměnově vážený průměr koncentrace plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, kterému mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní expozici k poškození zdraví. PEL platí za předpokladu, že zaměstnanec je zatěžován prací, při které jeho plicní ventilace nepřekračuje $20 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

NPK-P

Nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky v pracovním ovzduší. Je to koncentrace, které nesmí být zaměstnanec vystaven v žádném přípustném časovém úseku pracovní směny.

Tabulka 9 Přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v ovzduší pracovišť dle Nařízení vlády č. 178/2001 Sb.

Látka	PEL [mg·m ⁻³]	NPK-P [mg·m ⁻³]	Faktor přepočtu na [ppm]
oxid uhličitý	9000	45000	0,556
etylalkohol	1000	3000	0,532
aceton	800	1500	0,421
benziny technické	400	1000	-
toluen	200	500	0,266
styren	100	400	0,235
oxid uhelnatý	30	150	0,873
amoniak	14	36	1,438
oxid siřičitý	5	10	0,382
benzen	3	10	0,263
fluor	1,5	3	0,643
fluorovodík	1,5	2,5	1,223
chlor	1,5	3	0,344
dusičnan sodný	1	5	-
formaldehyd	0,5	1	0,814
azren	0,1	0,4	-
fosfor (bílý, žlutý)	0,1	0,3	0,197
ozon	0,1	0,2	0,509
chrom	0,05	0,1	-
olovo	0,05	0,2	-
rtuť	0,05	0,15	0,121

4.3.4 Oxid uhličitý

Jedná se o hlavní škodlivinu v nevýrobních uzavřených prostorech. Lidský vydechovaný vzduch o teplotě 34-36 °C obsahuje přibližně 4 obj. % CO₂ a 5 obj. % vodní páry H₂O (dále pak obsahuje 75 % dusíku a 16 % kyslíku).

Podle hygienických směrnic je nejvyšší přípustná koncentrace (NPK) CO₂ v místnosti je 0,5 obj. % vzhledem k dalším škodlivinám, které vydechovaný oxid uhličitý doprovází. Podle tzv. Pattenkoferova hygienického pravidla nesmí koncentrace oxidu uhličitého při trvalém pobytu člověka v místnosti překročit hodnotu 0,15 obj. %. Při vyšší hodnotě je vzduch v místnosti považován za znehodnocený.

Při koncentraci okolo 3 obj. % CO₂ v místnosti se u člověka začíná projevovat bolest hlavy, závrať či nevolnost. Ke ztrátě vědomí přichází člověk při koncentraci přibližně 8 obj. %.

5 AKUSTICKÉ POŽADAVKY

Akustika je obor, zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly. Z hlediska techniky prostředí je důležitá stavební akustika, která se zabývá zvukovými jevy a souvislostmi v uzavřeném prostoru, v budovách a stavebních konstrukcích a prostorová akustika, která řeší šíření zvuku v obecném prostoru.

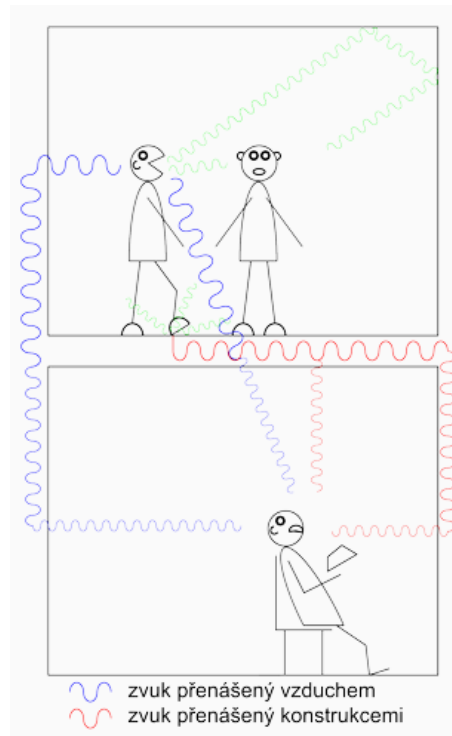
Stavební akustika se zabývá zejména zvukovou izolací v budovách. Zvuková izolace je akustické oddělení dvou prostorů (místností), které má za následek potlačení zvuku při jeho šíření z jedné místnosti do druhé.

Hlučný prostor (zdroj hluku) se nazývá místnost zdroje a chráněný prostor je místnost příjmu. Jako zdroj hluku můžeme považovat také venkovní prostor před fasádou objektu.

Přenos zvuku mezi místnostmi je ovlivněn charakterem zdroje zvuku a akustickými vlastnostmi použitých stavebních materiálů, které se na přenosu zvuku podílejí. Běžné zdroje zvuku se rozdělují do dvou skupin:

- *Zvuk přenášený vzduchem* – jedná se o zdroje zvuku, které vyzařují zvuk do okolního prostředí – do vzduchu (hlasové projevy lidí, zvířat, reprodukováná hudba apod.) – tato skupina zvuků pak dopadá na stavební prvky v místnosti, z části se šíří stavebními konstrukcemi a z části se odráží zpět do vzduchu v místnosti příjmu.
- *Zvuk přenášený konstrukcí* – jde o zdroje zvuku, které jsou v přímém kontaktu se stavebními prvky a do nichž se vnášejí mechanické impulzy (chůze, pády těles apod.) – tento zvuk je přenášen chvěním stavebních konstrukcí a následně je vyzařován do vzduchu v místnosti příjmu.

V obou případech je součástí přenosu jak přenos vzduchem, tak přenos konstrukcí. V případě chůze po podlaze, pádů předmětů na podlahu, posouvání nábytku apod. se používá označení *kročejoví zvuk*. Výjimkou jsou takové zdroje zvuku, které zároveň vyzařují zvuk do okolí a zároveň vnášejí mechanické impulzy do konstrukcí. Typickým příkladem jsou technická zařízení budov.



Obrázek 3 Základní druhy přenosu zvuku mezi dvěma místnostmi [21]

Základní veličiny stavební akustiky:

Akustický výkon P [W] – jedná se o veličinu popisující zdroj hluku

Akustický tlak p [Pa] – změna tlaku vzduchu

Intenzita zvuku I [$W \cdot m^{-2}$] – charakterizuje sílu zvuku v určité vzdálenosti od zdroje. Jinak řečeno – energie, která dorazí za 1 s na plochu $1 m^2$.

Pro přizpůsobení veličin lidskému vnímání zvuku se používají hladiny (B , dB)

Referenční hodnoty: $W_o = 10^{-12} W$, $p_o = 2 \cdot 10^{-5} Pa$, $I_o = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$

Vztahy:

$$\text{Hladina intenzity zvuku } L_I [dB] \qquad L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{ref}}$$

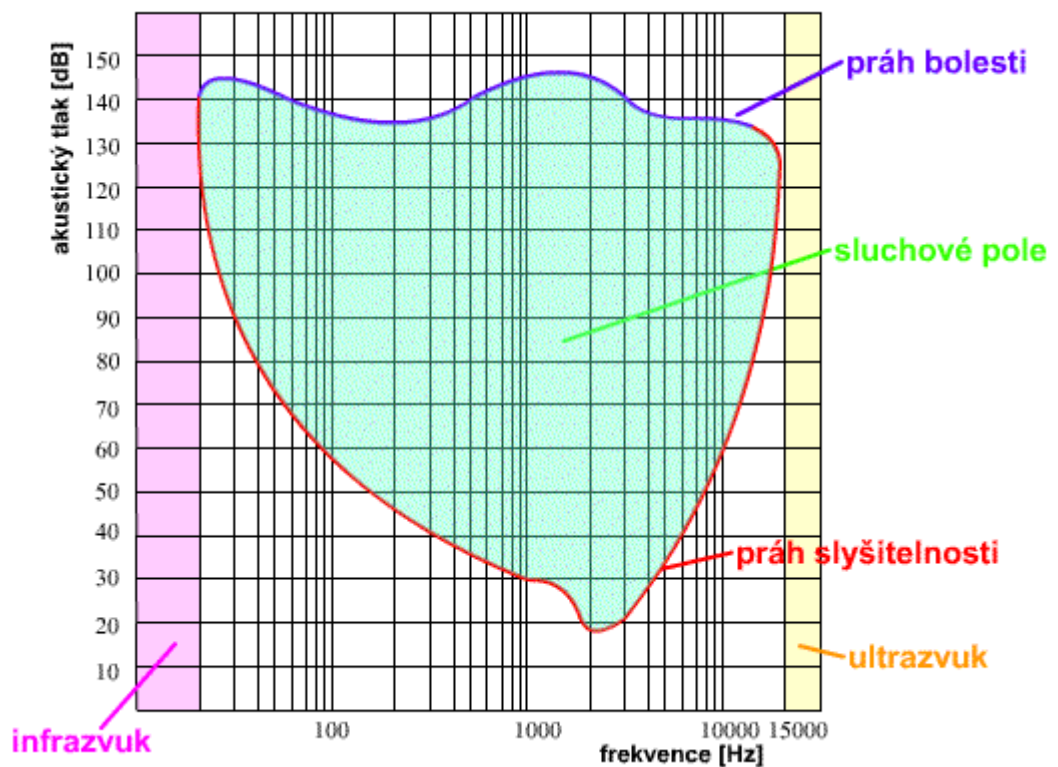
$$\text{Hladina akustického výkonu } L_P [dB] \qquad L_P = L_p - 0,2 + 10 \cdot \log \frac{S}{S_{ref}}$$

$$\text{Hladina akustického tlaku } L_p [dB] \qquad L_p = L_P + 0,2 - 10 \cdot \log \frac{S}{S_{ref}}$$

$$\text{Hladina zvuku akustického tlaku } L_A [dB(A)] \qquad L_A = 10 \cdot \log \sum 10^{\frac{L_i + k_{A_i}}{10}}$$

Tabulka 10 Požadavky na zvukovou izolaci – ČSN 73 0532 [31]

Prostor	Popis	Požadavky na zvukovou izolaci [dB]			
		stropy		stěny	dveře
		$R'_{w'}$ $D_{nT,w}$	$L'_{n,w'}$ $L'_{nT,w}$	$R'_{w'}$ $D_{nT,w}$	R_w
Chráněný	Bytové domy, rodinné domy - nejméně jedna obytná místnost				
Hlučný	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	47	63	42	27
Chráněný	Bytové domy - obytné místnosti bytu				
Hlučný	Všechny místnosti druhých bytů, včetně příslušenství	53 52 ^{A)}	55 58 ^{A)}	53 52 ^{A)}	-
	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	52	55	52	32 ^{B)} 37 ^{C)}
	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	57	48	57	-
	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňikové stanice, kotelny, strojovny výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem:				
	$L_{A,max} \leq 80$ dB	57 ^{D)}	48 ^{D)}	57 ^{D)}	-
	80 dB < $L_{A,max} \leq 85$ dB	62 ^{E)}	48 ^{E)}	62 ^{E)}	-
	Provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB				
	s provozem do max. 22.00 hod	57	53	57	-
	s provozem i po 22.00 hod	62	48	62	-
	Provozovny s hlukem 85 dB < $L_{A,max} \leq 95$ dB s provozem i po 22.00 hod	72 ^{E)}	38 ^{E)}	-	-
<p>^{A)} Požadavek se vztahuje pouze na starou, zejména panelovou výstavbu, pokud neumožňuje dodatečná zvukově izolační opatření.</p> <p>^{B)} Platí pro vstupní dveře z chodby do před síně (vstupní halý) bytu, pokud je chráněný prostor místnosti oddělen dalšími dveřmi.</p> <p>^{C)} Platí pro vstupní dveře z chodby přímo do chráněné obytné místnosti bytu.</p> <p>^{D)} Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit nebo upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachty, apod.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. V prokázaných případech, kdy zařízení nebude zdrojem hluku a vibrací, lze požadavky snížit o 5 dB. V opodstatněných případech se doporučuje vypracovat předběžné hodnocení ve formě akustické studie.</p> <p>^{E)} Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit nebo upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachty, apod.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. Místnosti s provozním hlukem s dominantním obsahem nízkých kmitočtů nebo s tónovými složkami (např. hlučné strojovny, diskotéky apod.) se zásadně nedoporučuje situovat do blízkosti bytových jednotek. Zejména přenos nízkých kmitočtů nelze v běžných obytných budovách účinně omezit. V odůvodněných případech se provede posouzení ve formě akustické studie. Provozovny s hlukem $L_{A,max} > 95$ dB se nemají umísťovat do obytných budov.</p>					



Obrázek 4 Sluchové pole člověka [3]

Stavební akustika je nedílnou součástí stavební fyziky a zohledňuje kvalitu vnitřního a vnějšího prostředí člověka v jeho soukromí i s ohledem na jeho pracovní podmínky nebo podmínky rekreační. Tvoří rámec vlastností spolu s tepelnou technikou, denním a umělým osvětlením, prosluněním a pohodou vnitřního prostředí, které jsou důležité pro lidské životní podmínky, pro jejich činnost a práci.

6 OSVĚTLENÍ

Jedním ze základních požadavků hygieniků je i osvětlení vnitřního prostředí. Osvětlení se dělí na dva základní typy – přirozené a umělé. Dalším zastoupeným typem může být jejich kombinace.

Dostatečné množství světla motivuje člověka k práci, povzbuzuje náladu a vytváří příjemnou atmosféru. Nedostatek světla naopak způsobuje útlum, snižuje pracovní výkonnost a bezpečnost. Důsledkem toho je pak zvýšené riziko chyb při práci a pracovních úrazů.

Vnitřní prostředí je ve většině případů osvětleno denním světlem, které v současné době nemá plnohodnotné zastoupení, dále pak světlem umělým nebo jejich kombinací. V tomto případě mluvíme o osvětlení sdruženém. 90% času tráví lidé v interiérech staveb – v bytech nebo v práci. To má za následek, že lidé omezují svůj pobyt na přirozeném denním světle.

6.1 Denní osvětlení

Optimální osvětlení má poskytnout dostatečnou intenzitu, správný směr, nezkraslené vnímání barev a zároveň musí zajistit světelné podmínky a světelnou intenzitu pro odlišné využívání obytných místností v závislosti na čase.

Výzkumy dokazují, že v interiéru musí být nezbytně zajištěno dostatečně široké světelné spektrum, které zajistí stimulující a příjemné prostředí.

Obytná místnost se považuje za prosluněnou, jsou-li splněny následující podmínky zároveň:

- a) půdorysný úhel slunečních paprsků s hlavní přímkou roviny okenního otvoru musí být minimálně 25° a výška slunce nad horizontem minimálně 5° ,
- b) otvory, kterými sluneční záření vniká do místnosti, jsou zaskleny průhledným a barvy nezkraslujícím materiálem. Celková plocha otvorů musí být rovna nejméně 10 % podlahové plochy místnosti, přitom nejmenší rozměr osvětlovacího otvoru je 900 mm,
- c) při jasné obloze (oblačnost lze zanedbat) musí být dne 1. března a 21. června doba proslunění větší než 90 minut.

Jedním ze sledovaných parametrů je tzv. činitel denní osvětlenosti e [%]. Doporučená hodnota je $0,5 \div 2$ %. [28]

6.2 Umělé osvětlení

Umělé osvětlení slouží k vytvoření světelné pohody v době, kdy přirozené denní osvětlení není dostatečné (období západu slunce, velká oblačnost, apod.) nebo jej nelze z technických či jiných důvodů využít (noc, prostory bez oken atd.). Umělé zdroje světla musí splňovat kvalitativní a kvantitativní parametry světla a musí vytvářet optimální podmínky pro zrakovou pohodu, která úzce ovlivňuje pracovní výkon.

Charakteristickým znakem pro umělé osvětlení je relativní stálost v čase. Lze upravit a využívat podle potřeb daného prostoru, což je výhoda. Nevýhodou je spektrální odlišnost od denního světla. To má za následek zkreslené vnímání barev.

Druhy umělého osvětlení:

- **Celkové** – rovnoměrné osvětlení prostoru bez ohledu na zvláštní místní požadavky
- **Odstupňované** – v různých částech prostoru je osvětlení s vyšší intenzitou (např. pracovní místo)
- **Místní** – doplňuje celkové osvětlení a lze samotně ovládat. Může být bodové – zvyšuje osvětlenost na omezené ploše
- **Kombinované** – celkové nebo odstupňované osvětlení je doplněno **místním**.
- **Nouzové**
- **Náhradní**

Sledované parametry osvětlení:

Světelný tok (Φ) – světelně technická veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje schopnost způsobit zřakový vjem. Jednotkou je *lumen* [lm] (Světelný tok svíčky je 10 lm , $100W$ žárovky 1300 lm a kompaktní zářivky 900 lm).

Zářivý tok – energie přenesená zářením za jednotku času

Svítivost (I) - Svítivost v daném směru je podíl části světelného toku, který vychází ze zdroje do malého prostorového úhlu v tomto směru, a tohoto prostorového úhlu. Jednotkou je *kandela* [cd]. Jedna kandela je kolmá svítivost $1/60\text{ cm}^2$ absolutně černého tělesa při

teplotě tuhnutí platiny za tlaku 101,32 *kPa*. (Svítivost svíčky je přibližně 1 *cd*, odtud název).

Osvětlenost, intenzita osvětlení (*E*) – je to podíl té části světelného toku, která dopadá na plošku povrchu tělesa, a této plošky. Jednotkou je *lux* [*lx*]. Osvětlení o velikosti 1 *lux* je vyvoláno světelným tokem 1 *lumenu* rovnoměrně rozprostřeného na ploše 1 *m*². (Osvětlení za úplňku je 0,24 *lx*, zatažená zimní obloha dává osvětlení 3 000 *lx*, za slunečného letního dne je osvětlení až 100 000 *lx*, ale 100 W žárovka ve vzdálenosti 2 m má intenzitu osvětlení jen 35 *lx*).

Jas – je podíl svítivosti plošky zdroje v daném směru a průměru této plošky do roviny kolmé k danému směru. Je to veličina, na kterou bezprostředně reaguje zrakový orgán. Jednotkou jasu v soustavě SI je *cd · 1m*⁻², dříve označovaná jako *nit* [*nt*]. [26]

7 TECHNOLOGIE ŘÍZENÍ – INTELIGENTNÍ BUDOVY

S pojmem inteligentní budova nebo inteligentní elektroinstalace se setkáváme z mnoha důvodů. Zejména jde o optimalizaci komfortu ovládání veškerých technologií v domácnosti, o zjednodušení ovládání spotřebičů a v neposlední řadě o bezpečnost. Dalšími neméně důležitými výhodami inteligentních systémů jsou úspora energie, centrální ovládání a signalizace veškerého dění v domě jeho uživateli.

Požadavky na bydlení neustále rostou a pojem moderní bydlení znamená především vybavení domu modernějšími dostupnými technologiemi. Tento komfort nabízí inteligentní elektroinstalace, která dokáže všechny systémy propojit.

Automatizací domu se nejen zjednoduší jeho chod, ale především dosáhneme snížení jeho výdajů. Prostřednictvím chytré elektroinstalace můžeme celý dům řídit jednoduše a hlavně efektivně.

Spousta věcí v domě by se měla odehrávat tak, aniž by o tom jeho uživatel věděl. Inteligentní elektroinstalace nám umožní nastavit teplotu v jednotlivých místnostech podle potřeb každého z nás, intenzitu osvětlení v průběhu dne i noci. Chování bezpečnostního systému v naší přítomnosti i nepřítomnosti apod.

7.1 Rozdíl mezi klasickou a inteligentní elektroinstalací

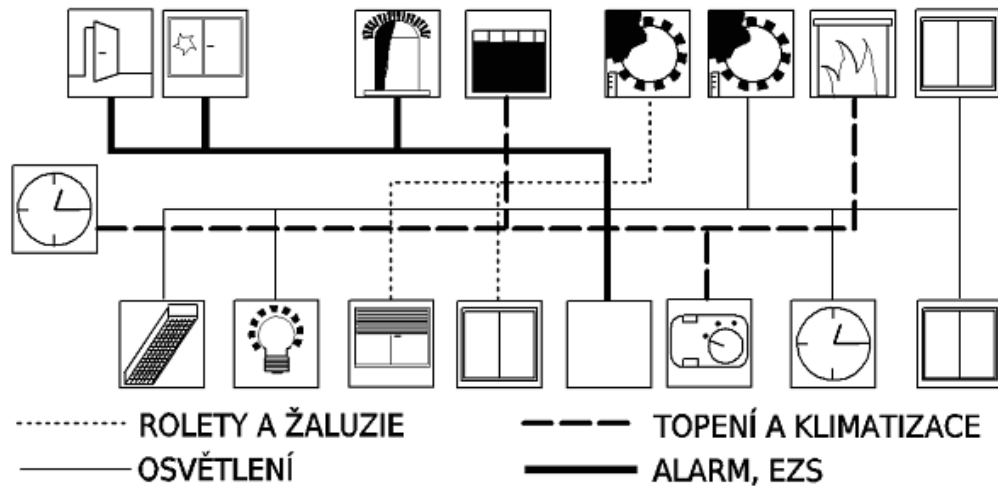
Do stávajících a nově postavených domů přibyla spousta nových systémů pro jeho bezpečnost, řízení a tvorbu pohodlí. S tím však nastává problém s velkým množstvím kabeláže, ovládacích prvků a složitou elektroinstalací k dosažení požadovaných uživatelských přání.

Tyto problémy lze vyřešit pomocí inteligentní elektroinstalace, která uživateli umožní komfort ovládání, možnosti vytváření scén nebo nastavování vytápění v závislosti na jeho vlastních potřebách. [10]

7.1.1 Klasická elektroinstalace

Klasická elektroinstalace byla primárně určena pro spotřebičové a světelné rozvody. Skládá se ze samostatných celků – osvětlení, vytápění, ovládání topení atd. Neposílají se zde informace po sběrnici, ale spíná se přímo obvod příslušného spotřebiče.

Jakékoliv změny vyvolané v klasické instalaci představují další náklady, opravy elektroinstalace, její zneřehlednění a hlavně stavební úpravy. Každý ze systémů vyžaduje samostatnou komunikační síť.



Obrázek 5 Schéma zapojení klasické elektroinstalace

Výhody a nevýhody klasické elektroinstalace

Klasická elektroinstalace se využívá většinou v jednoduchých realizacích, kde máme v místnosti například jeden nebo dva světelné okruhy. V tomto případě by inteligentní elektroinstalace ztrácela význam. Jednou z hlavních výhod klasické elektroinstalace je její finanční nenáročnost, ta je ovšem na úkor flexibility.

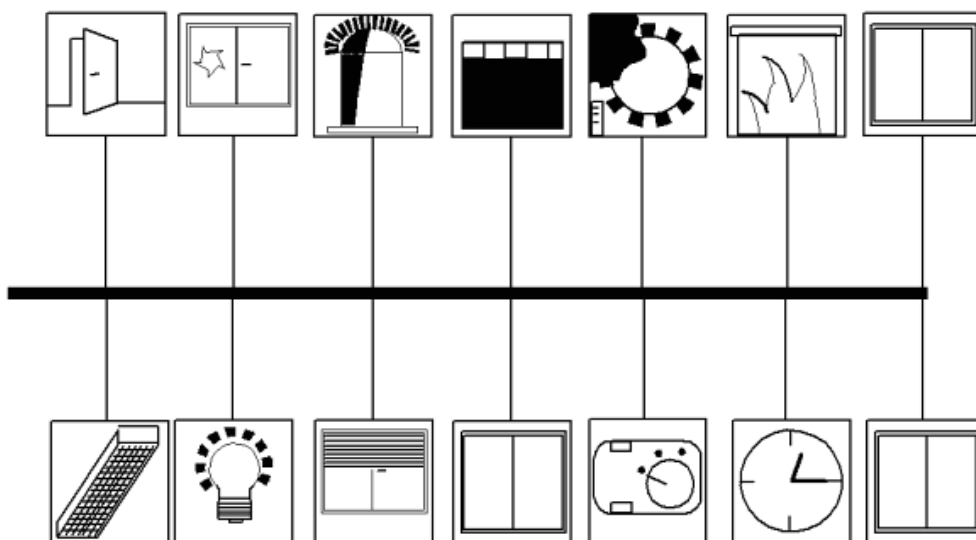
V současné době můžeme u klasické elektroinstalace hovořit pouze o řadě nevýhod ve srovnání s inteligencí. Mezi takové patří zejména nákladné změny spojené se změnami v elektroinstalaci, nepřehlednost kvůli většímu počtu kabelů a hlavně problémy při propojení s ostatními systémy.

7.1.2 Inteligentní elektroinstalace

Inteligentní elektroinstalace slouží k ovládání a zejména integraci použitých systémů, technologií a procesů v domě. Pomocí nich lze v domě komplexně řešit centrální ovládání, které je koncipováno do jednoho funkčního celku.

V rámci tohoto systému je pak možné řešit měření a regulaci, sledování spotřeby energie, ovládání a řízení osvětlení, spínání ventilace, klimatizace, řízení žaluzií, rolet, řízení elektricky ovládaných střešních oken, garážových vrat, spínání závlahových systémů až po vizualizaci celého systému na mobilní telefon, dotykový panel, tablet nebo televizi.

Inteligentní elektroinstalace je navržena tak, že jednotlivé technologie jsou propojeny sběrníci. Ta umožňuje jednoduché projektování a návrh funkcí systému. Všechny ovládací prvky jsou propojeny stejným vodičem – ve většině případů se jedná o kroucený pár.



Obrázek 6 Schéma zapojení inteligentní elektroinstalace

Jak už bylo řečeno, inteligentní elektroinstalace se zavádí zejména z důvodu vysokých požadavků na flexibilitu, ovládání, komfort a jednoduché instalace náročných elektrických systémů s požadavkem na minimální spotřebu energie. Spojuje klasickou silnoproudou instalaci spolu se slaboproudou technologií.

Výhody a nevýhody inteligentní elektroinstalace

Mezi hlavní výhody patří zejména poskytovaný komfort ovládání a řízení technologií v domě včetně spotřeby energie. U rozsáhlých systémů poskytuje inteligentní elektroinstalace určitou formu přehlednosti, jednoduchosti a komplexnosti. V tomto případě už se můžeme bavit o elektroinstalaci cenově srovnatelné nebo dokonce levnější oproti klasické instalaci.

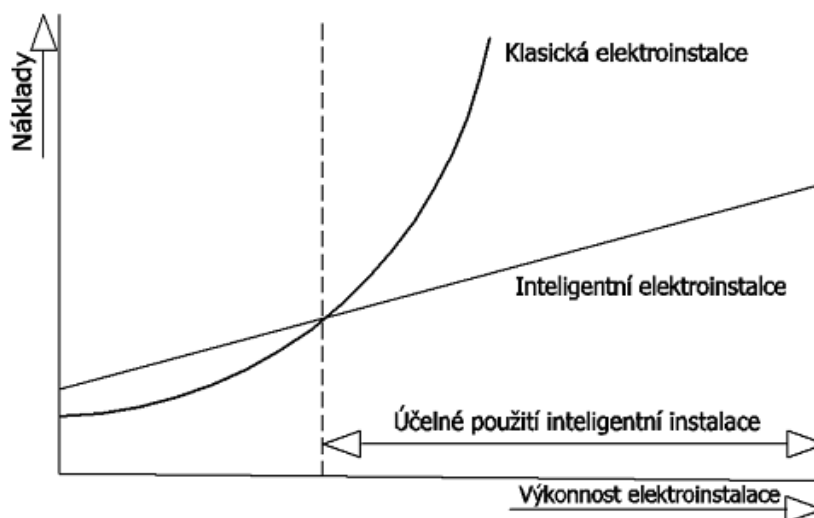
Další důležitou výhodou je možnost rozšíření systému bez ohledu na jeho náročnost nebo zapojení. Celý systém se dá postupem času měnit jak z hlediska zapojení, tak z hlediska funkcionality. Sběrnice je ve většině případů napájena malým napětím (27 V).

Za nevýhody inteligentní elektroinstalace můžeme považovat finanční náročnost v menších aplikacích. Zde se jedná zejména o prestiž a komfort investora.

Inteligentními elektroinstalacemi se u nás zabývá neustále více společností a pomalu se dostává do podvědomí všech lidí u nás.

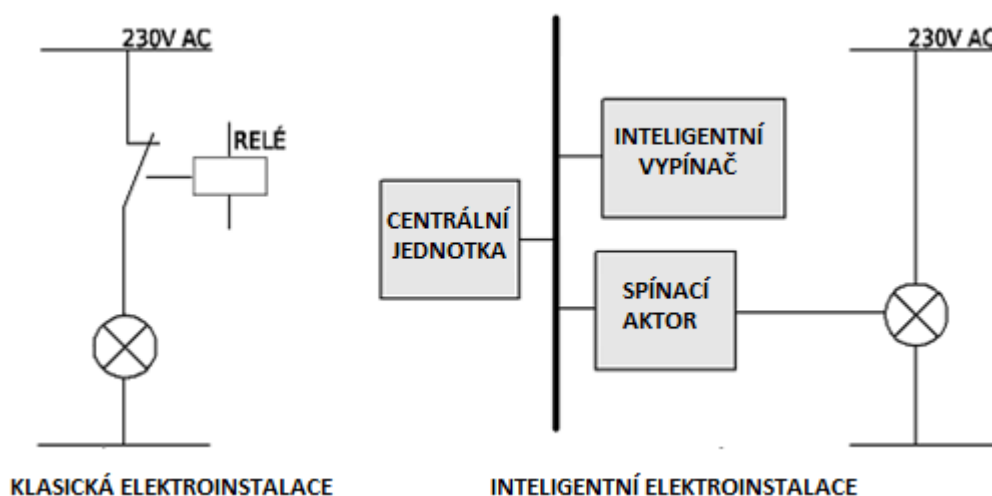
7.1.3 Porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace

Rozhodnutí mezi klasickou a inteligentní elektroinstalací závisí na dvou hlavních faktorech. Na náročnosti elektroinstalace a na finančních prostředcích. Klasickou elektroinstalací můžeme pokrýt většinu požadavků kladených na elektrické vybavení budov. Pokud ale předpokládáme určitý komfort a řízení, má inteligentní elektroinstalace oproti klasické jasnou výhodu. Jsou jednodušší, přehlednější, umožňují snadné projektování a dodatečné rozšíření o další funkce.



Obrázek 7 Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace

Inteligentní elektroinstalace nespíná přímo přívod elektrické energie pomocí ovládacího prvku, ale posílá signál řídicí jednotce, která na základě toho sepne příslušné relé ovládacího aktoru.



Obrázek 8 Srovnání spínání žárovky u klasické a inteligentní elektroinstalace

U klasické instalace je tedy normální vypínač, který po stisknutí sepne dané zařízení (světlo, topení, ventilátor apod.). Je to provedeno tak, že k vypínači je přiveden samostatně jištěný kabel, který vede až do samotného zařízení. Vypínačem se tedy přímo přerušuje napájení k danému zařízení. Každá nastavená skupina zařízení má svůj ovládací prvek, na který je napojená a je na něm závislá.

U inteligentní elektroinstalace není ovládací prvek (inteligentní vypínač) přímo napojen na silové rozvody. Spínání probíhá tak, že danému tlačítku se programově přiřadí funkce, kterou má vykonat. Čili mu nastavíme, který spotřebič bude ovládat. Tím získáváme mnoho výhod. Postupem času můžeme vypínačům funkce měnit nebo přiřazovat nové. Můžeme skupiny zařízení sdružovat nebo naopak rozdělit. Sběrnice přivedená k inteligentnímu vypínači tak plní i funkci napájení.

Výhody inteligentního vypínače (systém iNELS):

- Rozlišuje krátký a dlouhý stisk = více funkcí, více možností. Jeden vypínač nám umožňuje spínat i stmívat.
- Má integrované zelenou a červenou indikační diodu, která nám může dávat informaci o stavu daného zařízení.
- Má integrovaný tepelný senzor, na základě kterého můžeme řídit teplotu v dané místnosti.

7.2 Využití inteligentní elektroinstalace

7.2.1 Komfort

Centrální ovládání sběrnicevého systému nám umožní jedním tlačítkem ovládat celé skupiny spotřebičů, světelné i topné okruhy nebo všechny elektrospotřebiče najednou. Tím lze dosáhnout neomezených možností například při odchodu z domu zapomeneme vypnout osvětlení nebo žehličku ze zásuvky. Jedním stisknutím tlačítka odpojím nebezpečné silové okruhy a zhasnu všechny světla v domě. To se ovšem nesmí dotknout spotřebičů, které jsou na elektrické energii závislé (lednička, mraznička apod.).

Celý dům lze ovládat dálkově a to prostřednictvím webového rozhraní – internetu nebo pomocí mobilní GSM sítě. Stejně funkce, jako má centrální ovladač, můžeme dosáhnout posláním jedné SMS nebo pouhým prozvoněním GSM brány napojené do systému.

Velkým trendem jsou rolety nebo žaluzie. Ty lze efektivně ovládat jednotlivě, po skupinách (místnostech) či všechny najednou a to jak manuálně pomocí tlačítka, tak automaticky podle uživatelem nastaveného týdenního programu nebo na základě informací přijatých z venkovních senzorů osvětlení, rychlosti větru či deště.

Hlavní výhodou je kombinace všech těchto technologií. Při nastavených scénách např. KINO se mi při zapnutí TV spustí žaluzie, světelné okruhy v dané místnosti sníží svou intenzitu na příjemných 20% a zesilovač se přepne do filmového módu. Po přerušení této scény se vše opět vrátí do původního stavu.

Uživatel má volbu mezi neměnným závazkem prostřednictvím klasické elektroinstalace nebo flexibilitou a samotným komfortem, který mu nabídne inteligentní elektroinstalace.

Shrnutí

- stmívací funkce (postupný náběh/doběh, světelné scény apod.)
- ovládání pomocí telefonu, dotykového displeje, tabletu, smartphonu nebo prostřednictvím internetu (kompletní přehled o stavu systému)
- ovládání pomocí klasického ovladače – IR paprsek
- ovládání hlasem
- regulace teploty pomocí automaticky nastavených programů nebo podle potřeb uživatele

7.2.2 Úspora energií

Je-li v domě efektivním způsobem řízeno vytápění, lze pomocí inteligentního systému dosáhnout energetických úspor až 30%, což už není nezanedbatelné číslo. Toto ovšem není tvořeno pouze vhodnou regulací vytápění, ale také kvalitní tepelnou izolací budovy, kvalitními okny a v neposlední řadě uživatelem samotným. Systém sám dokáže reagovat na otevření okna v místnosti při větrání. Vypne v dané místnosti topení a tím tak šetří energii spotřebovanou na vytápění. Při odchodu z domu automaticky přepne do úsporného režimu. Analogicky se chová po příchodu domů.

Topení ovšem není jedinou funkcí, kde dokáže chytrý systém ušetřit. Toho lze docílit i zapínáním a vypínáním elektrických přístrojů během nepřítomnosti uživatele. Tato možnost plní jak funkci úspornou, tak funkci bezpečnostní.

Shrnutí

- regulace vytápění, klimatizace
- omezené spínání na základě pokynů uživatele nebo podle časového plánu
- regulace osvětlení (lze dosáhnout až 10% úspory energií)
- spínání na základě senzorů (při soumraku, při určité teplotě apod.)
- odstavení určitých spotřebičů při dosažení denního limitu spotřeby energií nebo na základě tarifu elektroměru

7.2.3 Bezpečnost

Většina inteligentních elektroinstalací dokáže integrovat zabezpečovací systém – alarm a tím ho povyšuje na vyšší úroveň. Neplní pouze bezpečnostní funkci, když není uživatel doma, ale dokáže mu pomoci v jeho přítomnosti.

Mezi základní funkce patří opatření proti předcházení vzniku požáru, kdy může systém automaticky po detekci kouře odpojit varnou desku, či zamezit přívod plynu.

Základem každého zabezpečovacího systému je ústředna, která je v inteligentní elektroinstalaci nahrazena centrální řídicí jednotkou. Systém tvoří řada detektorů:

- a) PIR detektory – reagující na vyzařování v infračerveném spektru.
- b) MW detektory – (micro wave) – pracují na principu mikrovlnného záření.
- c) Duální čidla – kombinace jednotlivých detektorů
- d) Magnetické kontakty - tyto senzory se umísťují na okna a dveře a signalizují jejich otevření. Na základě informací získaných od detektoru může systém například přerušit v dané místnosti vytápění.
- e) Detektor tříštění skla – akustický snímač nastavený přesně na frekvence zvuku rozbíjeného, lámaného, tříštěného, případně i řezaného skla.
- f) Infrazávory - detekují přerušování neviditelného paprsku.

Inteligentní elektroinstalace umožňuje vytvořit iluzi, že se v domě pohybují lidé. Je to preventivní opatření, které má odvádět pozornost od případných pachatelů v době nepřítomnosti uživatele.

Shrnutí

- alarm s dalšími rozšířitelnými funkcemi (simulace přítomnosti v domě)
- systém lze zastřežit pomocí klávesnice, karty nebo sepnutí určité sekvence tlačítek

- nastavení je zaheslováno na několika úrovních
- ochrana domu při nepříznivých povětrnostních podmínkách (při silném dešti zatažení rolet, stáhnutí markýzy, zakrytí bazénu apod.)
- koncové prvky (vypínače) jsou napájeny ze sběrnice bezpečným napětím 24V

7.2.4 Osvětlení

Lze nadefinovat jednotlivé okruhy, trasy nebo skupiny osvětlení. Denní nebo noční režim. Všechny funkce jsou definovány uživatelem. Díky sběrniceovému systému lze osvětlení spínat nebo stmívat a to opět lokálně nebo po skupinách. Lze vytvářet světelné scény. Například večer podle definovaného denního programu se mi rozsvítí lampička nad postelí, část chodby vedoucí do koupelny a koupelna samotná.

Osvětlení se dá také kombinovat s bezpečnostními prvky integrovanými v domě. V noci nemusím hledat vypínač na zdi. Pokud mám v místnosti detektor pohybu, ví, že mi má rozsvítit na příjemnou intenzitu, abych se nevzbudil. Všechny světelné scény si může uživatel v průběhu užívání jednoduše měnit a není závislý na prvotní instalaci, jako tomu je u klasické elektroinstalace.

7.2.5 Vytápění a chlazení

Vytápění a chlazení lze ovládat manuálně, v závislosti na čase nebo v závislosti na venkovní teplotě. Teplotu můžeme řídit v každé místnosti zvlášť nebo ve všech místnostech najednou, případně po skupinách.

Vytápění se primárně řídí nadefinovaným týdenním programem, který lze měnit na lokálních termostatech nebo vzdáleně přes internet či mobilní telefon.

Lze ovládat více druhů topení. Teplovodní podlahové, elektrické nebo klasická topná tělesa. U teplovodního vytápění se využívá elektrických termohlavic, které ovládá automaticky inteligentní systém na základě výše zmíněných požadavků. Topení se chová v závislosti na přijatých informacích z řídicí jednotky. Například podle toho, jestli se v místnosti někdo nachází nebo ne, zda je otevřené v tu danou chvíli okno nebo jestli uživatel samotný vnutil místnosti požadovanou teplotu.

Podobným způsobem lze ovládat i chlazení. To je řešeno opět několika způsoby. Chlazení pomocí vody, pomocí vzduchotechniky nebo pomocí klimatizace. Všechny tyto systémy umí inteligentní elektroinstalace ovládat.

Jestliže je v domě použito více technologií pro ohřev teplé užitkové vody (tepelné čerpadlo, solární kolektory, plynový kotel, apod.) inteligentní systém sám rozhodne, který zdroj je na základě vnějších a vnitřních podmínek v domě, vhodnější použít. Uživatele v tu chvíli zajímá pouze požadovaná teplota a ne technologie, kterou má být daná teplota dosažena.

Aktivně s vytápěcím systémem pracuje i stínící technika. V případě hrozby přehřátí domu, systém automaticky zatáhne žaluzie, naopak v zimním období při intenzivním slunečním záření žaluzie vytáhne pro dosažení větších tepelných zisků. [8]

7.3 Rozdělení systémů

Sběrníkový systém je systém využívající přenosové médium, pomocí kterého jsou do systému připojeny všechny jednotky, které si po sběrnici navzájem vyměňují informace. U odlišných inteligentních systémů se liší i filozofie zapojení. V zásadě se dělí na tyto systémy:

- a) Centralizovaný systém
- b) Decentralizovaný systém
- c) Hybridní – částečně decentralizovaný

7.3.1 Centralizovaný systém

U centralizovaného systému je ovládání tvořeno centrální jednotkou, která přijímá vstupní informace od (spínačů, tlačítek, senzorů atd.) a na základě toho ovládá výstupy (světla, topení, spotřebiče atd.). To znamená, že každá jednotka má vlastní propojení s centrální řídicí jednotkou. Veškeré ovládání a komunikace probíhá prostřednictvím této centrální jednotky. Toto zapojení je typické pro programovatelné automaty (PLC).

Výhody: Nižší pořizovací cena.

Nevýhody: Menší spolehlivost – při výpadku centrální jednotky systém nefunguje.

7.3.2 Decentralizovaný systém

Decentralizovaný systém pracuje na principu autonomních jednotek. To znamená, že každá jednotka připojená do systému (senzory i aktory) má vlastní mikroprocesor i paměť a je schopna pracovat samostatně. Každá jednotka je připojena na sběrníkové vedení, kde neexistuje žádná centrální řídicí jednotka.

Výhody: Větší spolehlivost. Při výpadku některé z jednotek systém funguje i nadále.

Nevýhody: Vyšší pořizovací cena.

7.3.3 Hybridní systém

Je druh systému, který je částečně decentralizovaný. Vstupní jednotky (spínače, tlačítka, senzory atd.) jsou připojeny na sběrnici, naopak výstupy (světla, topení, spotřebiče atd.) jsou připojeny jednotlivě k centrální jednotce. [3]

Výhody: Pomocí alespoň částečné decentralizace je dosaženo větší stability systému.

Nevýhody: Závislost na centrální jednotce.

8 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE

Protokol, pomocí kterého jednotlivé prvky komunikují, se nazývá komunikační sběrnice. U inteligentních elektroinstalací se komunikačních sběrnic (protokolů) vyskytuje hned několik.

8.1 KNX

V roce 1990 v Bruselu byla založena nezávislá certifikační a koordinační asociace EIBA (European Installation Bus Assotiation), která měla sdružovat všechny výrobce instalačních sběrnic, protokolů a produktů, které se jich týkají. Velmi rychle narůstala na své velikosti a již v roce 1993 měla 70 členů. Asociace certifikovala označením konformity EIB více než 4000 různých typů produktů.

Přes veškerá úsilí v Evropě neustále přetrvávaly i další standardy zabývající se decentralizovanou domovní inteligencí – francouzský Batibus a evropsky normovaná komunikace pro domácí spotřebiče EHS.

Teprve až v roce 2003 se podařilo definovat standard konnex (KNX), který zastřešil všechny tři používané technologie. Z mezinárodní asociace EIBA tak vznikla asociace Konnex.

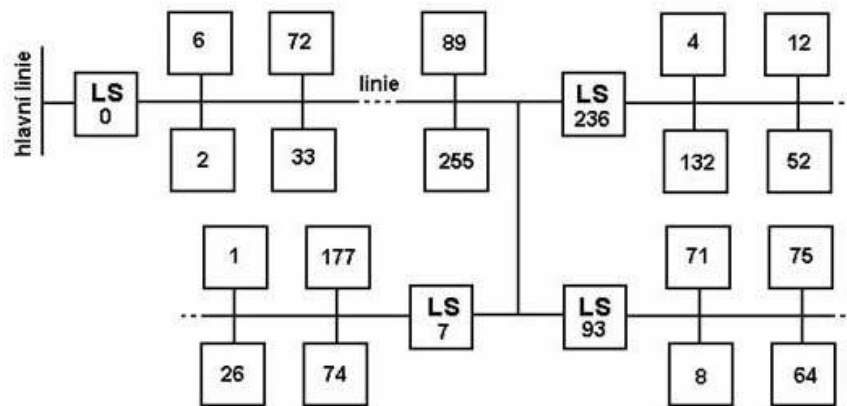
Standard KNX je uveden v evropské normě EN 50090. Důsledkem dlouhotrvajícího integračního a certifikačního úsilí je široká paleta produktů (cca 5000) od asi 20 různých výrobců z odlišných oborů techniky prostředí budov (osvětlení, vytápění, větrání, chlazení, stínící technika apod.). [10]

8.1.1 Topologické uspořádání KNX

Z jednoho zdroje lze napájet jen omezený počet prvků, proto je sběrnice rozdělena na několik úseků, které obsahují vždy maximálně 64 přístrojů. Celková délka sběrnice je omezena na 1000m, ale maximální vzdálenost mezi dvěma samostatnými prvky je 700m. Maximální vzdálenost prvku od zdroje je 350m. Pokud v rámci jedné sběrnice musíme použít dva nezávislé napájecí zdroje, pak je maximální dovolená vzdálenost mezi těmito zdroji 200m.

Jednotlivé úseky jsou propojeny tzv. liniovými spojkami (LS), které galvanicky oddělují jimi svázané větve a zároveň plní funkci zabezpečující, kdy nedochází k oboustrannému přenosu telegramů. Na jednu linii můžeme připojit až 256 prvků. Danou

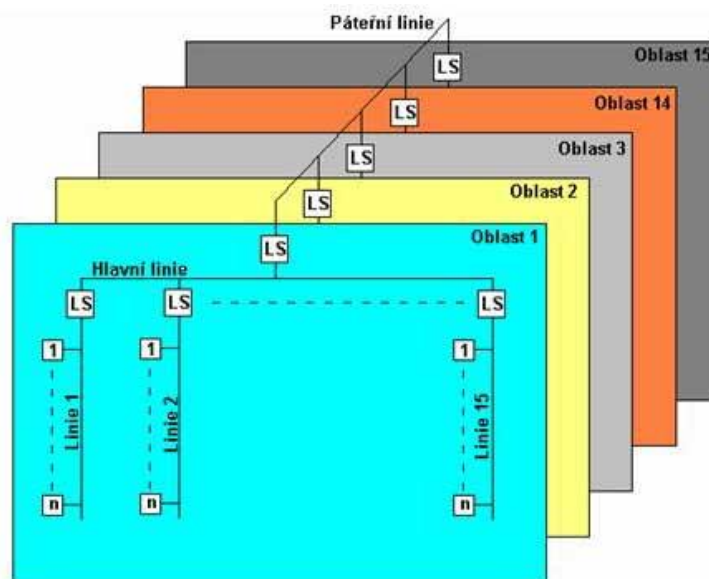
linii však musíme rozdělit na 4 nezávisle napájené úseky, které jsou odděleny liniovými spojkami LS. Spojky plní taktéž funkci opakovačů neboli zesilovačů. V tomto případě jsou hardwarově stejné, ale liší se aplikačním softwarem. Neobsahují filtrační tabulku, to znamená, že propouští všechny telegramy.



Obrázek 9 Topologie zapojení KNX

Jednotlivým přístrojům jsou přiřazeny čísla od 1 do 255 (0 je rezervována pro LS propojující větev s hlavní linií). Žádné z přiřazených čísel nesmí být použito více než jedenkrát. Tyto čísla pak plní funkci adresy přístroje, připojeného ke sběrnici.

Plně obsazená sběrnice může obsahovat až 15 linií po 256 přístrojích. Tzn. 3840 přístrojů celkem, přičemž k hlavní linii lze připojit až 64 přístrojů, do kterých se počítají i jednotlivé liniové spojky.

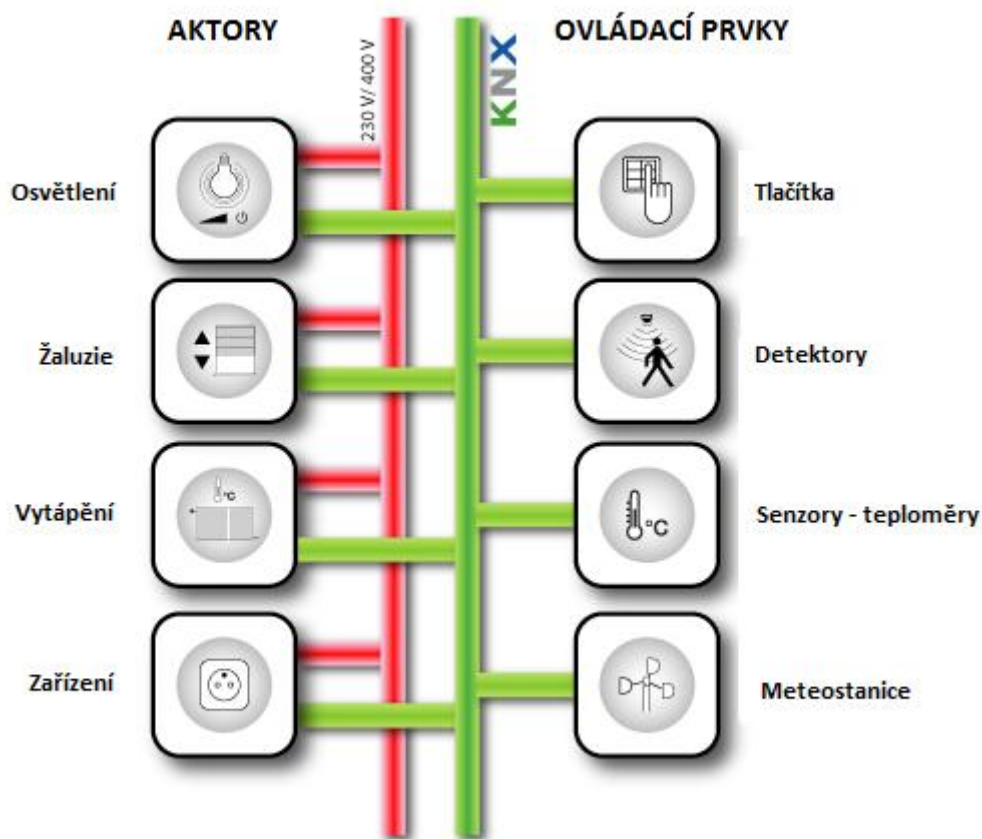


Obrázek 10 Schéma plně obsazené sběrnice

8.1.2 Princip činnosti KNX

Principem instalace KNX je komunikace mezi snímači a akčními členy. Systémové prvky zabezpečují a podporují provoz na sběrnici. Logické prvky a koncové vizualizační prostředky zabezpečují vazby mezi řízením jednotlivých funkcí. Komunikační rozhraní pak zajistí spolupráci se systémy třetích stran a vzdálený přístup.

Komunikace je zcela nezávislá na silovém propojení jednotlivých přístrojů. Tato komunikace je zajišťována samostatnou sběrnici, která je tvořena normovaným sdělovacím kabelem, po silovém vedení nebo prostřednictvím bezdrátového spojení. Nejrozšířenější aplikací je komunikace po sdělovacím vedení – po sběrnici KNX.



Obrázek 11 Topologie KNX

Z Obrázku 11 je zřejmé, že některé prvky jsou připojené přímo ke sběrnici a jiné ke sběrnici i k silovému vedení. Z toho vyplývá, že některé prvky nepotřebují externí napájení a jsou napájeny přímo ze sběrnice.

Decentralizované zapojení zajišťuje spolehlivé řízení jednotlivých funkcí budovy podle předem nastaveného časového programu nebo v závislosti na informacích přijatých od senzorů.

System KNX umožňuje:

- ovládání soustav vytápění, větrání a klimatizace
- ovládání osvětlení
- optimalizaci spotřeby v objektu
- ovládání různých domácích spotřebičů
- ovládání žaluzií, markýz, rolet, oken, dveří nebo vrat
- ovládání automatických systémů v budově
- dálkové ovládání a signalizaci
- činnost soustavy střežení objektu a samočinného hlášení o vniku nepovolaných osob
- operativní ovládání pomocí telefonu
- měření spotřeby energie, odebírané množství plynu, vody apod.
- spolupráci s jinými řídicími systémy
- protokolování událostí
- vizualizaci
- centrální ovládání vybraných funkcí
- vytváření scén
- vzdálený přístup

Hlavním cílem KNX je jednotlivé funkce softwarově propojit tak, aby fungovali v součinnosti a bylo tak možné optimalizovat spotřebu energie.

8.1.3 Princip komunikace KNX

KNX komunikační model vychází z modelu ISO OSI, ale neobsahuje všechny jeho vrstvy. Veškerá komunikace probíhá na základě zasílání telegramů. Prvky mohou komunikovat pouze v případě, že není sběrnice obsazena. V opačném případě vzniká kolize, která je ošetřena metodou CSMA/CA. Všechny telegramy mají předem přidělenou prioritu (nízká, vysoká, poplach) a prioritu určenou svou skupinovou adresou (počet nul na začátku). Pokud tedy dojde ke kolizi na sběrnici, přednost má ten telegram, který má vyšší prioritu.

Hlavní prvky sítě KNX

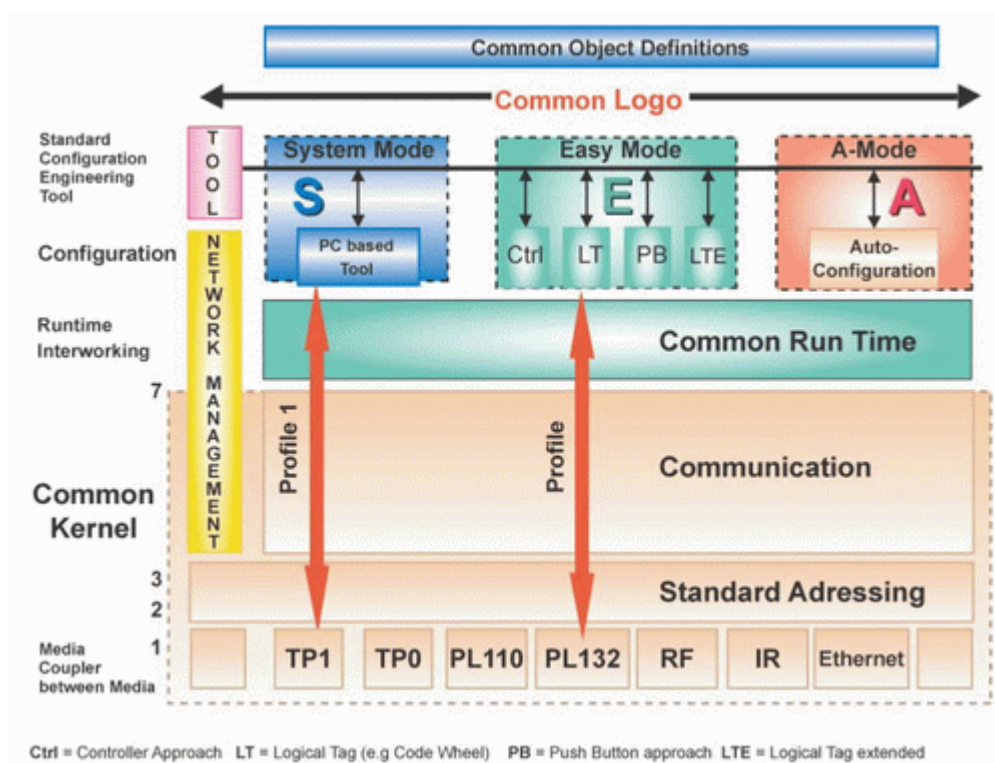
Postupujeme od shora dolů.

Common Object Definitions – vzájemně propojené distribuované aplikační modely pro zpracování a přizpůsobení různých úloh z oblasti automatizace budov.

Configuration Tools – schémata pro konfiguraci a přesné řízení všech síťových zdrojů a pro povolení logického propojení částí distribuovaných aplikací, běžící na odlišných uzlech. Celá struktura KNX je založena na konfiguračních módech.

Communication – KNX Common Kernel – komunikační systém spravující komunikaci po fyzickém médiu, protokol zpráv a příslušné modely v komunikačním stohu každého módu. Podporuje a vyřizuje všechny komunikační požadavky pro konfiguraci a řízení instalace, stejně jako běžících distribuovaných aplikací.

Media Coupler – konkrétní hardwarové provedení rozhraní pro připojení a přístup zařízení na zvolený typ komunikačního média.



Obrázek 12 Grafické znázornění struktury standardu KNX (čísla 1 až 7 znamenají číslo vrstvy OSI modelu)

Fyzická a Linková vrstva

Z hlediska fyzické vrstvy je systém KNX nezávislý a umožňuje použití více známých standardů, které lze i vzájemně kombinovat v rámci jedné sítě KNX. Linková vrstva pak poskytuje konkrétnímu zařízení řízení přístupu na médium a základní řízení při navazování vzájemné komunikace. Její funkce je přímo závislá na médiu, připojeného k jednotce.

Fyzická topologie je závislá na volbě média. Ovšem při použití krouceného páru (TP – twisted pair) je možné vytvořit libovolnou topologii (sběrnice, strom, hvězda. Kruhová sběrnice není povolena).

Síťová a Transportní vrstva

Síťová vrstva provádí segmentaci rámců a řízení jejich směrování v rámci sítě. Transportní vrstva vytváří komunikační propojení mezi komunikujícími uzly. Řídí také vysílání a příjem dat.

Aplikační vrstva

Poskytuje širokou škálu služeb a aplikačních procesů, které se liší podle použitého typu komunikace a podle transportní a nižší vrstvy. Služby Point-to-point a broadcast slouží pro správu sítě, zatímco multicast je určen pro provozní operace.

KNX dokáže pokrýt široký rozsah konfigurací modelů zařízení. Není tedy vázaný na konkrétní zařízení nebo mikroprocesor. [42]

8.1.4 Přenosová média KNX

V případě KNX lze použít několik typů přenosových médií.

- 1) Kroucený pár (TP – twisted pair) – médium převzaté ze standardu EIB – definovaná komunikační rychlost je 9,6 kbit/s
- 2) Napájecí (síťové) vedení (PL – Power line) – metalické vodiče, médium převzaté ze standardu EIB – definovaná komunikační rychlost je 1,2 kbit/s, nosná přenosová frekvence 110kHz
- 3) Radiový přenos (RF – Radio Frequency) – bezdrátové – plně specifikovaný standardem KNX umožňuje bezdrátovou komunikaci na frekvenci 868MHz, kódovanou systémem FSK (Frequency Shift Keying)
- 4) Infračervený přenos (IR – Infra red) – bezdrátový

- 5) Ostatní – díky unifikovaným KNX službám lze využít i média, která jsou založena na IP komunikaci, jako jsou Ethernet, Bluetooth, WiFi (Wireless LAN) nebo FireWire.

8.2 LonWorks

LonWorks je technologie využívající distribuované inteligence, která řídí různé aplikace. Vychází z obecné definice sítě zvané Local Operating Networks (LON). Byla vyvinuta americkou společností Echelon. LonWorks pracuje s komunikačním protokolem LonTalk. Je určený pro nejrůznější použití. Umožňuje vzájemné propojování jednotlivých segmentů, přičemž propojení lze realizovat jak vodiči, tak pomocí silových kabelů nebo prostřednictvím sítě Internet.

LonWorks umožňuje přenos dat odkudkoli, kamkoli po čemkoli. Technologie LonWorks je založena na neuronovém čipu, který je „inteligencí“ každého prvku (senzory, ovladače, atd.), který je pak schopen komunikovat prostřednictvím standardního protokolu, nezávisle na použitém komunikačním médiu s jiným prvkem.

Technologie LonWorks je otevřená a lze k ní připojit jakékoliv jiné zařízení, pracující na odlišném způsobu řízení. Přenos dat lze zabezpečit pomocí autentizace zpráv.

V České republice byla technologie LonWorks poprvé představena v roce 1995.

8.2.1 Hlavní elementy a standardy využívané v síti LonWorks

Základní komponenty sítě LonWorks:

- LonTalk protokol
- Neuronové čipy
- LonWorks transceivery
- Network management a aplikační software

Standardy:

- IFSF, CEN TC247, IEEE P1473.1 Rail Transit
- EIA 709.1 (LonTalk protokol)
- EIA 709.2 (FTT10 transceiver)
- EIA 709.2-A-2000 (PLT22 power line transceiver)

8.2.2 Vlastnosti sítě LonWorks

Komunikace probíhá na bázi peer-to-peer architektury. Tzn., že spolu komunikují uzly přímo s prioritním systémem zasilání zpráv. Základem sítě LonWorks je tzv. inteligentní uzel (node), který je založen na speciálních mikrokontrolérech, které se nazývají Neuron chip a běží na nich LonTalk protokol. Komunikační model není závislý na fyzickém přenosovém médiu, ani na topologii sítě.

Nezávislost na fyzickém přenosovém médiu je zajištěna nezávislostí Neuronového čipu na typu transceiveru, který zprostředkovává jeho propojení s daným fyzickým médiem. Díky tomu lze fyzicky přenášet datové pakety libovolným způsobem například využitím krouceného páru (twisted pair), radiového přenosu (RF), optických vláken nebo prostřednictvím silových kabelů.

Nezávislosti na topologii sítě je docíleno použitím charakteristiky peer-to-peer pro řízení přenosu a směrování paketů. Použitá topologie je pak pouze závislá na transceiveru a ne na komunikačním modelu. Prioritní systém je řešen obsahem několika I/O bufferu v Neuronovém čipu, aby se případně mohlo pozastavit vysílání zprávy s nižší prioritou. Důvodem může být přednostní posílání zprávy s prioritou vyšší.

Řízení přenosu a směrování zpráv provádí samotný LonTalk protokol, který je obsažen v rámci firmware každého Neuronového čipu. Identifikace uzlu a adresace v síti je prováděna unikátním 48 bitovým identifikátorem, tzv. Neuron ID, který je uložen v EEPROM paměti čipu. Neuronový čip je schopný provádět i jednoduché zpracování dat například ze senzorů, které jsou připojeny na vstup čipu. Čip je pro tyto účely programován pomocí jazyka Neuron C, který vychází z jazyka C standardu ANSI.

8.2.3 Výhody a využití sítě LonWorks

Díky velké flexibilitě a univerzálnosti sítě LonWorks lze použít v téměř libovolné aplikaci. Od rodinných domů, řízení spotřebičů, přes nákupní centra až po výrobní haly, mrakodrapy, řízení železniční dopravy a letadel.

LonWorks umožňuje:

- Řízení automatizace budov – veškeré technologie použité v budově (klimatizace, vytápění, osvětlení, zabezpečení, požární ochrana, atd.)
- Řízení domácích spotřebičů
- Sledování a řízení spotřeby energií

- Telekomunikace
- Dálkové řízení
- Řízení v oblasti dopravy
- Bezpečnostní systém
- Měření a regulace (MAR)
- HMI (Human-Machine Interface) – přenos a přímé zpracování dat od libovolných senzorů, klávesnic a zobrazení na příslušném zobrazovacím zařízení.
- Ovládání koncových zařízení – motory, topná tělesa, sirény apod.

Výhody sítě LonWorks:

- Nízké instalační nároky – libovolná přenosová média
- Vysoká spolehlivost a zabezpečení sítě
- Flexibilita
- Jednoduché programování – možnost vytvoření vlastního rozhraní a aplikací
- 2 až 32000 připojených zařízení do sítě
- Peer-to-peer charakteristika
- Rozhraní pro RS-232, RS-485, VME, ISA, PCI atd.

8.2.4 Protokol LonTalk

Protokol navržený společností Echelon v roce 1989 a standardizovaný jako EIA 709.1 Standard. Definiuje přístup na sběrnici a přenos zpráv po síti. Pracuje na principu modelu ISO OSI. To zajišťuje, že programům běžícím na aplikačním CPU komunikovat s aplikacemi běžícími na jiném uzlu.

Tabulka 11 OSI model protokolu LonTalk

OSI Vrstva	Účel	Funkce	
7	<i>aplikační</i>	application compatibility	poskytuje aplikačnímu programu přístup ke komunikačním službám nižších vrstev
6	<i>prezentační</i>	data interpretation	provádí konverzi datových typů a struktur mezi komunikační a aplikační vrstvou
5	<i>relační</i>	control	navazuje a řídí spojení mezi jednotlivými komunikujícími aplikacemi a definuje autentizační protokol
4	<i>transportní</i>	end-to-end reliability	zajišťuje segmentaci zpráv a spolehlivé doručení paketů
3	<i>síťová</i>	message delivery	určuje adresování a způsob směrování paketů zpráv od zdrojového zařízení k cílovým zařízením
2	<i>linková</i>	media access and framing	definuje přístupovou metodu ke sdílené komunikační sběrnici a kódování dat
1	<i>fyzická</i>	electrical	zajišťuje přenos signálu komunikačním kanálem mezi jednotlivými uzly na bitové úrovni

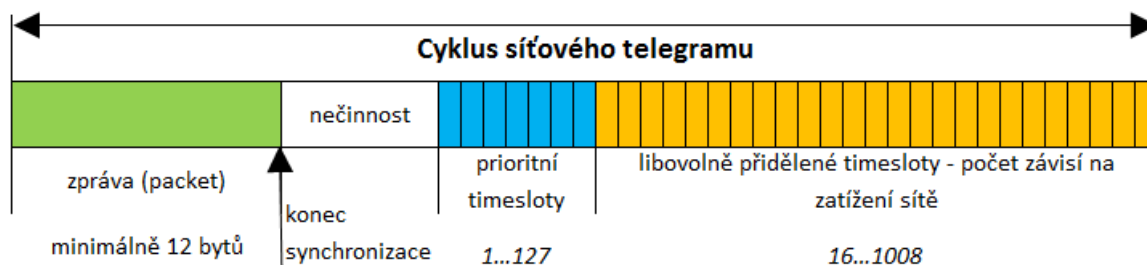
Fyzická vrstva

Definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu. Protokol LonTalk umožňuje přenos po libovolném médiu, které disponuje transceiverem. Transceiver je přímo připojen na dané piny neuronového čipu. Toto spojení tvoří uzel sítě.

V rámci jedné sítě je možné kombinovat více druhů přenosových médií.

Linková vrstva

Řídí a ovládá přístup na příslušné médium a zároveň provádí kódování dat, pro případ, že by bylo třeba opravit chybu vzniklou přenosem. Využívá cyklického kódu CRC.



Obrázek 13 Schéma přístupu daného uzlu na sběrnici – CSMA/CA

Pro přístup a přenášení paketů se využívá metody CSMA/CA. Neuronové čipy všech uzlů čekají na stav nečinnosti, kdy nikdo nevysílá a poté se připojí. Vysílání předchozího uzlu je ukončeno synchronizačním bitem, který ukončuje přenášený rámeček.

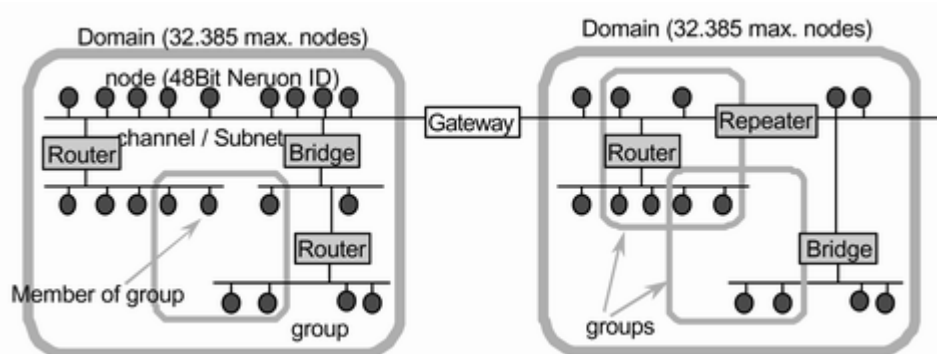
Následuje odpočítávání, kdy na síť mohou přistupovat uzly nebo zprávy s vyšší prioritou. Tím se dostanou na sběrnici dříve než zprávy s nižší prioritou. Každý neuronový čip má několik bufferů s rozdílnou prioritou, kde rozdělují jednotlivé zprávy. Nakonec následuje čekání na libovolně vygenerovanou dobu. Pokud se během této doby neobjeví na sběrnici komunikace, uzel vyšle svoji zprávu (packet). Počet náhodně generujících se timeslotů se liší v závislosti na zatížení sítě.

Síťová vrstva

U protokolu LonTalk je využívána tříúrovňová adresace k identifikování daného uzlu. První hierarchie je doména, jejíž identifikátor má volitelnou délku mezi hodnotami 0, 1, 3 nebo 6 bajtů. Každý uzel se může vyskytovat maximálně ve dvou doménách. Propojení jednotlivých domén je realizováno pomocí brány (Gateway).

Druhá úroveň je podsít' (subnet). Každá doména může být tvořena až 255 podsítěmi a podsít' je tvořena několika skupinami uzlů z různých kanálů (adresování uzlů je kanálově nezávislé). Propojení jednotlivých podsítí je realizováno pomocí routerů.

Třetí, a tím nejnižší úroveň tvoří samotný uzel, který je adresován 48-bitovým identifikačním číslem, tzv. Neuron ID. Každá podsít' může obsahovat až 127 uzlů, tzn., že v jedné doméně jich může být až 32385. Jelikož může být každý uzel až ve dvou doménách, slouží zároveň jako mezidoménová brána a posílá tak data například ze senzorů zároveň do dvou domén najednou.



Obrázek 14 Adresování uzlů, podsítí a domén

Transportní vrstva

Je zodpovědná za spolehlivost doručení paketů. Tzn., že provádí kontrolu správného přenosu paketů sítě od zdrojového uzlu k cílovému. Dále zajišťuje potvrzování přijetí paketu, ničí duplicitně vyslané pakety a další služby. Například:

- **End-toEnd Acknowledged service** – služba sloužící k potvrzení došlého paketu či zprávy
- **Request/Response** – služba sloužící k vyslání zprávy jednomu, či více uzlům, od kterých se očekává odpověď.
- **Broadcast** – hromadné zasílání zpráv velkému počtu uzlů.
- **Služba nepotvrzeného zasílání zpráv** – od vyslané zprávy se neočekává ani odpověď, ani potvrzení.

Relační vrstva

Definuje standardní kódy zpráv pro síťový management a diagnostiku. Síťový management usnadňuje instalaci a řízení sítě. Nastavení a konfigurace neuronových čipů, respektive obsah jejich EEPROM je umožněno pomocí příkazů. Diagnostika slouží k analýze sítě a případně k opravám chyb.

Relační vrstva rovněž definuje ověřovací protokol pro ověřování zpráv, který umožňuje příjemci zprávy zjistit, zda je odesílatel oprávněný zprávu odeslat. Tím je docíleno zabezpečení proti neoprávněnému přístupu na uzel a do aplikace. Každý uzel má 48-bitový ověřovací klíč a příjemce zprávy si tak může ověřit, zdali odesílatel má ten samý klíč.

Prezentační vrstva

Slouží k výměně zpráv mezi jednotlivými aplikacemi. Příchozí paket zprávy interpretuje jako:

- Síťovou proměnnou (network variable)
- Explicitní zprávu (explicit message)
- Cizí rámec (foreign frame)

Data, která přímo nesouvisí s touto vrstvou, jsou označována jako cizí rámec a jsou poslána na původní místo určení. Pokud se některé ze zpráv nehodí do některého typu síťových proměnných, jsou označeny jako explicitní. Explicitní zpráva je složená ze dvou částí:

- Kód (message code) – jedná se o jeden bajt, který aplikaci definuje interpretaci dat.
- Data (data) – samotný obsah zprávy.

Speciálním kódem je tzv. cizí rámeček (foreign frame), což jsou data, která mají být přenesena do cílové aplikace bez bližší specifikace, a to i v případě nesouvislosti s danou aplikací. Takto lze přenést surová data už do 228 bajtů.

Aplikační vrstva

Na této vrstvě běží samotný aplikační program, deklarující používané typy síťových proměnných, explicitní zprávy atd. Lze využívat standardní síťové proměnné, aby obě aplikace na obou stranách sítě libovolné aplikace pracovali např. se stejnými jednotkami a docházelo tak ke stejné interpretaci dat. Dále lze také definovat nové proměnné pro společné aplikace. [43]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 NÁVRH SYSTÉMU

V této části diplomové práce se budu zabývat návrhem systémů a zařízení, která budou v domě využívána. Použité technologie jsou navrhovány podle posledních dostupných trendů, které s tímto oborem souvisejí.

Součástí celkového návrhu budou dílčí návrhy:

- Vytápěcí soustavy
- Osvětlení
- Zabezpečovacího systému
- Elektronického požárního systému
- Řídicího systému iNELS a iMM

System iNELS bude propojovat všechny dílčí systémy mezi sebou. To nám zajistí jejich správu, vizualizaci a ovládání. Celý systém bude možno ovládat pomocí klasických vypínačů, TV, dotykového panelu, tabletu či GSM telefonu.

Všechny parametry domu budou zobrazeny v přehledném uživatelském rozhraní, které bude možné ovládat vzdáleně přes internet.

V domě je využito podlahové vytápění. Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo typu vzduch-voda zapojené v kombinaci se zemním plynem, který je navržen jako bivalentní zdroj.

9.1 Popis objektu

Jedná se o přízemní atriový dům lichoběžníkového půdorysu. Z haly se vchází do obytného prostoru s kuchyní. Dále jsou z chodby přístupné jednotlivé pokoje se sociálními zařízeními. Vedle hlavního vstupu je garáž a technická místnost. Terasa před obývacím pokojem je dřevěná, kryta železobetonovou střechou.

Příjezd k objektu je po místní komunikaci přes bránu a nádvoří. V objektu je garáž pro dvě auta, další možnost parkování je na nádvoří (2 – 3 auta).

V objektu se nevyskytuje žádná výroba ani provoz poškozující zdraví či životní prostředí. Objekt bude sloužit výhradně pro bydlení. Na stavbu budou použity pouze klasické stavební materiály nepoškozující zdraví a zároveň maximum přírodních stavebních surovin nepoškozujících životní prostředí.

Dešťová voda bude likvidována do vsaku. Splašková voda bude svedena do domovní čistírny odpadních vod a odtud budou po vyčištění svedeny do zasakovacího objektu. Zásobování pitnou vodou bude ze studny, která je umístěna na pozemku. Veškeré vzniklé odpady budou likvidovány smluvními partnery.

Na pozemku byl proveden radonový průzkum, na základě kterého byl zjištěn střední radonový index. Proti tomuto budou provedeny opatření v podobě proti-radonové izolace v hydroizolační vrstvě podlahy rodinného domu.

Objekt tvoří samostatný dilatační celek. Nosné konstrukce objektu jsou tvořeny základovými pasy, svislými stěnami a stropní deskou, která tvoří střechu. Stěny a stropní deska zajišťují tuhost horní stavby ve svislém i vodorovném směru.

Po provedeném průzkumu se v dané lokalitě nenachází agresivní spodní vody. Podle geomorfologické situace není stavba zatížena seizmicitou.

Tabulka 12 Okrajové podmínky

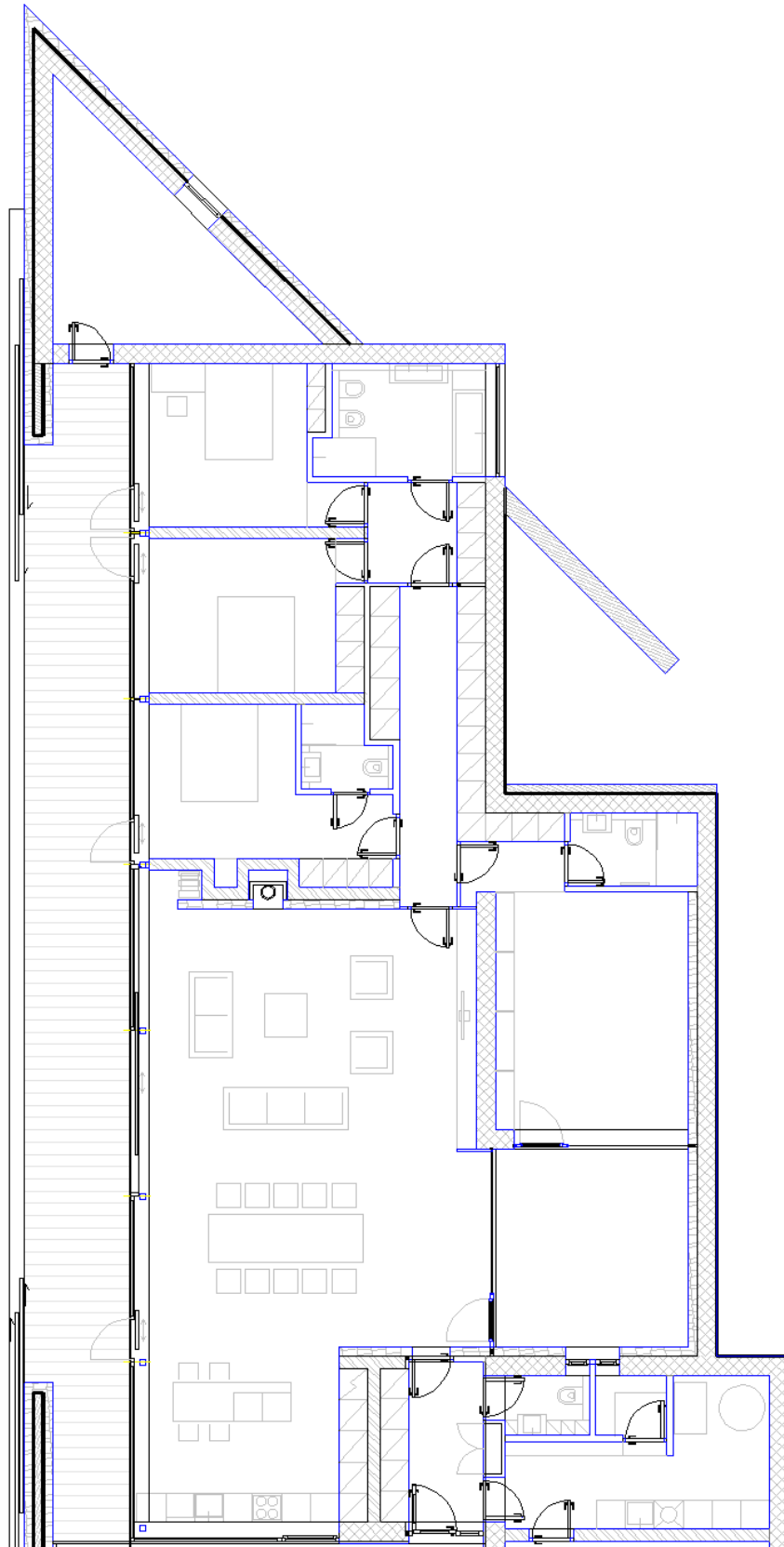
Brno		
Nadmořská výška	h [m]	227
Venkovní výpočtová teplota	t_e [°C]	-12
Otopné období	t_{es} [°C]	4
	d [dny]	232

Pro návrh otopného systému v objektu je nutné vypočítat celkové tepelné ztráty, na základě kterých bude zvolen vytápěcí výkon. Pro optimální návrh otopného systému je důležité nejprve stanovit, zda nedochází ke kondenzaci vodních par v obvodovém zdivu (plášti) budovy.

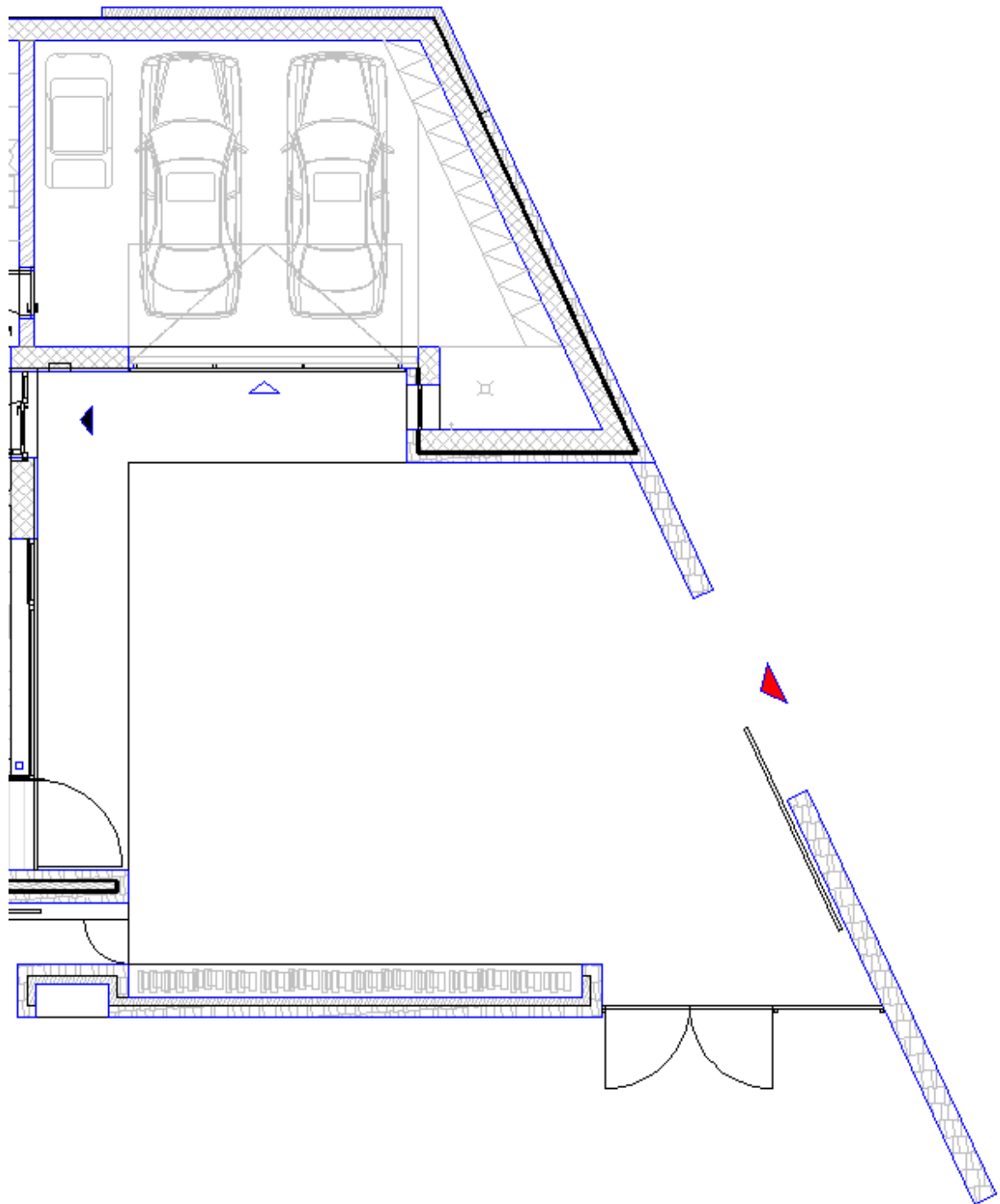
Tabulka 13 Popis jednotlivých místností

č.	Místnost	Plocha [m ²]	Návrhová vnitřní teplota θ_i [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ [%]
1.01	Zádvěří	7,0	15,0	50,0
1.02	Kuchyně	17,4	20,0	80,0
1.03	Jídelna + obývací pokoj	65,8	20,0	50,0
1.04	Pokoj	23,2	20,0	50,0
1.05	Koupelna	4,0	24,0	70,0
1.06	Chodba	12,9	20,0	50,0
1.07	Pokoj	14,9	20,0	50,0
1.08	Koupelna	2,8	24,0	70,0
1.09	Chodba	5,2	20,0	50,0
1.10	Pokoj	15,2	20,0	50,0
1.11	Pokoj	13,8	20,0	50,0
1.12	Koupelna	7,9	24,0	70,0
1.13	Technická místnost	12,8	15,0	50,0
1.14	Spíž	2,0	20,0	50,0
1.15	WC	2,6	20,0	50,0
1.16	Garáž	49,1	15,0	50,0
1.17	Pokoj	16,4	20,0	50,0
1.18	Terasa	50,9	-	-
1.19	Sklad	15,7	-	-
Celková užitná plocha		339,6		

9.1.1 Půdorys



Obrázek 15 Obytná část



Obrázek 16 Vstupní část s garáží

9.1.2 Posouzení pláště budovy

V současné době je kladen stále větší důraz na úsporu energií v domech. S tím úzce souvisí i větší požadavky na omezení úniku tepla z objektu. Jednou z možností omezení těchto ztrát je tepelná izolace objektu.

Z hlediska tepelné techniky jsou posuzovány obvodové stěny. Dle ČSN 73 0540 musí objekt splňovat kritéria týkající se kondenzace vodních par v plášti budovy. Sledujeme hodnotu teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{R,si}$ [-], součinitele prostupu tepla U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] a kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce M_c [$kg \cdot m^{-2}, rok$].

Difúze vodní páry v konstrukci by mohla mít za následek tvoření plísní na zdivu.

Tabulka 14 Složení obvodové stěny (Složení: interiér – 1, exteriér – 7)

Číslo	Název	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	měrná tepelná kapacita c_p [J/kgK]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Faktor difuzního odporu μ [-]
1	Omítka vápenná	0,0150	0,8700	840,0	1600,0	6,0
2	Porotherm 36.5	0,3650	0,1720	960,0	900,0	7,0
3	Quick-mix	0,0040	0,0700	850,0	450,0	10,0
4	Pěnový polystyren	0,2000	0,0330	1270,0	18,0	40,0
5	Štuková stěrka	0,0050	0,2000	850,0	370,0	8,0
6	Výztužná vrstva	0,0010	0,7500	840,0	1000,0	50,0
7	Baumit jemná štuková omítka	0,0050	0,8000	850,0	1600,0	12,0

Pro výpočet a zhodnocení kondenzace vodních par v konstrukci byl využit program Stavební fyzika – modul Teplo 2011. Výsledkem je komplexní tepelně technické posouzení stavební konstrukce podle ČSN EN 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 73 0540 a STN 730540.

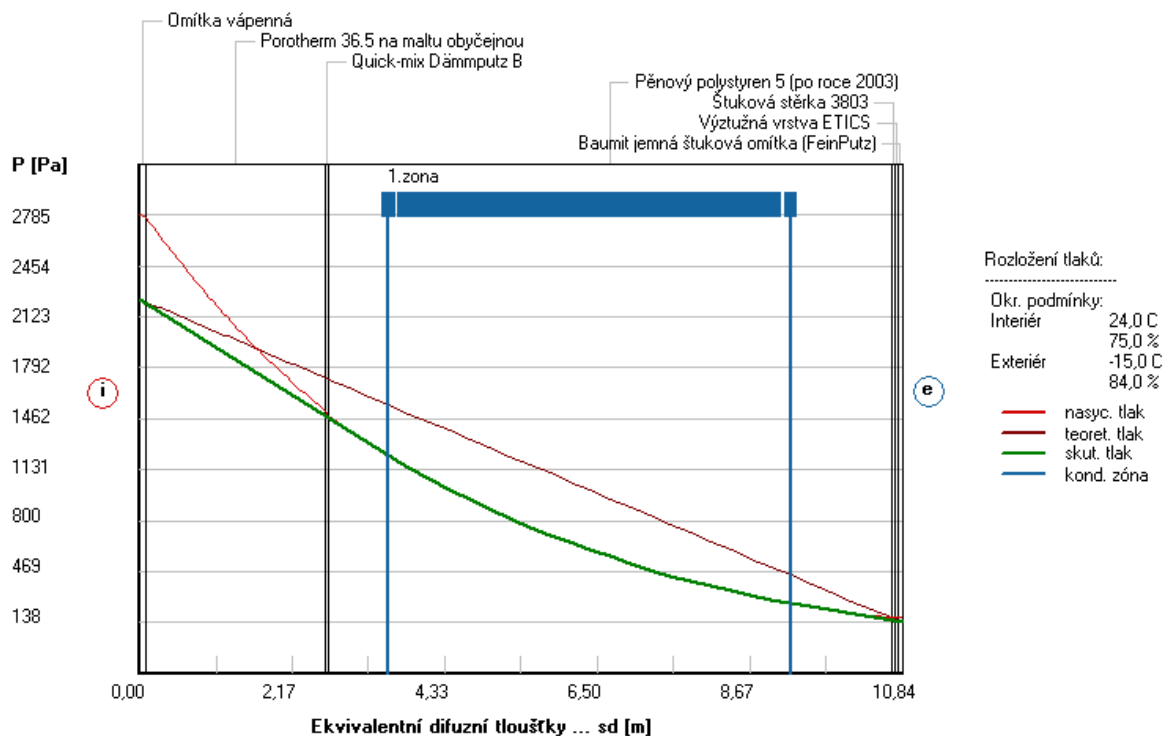
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0.13 m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{si} :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0.04 m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{se} :	0.04 m ² K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	-15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	24.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} :	75.0 %

Obrázek 17 Okrajové podmínky výpočtu – Teplo 2011

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540



Obrázek 18 Zobrazení zóny kondenzace vodních par – Teplo 2011

Difúze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
tepl.[C]:	22.9	22.8	13.1	12.9	-14.7	-14.8	-14.8	-14.8
p [Pa]:	2237	2219	1724	1717	167	160	150	138
p,sat [Pa]:	2785	2772	1511	1485	170	168	168	168

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	Hranice kondenzační zóny pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.4054	0.5482	4.126E-0008

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$:	0.099 kg/m2,rok
Množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$:	0.624 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Obrázek 19 Difúze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 73 0540

Z grafu je patrné, že ke kondenzaci vodní páry dochází v pěnovém polystyrenu. Dle Obrázku 19 vidíme množství zkondenzované vodní páry – $M_{c,rok} = 0,099 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ a množství vypařitelné páry $M_{ev,rok} = 0,624 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Z toho vyplývá, že kondenzace vodní páry nemá na konstrukci vliv, jelikož množství páry vypařitelné ji několikrát převyšuje. Můžeme tedy tvrdit, že roční bilance vodní páry je rovna nule. Zvolená obvodová konstrukce je tedy vhodná pro danou stavbu.

10 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelných ztrát vychází z normy ČSN EN 12831 (nahrazující normu ČSN EN 12831 (06 0206) z července 2003). Norma se zabývá tepelnými soustavami v budovách a konkrétně výpočtem tepelného výkonu.

Dle výše uvedené normy stanovíme výpočet dodávky tepla, které je nutné dodat budově, aby bylo dosaženo tepelné pohody (výpočtové vnitřní teploty).

Norma dále popisuje výpočet návrhového tepelného výkonu pro jednotlivé místnosti nebo vytápěný prostor pro dimenzování otopných ploch a také pro celou budovu nebo její funkční části pro dimenzování tepelného výkonu.

Výpočty jsou řešeny s ohledem na výšku místnosti nepřesahující 5m a s vytápěcím systémem, který je při návrhových podmínkách v ustáleném stavu.

Vnější výpočtová teplota je pro oblast Brno $\theta_e = -12^\circ\text{C}$. Vnitřní výpočtové teploty jednotlivých místností jsou uvedeny v Tabulce 13.

10.1 Návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i), Φ_i

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W]$$

kde

$\Phi_{T,i}$ – je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W]

$\Phi_{V,i}$ – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ pro vytápěný prostor (i)

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

kde

$H_{T,ie}$ – je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [$W \cdot K^{-1}$]

$H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [$W \cdot K^{-1}$]

$H_{T,ig}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu [$W \cdot K^{-1}$]

$H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu [$W \cdot K^{-1}$]

$\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [$^{\circ}C$]

θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i)

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

kde

$H_{V,i}$ – je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [$W \cdot K^{-1}$]

$\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [$^{\circ}C$]

θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p$$

kde

\dot{V}_i – je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [$m^3 \cdot s^{-1}$]

ρ – hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ [$kg \cdot m^{-3}$]

c_p – měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$ [$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

Při předpokladu, že ρ a c_p je konstantní, se rovnice zjednoduší:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i$$

kde

\dot{V}_i je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru v [$m^3 \cdot h^{-1}$]

Postup pro stanovení výměny vzduchu \dot{V}_i je závislá na daném řešení. Lze uvažovat výměnu vzduchu s nebo bez větrací soustavy.

10.2 Příklad výpočtu

Základem vytápění je volba optimálního výkonu zdroje tepla. Celkový výkon topné soustavy se stanovuje na základě výpočtu tepelných ztrát objektu, které zároveň určí celkovou spotřebu energie na vytápění.

Pro dosažení optimální účinnosti se předpokládá vhodné dimenzování zdroje tepla.

Příklad výpočtu jsem zvolil místnost 1.03 – Jídelna + obývací pokoj. Tato místnost je plošně největší, má nejvíce oken a sousedí se dvěma odlišně vytápěnými prostory.

10.2.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí – součinitel tepelné ztráty $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_I \psi_I \cdot I_I \cdot e_I$$

kde

A_k – je plocha stavební části (k) [m^2]

e_k, e_I – korekční součinitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota

U_k – součinitel prostupu tepla stavební části (k) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

I_I – délka lineárních tepelných mostů (I) mezi vnitřním a venkovním prostředím [m]

ψ_I – činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (I) [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Zjednodušený výpočet pro stanovení lineárních tepelných ztrát:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde

U_{kc} – je korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části (k), který zahrnuje lineární tepelné mosty [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební části (k) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

ΔU_{tb} – korekční součinitel, který závisí na druhu stavební části [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

Výpočet tepelné ztráty prostupem obvodovou zdí (zateplená zeď)

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 83,2 \cdot (0,12 + 0,02) \cdot 1 = \mathbf{0,78 W \cdot K^{-1}}$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem přes strop

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 83,2 \cdot 0,11 \cdot 1 = \mathbf{9,15 W \cdot K^{-1}}$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem přes okno

$$H_{T,ie} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k = 46,2 \cdot (0,8 + 0,1) \cdot 1,15 = \mathbf{47,77 W \cdot K^{-1}}$$

Hodnota tepelné ztráty prostupem do zeminy – součinitel tepelné ztráty $H_{T,ig}$

Dalším důležitým parametrem při výpočtu tepelných ztrát je tepelná ztráta do zeminy. Tepelné ztráty podlahami, základovými stěnami a přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou závisí na několika faktorech. Vychází se z plochy a obvodu podlahové desky, hloubky podzemního podlaží pod úroveň zeminy a z tepelných vlastností zeminy.

Hodnota součinitele je určena podle vztahu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w$$

kde

f_{g1} – je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty

f_{g2} – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou teplotou.

Výpočet redukčního činitele:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

A_k – plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy [m^2]

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k), který se stanoví podle typologie podlahy a na základě charakteristického parametru B' . [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].

G_w – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Je uvažován pouze v případě, že vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží (podlahové desky), je menší než 1m.

Výpočet ekvivalentního součinitele:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P}$$

kde

A_g – je plocha uvažované podlahové konstrukce. Pro budovu se A_g stanoví jako celková plocha podlahové konstrukce [m^2]

P – obvod uvažované podlahové konstrukce. Hodnota P pro budovu je celkový obvod budovy [m^2]

$$B' = \frac{83,2}{0,5 \cdot 18,5} = 9$$

Redukční činitel f_{g2} :

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 8,7}{20 + 12} = 0,35$$

Pro další výpočet je nutné znát hodnotu $U_{equiv,k}$. Ta se určí podle normy ČSN EN 12831, a to konkrétně podle kapitoly 7.1.3. Pro její určení je nutné znát hodnotu prostupu tepla podlahy ($U = 0,17 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) a hodnotu charakteristického parametru $B'(9)$. Na základě těchto hodnot byla stanovena hodnota $U_{equiv,k} = 0,13 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

Hodnota součinitele tepelné ztráty $H_{T,ig}$ bude tedy:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w = 1,45 \cdot 0,35 \cdot (83,2 \cdot 0,13) \cdot 1$$

$$H_{T,ig} = 5,54 W \cdot K^{-1}$$

Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách – součinitel tepelné ztráty $H_{T,ij}$

Vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j), který je vytápěn na výrazně odlišnou teplotu.

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \text{ [W} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

kde

$f_{i,j}$ – je redukční teplotní činitel

A_k – je plocha stavební části (k) [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební části (k) [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

Výpočet redukčního teplotního činitele

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Při tomto výpočtu se neuvažují tepelné mosty.

Místnost 1.03 – jídelna + obývací pokoj sousedí se třemi prostory, jejichž vytápěcí teplota je odlišná. První z místností je pokoj (1.04), kde je vytápěcí teplota 15°C a ztráta prostupem stěnou, druhou místností je chodba (1.06), kde je vytápěcí teplota také 15°C a ztráta prostupem dveřmi. Poslední odlišně vytápěnou místností je koupelna (1.08) s vytápěcí teplotou 24°C a prostupem stěnou. Vytápěcí teplota v místnosti 1.03 je 20°C .

Stanovení součinitele $H_{T,ij}$ pro konstrukce mezi místností 1.03 (jídelna + obývací pokoj) vytápěnou na 20°C a pokojem 1.04 a dveřmi do chodby 1.06 vytápěných na 15°C .

$$f_{i,15} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ souseďního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 15}{20 + 12} = 0,156$$

Určení hodnoty pro vnitřní stěnu:

$$H_{T,i15s} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,156 \cdot 13,4 \cdot 0,99 = 2,07 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$$

Určení hodnoty pro dveře mezi těmito prostory:

$$H_{T,i15d} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,156 \cdot 1,6 \cdot (1,5 + 0,5) = \mathbf{0,5 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}}$$

Stanovení součinitele $H_{T,ij}$ pro konstrukce mezi místností 1.03 (jídlna + obývací pokoj) vytápěnou na 20 °C a koupelnou 1.08 vytápěnou na 24 °C:

$$f_{i,24} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného \text{ sousedního } \text{ prostoru}}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{20 - 24}{20 + 12} = -0,125$$

Určení hodnoty pro vnitřní stěnu:

$$H_{T,i24s} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = -0,125 \cdot 6,44 \cdot 0,99 = \mathbf{-0,8 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}}$$

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\Phi_{T,i} = [(47,77 + 0,78) + 9,15 + 5,54 + (2,07 + 0,5 - 0,8)] \cdot (20 + 12)$$

$$\Phi_{T,i} = 65,01 \cdot 32 = \mathbf{2080,32 \text{ W}}$$

10.2.2 Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 0,5 \cdot 233 = 39,61 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$$

Návrhová tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 39,61 \cdot (20 + 12) = \mathbf{1267,52 \text{ W}}$$

10.2.3 Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty místnosti 1.19

Návrhová tepelná ztráta tvořená prostupem a větráním:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 2080,32 + 1267,52 = \mathbf{3347,84 \text{ W}}$$

10.2.4 Výpočet tepelného zátopového výkonu

Zátopový tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění $\Phi_{RH,i}$ ve vytápěném prostoru (i) se vypočte:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$$

kde

A_i – podlahová plocha vytápěného prostoru (i) [m^2]

f_{RH} – korekční součinitel závisující na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době [$W \cdot m^{-2}$]

Jelikož je v domě realizováno nepřerušované vytápění, bude mít korekční součinitel f_{RH} hodnotu 0. Zátopový tepelný výkon pak bude také roven 0.

$$\Phi_{RH,i} = 83,2 \cdot 0 = 0 \text{ W}$$

10.2.5 Celkový návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor

V případě nepřerušovaného vytápění bude celkový návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor (1.03) roven celkové návrhové tepelné ztrátě místnosti.

Tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ pro vytápěný prostor (i)

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 2080,32 + 1267,52 + 0 = 3347,82 \text{ W}$$

Vypočítané hodnoty jsem porovnal s hodnotami, které stanovil modul Ztráty 2011 programu Stavební fyzika. Celkové hodnoty se liší v jednotkách. To může být způsobeno zaokrouhlováním. Pro ověření příkládám protokol místnosti 1.03 z výše uvedeného programu.

REKAPITULACE ZADÁNÍ A TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTI

Číslo podlaží :	1	Název podlaží :	1.NP
Číslo místnosti :	103	Název místnosti :	obyvak_KK
Půd. plocha A :	83.2 m ²	Objem vzduchu V :	233.0 m ³
Exp. obvod P :	18.5 m	Počet na podlaží :	1
Teplota T _i :	20.0 C	Typ vytápění :	podlahové vytápění
Stř.rad.teplota :	20.0 C	Rychlost proudění :	0.1 m/s
Vytápění :	nepřerušované	Trvalý tepelný zisk F _{i,z} :	0 W
Typ větrání :	přirozené	Min. hyg. výměna :	0.5 1/h
Výměna n ₅₀ :	2.0 1/h	Činitelé e + epsilon :	0.00 + 1.00

Název konstrukce	Plocha	U	Korekce	DeltaU	U _{eq}	H,T
Okno	46.2	0.80	e = 1.15	0.10	-----	47.77 W/K
Svisla_stena_OU	5.5	0.14	e = 1.00	0.00	-----	0.78 W/K
Strop	83.2	0.11	e = 1.00	0.00	-----	9.15 W/K
Podlaha	83.2	0.17	Gw= 1.00	-----	0.13	5.54 W/K
Svisla_stena_IN	13.4	0.99	f _i = 0.16	0.00	-----	2.07 W/K
Dveře_IN	1.6	1.50	f _i = 0.16	0.50	-----	0.50 W/K
Svisla_stena_IN	6.4	0.99	f _i = -0.13	0.00	-----	-0.80 W/K

Zvýšení výkonu kvůli přerušení vytápění F_{i,RH} : 0 W
 Násobnost výměny vzduchu n : 0.50 1/h

Ztráta prostupem F_{i,T} : **2080 W** tj. 36.8 % z celkové ztráty prostupem objektu
 Ztráta větráním F_{i,V} : **1267 W** tj. 30.0 % z celkové ztráty větráním objektu
 Ztráta celková F_{i,HL} : **3347 W** tj. 33.9 % z celkové ztráty objektu

Obrázek 20 Ukázka výpočtu tepelných ztrát pro místnost 1.03 – Ztráty 2011

Celkové tepelné ztráty objektu byly pak dopočítány stejným způsobem pro všechny uvažované místnosti v domě. Výsledek je zobrazen na Obrázku 21.

CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Součet tep.ztrát (tep.výkon) F_{i,HL}	9,885 kW	100.0 %
Součet tep. ztrát prostupem F _{i,T}	5,658 kW	57.2 %
Součet tep. ztrát větráním F _{i,V}	4,227 kW	42.8 %

Obrázek 21 Celkové tepelné ztráty objektu – Ztráty 2010

11 NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Potřeba tepla byla stanovena pomocí výpočtů a ověřena pomocí programu Stavební fyzika dle normy ČSN EN 12831, pro oblast s venkovní výpočtovou teplotou -15°C , klimatická oblast 2.

11.1 Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je navrženo tepelné čerpadlo (TČ) - země - voda, MASTER THERM - AQUAMASTER typ AQ30Z, o tepelném výkonu $10,7\text{ kW}$ při provozních podmínkách $\text{B}0^{\circ}\text{C}/\text{W}50^{\circ}\text{C}$. Maximální výstupní teplota pro vytápění je 50°C . TČ bude umístěno v místnosti č. 1.16 – Technická místnost.

11.1.1 Tepelné čerpadlo

Jako zdroj tepelné energie budou pro tepelné čerpadlo provedeny 2 vrtvy hloubky 90 m (hloubka vrtů je navržena dle podkladů výrobce TČ a musí být upřesněna dle typu podloží v místě umístění vrtů). Vrtvy budou situovány na jihozápadní straně pozemku před objektem RD. Strojní zařízení primárního okruhu bude umístěno částečně vně objektu (rozdělovač a sběrač primárního okruhu v šachtě) a částečně uvnitř objektu (v místnosti č. 1.16 – potrubní rozvody).



Obrázek 22 Tepelné čerpadlo země-voda
(MASTER THERM – AQUAMASTER AQ30Z)

Tepelné čerpadlo bude zapojeno do “kotlového okruhu“ a napojeno na vyrovnávací akumulární nádobu Regulus PS 200 o objemu 200l. Nádobu zároveň plní funkci hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků. Akumulární nádobu bude tepelně izolována typovou izolací Regulus.

Jako bivalentní zdroj je v TČ je použit plynový kotel Viessmann VITOPEND 100-W s výkonem 10,5kW, který bude přímo řízen inteligentním systémem iNELS.



Obrázek 23 Akumulární nádrž Regulus PS 200 a izolace [1]

Rozměry akumulární nádrže jsou: Výška – 1340 mm, průměr 450 mm.

Objemové změny teplotnosné látky vlivem teplotní roztažnosti bude vyrovnávat tlaková expanzní membránová nádobu Regulus MB 25 o objemu 25litrů / 3bar, která bude umístěna v prostoru vedle zásobníku TV. Jištění zdroje tepla (TČ) bude provedeno pomocí pojistného ventilu s otevíracím přetlakem 2,5 bar. Pojistný ventil bude osazen v pojistném úseku zásobníku TV. Přepad od pojistného ventilu bude sveden do kanalizace.



Obrázek 24 Expanzní nádobu Regulus MB 25

Otopná soustava bude pracovat v rozmezí pracovního přetlaku 80-240 kPa.

11.1.2 Kotel na ZP

Ve vytápěcím okruhu bude použit kotel na zemní plyn. Dle vypočítaných tepelných ztrát jsem zvolil kotel Viessmann VITOPEND 100-W s výkonem 10,5kW. Kotel bude primárně napojen k topnému hadovi v zásobníku TV a sekundární okruh bude připojen přes třicestý ventil za akumulární nádrž. Pokud teplá voda z akumulární nádrže nebude mít požadovanou teplotu (tepelné čerpadlo dosáhne bodu bivalence a nebude schopné vodu dohřát) třicestý ventil přepne danou větev a voda bude čerpána přes kotel na ZP. Tím dosáhneme dohřevu na požadovanou teplotu. Ohřev TV bude mít před ohřevem teplé vody pro vytápění vždy přednost.

Stejný princip je aplikován u tepelného čerpadla.

Kotel na ZP bude umístěn v místnosti č. 1.16 – Technická místnost.



1. Spalinový ventilátor
2. Výměník tepla
3. Spalovací prostor pro čisté spalování
4. Modulovaný atmosférický hořák
5. Jednotka hydraulika AquaBloc s multikonektorovým systémem
6. Digitální regulace

Obrázek 25 Plynový kotel Viessmann VITOPEND 100-W s výkonem 10,5 kW [41]

11.1.3 Solární systém

Ohřev vody pomocí solárních kolektorů bude využíván celoročně a bude sloužit pouze jako dohřev zásobníkového ohřivače TV. Dimenzování kolektorové plochy závisí zejména na orientaci ke světovým stranám, sklon střechy a tzv. sluneční klimatické pásmo. Toto pásmo zohledňuje počet hodin slunečního svitu během roku v dané lokalitě.

Pro návrh solárního systému jsem dle mapy oslunění určil pro oblast Brno roční příkon energie $1100 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$, což je přibližně $3 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$.

Plocha slunečních kolektorů se vypočítá podle objemu zásobníku, který se pro ohřev vody využívá. V mém případě se jedná o zásobník 300 litrů.

Výpočet denního množství sluneční energie v oblasti Brno:

$$\bar{P}_{den} = \frac{\bar{P}_{rok}}{365} = \frac{1100}{365} = 3,01 \text{ kWh/m}^2$$

Vstupní teplota do solárních kolektorů je 10°C a požadovaná teplota teplé vody je 55°C . Množství energie se vypočítá podle vztahu:


$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta = 0,3 \cdot 1000 \cdot 4180 \cdot (55 - 10) = 56,43 \text{ MJ}$$

$$E = \frac{56,43}{3,6} = 15,675 \text{ kWh}$$

Z množství potřebné energie pro ohřátí vody a předpokládaného množství sluneční energie dopočítáme plochu slunečních kolektorů:

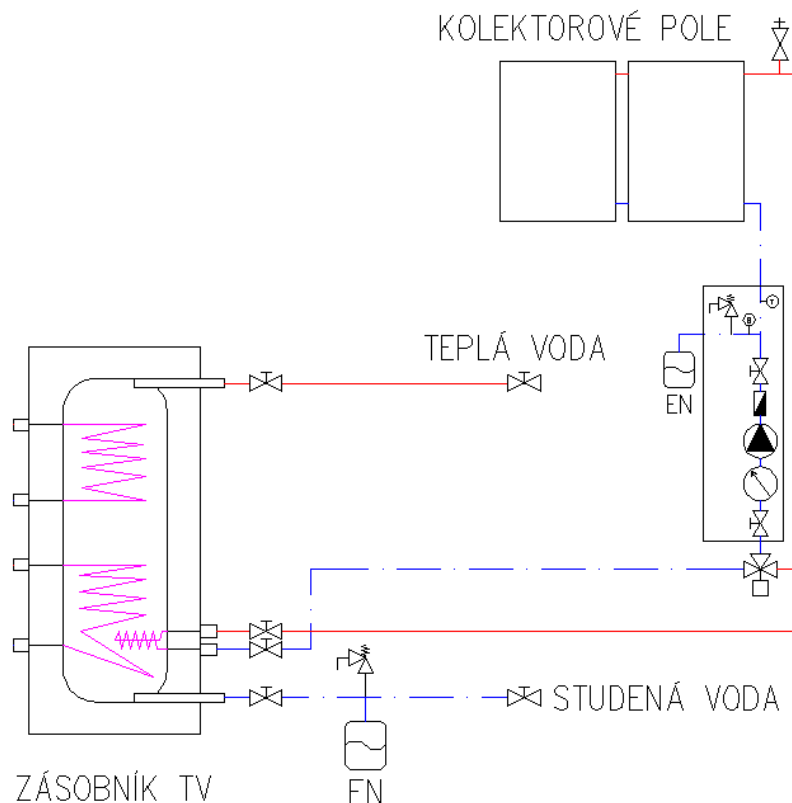
$$S = \frac{E}{\bar{P}_{den}} = \frac{15,675}{3,01} = 5,2 \text{ m}^2$$

Pro solární systém jsem vybral solární kolektory od společnosti Reflex typ RSK II 21 s absorpční plochou $1,84 \text{ m}^2$. Instalovány budou celkem tři kolektory o celkové ploše $5,52 \text{ m}^2$. Celková cena kolektorů je 32 850 Kč.

<p>Kolektor: RSK II 21</p> <p>POPIS: Deskový solární kolektor, rám a zadní vana z Al, trubky a absorber z Cu, povrch absorberu selektivní TiN_{ox} vrstva, vhodný pro celoroční provoz.</p> <p>TECHNICKÉ ÚDAJE: Celková plocha: 2,19 m² Absorpční plocha: 1,84 m² Rozměry (V x Š x H): 1900/1060/86 mm Hmotnost: 41 kg Objem: 1,4 l Koef. absorpce: 0,95 Koef. emise: 0,05 Připojení: CU 22x0,8 Optimální průtok: 25 l/m², hod Optická účinnost: 78 % Součinitel Q1: 2.097 W/m²K Součinitel Q2: 0.014 W/m²K²</p>	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Obrázek 26 Solární kolektor Reflex RSK II 21

Hydraulické zapojení solárního systému



Obrázek 27 Hydraulické zapojení solárního systému pro dohřev TV

Průtok kolektorovým polem je doporučen výrobcem, a to $25 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Pro danou plochu kolektorového pole je to pak $138 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$, což je $0,138 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Připojení je provedeno dle výrobce měděnou trubicou $\text{Cu } 22 \times 0,8$. Z těchto údajů můžeme vypočítat rychlost proudění:

$$v = \frac{\dot{Q}}{S} = \frac{\dot{Q}}{\pi \cdot r^2} = \frac{\frac{0,138}{3600}}{\pi \cdot \left(\frac{0,0204}{2}\right)^2} = 0,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Čerpadlo bude umístěno v technické místnosti ve výšce 1 m nad podlahou a nejvyšší bod kolektorového pole se nachází $1,35 \text{ m}$ nad střechou. Z toho vyplývá, že čerpadlo bude muset být schopno vytlačit vodu do výšky $3,2 \text{ m}$. Výtlakem vody do kolektorů vzniká tlaková ztráta způsobena třením a vřazenými odpory.

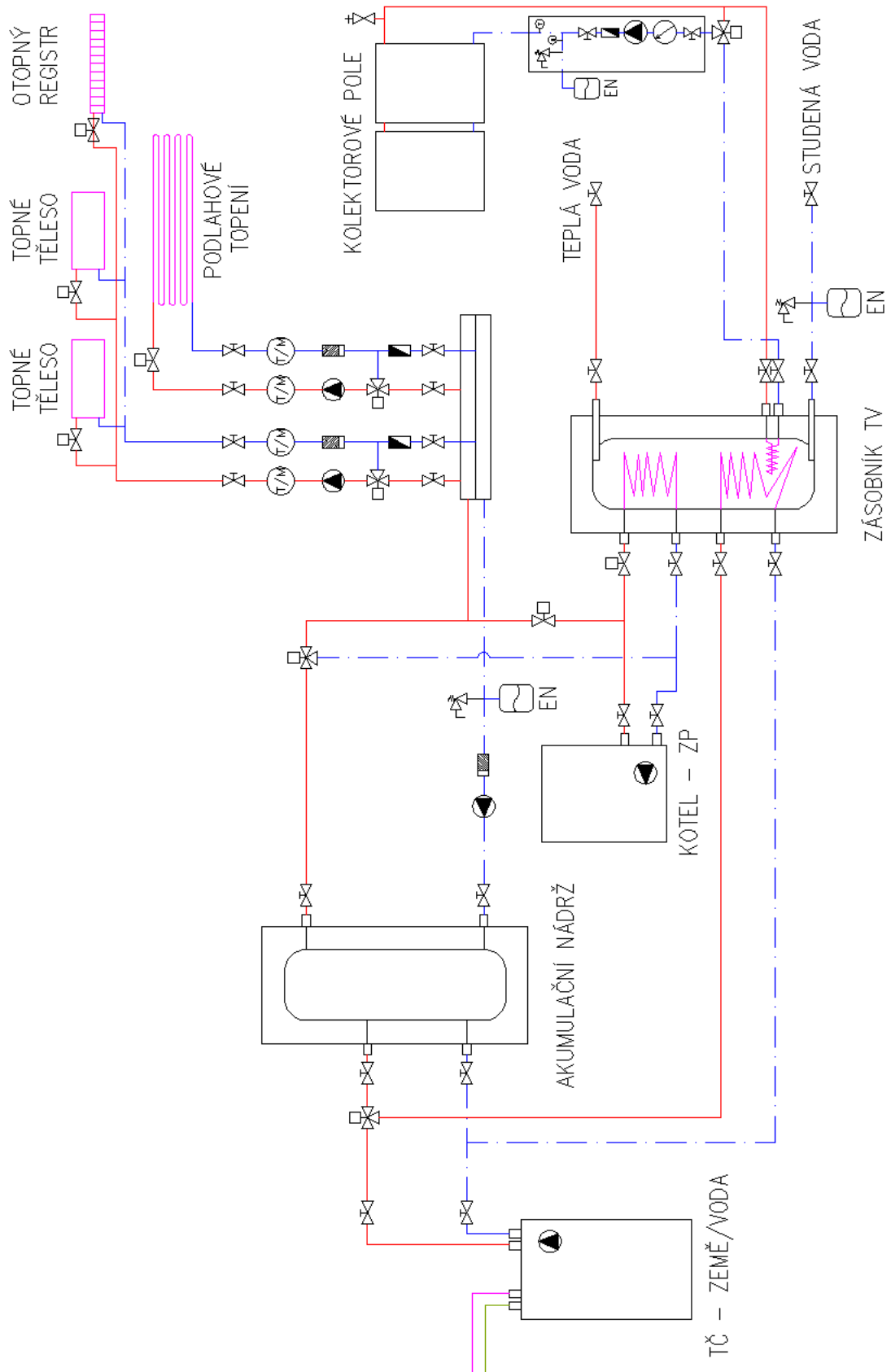
Jako hnací soustavu jsem vybral pomocnou hnací solární jednotku Regusol I. Jedná se o soustavu oběhového čerpadla, omezovače průtoku s měřením, kulový kohout s teploměrem, brzdu samotíže a pojistnou skupinu s pojistným ventilem a připojením na expanzní nádobu.

Technické údaje hnací soustavy Regusol I:

- Maximální pracovní přetlak: 6 barů
- Maximální pracovní teplota trvalá: 120°C
- Maximální pracovní teplota náběhová: 160°C
- Otevírací tlak pojistné armatury: 6 barů
- Oběhové čerpadlo: Wilo ST 25/6
- Napětí: 230V, 50 Hz
- Příkon: I – II – III stupeň 44 – 63 – 82 W
- Maximální výtlačná výška: 6 m
- Průtokoměr: 2 – 15 lt/min

Dle doporučení výrobce jsem zvolil expanzní nádobu typu Reflex S, určenou pro solární soustavy. Je dimenzována na 50% koncentraci glykolu a 70°C teplotu membrány. Vzhledem k objemu vody a potřebnému tlaku v solárním systému jsem zvolil typ Reflex S 8/10. Nádobu má objem 8 litrů a její maximální provozní tlak je 10 barů.

11.2 Schéma zapojení



Obrázek 28 Schéma zapojení vytápěcího systému a systému ohřevu TV

11.3 Systém TUV

Příprava teplé vody bude provedena v zásobníkovém ohřivači teplé vody Regulus typ R2BC o objemu 300l. Zásobník je navržen dle normy ČSN 06 0320. Pro ohřev TV je využíváno tepelné čerpadlo, kotel na zemní plyn a solární kolektory.

Množství teplé vody je závislé na individuálním přístupu každého uživatele. Zásobník je dimenzován pro tři osoby s dostatečnou bezpečnostní rezervou, která pokrývá neočekávaný odběr teplé vody.

V zásobníku bude umístěna topná spirála připojená ke kotli na ZP. Tato bude využívána pro dohřev teplé vody při nedostatku primární energie z TČ a při termické dezinfekci na vyšší teploty.



*Obrázek 29 Zásobník TV
Regulus R2BC[44]*

Teplá voda je využívána zejména pro mytí osob, mytí nádobí a úklid.

Tabulka 15 Potřeba TV pro 1 osobu a den v bytovém objektu dle ČSN 06 0320

Parametr	Značka	Jednotka	Baterie			
			umyvadlo	dřez	sprcha	vana
počet dávek	n_a	-	3	0,8	1	0,3
objem dávek	V_d	m^3	0,03	0,002	0,025	0,025
teplo v dávkách	Q_d	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
součet objemu dávek	V_{2P}	m^3	0,082			
součet tepla v dávkách	Q_{2t}	kWh	4,3			

Objem TV závisí na počtu osob a na jejím využívání. Veškeré výpočty vycházejí z předpokládané teploty studené vody $\theta_1 = 10^\circ C$ a z teploty TV před výtakovou armaturou $\theta_3 = 55^\circ C$. Okamžitý potřebný tepelný výkon pro ohřev vody se stanoví podle daných výtoků (mytí osob a nádobí, úklid, podlahové vytápění apod.). Hodnoty jsou počítány s poměrnou rezervou, která slouží pro vyrovnání hodnot při neočekávaném zatížení systému.

Teoretická potřeba tepla na ohřev vody pro 1 osobu za den je dle Tabulky 15 $Q_{2t} = 4,3 kWh$. Počet osob trvale pobývajících v domě je 3.

Celková potřeba tepla na ohřev vody tedy bude:

$$Q_{2t} = n_1 \cdot 4,3 = 3 \cdot 4,3 = 12,9 kWh$$

kde

Q_{2t} – teoretické teplo odebrané z ohříváče TV v době periody [kWh]

n_1 – počet osob [-]

Při ohřevu a distribuci TV uvažujeme tepelnou ztrátu $z = 10\%$.

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 12,9 \cdot 0,1 = 1,29 kWh$$

kde

Q_{2z} – teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době periody [kWh]

z – poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci [-]

Teplu dodané ohřivačem do vody během periody se tedy stanoví podle:

$$Q_{1P} = Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 12,9 + 1,29 = 14,19 \text{ kWh}$$

kde

Q_{1P} – teplo dodané ohřivačem do TV během periody [kWh]

Q_{2P} – teplo dodané ohřivačem do TV během periody [kWh]

Ohřev celkového množství vody je rozdělen do několika intervalů dle potřeb uživatelů.

Reálný odběr:

Tabulka 16 Reálný odběr TV za den

Interval [čas (hod.)]	Odběr TV [%]	Potřeba energie [kWh]
0 - 5	0	0
5 - 17	35	4,515
17 - 20	50	6,450
20 - 24	15	1,935

11.3.1 Přerušovaná dodávka tepla

Pro přerušovanou dodávku tepla je nutné volit vyšší výkon zdroje. Zvolili jsme zásobník s tepelným obsahem $E_t = 4,6 \text{ kWh}$.

Velikost zásobníku bude stanovena použitím následujícího vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta E_t}{c_p \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{4600}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 88,325 \text{ l}$$

kde

E_t – tepelný obsah zásobníku [kWh]

c_p – měrná tepelná kapacita vody [$Wh \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

Z hlediska dodávky tepla je křivka volena s určitou rezervou pro případ nahodilých odběrů teplé vody.

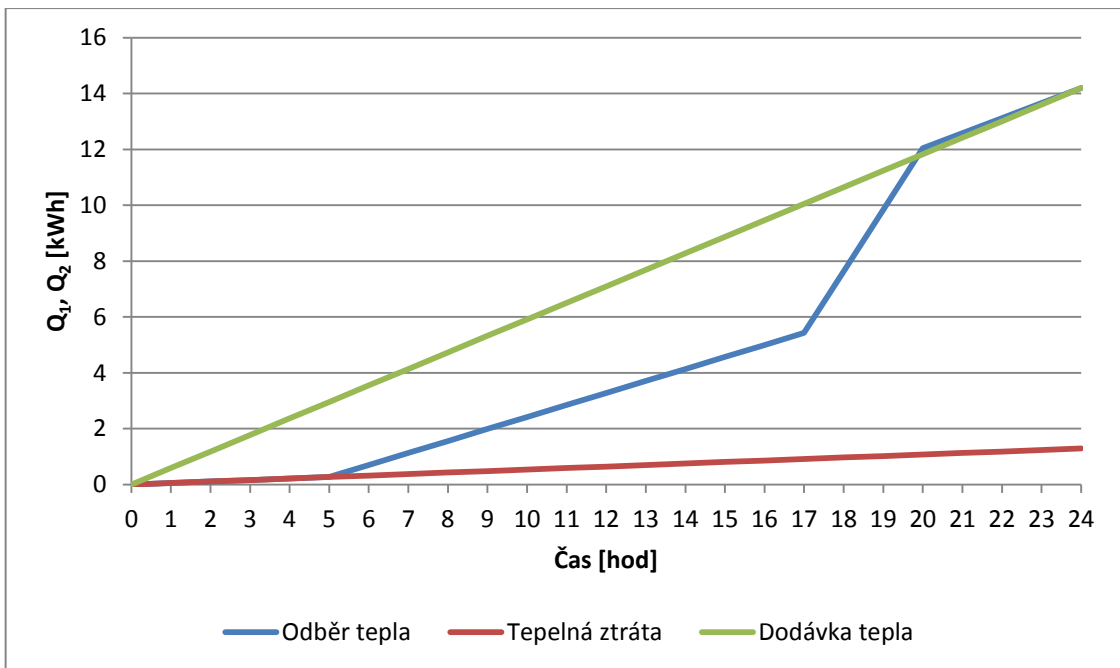
Následně můžeme vypočítat tepelný výkon pro ohřev teplé vody. Ten se stanoví dle vztahu:

$$\phi_{1n} = \frac{Q_{1P}}{\tau} = \frac{14,19}{24} = 591,3 \text{ W}$$

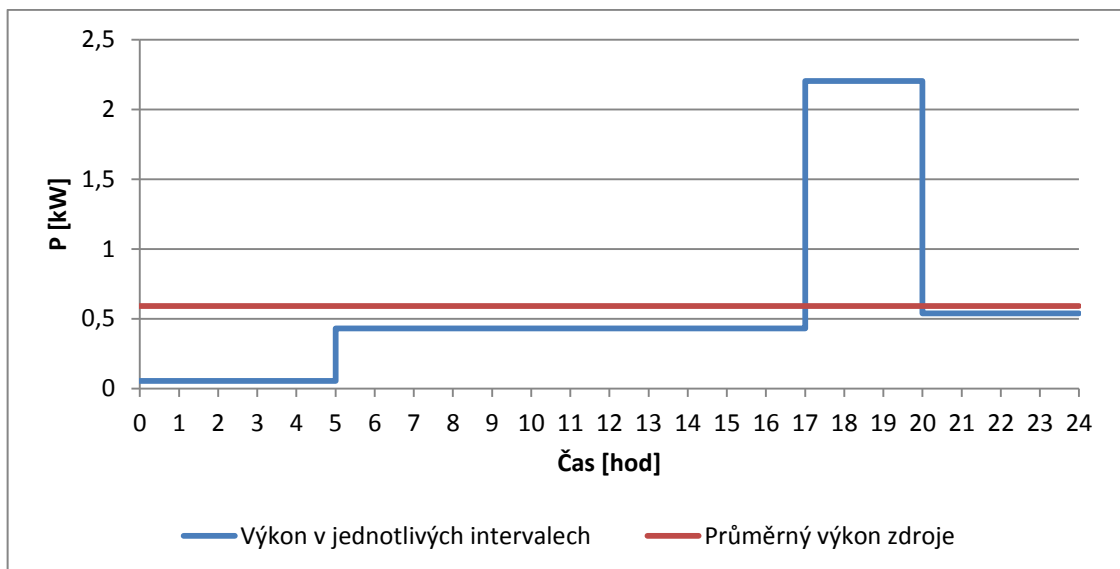
kde

Q_{1P} – teplo dodané ohřivačem do TV během periody [kWh]

τ – čas [h]



Graf 4 Odběr a dodávka tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV



Graf 5 Průměrný výkon zdroje

11.4 Sekundární okruh vytápění

Sekundární okruh se dělí za akumulární nádobou na dvě větve:

- Větev A - větev otopných těles
- Větev B - větev podlahového vytápění

Na akumulární nádobu bude napojen trubkový rozdělovač a sběrač otopných větví. Teplota větve otopných těles bude regulována dle venkovní teploty (ekvitermní teplota), kterou zajišťuje systém iNELS. Pro okruh podlahového vytápění je v přívodním potrubí navržena třicestná směšovací armatura ESBE typ VRG131 a propoj mezi přívodním potrubím a vratným potrubím. Těmito dvěma armaturami je dosažena nižší teplota pro okruh podlahového vytápění při výstupní teplotě z TČ 50°C. Oběh otopné vody v jednotlivých okruzích budou zajišťovat elektronická oběhová čerpadla Wilo typ Stratos. Požadované průtoky do jednotlivých větví budou nastaveny na seřizovacích a vyvažovacích armaturách TA STAD.

Otopný systém bude v nejvyšších místech odzdušněn – na otopných tělesech a pomocí odzdušňovacích nádobek. Pro možnost vypouštění budou v nejnižším místě osazeny kulové vypouštěcí kohouty.

11.5 Otopná tělesa

Otopná plocha bude tvořena především otopnými stěnami Korado Koratherm Vertikal M, dále pak deskovými otopnými tělesy Radik Ventil Kompakt a koupelnovými otopnými tělesy Koralux Rondo Comfort M.

Otopná tělesa Radik Ventil Kompakt jsou z výroby osazena termostatickou vložkou. Tato bude osazena termopohonem ALPHA AA. Připojení otopného tělesa bude provedeno pomocí připojovací armatury Heimeier Vekolux, která umožňuje vypouštění a napouštění otopného tělesa a jeho uzavření.

Otopná tělesa Koratherm Vertikal M a Koralux Rondo Comfort M budou osazena armaturou pro tělesa se středovým připojením Heimeier typ Multilux a termopohonem ALPHA AA.

Upevnění jednotlivých otopných těles je pomocí standardních prvků výrobce. Otopná tělesa Koratherm Vertikal M budou uchycena pomocí navrtávacích konzol 18/120. Ventily otopných těles budou osazeny termopohony ALPHA AA.

11.5.1 Příklad výpočtu oběhového čerpadla

Pro příklad výpočtu jsem si vybral sekundární okruh – větev A, což je větev s otopnými tělesy a s otopnými registry. Základní parametry jsou uvedeny v Tabulce 17.

Tabulka 17 Parametry větve A

Parametr	Hodnota	Jednotka
Teplota přívodní vody	50	°C
Teplota vratné vody	40	°C
Střední teplota	45	K
Rozdíl teplot	10	K
Měrná hmotnost	988	kg·m ⁻³
Měrná tepelná kapacita	4182	J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹
Výkon otopných těles v okruhu	8,1	kW

Postup výpočtu:

- Stanovení objemového průtoku
- Stanovení průměru potrubí
- Volba potrubí
- Výpočet tlakových ztrát
- Výpočet ztrát vřazenými odpory
- Celková ztráta
- Výtlačná výška čerpadla → dopravní výška
- Typ čerpadla

Objemový průtok, \dot{V}

$$\dot{V} = \frac{P}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta} = \frac{8100 \cdot 1000}{988 \cdot 4182 \cdot 10} = 0,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,71 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

kde

P – součet výkonů otopných těles v daném okruhu [W]

ρ – měrná hmotnost vody [kg · m⁻³]

c_p – měrná tepelná kapacita vody pro danou teplotu [J · kg⁻¹ · K⁻¹]

$\Delta\theta$ – teplotní spád v daném okruhu [K]

Průměr potrubí, d

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}}$$

Při dimenzování průměru potrubí je nutné znát rychlost proudění vody. Vycházíme z doporučených hodnot, které uvádí rychlostí v rozmezí $w = 0,6 \div 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. S ohledem na několik faktorů (závislost rychlosti potrubí na průměru a tím i ceně) byla zvolena rychlost $w = 0,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0002}{\pi \cdot 0,65}} = 0,02 \text{ m}$$

Dle výše uvedeného výpočtu jsem použil potrubí *Cu 22x1*.

Reynoldsovo kritérium, Re a kinematická viskozita, ν

Prvním krokem pro určení Reynoldsova kritéria je výpočet kinematické viskozity.

$$\nu = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot \theta_{stř} + 0,000221 \cdot \theta_{stř}^2}$$

$$\nu = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot 45 + 0,000221 \cdot 45^2} = 6,03 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

Reynoldsovo kritérium se vypočítá následovně:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,65 \cdot 0,02}{6,03 \cdot 10^{-7}} \cong 21559 [-]$$

Z výsledku je patrné, že se jedná o turbulentní proudění, jelikož $Re > 4000$, tudíž součinitel tření λ se vypočítá podle:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{21559}} = 0,026 [-]$$

Tlakové ztráty třením, Δp_λ

$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta p_\lambda = 0,026 \cdot \frac{136}{0,02} \cdot \frac{0,65^2}{2} \cdot 988 = 36900 \text{ Pa}$$

Tlakové ztráty vřazenými odpory, Δp_ξ

Pro výpočet tlakové ztráty vřazenými odpory jsem využil sazební hodnotu podílu ztrát vřazenými odpory a tlakové ztrátě třením. Doporučená hodnota s nuceným oběhem vody a členitým rozvodem se pohybuje okolo 50%. Uvažovaná větev topení není příliš členitá, proto jsem zvolil hodnotu 40%.

Výpočet tedy vypadá následovně:

$$\Delta p_\xi = 0,4 \cdot \Delta p_\lambda = 0,4 \cdot 36900 = 14760 \text{ Pa}$$

Celková tlaková ztráta, Δp_c

Celková tlaková ztráta se určí součtem tlakových ztrát třením a vřazenými odpory.

$$\Delta p_c = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi = 36900 + 14760 = 51660 \text{ Pa}$$

Tlaková ztráta třicestného ventilu, Δp_v

Za předpokladu poměrné autority $p_a = 0,5 [-]$, je ztráta vypočítaná podle vztahu:

$$\Delta p_v = p_a \cdot \Delta p_c = 0,5 \cdot 51660 = 25830 \text{ Pa}$$

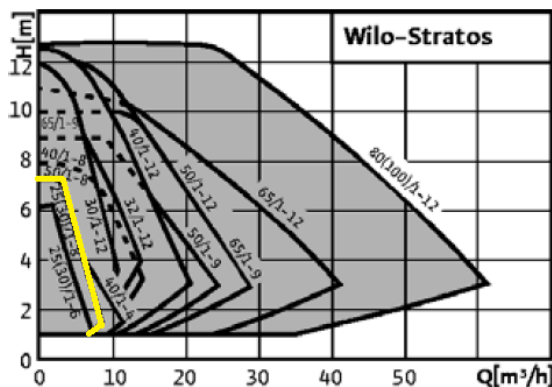
Výtlačná výška čerpadla, Δp_p

$$\Delta p_p = \Delta p_c + \Delta p_v = 51660 + 25830 = 77490 \text{ Pa} \doteq 0,78 \text{ bar}$$

Pomocí výtlačné výšky čerpadla Δp_p stanovíme dopravní výšku čerpadla H .

$$H = \Delta p_p \cdot 10 = 0,78 \cdot 10 = 7,8 \text{ m}$$

Pro danou větev jsem zvolil mokroběžné čerpadlo typ Wilo Stratos 30/1-8 180mm 230V PN10 s maximální výtlačnou výškou 8 m.



Obrázek 30 Charakteristika čerpadla Wilo stratos 30/1-8

11.5.2 Příklad výpočtu třicestného směšovacího ventilu

U třicestného směšovacího ventilu je hlavní posuzovanou veličinou průtokový součinitel $k_v [m^3 \cdot h^{-1}]$. Ten vyjadřuje objemový průtok vody protékající regulačním ventilem za referenčních podmínek průtoku a při daném zdvihu.

Průtokový součinitel se pak určí ze vztahu:

$$k_v = \frac{\dot{V}}{\Delta p_v} = \frac{0,71}{\sqrt{0,258}} = 1,39 m^3 \cdot h^{-1}$$

kde

\dot{V} – objemový průtok [$m^3 \cdot h^{-1}$]

Δp_v – tlaková ztráta ventilu [*bar*]

Jmenovitý průtokový součinitel se poté určí z hodnoty průtokového součinitele a z bezpečnostního přídávku, který udává objemový průtok při plném otevření armatury.

$$k_{vs} = (1,1 \div 1,3) \cdot k_v = (1,1 \div 1,3) \cdot 1,39 = 1,53 \div 1,81 m^3 \cdot h^{-1}$$

Pro vypočítané hodnoty jsem zvolil třicestnou směšovací armaturu typ *ESBE VRG131 DN15*, $1,63 m^3 \cdot h^{-1}$.

Skutečná tlaková ztráta, Δp_v

$$\Delta p_v = \left(\frac{\dot{V}}{k_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{0,71}{1,63} \right)^2 = 0,19 bar = 19 kPa$$

Vhodnost zvolené armatury lze ověřit výpočtem autority ventilu a_v ($0 \div 1$), která vyjadřuje poměr dispozičního tlaku na ventilu při plném průtoku a dispozičního tlaku při nulovém průtoku. Dle doporučení by se hodnota měla blížit $a_v = 0,5$, minimální doporučená hodnota je ovšem $a_v = 0,3$.

Lze říci, že při $a_v = 1$ je průtočná charakteristika ventilu shodná s ideální charakteristikou.

$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c} = \frac{19}{19 + 51,7} = 0,28$$

Autorita ventilu se nachází na hranici doporučené hodnoty.

11.6 Podlahové vytápění

Pro okruh podlahového vytápění je navrženo podlahové vytápění se zabetonovanými trubkami UPONOR s kyslíkovou bariérou, \varnothing 16x2,0. Otopné trubky budou vedeny v systémové desce Uponor Tecto ND 30-2 (30 mm polystyrénu součásti systémové desky). Jednotlivé topné hady podlahového vytápění budou napojeny na rozdělovač a sběrač pomocí přípojovacích armatur, které jsou součástí systému. Rozdělovače a sběrače budou umístěny na svislou stavební konstrukci. Betonová otopná plocha musí být zhotovena podle pokynů pro provádění podlahového systému vytápění Uponor. Položené podlahové vytápění se zalije cementovým potěrem s přísadou plastifikátoru o tl. min. 65 mm. Při pokládání keramické dlažby v místě dilatace je nutné pokládat dlaždice se spárami, které se vyplní trvale elastickým materiálem.

Ventily jednotlivých okruhů podlahového vytápění jsou vybaveny termopohony ALPHA AA umožňující uzavření jednotlivých otopných okruhů podlahového vytápění.

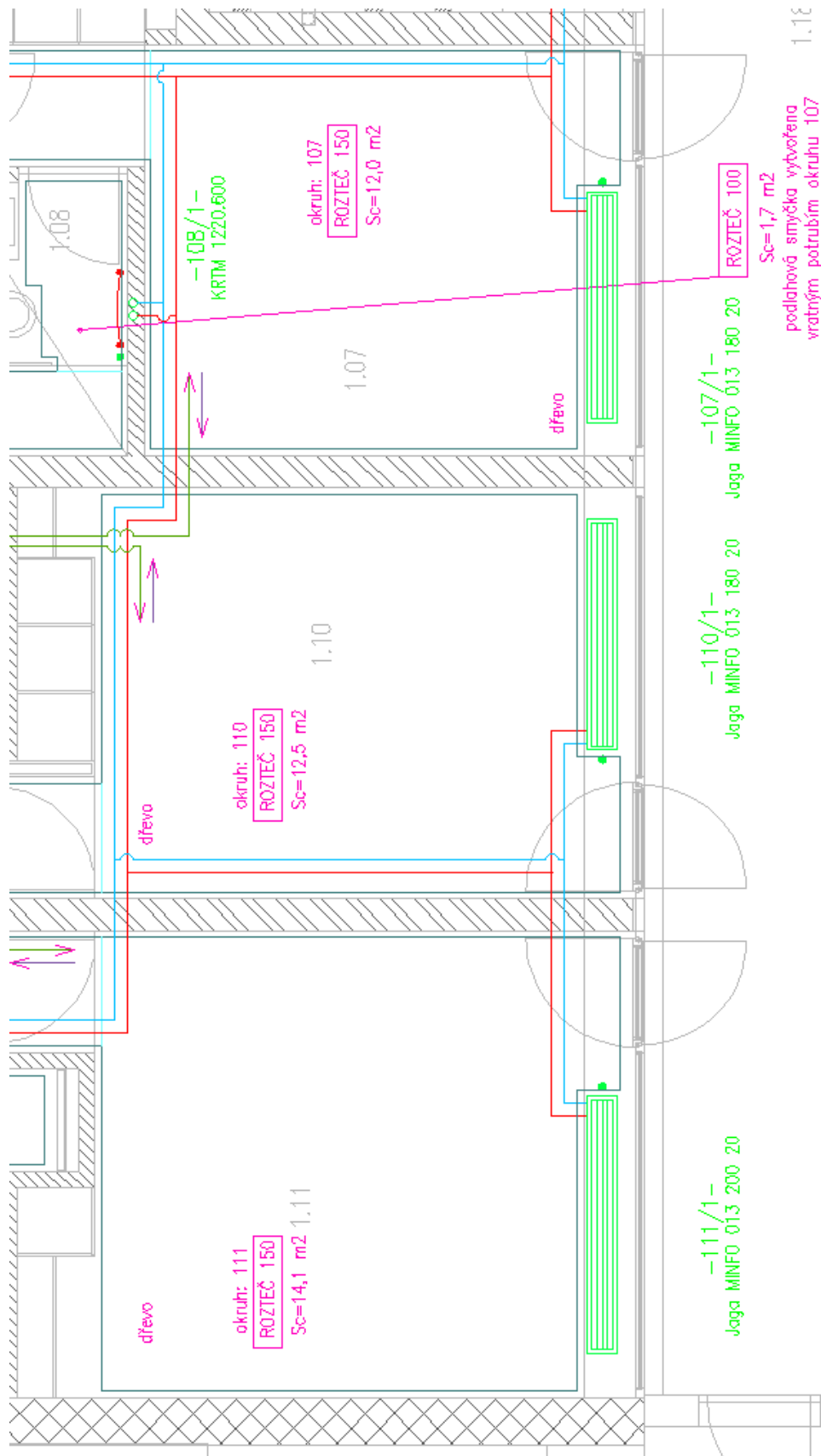
Použité materiály podlahové krytiny musí splňovat svými parametry pro použití pro podlahové vytápění. Podlahové plochy s podlahovou krytinou – dlažba, jsou počítány na max. povrchovou teplotu 29°C, podlahové plochy s podlahovou krytinou – dřevěná podlaha jsou počítány na max. povrchovou teplotu 27°C.

11.7 Rozvody a izolace

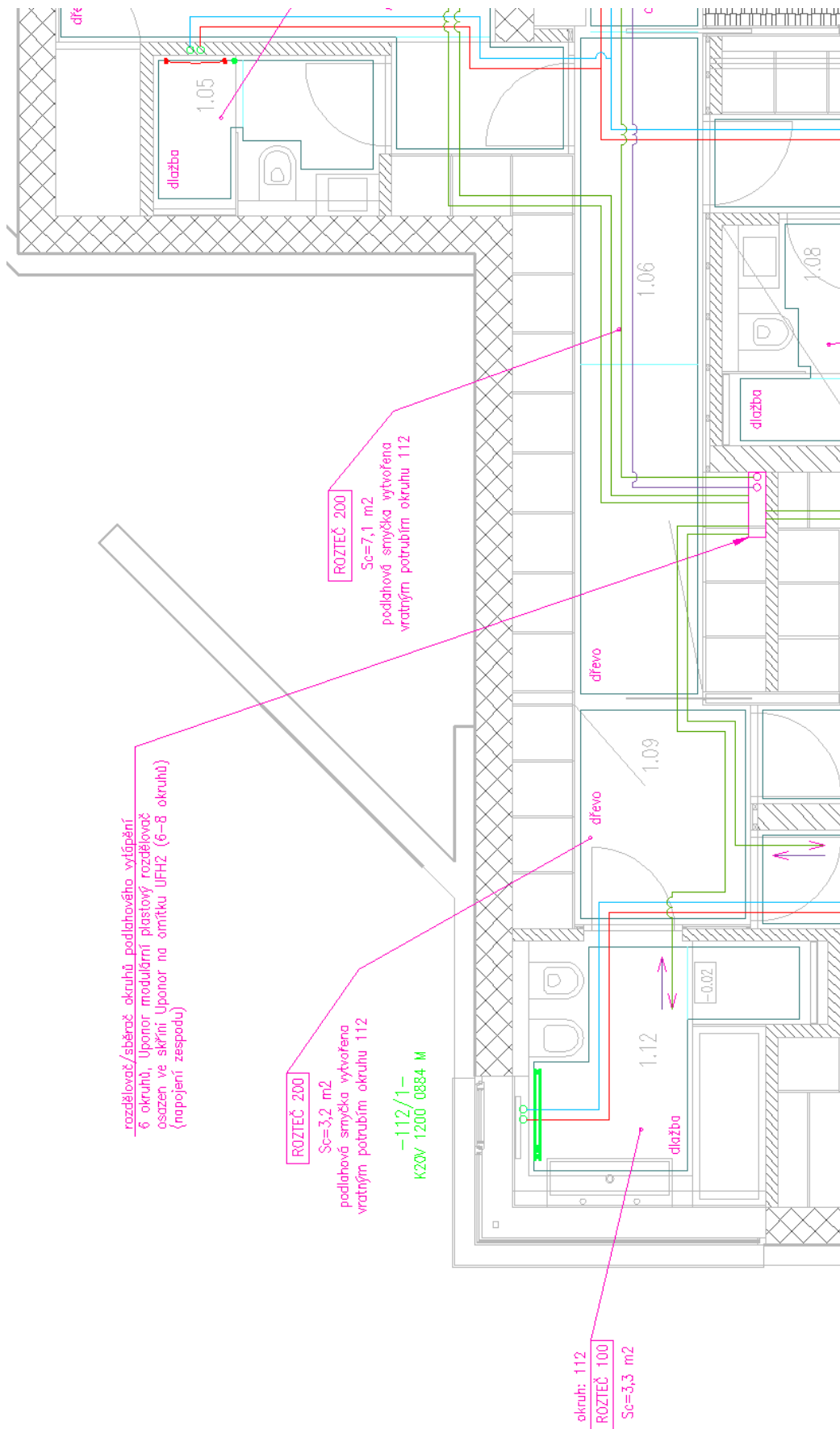
Potrubí v technické místnosti, potrubí v drážce ve stěně a vodorovné rozvody potrubí v podlaze budou provedeny z měděného potrubí. Rozvody v místnosti číslo 1.16 budou vedeny pod stropem, část rozvodů bude vedena volně po stavební konstrukci. Ostatní rozvody pro otopná tělesa a pro R+S podlahového vytápění budou vedeny v podlaze pod systémovou deskou. Přípojky jednotlivých okruhů podlahového vytápění budou vedeny v podlaze, v tepelné izolaci pod systémovou deskou podlahového vytápění.

Všechny rozvody tj primární rozvody vedené volně v technické místnosti a sekundární rozvody vedené v podlahové konstrukci popř. v drážkách ve stěnách budou opatřeny tepelnými izolacemi dle vyhlášky č.193/2007 Sb.

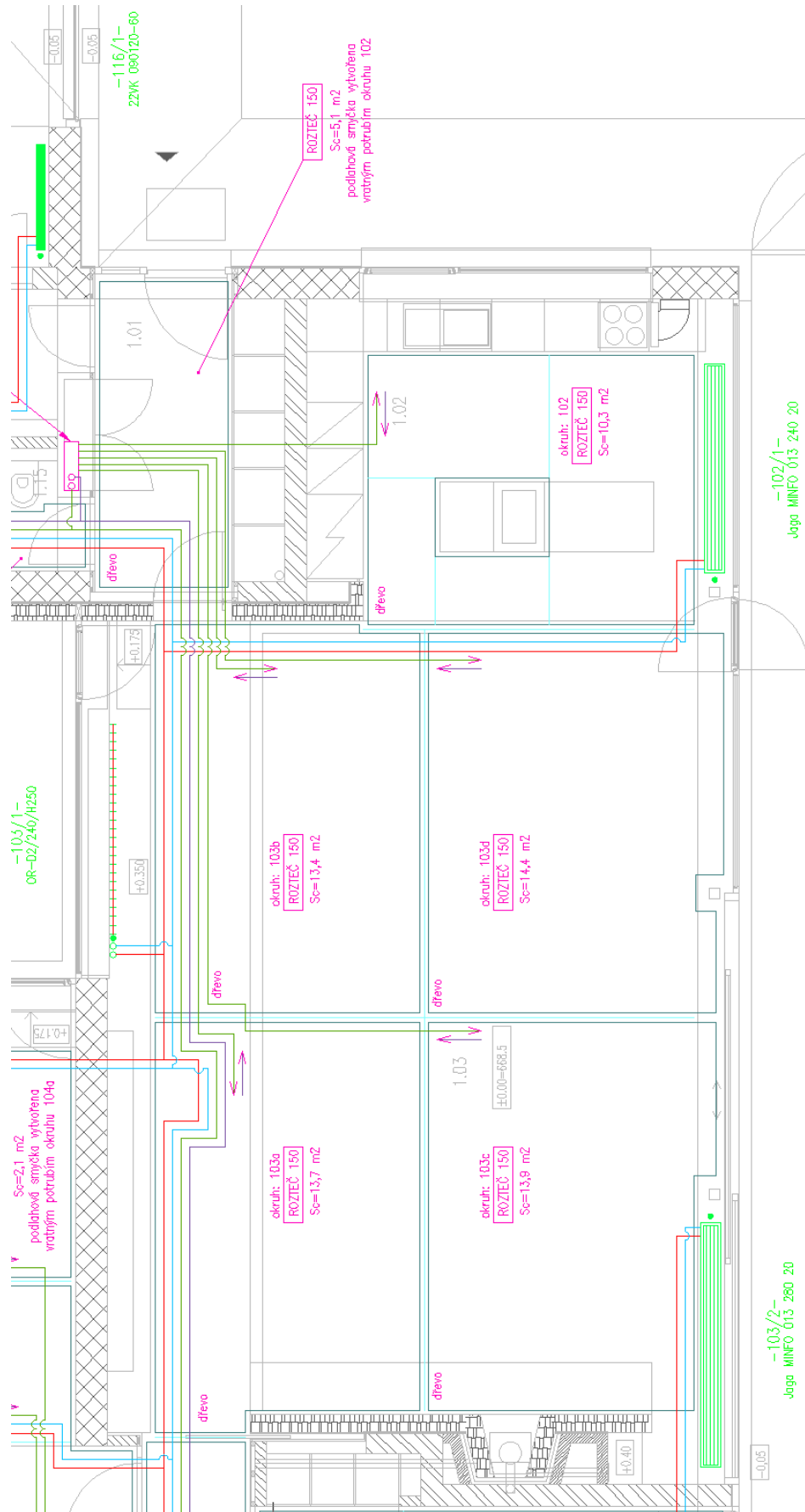
11.8 Návrh vytápěcího systému



Obrázek 31 Návrh topného systému 1/4



Obrázek 32 Návrh topného systému 2/4



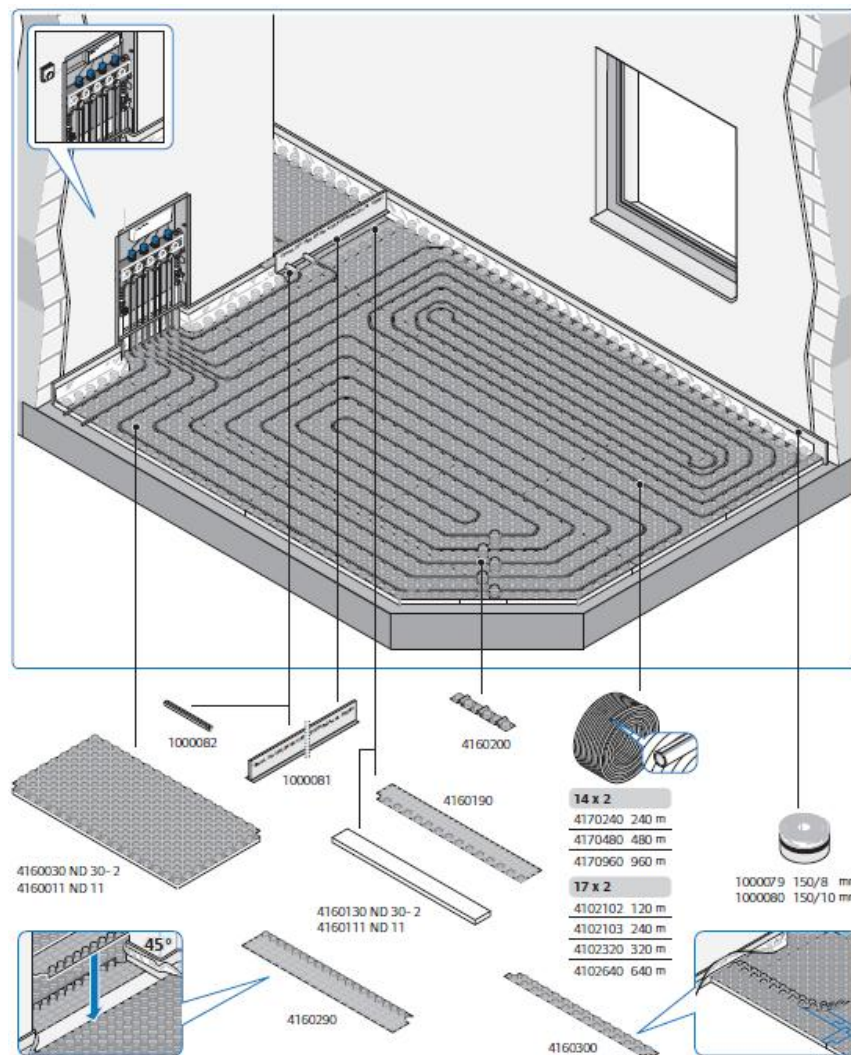
Obrázek 34 Návrh topného systému 4/4

11.8.1 Použité technologie

V případě podlahového vytápění byl použit systém Uponor. Technologie společnosti Uponor se vyznačuje vysokou flexibilitou a mechanickou odolností. Potrubí je odolné vůči tlakům a změnám teplot. Využity byly plastové PE-Xa trubky, které budou kladeny do systémových desek.



Obrázek 35 Ukázka potrubí Uponor



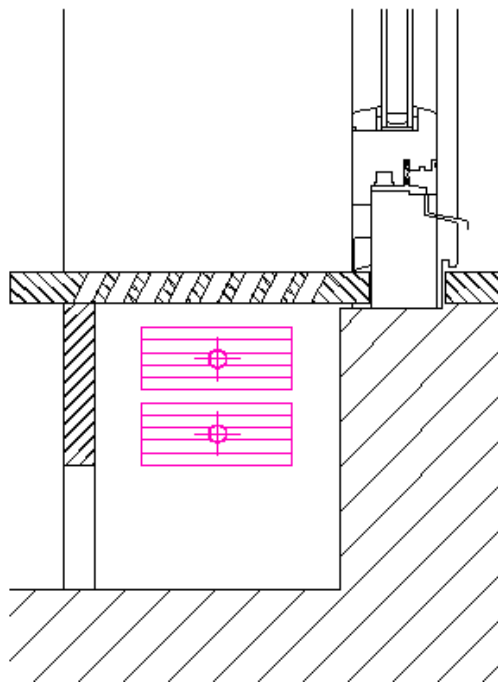
Obrázek 36 Systém instalace potrubí Uponor [39]

Ve vytápěcím systému budou umístěny celkem dva rozdělovače. Jeden s pěti okruhy a druhý s šesti okruhy. [36]

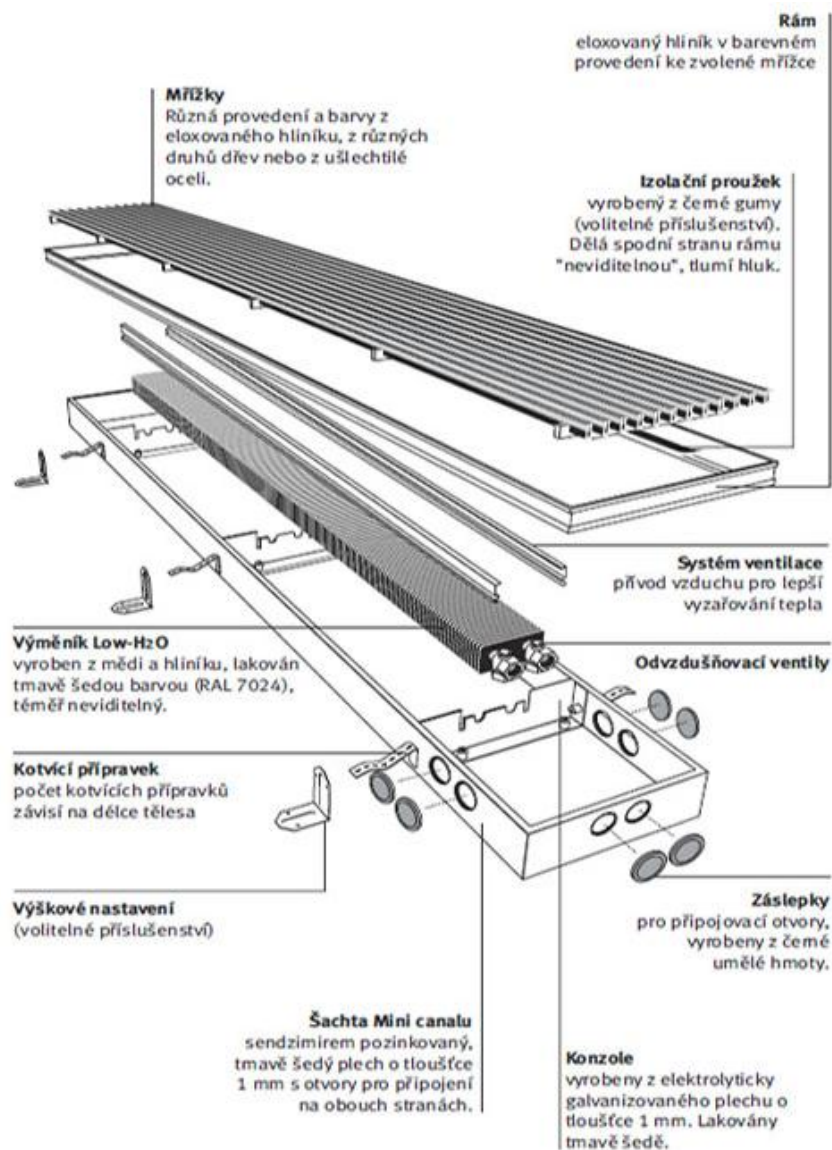


Obrázek 37 Ukázka plastového rozdělovače Uponor [27]

Otopné registry budou použity od společnosti Jaga. Slouží k vyrovnání teploty u velkých prosklených ploch. Otopné registry budou umístěny v podlaze v místnostech 1.02, 1.03, 1.07, 1.10 a 1.11.



Obrázek 38 Detail otopného registru



Obrázek 39 Detail otopného registru Jaga Mini Canal [19]



Obrázek 40 Čerpadlo
Wilo Stratos

Všechna otopná tělesa budou použita od společnosti Korado. Jednotlivá tělesa budou osazena termopohony ALPHA AA 0-10V DC, které budou regulovat průtok otopné vody a tím teplotu v místnosti.

**Korado
KORATHERM**



**Korado
RADIK**



**Korado
KORALUX**



Obrázek 41 Ukázka použitých otopných těles Korado



Obrázek 42 Použité armatury (zleva) – vyvažovací ventily, třícestný směšovací ventil, radiátorové šroubení, termostatický ventil

12 ŘÍDICÍ SYSTÉM VYTÁPĚNÍ

Celý systém vytápění bude řízen regulátory od společnosti Johnson Controls. Inteligentní elektroinstalace iNELS bude ovládat pouze koncové termopohony na jednotlivých otopných tělesech a na rozdelovači podlahového vytápění. Tyto systémy spolu budou navzájem propojeny a budou si předávat informace o svém aktuálním stavu.

Systém vytápění se skládá ze tří hlavních částí:

- Tepelné čerpadlo
- Solární kolektory
- Kotel na ZP

Systém je nastaven tak, že ohřev teplé vody bude mít vždy přednost před samotným vytápěním. Primární zdroj pro ohřev teplé vody bude tepelné čerpadlo se solárními kolektory. V případě malé účinnosti obou z výše uvedených zdrojů je do zásobníku teplé vody zapojen i kotel na ZP. Pro vytápění je opět primárním zdrojem tepelné čerpadlo a jako bivalentní zdroj je použit kotel na ZP.

12.1 Ohřev teplé vody

Solární systém je do zásobníku teplé vody připojen ve spodní části s chladnější vodou, aby se co nejvíce využila jeho účinnost. Napojen bude prostřednictvím spirály. Ve stejné části zásobníku prostřednictvím topného hada je připojeno tepelné čerpadlo, které pracuje v případě malé účinnosti solárních kolektorů. Pokud není ani jeden ze systémů dostatečně výkonný pro ohřev vody na požadovanou teplotu, využije se kotle na ZP, který je připojen do zásobníku přes topného hada v horní části.

Teplotním čidlem (26) je sledována teplota kapaliny ze solárních kolektorů, a zároveň je porovnávána s teplotou ve spodní části zásobníku (teplotní čidlo 25). Teplotní čidla v zásobníku teplé vody jsou připojena na přípojných bodech, které jsou implementovány z výroby. Jestliže je teplota vody v zásobníku menší, uzavře se třicestný směšovací ventil (30) a teplá solární kapalina je tak vedena přímo přes zásobník. Pokud regulátor vyhodnotí teplotu v zásobníku vyšší, nežli je v solárním okruhu, třicestný ventil (30) se otevře a kapalina proudí na zkráceném okruhu pouze přes solární systém do té doby, než dosáhne požadovaného teplotního rozdílu. Pokud vnější klimatické podmínky nejsou příznivé a solární systém nelze využít (je sledována intenzita slunečního záření), je vypnuto čerpadlo (29) a systém je odstaven. V tu chvíli je spuštěno tepelné čerpadlo (1), u kterého

je sledována taktéž výstupní teplota (teplotní čidlo 2). Principiálně se systém chová podobně. Sleduje se teplota ve spodní části zásobníku (25) a porovnává se s teplotou vody na výstupu z tepelného čerpadla (2). Pokud je teplota výstupní vody z čerpadla vyšší a teplota v zásobníku nižší, je uzavřen třífcestný směšovací ventil (3) a voda koluje pouze přes zásobník teplé vody. Pokud je i účinnost tepelného čerpadla nulová, je odstaveno (1) a je spuštěn kotel na ZP (7). Ten je do zásobníku přiveden prostřednictvím topného hada v horní části. Součástí kotle je i oběhové čerpadlo. Teplá voda je kotlem na ZP ohřívána pouze ve stavu uzavření ventilu (12) a otevření ventilu (14). Tyto ventily jsou navzájem propojené a pracují pouze na bázi Otevřeno/Zavřeno – přesněji 12O/14Z nebo 12Z/14O. Je zamezeno, aby oba ventily byly současně otevřeny nebo uzavřeny. Jakmile je v zásobníku dosažena požadovaná výstupní teplota (kontroluje teplotní čidlo 23). Je kotel na ZP vypnut (7).

12.2 Ohřev vody pro vytápění

Otopná soustava je rozdělena do dvou větví (A, B), které jsou regulovány nezávisle. Systém využívá ekvitermní regulaci – regulaci v závislosti na venkovní teplotě (31). Ekvitermní regulace funguje na principu snížení teploty topné vody v závislosti na venkovní teplotě. Další možností je škrcení jednotlivých topných těles (otopných registrů, podlahových okruhů) přímo prostřednictvím termopohonů. V tomto případě je nutné dát pozor na regulaci otáček čerpadel pro jednotlivé okruhy, aby v soustavě nevznikal přetlak.

Ohřev vody v akumulacním zásobníku probíhá primárně pomocí tepelného čerpadla. To je připojeno k zásobníku přímo. Teplota je sledována opět třemi teplotními čidly integrovanými v přípojných místech (4, 5, 6). Jakmile ve venkovním prostředí poklesne teplota, automaticky je spuštěno tepelné čerpadlo (1) a oběhové čerpadlo (8). Stále je sledován odběr teple vody (umývání, sprcha apod.), který má prioritu.

Voda je v akumulacní nádrži shromažďována a neustále se sleduje teplota vody v ní. V případě potřeby tepla a odběru teplé vody pro vytápění se sleduje teplota přívodní vody do rozdělovače (13). Jestliže je teplota nižší než požadovaná, je uzavřen třífcestný směšovací ventil (11), spuštěn kotel na ZP (7), přes který voda koluje a zároveň otevřen ventil (12) a uzavřen ventil (14). Teplota vody na výstupu z kotle na ZP je také sledována (10) a porovnávána s teplotou na vstupu do rozdělovače (13).

Za rozdělovačem je voda čerpána do jednotlivých topných okruhů. Každý okruh má svůj třífcestný směšovací ventil (15, 21) a oběhové čerpadlo (16, 22). Je sledována také

teplota výstupní vody a její tlak (17, 19). Sledování tlaku slouží k regulaci jednotlivých čerpadel (16, 22). Pokud dojde ke snížení venkovní teploty nebo systém zaregistruje požadavek od uživatele, že má topit, automaticky se spustí systém vytápění podle výše uvedených podmínek. Při aktivním vytápění je spuštěno čerpadlo (8), které je umístěno na větvi z rozdělovače a čerpá vodu zpět do akumulární nádrže, která plní rovněž funkci vyrovnávače dynamických tlaků. Za rozdělovačem je vždy umístěn třicestný směšovací ventil (15, 21), kterým se řídí teplota přívodní vody do daného okruhu. Teplotní spád v rozdělovači je 50/40. Ten je dostačující pro otopná tělesa a otopné registry. Podlahové vytápění je regulováno třicestným směšovacím ventilem (21) na teplotu nižší pomocí vratné vody. Na základě teplotních čidel (17, 19) jsou dané třicestné ventily regulovány.

12.3 Technologie

Řízení vytápěcího systému bude realizováno prvky od společnosti Johnson Controls.

Pro řízení jsem zvolil tři regulátory FX15D72, který obsahuje:

- 6 analogových vstupů - AI
- 8 digitálních vstupů - DI
- 4 analogové výstupy - AO
- 9 digitálních výstupů - DO
- Kartu LonWorks a integrované uživatelské rozhraní MUI



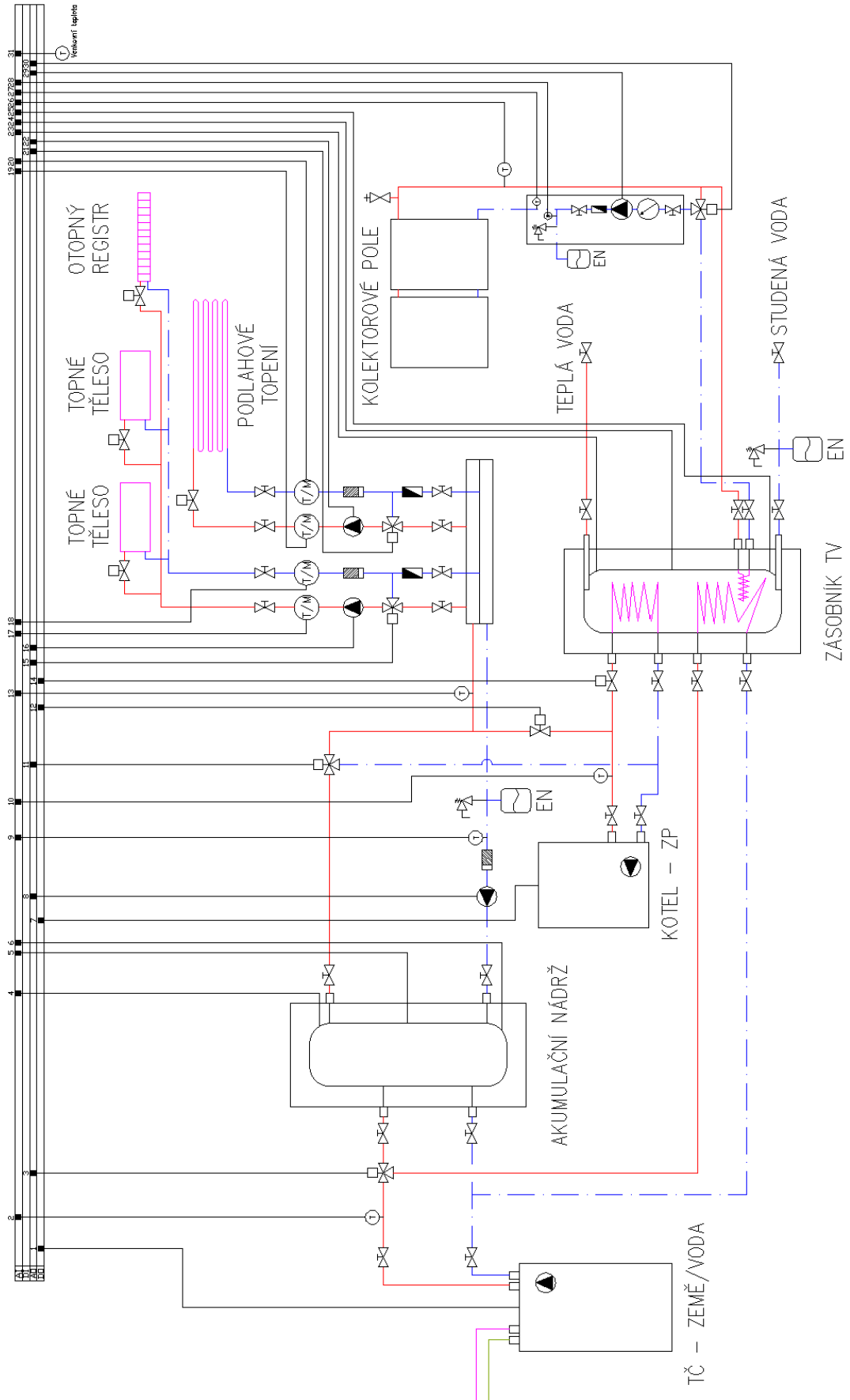
Obrázek 43 Regulátor FX15D72[23]

Regulátor FX15D72 bude propojen komunikační bránou se systémem iNELS. Prostřednictvím tohoto propojení si budou oba systémy předávat potřebné informace pro správnou funkčnost.

Tabulka 18 Přehled technologií, způsob jejich řízení, monitorování a připojení k regulátoru FX15D72

Poř. č.	Typ	Technologie	I/O
1	řízení	TČ	DO
2	monitorování	teplotní čidlo	AI
3	řízení	třícestný směšovací ventil	AO
4	monitorování	teplotní čidlo	AI
5	monitorování	teplotní čidlo	AI
6	monitorování	teplotní čidlo	AI
7	řízení	Kotel - ZP	DO
8	řízení	čerpadlo	AO
9	monitorování	teplotní čidlo	AI
10	monitorování	teplotní čidlo	AI
11	řízení	třícestný směšovací ventil	AO
12	řízení	dvoucestný ventil	DO
13	monitorování	teplotní čidlo	AI
14	řízení	dvoucestný ventil	DO
15	řízení	třícestný směšovací ventil	AO
16	řízení	čerpadlo	AO
17	monitorování	teplotní a tlakové čidlo	AI
18	monitorování	teplotní a tlakové čidlo	AI
19	monitorování	teplotní a tlakové čidlo	AI
20	monitorování	teplotní a tlakové čidlo	AI
21	řízení	třícestný směšovací ventil	AO
22	řízení	čerpadlo	AO
23	monitorování	teplotní čidlo	AI
24	monitorování	teplotní čidlo	AI
25	monitorování	teplotní čidlo	AI
26	monitorování	teplotní čidlo	AI
27	monitorování	teplotní čidlo	AI
28	monitorování	tlakové čidlo	AI
29	řízení	čerpadlo	AO
30	řízení	třícestný směšovací ventil	AO
31	řízení	čidlo venkovní teploty	AI

Komunikace a vzdálená správa bude zajištěna prostřednictvím komunikační jednotky NAE, která umožňuje připojení IP a webový přístup do systému. Konkrétní typ NAE45, který je určen pro řízení sítí polních regulátoru a zároveň pro aplikaci v menších budovách.



Obrázek 44 Schéma regulace vytápěcího systému

13 NÁVRH ELEKTROINSTALACE

Připojení rodinného domu bude provedeno z elektroměrového rozvaděče ER umístěného na hranici pozemku kabelem CYKY $4 \times 16 \text{ mm}^2 + 3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ (pro HDO). Kabel se uloží v kabelové ochraně (chrániče) AROT do výkopu v zemi a bude uložen v pískovém loži opatřeným výstražnou červenou fólií. U paty domu se přívodní kabel vyvede ze země stoupacím vedením a průrazem v nosné zdi do chodby, kde bude uložen ve žlabu v sádkartonovém podhledu. V technické místnosti se stoupacím vedením zakončí do hlavního rozvaděče HR. V rozvaděči HR se mění napěťová soustava TN-C na TN-S.

Veškerá elektroinstalace bude vycházet z hlavního rozvaděče HR, který bude umístěn v objektu v technické místnosti. V rozvaděči bude umístěn hlavní vypínač, jistící prvky, přepěťová ochrana, hlavní ochranná přípojnice, inteligentní řídicí systém (iNELS) osvětlení, vytápění a zabezpečení objektu a další ovládací a spínací prvky. Z rozvaděče se silově napojí jednotlivé technologie objektu – tepelné čerpadlo, plynový kotel, ZTI, el. brána, vrata apod. V jednotlivých místnostech se osadí zásuvky 230V dle dispozice interiéru a potřeb uživatele. Na samostatně jištěné vývody se zapojí trouba, mikrovlnka, kávovar, sporák, pračka, sušička apod.

Vypínače pro spínání osvětlení se propojí sběrníci CIB hvězdicově do rozvaděče HR s centrální jednotkou iNELS (CU2-01M).

Rozmístění osvětlení bude provedeno dle designu a technických specifikací jednotlivých svítidel. Objekt bude zabezpečen elektronickým zabezpečovacím systémem prostřednictvím detektorů pohybu, kouře, tříštění skla a magnetických kontaktů. Více viz kapitola 14.4.

V technické místnosti se umístí datový rozvaděč, prostřednictvím kterého budou propojeny datové zásuvky. Dále zde bude umístěn server iMM, záznamové zařízení pro kamery, router, switch, datové úložiště a bude zde ponechána prostorová rezerva pro další výpočetní technologii a její případné rozšíření.

Kabeláž v budově bude částečně uložena v kabelových žlabech v SDK, v podlaze v trubkách a ve zdi pod omítkou. Venkovní rozvody pro osvětlení zahrady apod. budou instalovány v chrániče v zemi. V základech objektu se umístí zemnicí pásek $FeZn$, na který bude připojena bleskosvodná soustava dle ČSN.

13.1 Osvětlení

Na jeden světelný okruh je možné připojit pouze takový počet svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jisticího přístroje obvodu. Jmenovitý proud lze vypočítat z maximálního příkonu, pro který jsou svítidla typována. V prostorech, kde je vytvořeno více světelných okruhů, se tyto člení na více samostatných skupin k dosažení optimální světelné pohody (světelné scény). V případě inteligentní elektroinstalace je každý světelný obvod stažen zvlášť do rozvaděče HR.

Světelné okruhy jsou voleny podle využití jednotlivých místností a ústí do rozvaděče HR v místnosti 1.13.

Kabely budou uloženy v trubkách nebo ve žlabu v podhledu.

Soustava: 3NPE stř. 50Hz 400/230V TN-C-S









Ochrana před úrazem el. proudem:

- základní – se samočinným odpojením od zdroje
- zvýšená – proudovými chrániči a doplňkovým pospojováním

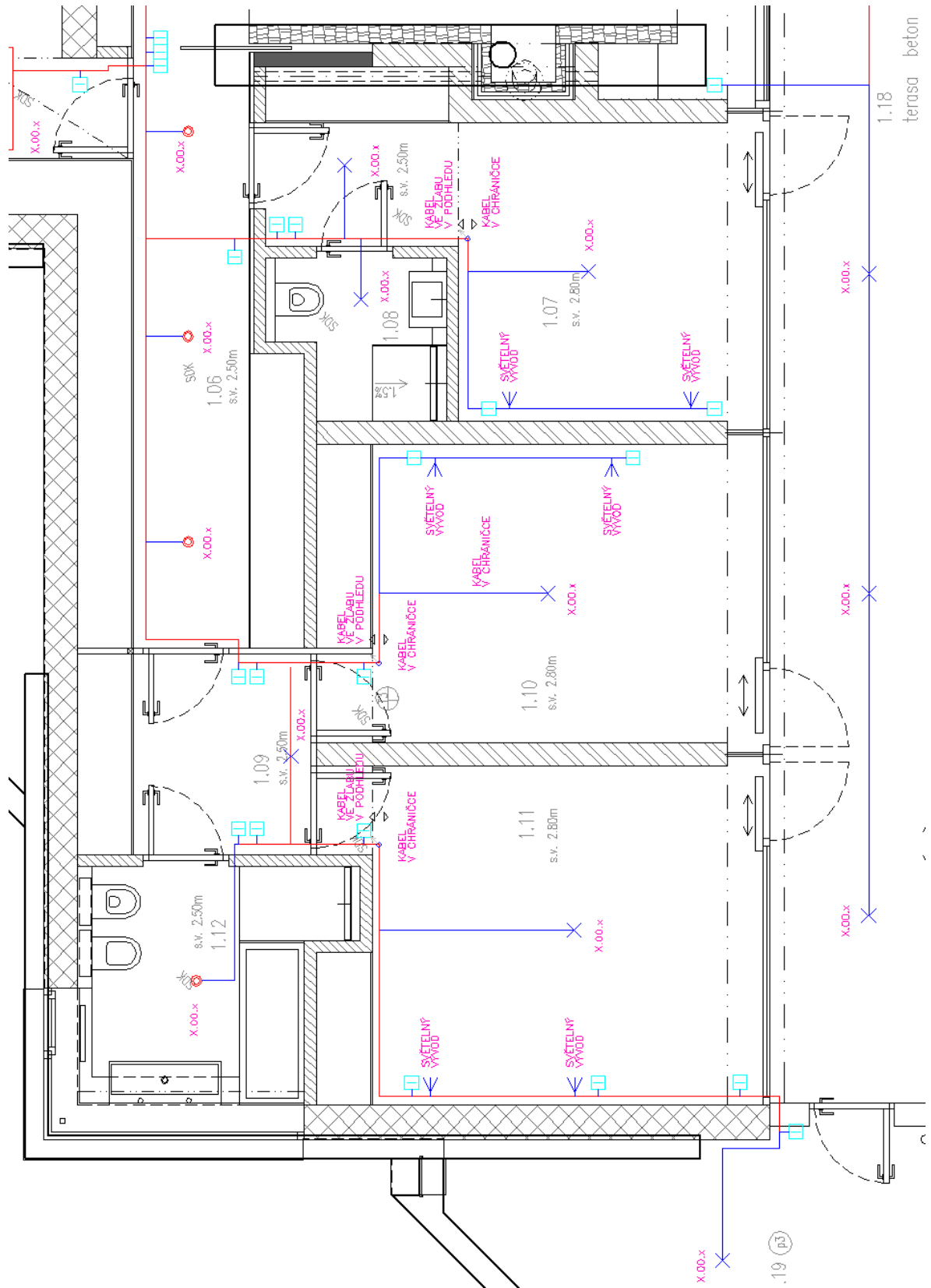
Rozvody ke svítidlům budou provedeny kabely v podhledu v místnostech, kde je sádkartonový podhled a v ostatních místnostech budou provedeny ve stropích a po stěnách.

Rozvody pro vypínače budou tvořeny odbočkami ze stropů vedoucí ve stěnách

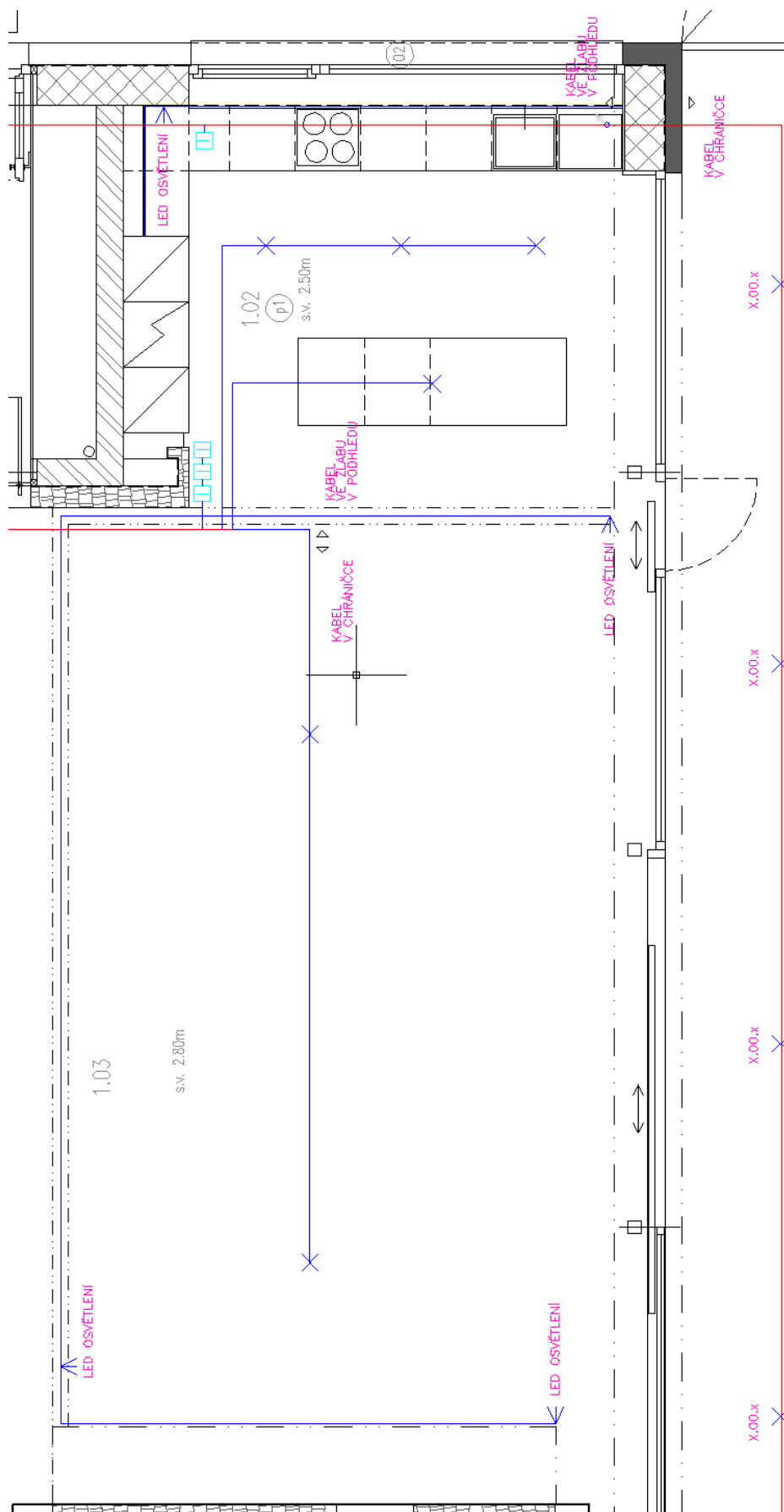
Výška umístění vypínačů – 1200 mm

 HR	HLAVNÍ ROZVADĚČ OBJEKTU
	SVĚTELNÝ OBVOD CYKY–J ..x1,5mm
	KABELOVÁ TRASA
	KABELOVÝ VÝVOD
	KABELOVÝ VÝVOD PRO SVĚTLIDLO
	STOUPACÍ VELENÍ
	SYSTÉMOVÝ VYPÍNAČ WSB–40 INELS
	SVĚTLIDLO DLE DESIGNU ARCHITEKTA

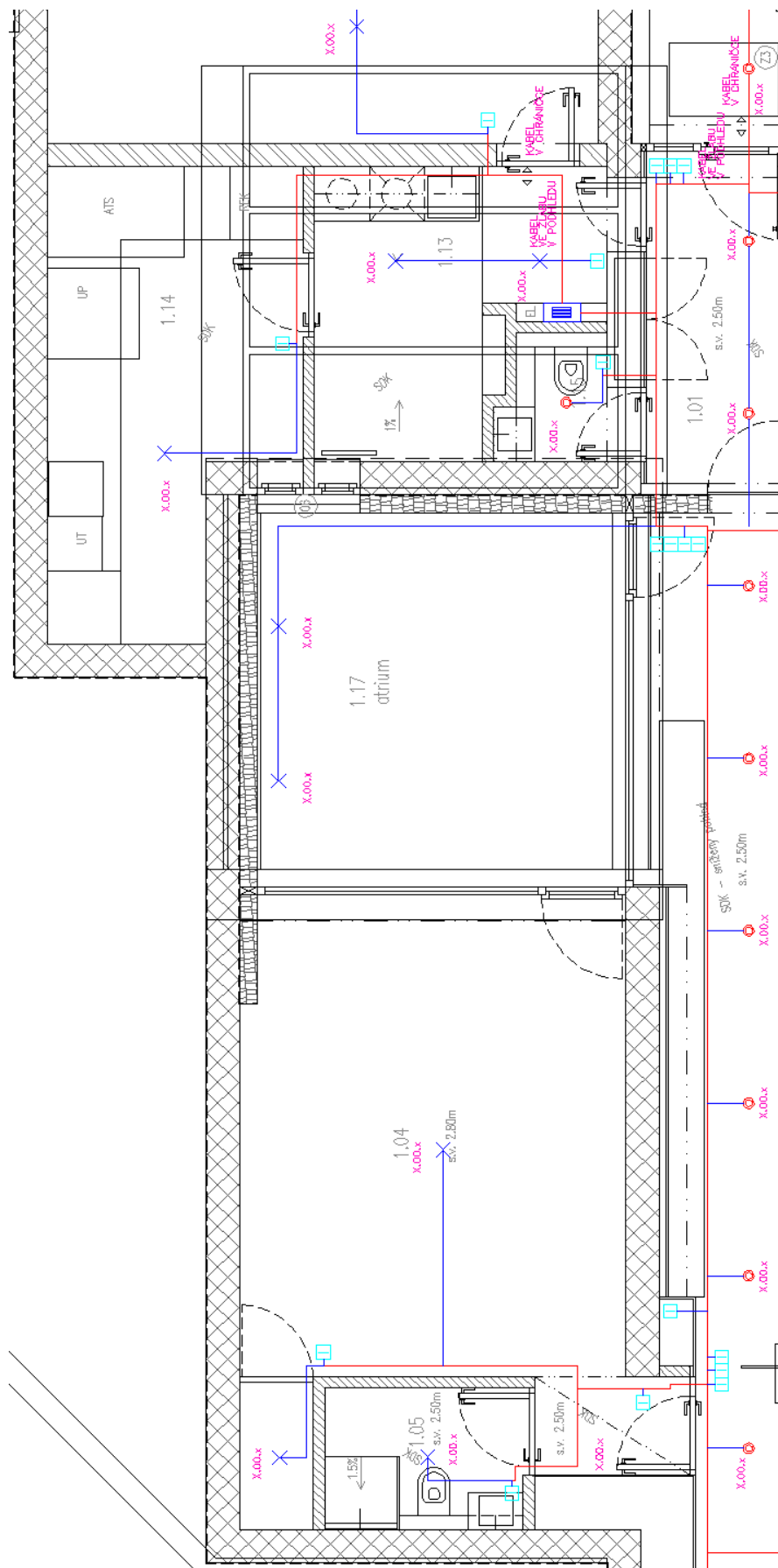
Obrázek 45 Legenda použitých značek



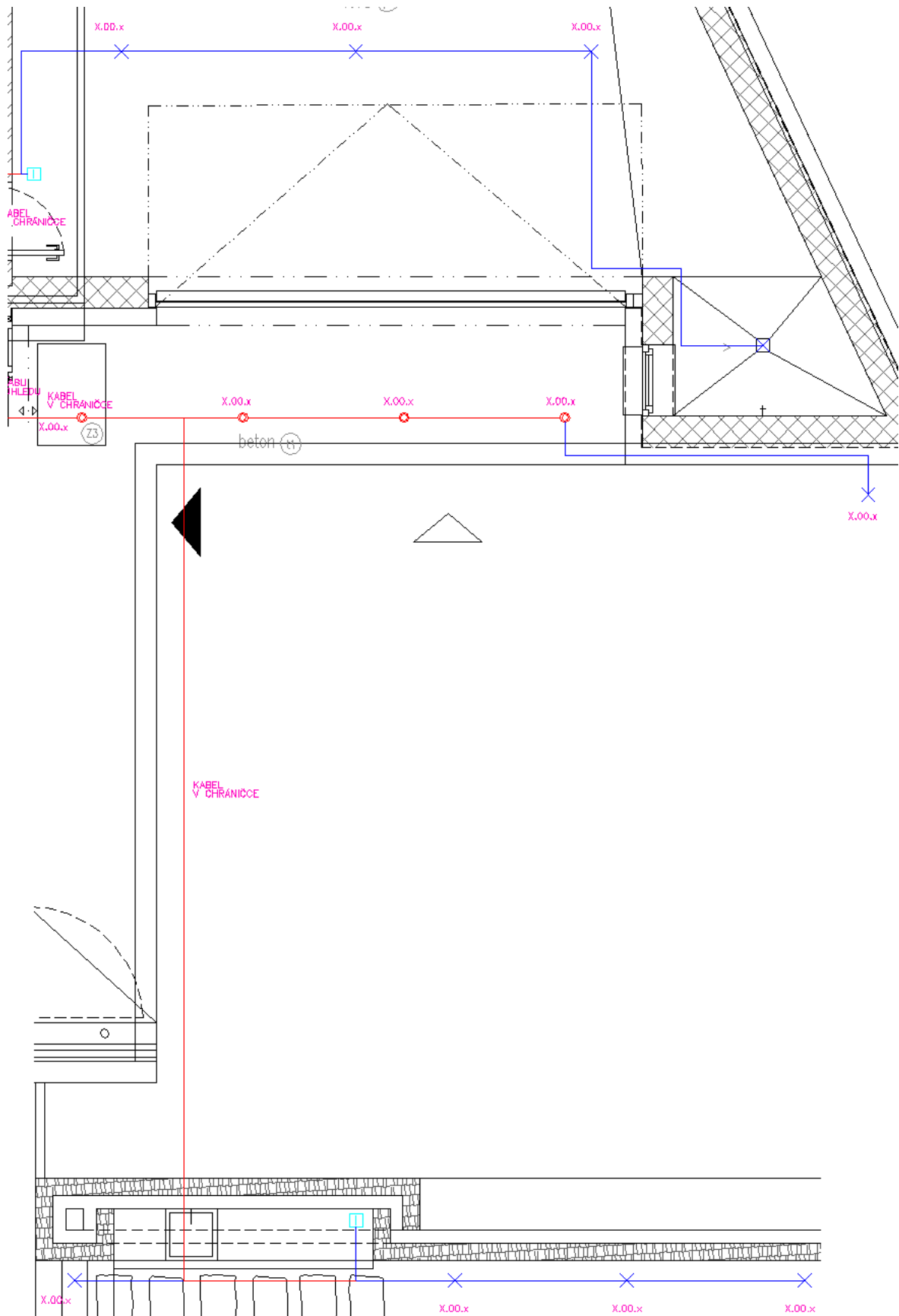
Obrázek 46 Rozvody osvětlení – obytná část – 1/3



Obrázek 47 Rozvody osvětlení – obytná část – 2/3



Obrázek 48 Rozvody osvětlení – obytná část – 3/3



Obrázek 49 Rozvody osvětlení – Vstupní část s garáží

13.2 Zásuvkové okruhy

Zásuvkové okruhy jsou navrženy pro přívod elektrického napětí (230V) ke spotřebičům. Na zásuvkové okruhy lze krátkodobě připojit jednoúčelové spotřebiče do celkového příkonu $2 \text{ kV} \cdot \text{A}$. Pro dlouhodobě napájené spotřebiče se pro tyto účely zřizují samostatné zásuvkové obvody.

Zásuvky musí být opatřeny ochranným kolíkem, který bude připojený na ochranný vodič. Využívány budou bez-šroubové zásuvky od společnosti EFAPEL.

Zásuvkové obvody se zřizují se jmenovitým proudem nepřesahujícím 16 A a musejí mít doplňkovou ochranu tvořenou proudovými chrániči se jmenovitým reziduálním proudem do 30 mA . Na jeden zásuvkový okruh lze napojit maximálně deset zásuvkových vývodů, přičemž vícenásobná zásuvka se považuje jako jeden zásuvkový vývod a zároveň nesmí být překročen instalovaný výkon ($3680 \text{ V} \cdot \text{A}$ při jištění 16 A a $2300 \text{ V} \cdot \text{A}$ při jištění 10 A). [23]

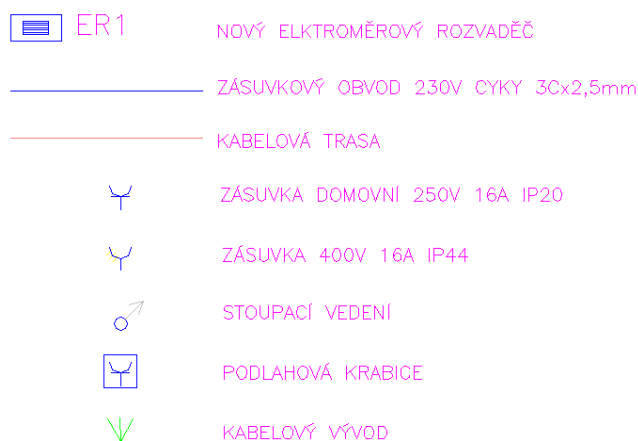
Kabely budou uloženy v trubkách nebo ve žlabu v podhledu.

Soustava: 3NPE stř. 50Hz 400/230V TN-C-S

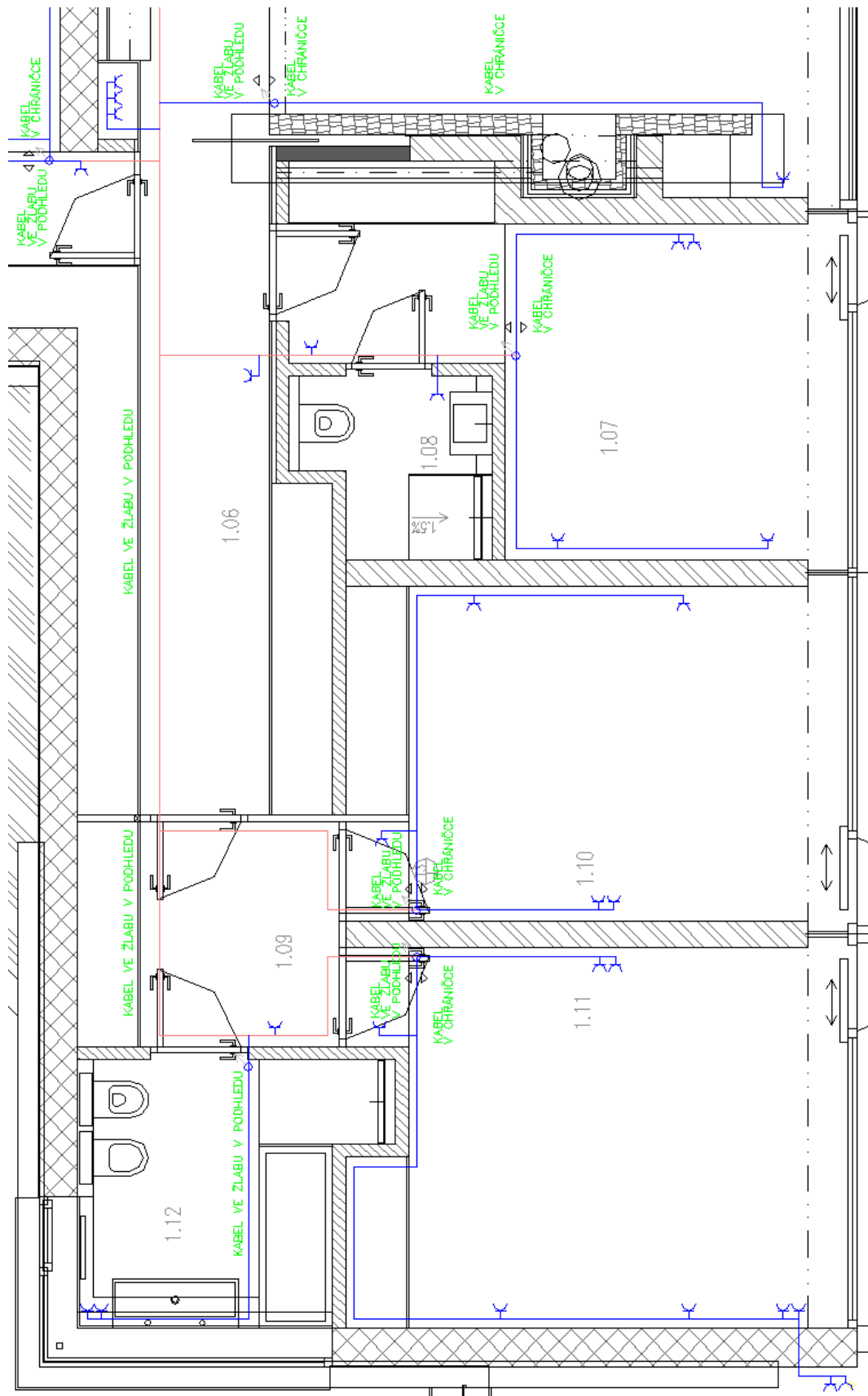
Ochrana před úrazem el. proudem:

- základní – se samočinným odpojením od zdroje
- zvýšená – proudovými chrániči a doplňkovým pospojováním

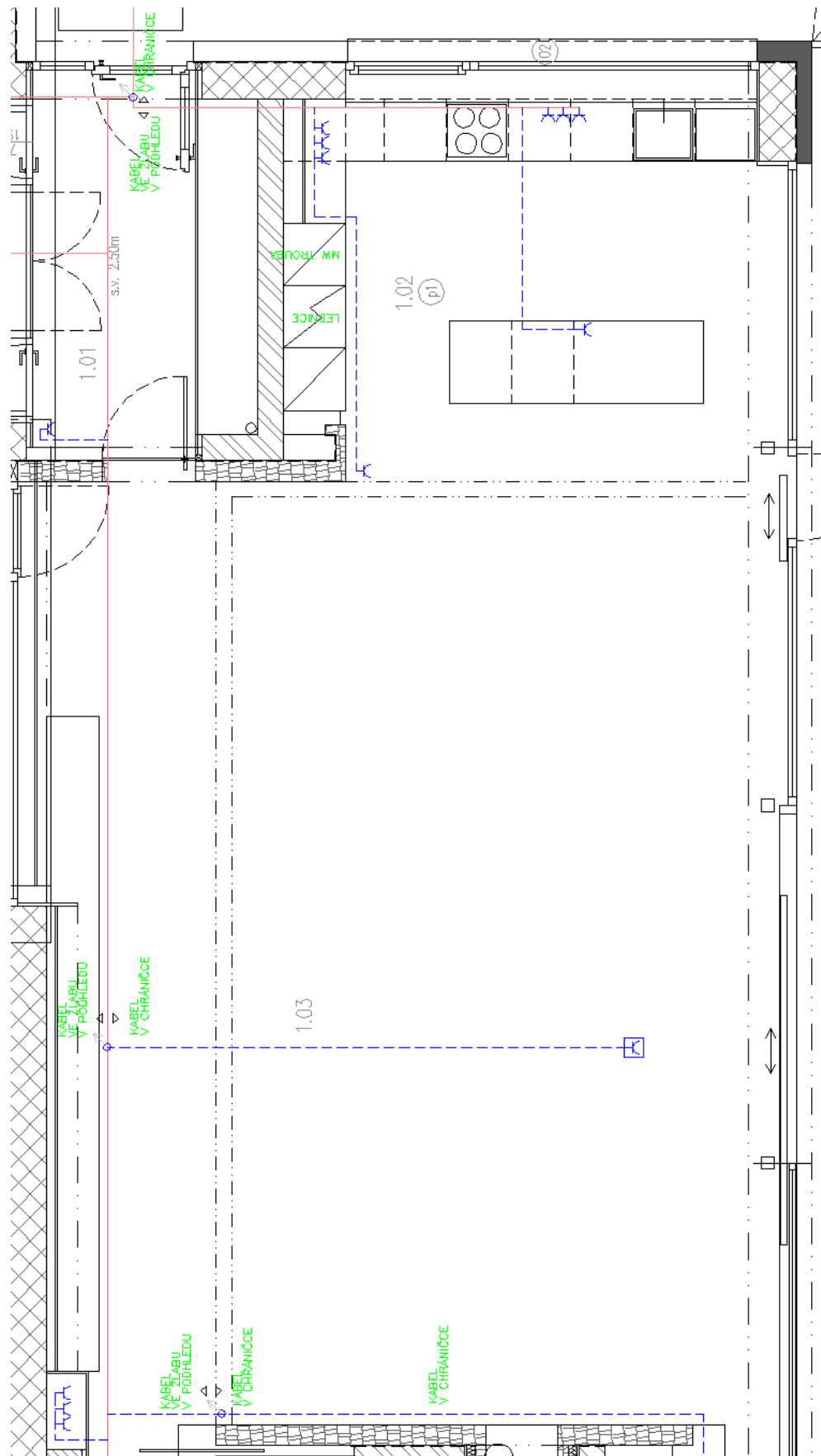
Zásuvkové rozvody budou provedeny kabely v podhledu v místnostech, kde je sádkartonový podhled a poté svedeny jednotlivými vývody po stěnách do krabice a v ostatních místnostech budou vedeny ve stropech a po stěnách.



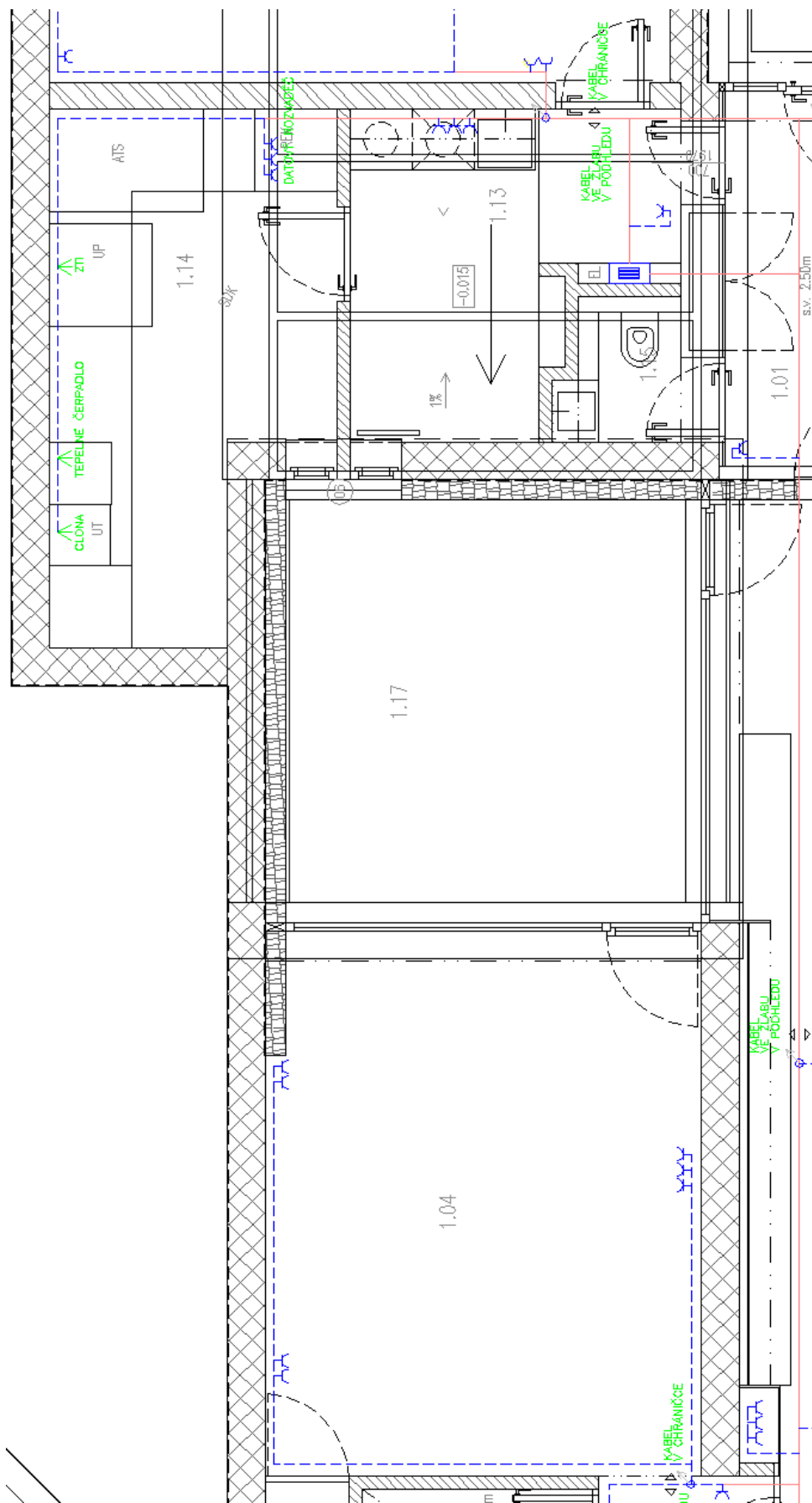
Obrázek 50 Legenda použitých značek



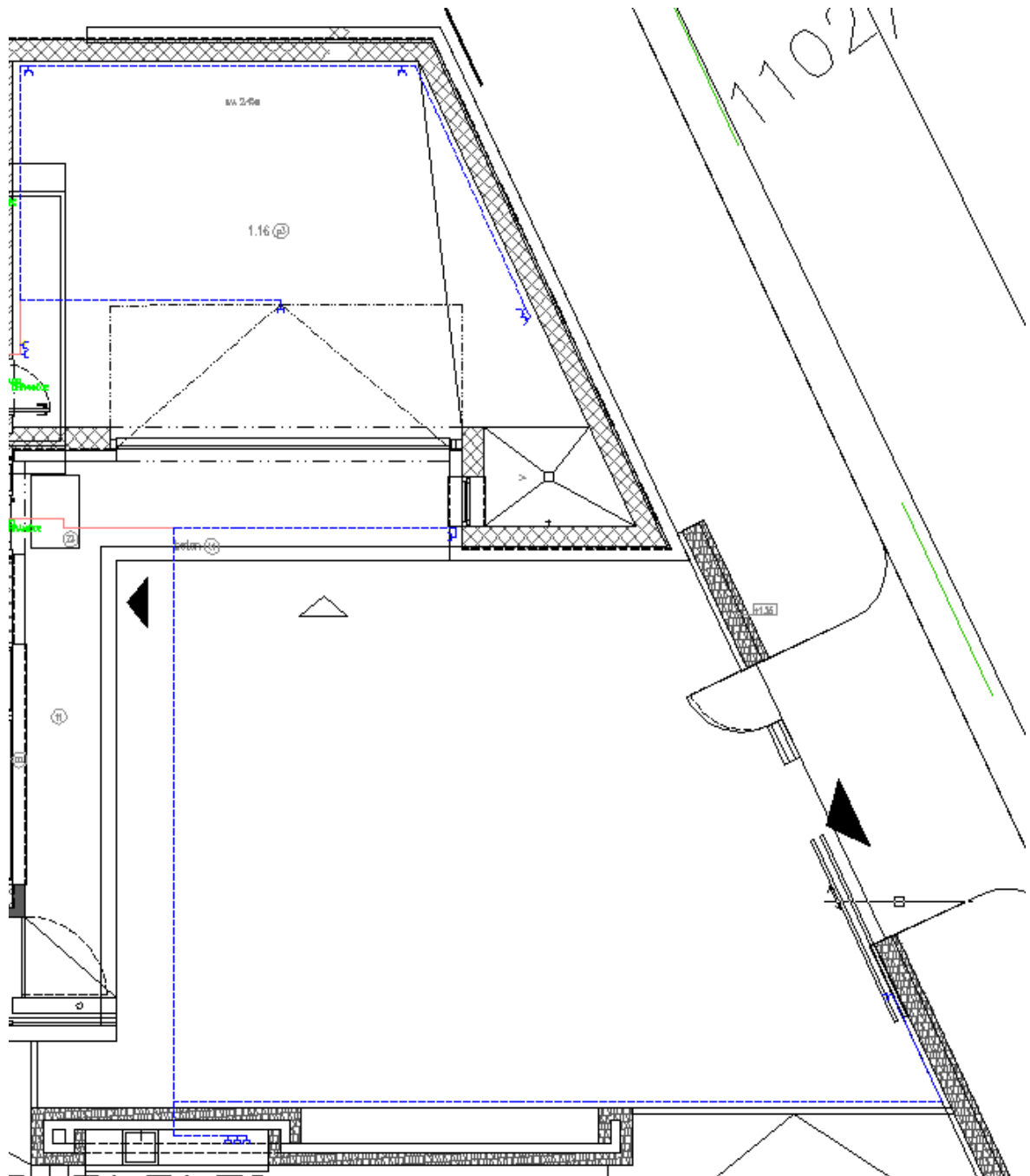
Obrázek 51 Zásuvkové obvody – obytná část 1/3



Obrázek 52 Zásuvkové obvody – obytná část 2/3



Obrázek 53 Zásuvkové obvody – obytná část 3/3



Obrázek 54 Zásuvkové okruhy – Vstupní část s garáží

14 NÁVRH INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE INELS A IMM

Pro řízení osvětlení, zásuvkových okruhů a vytápění byl zvolen inteligentní systém iNELS od společnosti ELKO EP, s.r.o. pomocí které lze kontrolovat a monitorovat všechny provozně-technické funkce a procesy prostřednictvím společného vedení (instalační sběrnice). Silové rozvody se tedy vedou od spotřebičů přímo do rozvaděče HR, kde jsou umístěny jednotlivé ovládací aktory systému iNELS. Z toho plyne úspora kabeláže.

Inteligentní elektroinstalace je i nadále rozšiřitelná nebo dodatečně modifikovatelná. V souvislosti se změnou účelu daného spotřebiče se systém iNELS přizpůsobí pomocí nového uspořádání použitých senzorů a aktorů pouze změnou jejich parametrů – parametrizací. Ta je prováděna prostřednictvím softwaru IDM (iNELS Designer & Manager).

Systém iNELS je dále propojitelný pomocí rozhraní TCP/IP s jinými řídicími systémy automatizace budov (CUE, AMX atd.) i s multimediálními nástavbami (Control 4 apod.). Vizualizace je realizována SCADA/HMI systémem Reliance.

14.1 Technické informace

Systém iNELS je centralizovaný sběrniceový systém, který využívá pro komunikaci mezi jednotlivými prvky dvou vodičovou instalační sběrnici.

V systému jsou využívány dva typy sběrnic:

1. CIB – instalační sběrnice – slouží k propojení jednotlivých ovládacích prvků (aktorů a senzorů – max. 32)
2. TCL – systémová sběrnice – slouží k propojení externích masterů a rozšíření o další sběrnice CIB. Možno použít 2 externí mastery, které obsluhují 2 další sběrnice CIB ($2 \cdot 2 \cdot 32 = 128$ prvků)

Složení systému iNELS:

- CU2-01M – centrální jednotka (2 x CIB)
- BPS2-01M (BPS2-02M) – oddělovač sběrnice od napájení
- MI2-02M – externí master – slouží k rozšíření sběrnic CIB
- Sensory – vstupní prvky
- Aktory – výstupní prvky

14.1.1 Instalační sběrnice CIB

Jedná se o dvou vodičovou instalační sběrnici, kterou lze zapojit libovolnou topologií. Komunikace probíhá po modulovaném stejnosměrném napájecím napětí podle přesně stanovených pravidel. Napájení sběrnice tvoří standardní zdroj stejnosměrného napětí 27,2V DC nebo 24V DC připojený na sběrnici přes oddělovač sběrnice (BPS2-01M nebo BPS2-02M). Sběrnice mimo komunikaci slouží rovněž jako napájení připojených periferních jednotek. Je nutné dbát na maximální úbytky napájecího napětí, aby na jedné větvi sběrnice nebyl překročen limit 1A.

Tabulka 19 Vlastnosti CIB sběrnice

Jmenovité napětí napájení sběrnice (se zálohováním)	27,2 VDC	+10%	-25%
Jmenovité napětí napájení sběrnice (bez zálohování)	24 VDC	+25%	-15%
Maximální délka sběrnice	550 m		

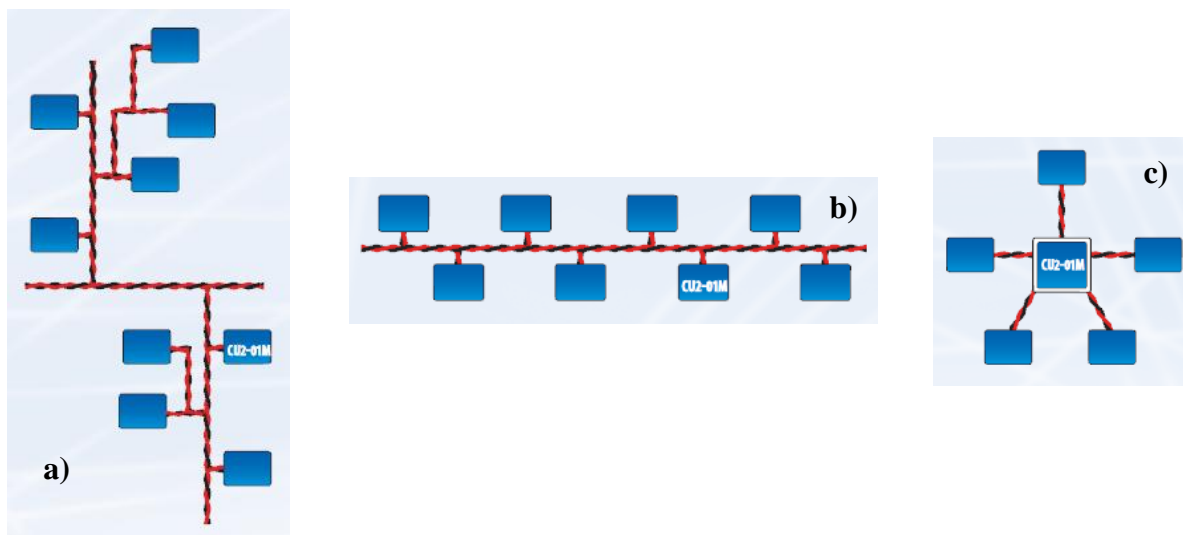
Pro instalační sběrnici je nutné použít stíněné kroucené kabely s průřezem alespoň $0,8 \text{ mm}^2$ (např. *J-Y(St)Y 2x2x0,8*) jeden pár (červený, černý) pro komunikaci a napájení a druhý (žlutý, bílý) jako záložní pro dodatečné aplikace. Při použití stíněného kabelu se doporučuje uzemnit jeden konec stínění kabelu. To se provádí co nejbližší řádnému zemnění, a to nejkratším možným vodičem co největšího průřezu.

K centrální jednotce (CU2-01M) lze přímo připojit 64 jednotek (senzorů a aktorů). Rozšíření je realizováno systémovou sběrnici TCL2 a externími master moduly MI2-02M. Prostřednictvím těchto modulů lze do systému připojit až 192 jednotek.

Každá z jednotek nese z výroby svou jedinečnou hardwarovou adresu a je pevně vyznačena na jednotce. Jedná se o čtyřciferný kód v hexadecimálním (šesnáctkovém) tvaru.

Topologie sběrnice je libovolná. Lze využívat následujících variant:

- Liniová – připojení prostřednictvím odboček
- Strom (tree) – rozvinutá liniová topologie
- Hvězda (star) – centrální uzel, z něhož vychází ostatní přenosové kanály
- Kruh (ring) – postupné připojení – nesmí být uzavřen



Obrázek 55 Topologie zapojení – a) strom, b) liniová, c) hvězda

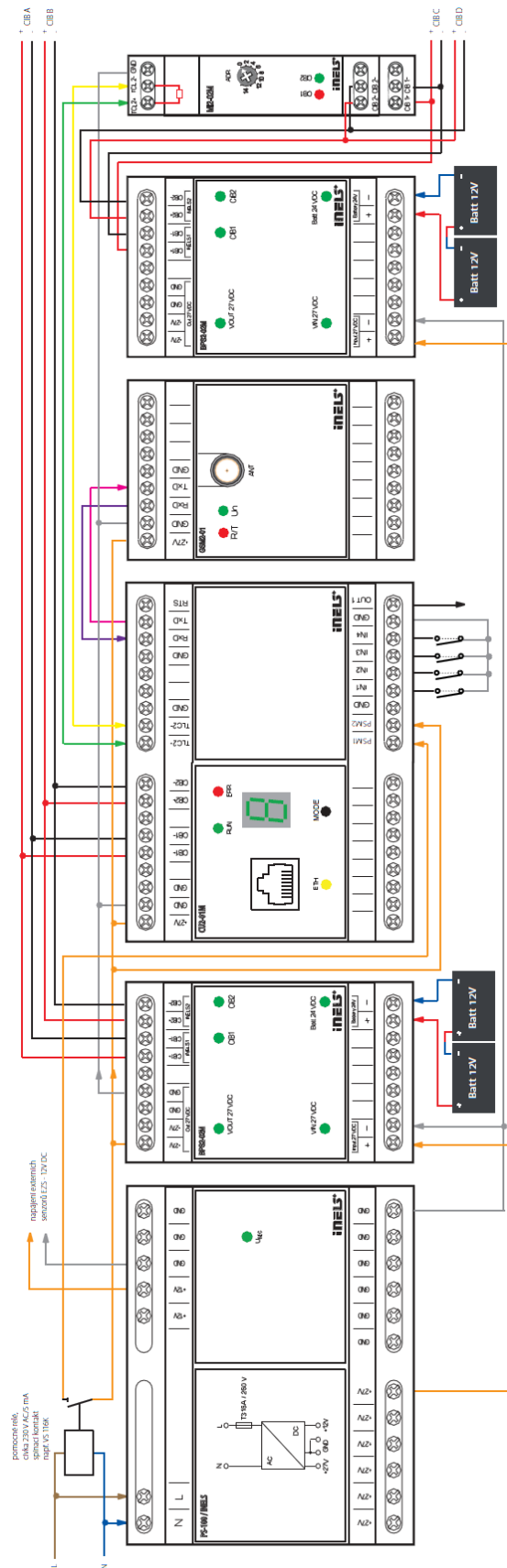
14.1.2 Centrální jednotka

Jedná se o centrální mozek celého systému iNELS. Plní funkci prostředníka mezi uživatelským a programovým prostředím a ostatními senzory a aktory připojenými na sběrnici.

K centrální jednotce lze připojit až dvě sběrnice CIB, přičemž na každou sběrnici lze připojit až 32 libovolných jednotek iNELS. V případě nedostatku rozsahu lze prostřednictvím rozšiřovacích modulů (MI2-02M) tento rozsah rozšířit až na 6 sběrnic a 192 jednotek.

Specifikace

- PSM – kontrola napájení systému – síťové napětí a stav záložních akumulátorů
- Konektor RJ45 Ethernet – rychlost přenosu 100 Mbps
- 4 bezpotenciálové vstupy pro připojení externích ovladačů
- Displej zobrazující stav jednotky a funkční tlačítko MODE – při stisknutí a přidržení řídicí jednotka zobrazí nastavení komunikace (IP adresa, maska, brána)
- Možnost vzdálené konfigurace a ovládání přes internet – možnost vzdáleného ovládání uživatelských funkcí (PC, Tablet, Telefon).
- Možnost vzdáleného upgrade firmwarů připojených jednotek.



Obrázek 56 Schéma zapojení CU2-01M

Vstupy/výstupy přímo na CPU

- 4x binární vstupy (DI),
- 1x reléový výstup NC/GND (RO),
- 2x PSM vstupy pro monitor síťového napájení a stavu záložních akumulátorů

Komunikace:

- OPC server, WEB server
- Ethernet 10/100 Mbps, (eth1 – režim PC pro komunikaci s nadřizovanými systémy prostřednictvím protokolu EPSNET UDP v sítích TCP/IP),
- 2x instalační sběrnice CIB pro připojení 2x 32 periferních jednotek,
- 1x RS232 pro připojení GSM komunikátoru,
- 1x systémová sběrnice TCL2 pro připojení MI2-02M.

14.2 Řízení osvětlení

14.2.1 Spínací aktory

Pro řízení osvětlení jsou využity spínací aktory typu: *SA2-02M*, *SA2-04M* nebo *SA2-012M*. Tyto umožňují silové ovládání (spínání) zátěží. (*SA2-02M*, *SA2-04M* – 16A, *SA2-012M* – 8A).

Spínací aktory jsou určeny pro spínání nejrůznějších spotřebičů a zátěží bezpotenciálovým kontaktem. *SA2-04M* obsahuje 4 nezávislá relé s přepínacím bezpotenciálovým kontaktem (*SA2-02M* – 2 nezávislá relé, *SA2-012M* – 12 nezávislých relé). Maximální zatížitelnost kontaktu je 16 A/4000 VA/AC1 (u *SA2-012M* je to 8 A/4000 VA/AC1). Každý výstupní kontakt lze samostatně ovládat a adresovat. LED diody na předním panelu slouží pro signalizaci stavu každého z výstupů. Jednotlivá relé lze ovládat pomocí tlačítek na předním panelu – lze měnit stav kontaktu manuálně pro jednotlivá relé.

Spínání jednotlivých světelných okruhů bude realizováno v každé místnosti samostatně. V místnosti 1.01 (zádveří) bude umístěno tlačítko WSB2-20/G sloužící k funkci „Central STOP“. Uživatel bude mít možnost stiskem tlačítka vypnout veškeré osvětlení v domě. V místnosti 1.16 (garáž) je využito spínacích prvků připojených na sběrnici v součinnosti se systémem iNELS RF Control. Z tohoto systému byly použity bezdrátové ovládací prvky pro bránu, garážová vrata a osvětlení před a v garáži, aby

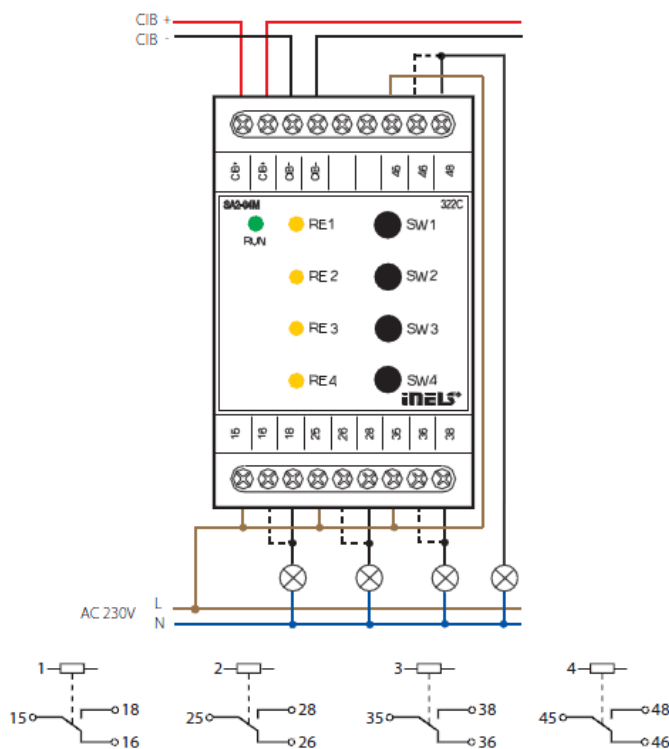
uživatel při příjezdu domů mohl dálkovým ovladačem umístěným v autě otevřít garážová vrata a zároveň, aby se mu rozsvítily světa v garáži. Stejnou funkci plní prvky při odjezdu (uzavření garážových vrat, zhasnutí). V celém domě byly použity LED zdroje osvětlení.

Systém osvětlení bude úzce spolupracovat s EZS. PIR detektory ve stavu odstřežení budou komunikovat aktivně s centrální jednotkou a například v případě nepřítomnosti osob v dané místnosti po dobu delší než 5min. zhasne daný světelný okruh v místnosti.

Inteligentní osvětlení bude pracovat i v autonomním režimu v případě nepřítomnosti uživatele. Ve spojení s EZS je možné systém naprogramovat k automatickému nahodilému rozsvícení světel v případě narušení, kdy kromě houkání sirény dochází i ke spínání okruhů světel a tím k případnému zastrašení pachatele.

Další funkcí je funkce „simulace přítomnosti“. V době nepřítomnosti uživatele v domě se může dům chovat jako by uživatel dům normálně obýval. V daném pořadí rozsvěcoval okruhy světel v místnostech v závislosti na čase apod.

Návrh rozmístění světelných okruhů a ovládacích prvků je detailně zobrazen na Obrázku 46-49, součinnost a zapojení EZS na Obrázku 61 a 62.



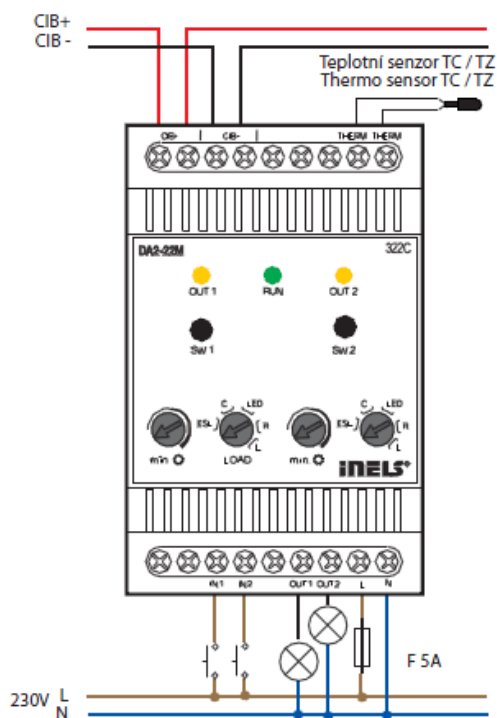
Obrázek 57 Příklad: schéma zapojení SA2-04M

14.2.2 Stmívací aktory

Pro stmívání osvětlení byly použity aktory DA2-22M. Tento aktor slouží pro ovládání intenzity světla stmívatelných úsporných zářivek (ESL), LED žárovek a RLC s napájením 230V. Aktor je však možné použít také pro spínání spotřebičů. DA2-22M integruje dva binární vstupy, které umožňují připojení napětí 230V AC (tlačítko, vypínač). Dále pak je vybaven dvěma polovodičovými řízenými výstupy 230V AC.

Stmívání je navrženo pro každou místnost zvlášť s tím, že není ve všech místnostech využito. Slouží k regulaci intenzity osvětlení a v kooperaci se systémem EZS budou stmívací aktory využity v noci, kdy se uživatel automaticky rozsvítí při probuzení světla na 20% v místnosti s detekovaným pohybem.

Stmívací aktory mají v případě nevyužití regulace intenzity osvětlení stejnou funkci jako aktory spínací.



Obrázek 58 Příklad: schéma zapojení stmívacího aktoru DA2-22M

Tabulka 20 Návrh osvětlení v jednotlivých místnostech – aktory a ovládací prvky

č.	Místnost	počet spínaných okruhů	počet stmívaných okruhů	Spínací aktor	Stmívací aktor	Ovládací prvek		Poznámka
						Typ	Počet ks	
1.01	Zádveří	1	-	SA2-012M	-	WSB2-40/G	3	
1.02	Kuchyně	3	-	SA2-012M	-	WSB2-40/G	4	
1.03	Jídelna + obývací pokoj	-	3	-	DA2-22M	-	-	ovládací prvek v místnosti 1.02, 1.06
1.04	Pokoj	2	-	SA2-012M	-	WSB2-40/G	1	
1.05	Koupelna	1	-	SA2-012M	-	WSB2-20/G	1	
1.06	Chodba	2	-	SA2-012M	-	WSB2-40/G	10	
1.07	Pokoj	1	3	SA2-012M	DA2-22M	WSB2-40/G	4	
1.08	Koupelna	1	-	SA2-012M	-	-	-	ovládací prvek v místnosti 1.07
1.09	Chodba	1	-	SA2-012M	-	WSB2-40/G	4	
1.10	Pokoj	-	3	-	DA2-22M	WSB2-40/G	3	
1.11	Pokoj	-	3	-	DA2-22M	WSB2-40/G	4	
1.12	Koupelna	1	-	SA2-04M	-	-	-	ovládací prvek v místnosti 1.09
1.13	Technická místnost	1	-	SA2-04M	-	WSB2-20/G	1	
1.14	Spíž	1	-	SA2-04M	-	WSB2-20/G	1	
1.15	WC	1	-	SA2-04M	-	WSB2-20/G	1	
1.16	Garáž	1	-	SA2-04M	-	WSB2-40/G	1	+ ovládací prvek v místnosti 1.01
1.17	Pokoj	1	-	SA2-04M	-	-	-	ovládací prvek v místnosti 1.09
1.18	Terasa	-	5	-	DA2-22M	WSB2-40/G	1	+ ovládací prvky v jednotlivých místnostech sousedících s terasou
1.19	Sklad	1	-	SA2-04M	-	WSB2-20/G	1	+ ovládací prvek v místnosti 1.11

14.3 Řízení vytápění

V objektu je využito několik druhů vytápění:

- Podlahové vytápění
- Otopná tělesa
- Otopné registry

Pro regulaci budou použity termopohony ALPHA AA od výrobce Möhlenhoff. V případě otopných těles a otopných registrů jsou termopohony osazeny přímo na ventil tělesa. U podlahového vytápění jsou umístěny v rozdělovači.

Vytápěcí systém bude řídit celkem 24 termopohonů, z nichž 13 bude umístěno přímo na otopných tělesech (registrech) a 11 v rozdělovačích podlahového vytápění na jednotlivých větvích. Typy termopohonů a jejich ovládací prvky jsou uvedeny v Tabulce 19.



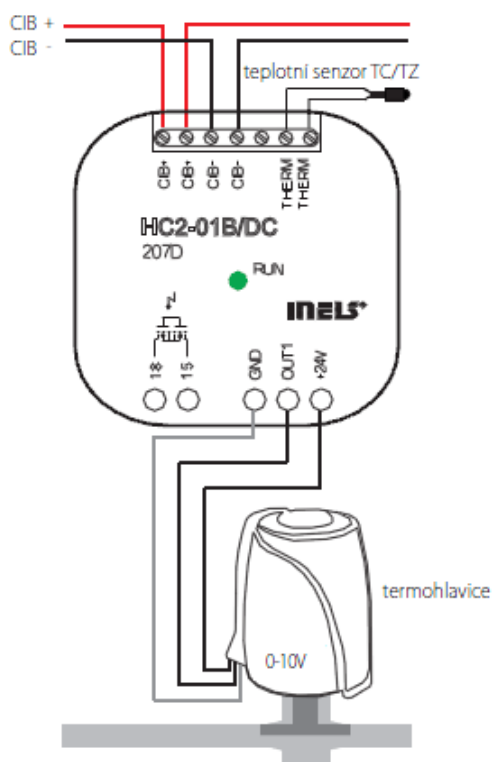
Obrázek 59 Termopohon ALPHA AA a digitální pokojový termoregulátor IDRT2-1/G

V každé místnosti bude umístěn digitální pokojový termoregulátor IDRT2-1/G, pomocí kterého lze upravit teplotu v dané místnosti v rozmezí $+3^{\circ}\text{C}/-3^{\circ}\text{C}$ v závislosti na daném topném programu. Má zabudovaný vnitřní teplotní senzor, který slouží k měření okolní teploty. Na základě této teploty lze udržovat topný program a teplota v místnosti automaticky.

Tabulka 21 Rozdělení termopohonů podle druhu vytápění a jejich ovládací prvky

Typ vytápění	Počet termopohonů	Typ termopohonu	Počet aktorů	Typ aktoru
Otopná tělesa	8	ALPHA AA 0-10V	8	HC2-01B/DC
Otopné registry	5	ALPHA AA 0-10V	5	HC2-01B/DC
Podlahové topení	11	ALPHA AA 230V, NO	1	SA2-012M

Využití dvou typů termopohonů má svůj význam. Pro otopná tělesa a registry je využíván termopohon, který lze regulovat v rozmezí 0-10V. Tzn., že lze regulovat jeho otevření a uzavření. To má význam u typu vytápění s krátkou dobou akumulace. Naopak termopohony používané pro podlahové topení jsou napájeny externím napájením 230V typu NO (bez napětí otevřeno, s napětím uzavřeno) a mají pouze dva stavy - otevřeno/zavřeno. Z důvodu dlouhé doby akumulace. Při regulaci 0-10V by podlahové topení nebylo schopné reagovat na okamžitou změnu teploty.



Obrázek 60 Příklad zapojení termopohonu ALPHA AA 0-10V

Vlastnosti termopohonů ALPHA AA:

- Osazení přes adaptér,
- otočení při montáži až 360°,
- samokalibrování,
- 100% vodotěsnost,
- pojistka proti přepětí,
- zdvih 4mm.

14.4 Návrh systémů EZS a EPS

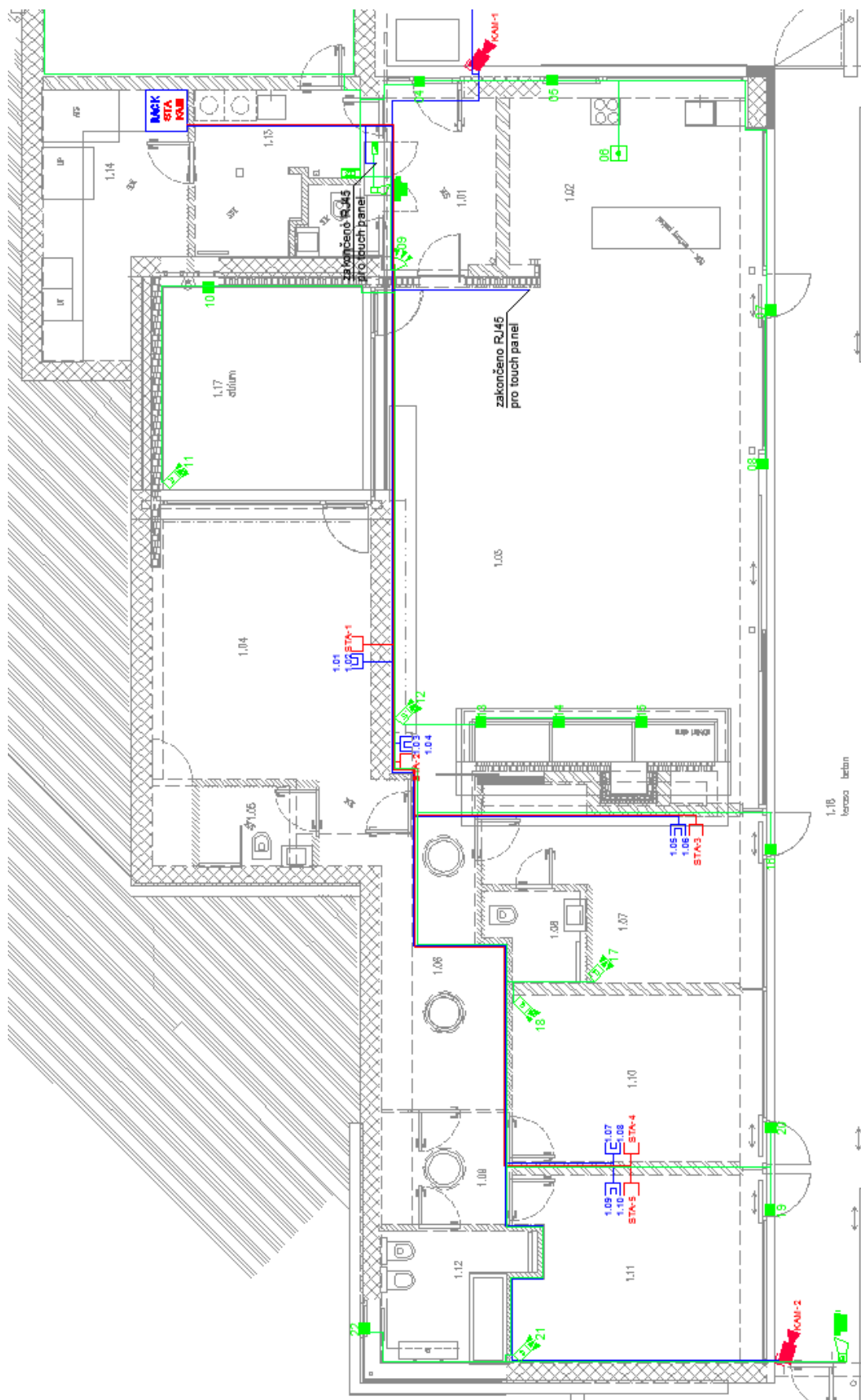
Základem zabezpečovacího systému je ústředna, nebo centrální jednotka, která průběžně vyhodnocuje signály z detektorů a ovládacích zařízení. Na základě těchto informací rozhoduje o vyhlášení poplachu.

V RD bude instalována EZS, která bude napojená do systému iNELS. Jednotlivé prvky zabezpečovací techniky budou zapojeny na vstupy vstupních jednotek systému (vyvážené vstupy u jednotky IM-140M jsou vstupy IN1 až IN9). RD bude rozdělen do zón na noční a plné zastřežení. Instalace EZS obsahuje v každém okně, případně vstupních dveřích do objektu, magnetický kontakt – detektory signalizující narušení objektu (otevření) s rozlišením místa narušení objektu. Dále jsou použity samostatné a duální detektory pohybu, systémová klávesnice a opticko-kouřové hlásiče. Akustická signalizace je zajištěna prostřednictvím jedné zálohované venkovní sirény a jedné vnitřní sirény. Vyhodnotí-li centrální jednotka, že došlo k narušení objektu, vyhlásí poplach a informuje majitele pomocí GSM brány.

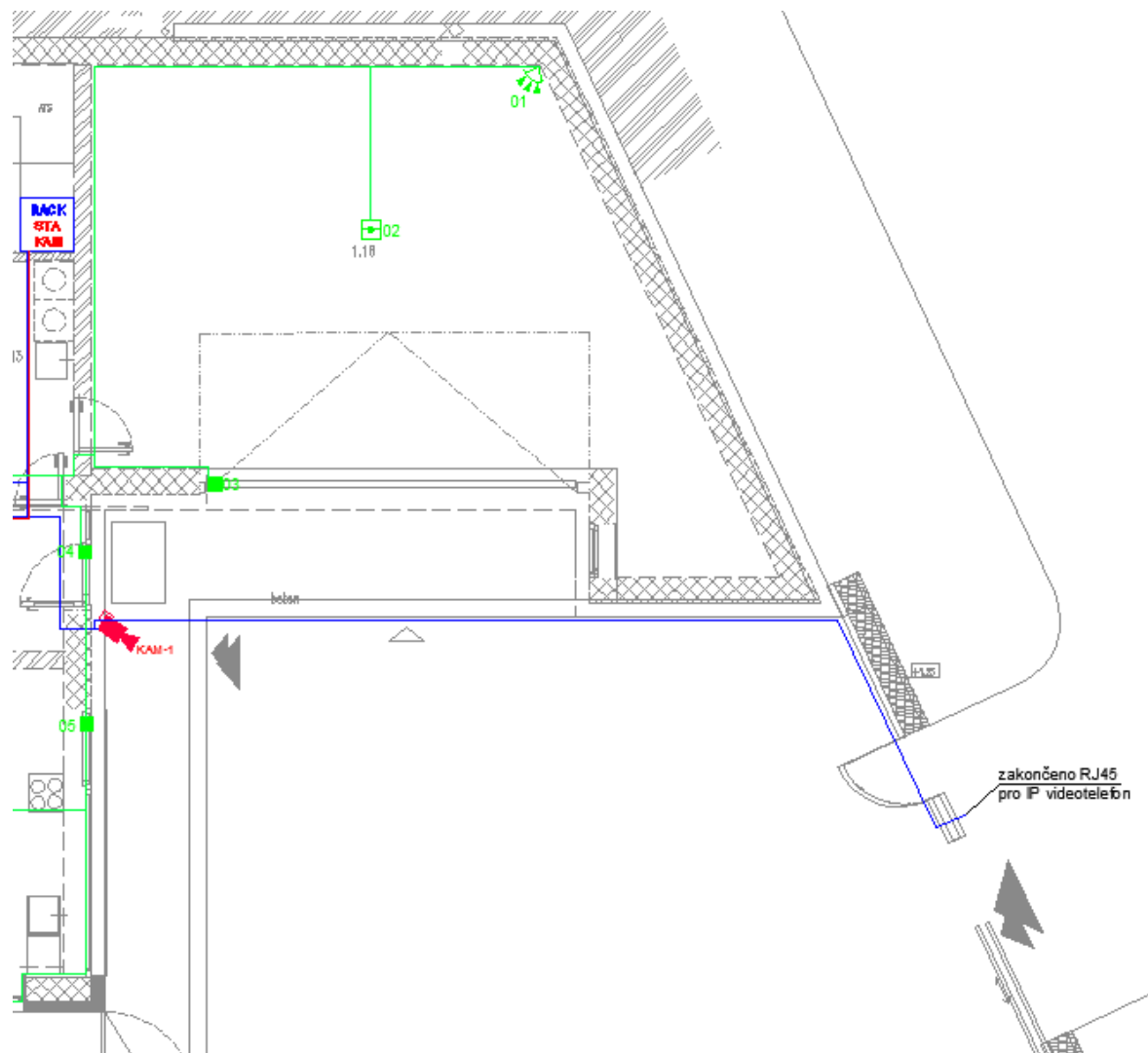
System INELS bude schopen v určitých intervalech zapínat a vypínat osvětlení, spouštět a vysouvat rolety a tím odradit potenciální nebezpečí ze strany narušitele.

Součástí systému EZS bude kamerový systém - IP kamery. Rozvody budou provedeny kabelem UTP Cat6, rozvod napájení kamer 12 – 24 VAC. Rozvody budou začínat v distribučním prvku domácí sítě (Switch) v datovém rozvaděči (Rack, STA a KAM) a končit v jednotlivých kamerách. Celkem jsou instalovány dvě venkovní kamery s krytím IP65. Kamery budou ovládány prostřednictvím multimediálního rozhraní systému iNELS - iMM. Uživatel bude mít možnost pořizovat až 72 hodinový záznam, který bude uložen v centrálním úložišti.
















System EPS bude rovněž integrován do systému iNELS, napojen na vstupy vstupních jednotek systému IM-140M a plně automatizován v nepřetržitém provozu 24h/den.



Obrázek 61 Návrh EKS a EPS – obytná část



Obrázek 62 Návrh ESZ a EPS – Vstupní část s garáží

	Datová dvozásuvka
	Kabelová trasa UTP 5e pod omítkou nebo v podhledu
	Datový rozvaděč - zakončení technologie
	STA - zásuvka pro anténní i kabelovou televizi
	Koaxiální kabel 75 ohmů - rozvod pro anténní i kabelovou TV v trubce PVC pod omítkou nebo v podhledu
	EZS - Ústředna
	EZS - klávesnice (SYKFY 5x2x0,5)
	EZS - Siréna vnitřní (SYKFY 5x2x0,5)
	EZS - Siréna venkovní (SYKFY 5x2x0,5)
	EZS - čidlo (SYKFY 3x2x0,5)
	EZS - duální čidlo (SYKFY 3x2x0,5)
	EZS - magnet (SYKFY 3x2x0,5)
	Opticko kouřový hlásič
	Kabelová trasa SYKFY
	IP - kamera venkovní

Obrázek 63 Legenda použitých značek EZS a EPS

14.5 Ovládání pomocí systému iMM

Multimediální rozšíření systému iNELS slouží ke komfortnímu ovládání celého domu přes obrazovku televize. K dispozici je úložiště dat a vše se ovládá pomocí jednoho gyroskopického ovladače.

Systém iMM vedle správy všech technologických součástí domu slouží jako filmové, hudební a televizní centrum.



Obrázek 64 Ukázka prostředí iMM [32]

Prostřednictvím systému iMM bude v domě možnost ovládat:

- teploty v jednotlivých místnostech odděleně a kontrolovat tak jejich stav.
- Světelné okruhy – spínání, stmívání, světelné scény
- Kamerový systém – zobrazení, záznam u kamer s funkcí PTZ i pohyb
- Dveřní IP hlásku instalovanou u hlavní brány – možnost zobrazení obrazu z integrované kamery
- Televizi, přehrávač DVD

Součástí ovládání je také touch panel, který lze umístit libovolně v domě. Tento panel je určen k zabudování do zdi. Prostřednictvím něj lze taktéž ovládat veškeré technologie v domě (osvětlení, vytápění, AV techniku apod.). Alternativou, která je použita i v objektu je tablet iTP-T. Plní stejnou funkci, jako touch panel, ale není pevně zabudován na jednom místě. Tablet poskytne uživateli všechny dostupné funkce ovládání domu při zachování svého účelu – mobility. Komunikace se systémem iNELS probíhá prostřednictvím sítě WiFi.

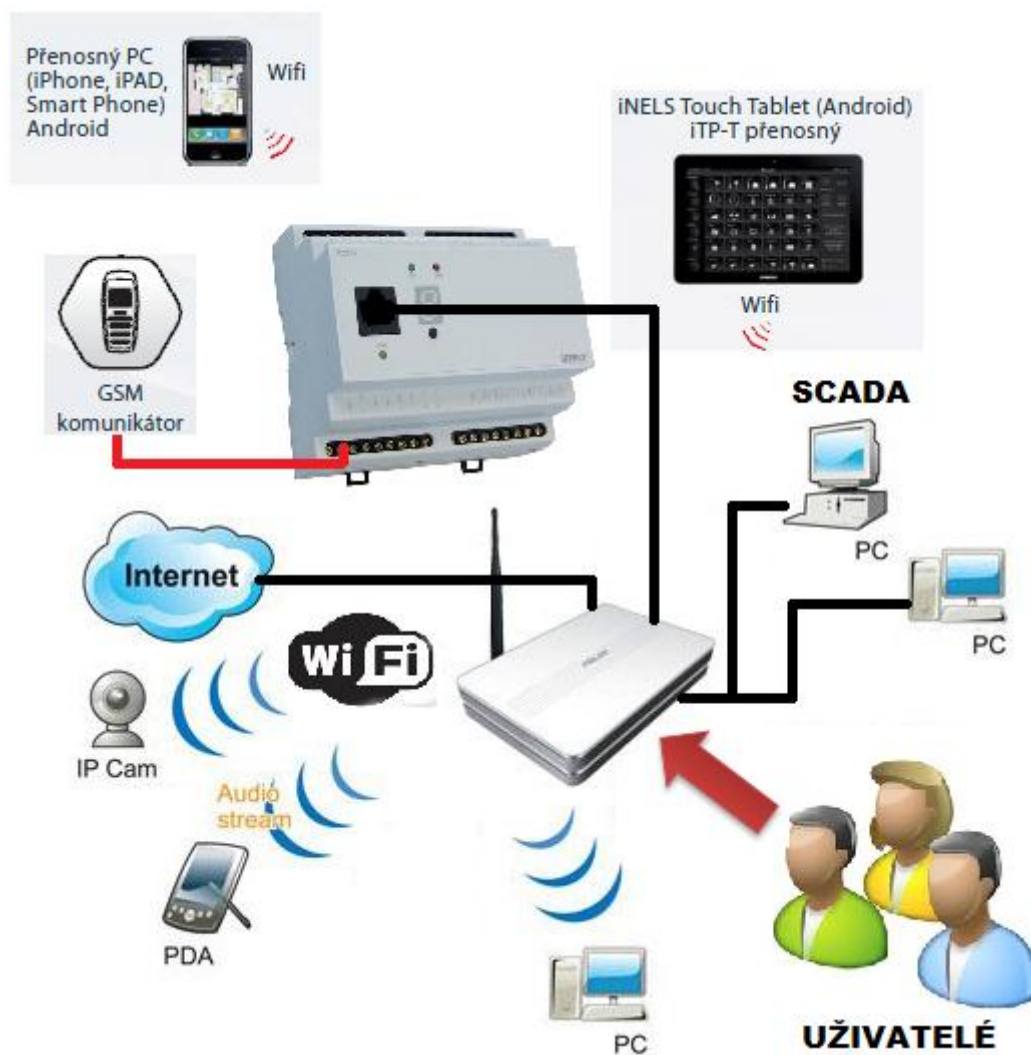


Obrázek 65 Ukázka aplikace z iTP-T

Prostřednictvím aplikace iTP-T se lze připojit na EZS v domě. Lze zobrazit stav jednotlivých detektorů, obraz z kamer atd. Aplikace také poskytuje přehled stavů technologií v domě (teplota v jednotlivých místnostech, teplota kotle, teplota vody v zásobníku TV). Uživatel má také možnost měnit topné programy daných místností a ovlivnit tak tepelnou pohodu v domě.

14.6 Komunikace

Pro obsluhu systému a celého domu musí být zajištěna komunikace mezi uživatelem, administrátorem a vlastním domem. Vzdálený přístup do systému iNELS je možný prostřednictvím GSM sítě nebo Internetu.



Obrázek 66 Schéma komunikace systému

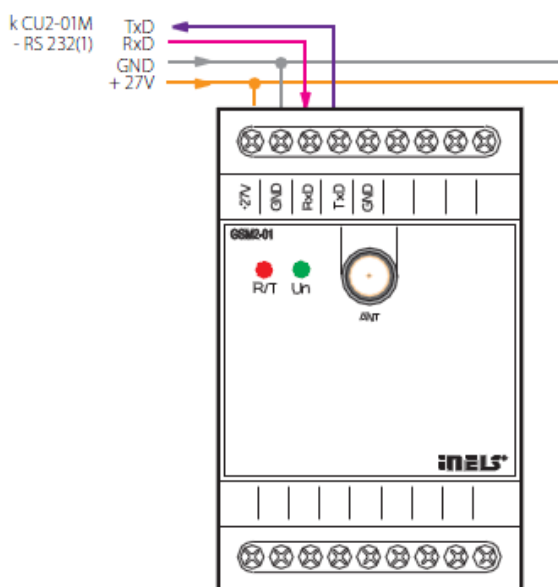
14.6.1 Vestavěný webservice

Systém iNELS lze vzdáleně konfigurovat a ovládat přes internet – podmínkou je připojení centrální jednotky CU2-01M prostřednictvím sítě LAN k internetu. Pomocí vestavěného webservice bude možné vzdálené ovládání uživatelských funkcí přes internetový prohlížeč (PC, PDA, Tablet, SmartPhone).

14.6.2 GSM brána

GSM brána je k centrální jednotce připojena přímo komunikačním rozhraním RS 232 a je připojena na svorky *RxD* a *TxD*. Maximální vzdálenost mezi centrální jednotkou a GSM bránou je 15 metrů. V případě nedostatečného signálu lze k GSM bráně připojit externí anténa pro jeho zesílení.

Jednotka se používá pro komunikaci se systémem a GSM mobilním telefonem pomocí SMS zpráv. GSM brána je schopna odeslat až 32 zpráv o stavu systému až na 16 telefonních čísel. SMS zprávy lze zasílat na PCO. Kromě funkce SMS lze systém ovládat prozvoněním. Veškeré nastavení se provádí v programu IDM.



Obrázek 67 GSM2-01M

Napájení GSM brány je realizováno z výstupních svorek oddělovače sběrnice BPS2-02M (27V). GSM modul pracuje v pásmech 850/900/1800/1900 MHz (quad-band).

14.7 Vizualizace (SCADA systém)

Pro vizualizaci jsem použil systém IDM (Inels Designer & Manager), pomocí kterého jsem vytvořil řízení technologií v domě. Jedná se řízení osvětlení, EZS a vytápěcího systému. Jednotka CU2-01M je připojena prostřednictvím LAN sítě k internetu. To nám zaručí vizualizaci ovládat vzdáleně i mimo domov.

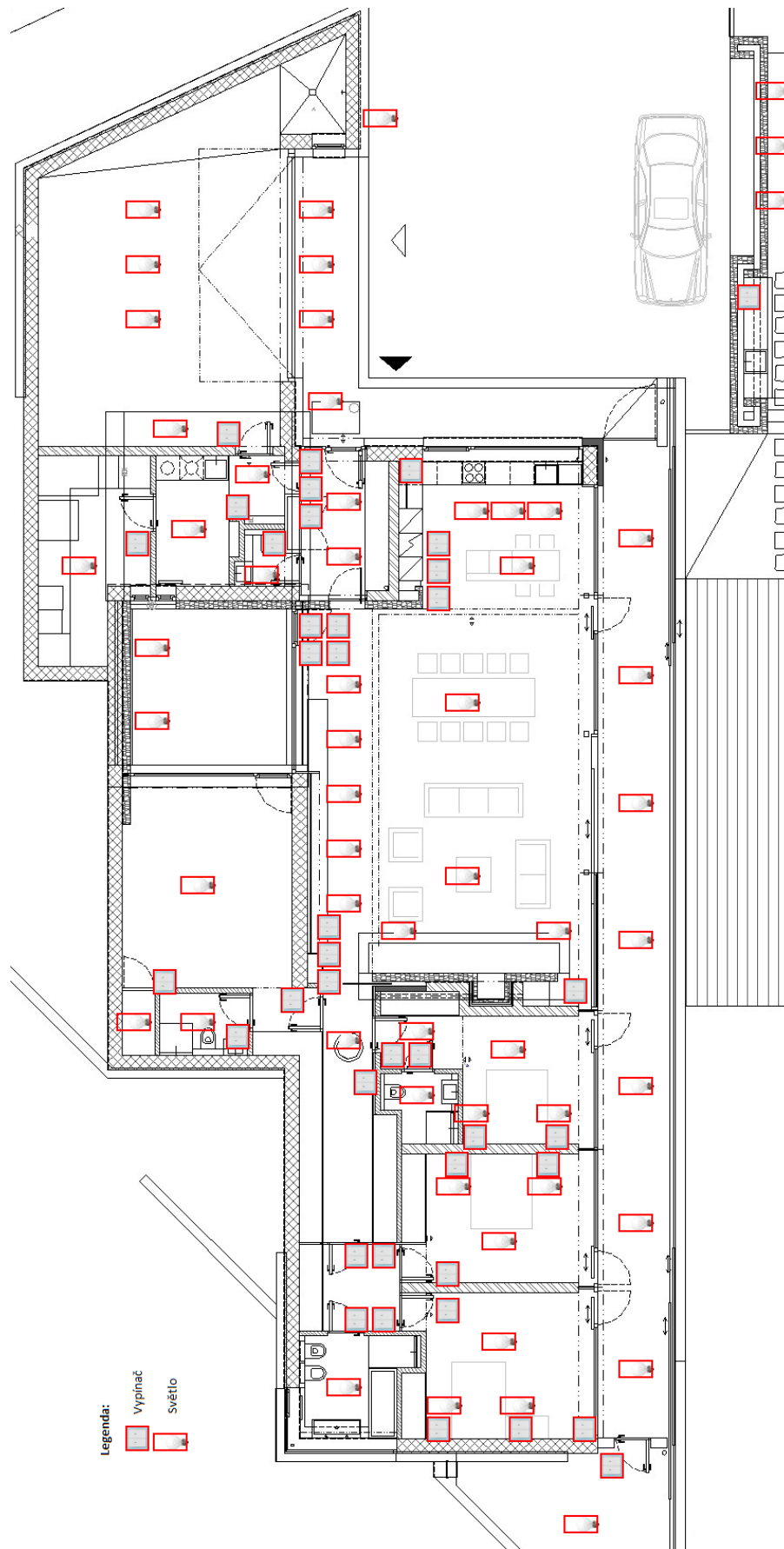
Pro základní ovládání jsou vytvořeny tři půdorysy domu (floorplany):

1. Osvětlení
2. EZS
3. Vytápění

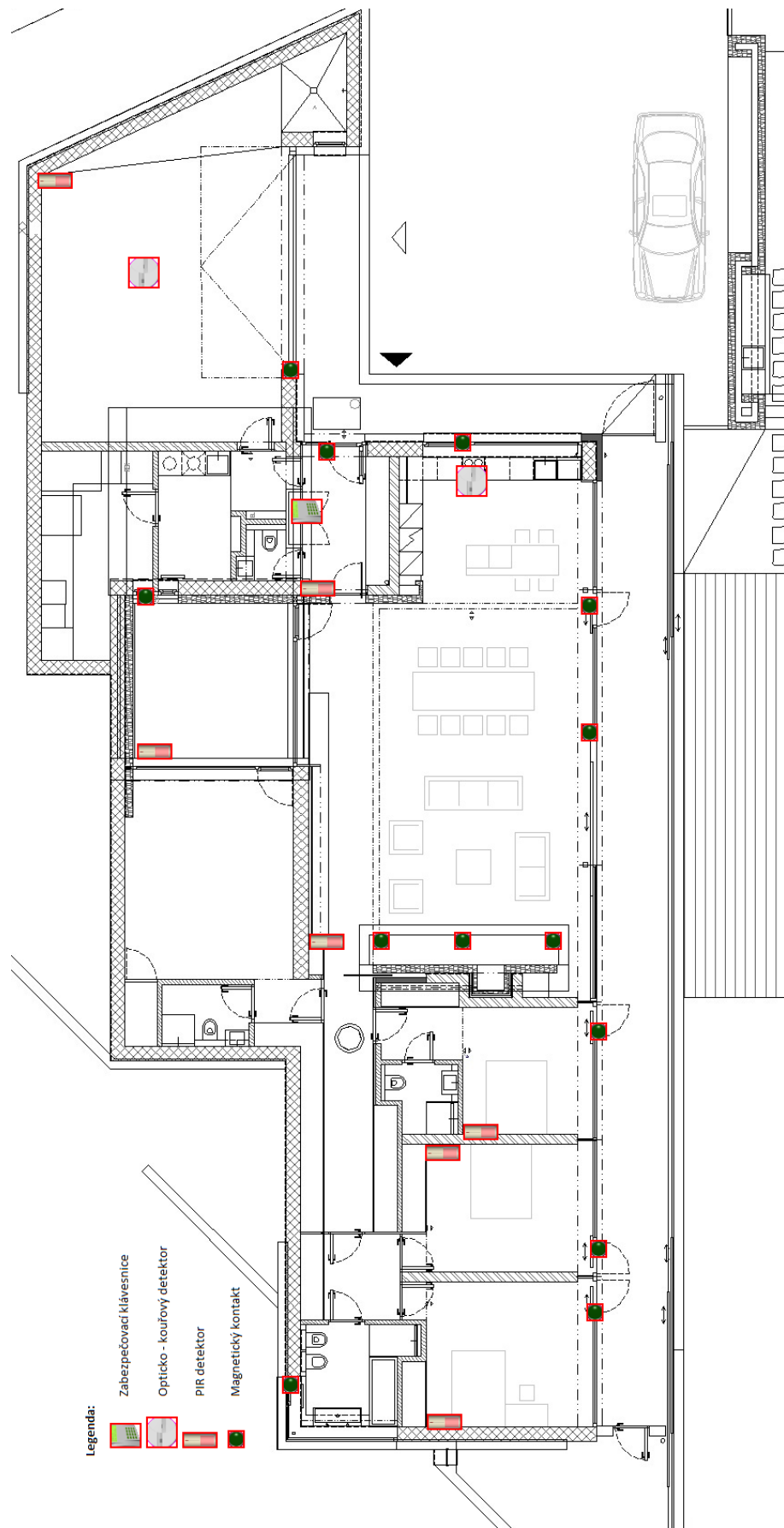
Ovládání probíhá přímo prostřednictvím vypínačů umístěných ve floorplanu. A žárovky signalizují stav daného svítidla. Ta se při sepnutí rozsvítí žlutě. Prostřednictvím ikony vypínače lze také vizualizovat jeho stav. To umožňuje integrovaná zelená a červená LED dioda. Danými vypínači lze ovládat i intenzita osvětlení (stmívání) světel k tomu určených.

Stejným způsobem je řešena i vizualizace systému zabezpečovací technologie, kdy jsou ve floorplanu zobrazeny detektory pohybu, optické detektory kouře, magnetické kontakty ve dveřích a oknech a zabezpečovací klávesnice. Pokud je v dané místnosti detekováno narušení, PIR detektor se rozsvítí červeně (magnetický kontakt zeleně) a je odeslána zpráva uživateli (případně bezpečnostní agentuře), je spuštěna siréna a aktivován režim „zloděj“ – dům začne nepravidelně blikat se světly.

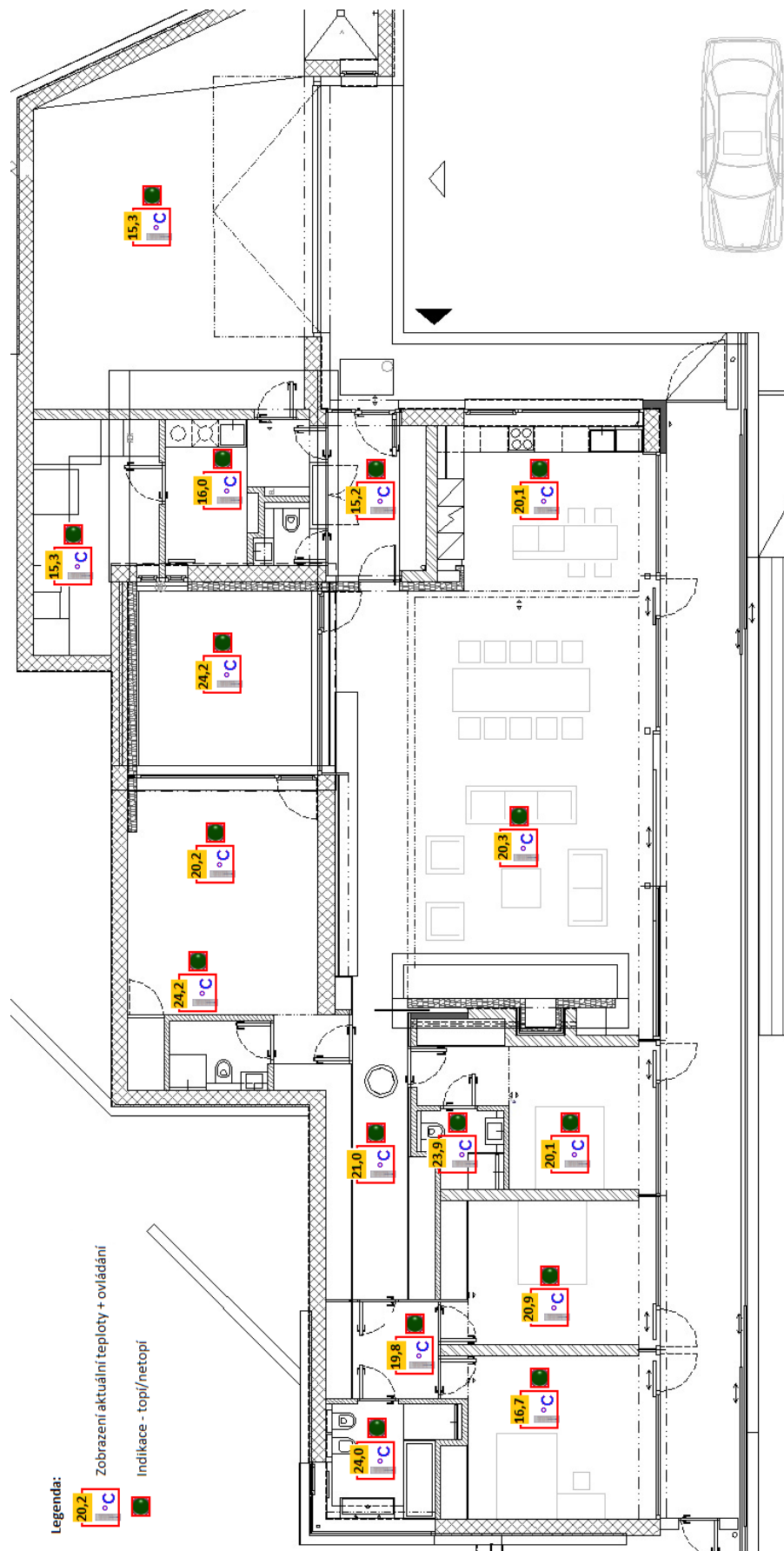
Poslední částí vizualizace je vytápěcí systém. V jednotlivých místnostech floorplanu jsou rozmístěny ikony teploměrů. Kliknutím na daný teploměr lze teplota v místnosti upravit. Současně systém ukazuje aktuální teplotu. Lze tedy kontrolovat všechny teploty v jednotlivých místnostech a zároveň zobrazovat stav daného okruhu, zda topí/netopí.



Obrázek 68 Vizualizace osvětlení



Obrázek 69 Vizualizace EZS



Obrázek 70 Vizualizace vytápěcího systému

15 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM

Pro realizaci fotovoltaického systému jsem využil moduly od společnosti Viessmann. Jedná se o typ Vitovolt 200. Jedná se o křemíkové články se sklolaminátovou konstrukcí uložené ve dvou umělohmotných fóliích. Jmenovitý výkon jednoho modulu je 165 Wp . Pro konkrétní aplikaci jsem využil tři řady po devíti modulech = 27 modulů. Výkon generátoru jsem pak z výpočtu stanovil na $4,45 \text{ kWp}$.

Pro samotný návrh systému jsem využil online nástroje PVGIS, který na základě definované oblasti, nadmořské výšky a parametrů fotovoltaických modulů provede jejich technické zhodnocení.

Nastavené parametry:

- Oblast - Brno
 - Zeměpisná šířka - $49^{\circ}12'$
 - Zeměpisná délka - $16^{\circ}37'$
 - Nadmořská výška – 212 m
- Technologie – křemíkové panely
- Instalovaný výkon – $4,45 \text{ kWp}$
- Odhadované ztráty v důsledku teploty – $12,2\%$
- Odhadované ztráty vlivem úhlové odrazivosti – $3,0\%$
- Další ztráty (kabely, měniče atd.) – $14,0\%$
- Celková kombinovaná ztráta systému - $26,8\%$

Parametry optimalizované programem PVGIS:

- Sklon panelů - 33°
- Azimut - -3° (0° = jih)

Po nastavení požadovaných hodnot program PVGIS vypočítal průměrné množství získané energie v jednotlivých měsících. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 22.

Tabulka 22 Průměrné množství získané energie v jednotlivých měsících

Měsíc	E_d [kWh]	E_m [kWh]	H_d [kWh·m ⁻²]	H_m [kWh·m ⁻²]
Leden	4,29	133,0	1,17	36,40
Únor	7,19	201,0	2,03	56,70
Březen	10,70	331,0	3,12	96,70
Duben	14,00	421,0	4,32	130,00
Květen	16,10	499,0	5,10	158,00
Červen	15,90	476,0	5,09	153,00
Červenec	16,70	518,0	5,40	167,00
Srpen	15,10	469,0	4,86	151,00
Září	11,90	356,0	3,67	110,00
Říjen	9,42	292,0	2,80	86,60
Listopad	4,42	133,0	1,25	37,60
Prosinec	2,98	92,5	0,82	25,50
Roční průměr	10,7	326,8	3,3	101
Celkem za rok	3922		1209	

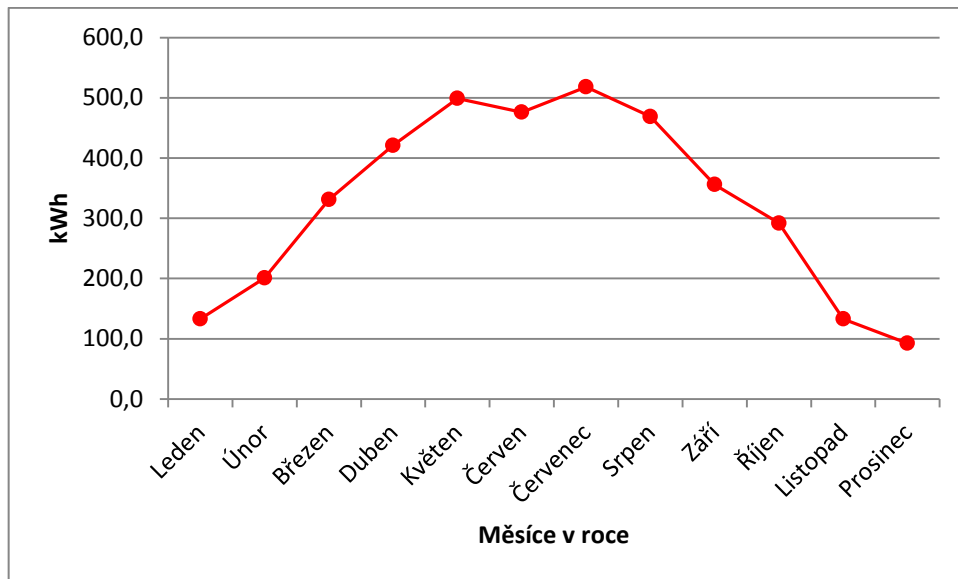
E_d – průměrná denní výroba elektřiny z daného systému [kWh]

E_m – průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému [kWh]

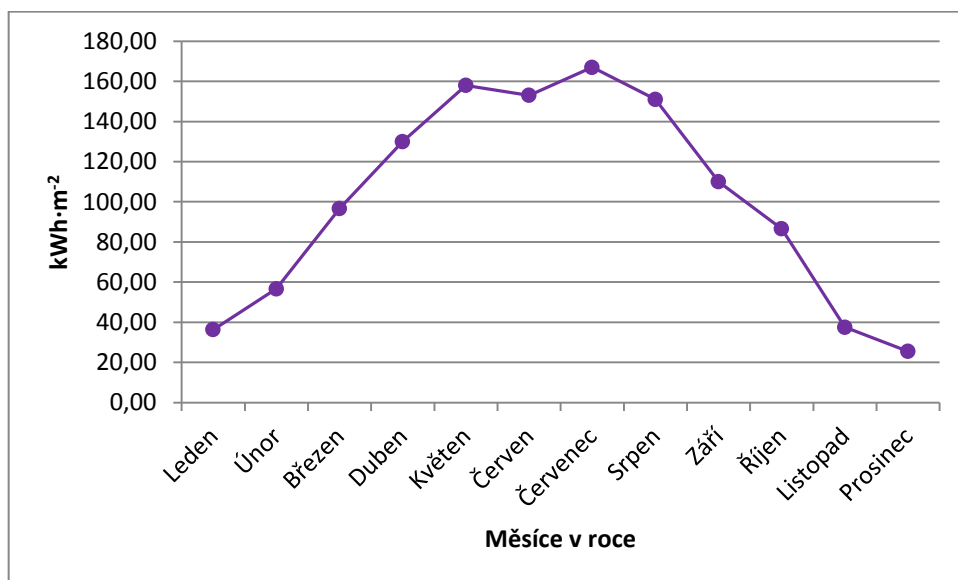
H_m – průměrná denní suma globálního záření na metr čtvereční, které byly obdrženy z modulů daného systému [kWh · m⁻²]

H_d – průměrná měsíční suma globálního záření na metr čtvereční, které byly obdrženy z modulů daného systému [kWh · m⁻²]

Z výsledné tabulky lze vidět, že průměrná roční výroba elektřiny navrženého systému je 3922 kWh.



Graf 6 Průměrná měsíční produkce energie FV



Graf 7 Průměrné množství intenzity dopadajícího slunečního záření na 1 m²

15.1 Ekonomické zhodnocení

Požizovací náklady na fotovoltaický systém jsou 816 750 Kč (Cena zahrnuje: 27 ks panelů Vitovolt 200, propojovací kabely mezi panely, konstrukce na rovnou střechu, připojovací kabely k měniči, měnič napětí, projektovou dokumentaci, revizi a kompletní instalaci včetně uvedení do provozu).

Výpočet doby návratnosti:

t – doba životnosti	20 let
IN – investice	816 750,00 Kč
CF – průměrný roční výnos	71277,00 Kč
r – diskont	5%
i – inflace	3,6% (prognóza inflace dle ČNB pro 06/2012)

Prostá doba návratnosti:

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{816750}{71277} \cong \mathbf{11,458 \text{ let}}$$

Diskontovaná doba návratnosti:

$$T_d = \frac{\ln \left[1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r) \right]}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln \left[1 + \frac{816750}{71277} \cdot (0,036 - 0,05) \right]}{\ln \frac{1 + 0,036}{1 + 0,05}} \cong \mathbf{13,026 \text{ let}}$$

Čistá současná hodnota:

$$NPV = CF \cdot \frac{(1 + r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN$$

$$NPV = 71277 \cdot \frac{(1 + 0,05 - 0,036)^{20} - 1}{(0,05 - 0,036) \cdot (1 + 0,05 - 0,036)^{20}} - 816750 \cong \mathbf{419128 \text{ Kč}}$$

Vnitřní výnosové procento:

$$CF \cdot \frac{(1 + IRR)^t - 1}{(IRR) \cdot (1 + IRR)^t} - IN = 0$$

$$IRR \cong 9,6\%$$

Vnitřní výnosové procento bylo určeno pomocí funkce hledání řešení v programu MS Excel.

Po době návratnosti, by se měla začít investice investorovi vracet. Do konce životnosti systému (7 let), při předpokladu zachování současných podmínek, vydělá fotovoltaický systém 498939 Kč.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout inteligentní rodinný dům s téměř nulovou spotřebou vstupní energie a vhodným řešením zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu jeho řízení, monitorování a komunikace. Jednotlivé technologie jsou řízeny prostřednictvím sběrnice systému iNELS.

V teoretické části nejprve popisují jednotlivé druhy energeticky úsporných budov, možnosti využití obnovitelných zdrojů a vnější klimatické podmínky, které mají vliv na provoz domu. Podrobně rozebírám tvorbu vnitřního klimatu, kde jsou nastíněny faktory ovlivňující tepelnou pohodu, hygienické a akustické požadavky a osvětlení. V závěru se věnuji technologiím řízení v inteligentních domech, a to z hlediska jejich rozdílu a využití. Uvedeny jsou nejčastěji používané sběrnice systémy.

V praktické části jsem se nejdříve zabýval posouzením pláště budovy z hlediska kondenzace vodních par. Dále pomocí modulu Ztráty 2011, v programu Stavební fyzika, jsem stanovil tepelné ztráty objektu a tepelný výkon budovy. Pro názornost jsem uvedl výpočet pro nejkritičtější místnost v domě.

Stěžejní částí diplomové práce je návrh systému vytápění a ohřevu teplé vody. Úkolem bylo využít tepelné čerpadlo ve spolupráci se solárními kolektory a kotlem na zemní plyn. Pro vytápění byl navrhnout teplotní spád 50/40 °C. Ten bude využíván pro větve s otopnými tělesy a zemními otopnými registry. Požadovaná teplota pro podlahové vytápění se reguluje pomocí třicestného směšovacího ventilu. Otopná tělesa jsou od společnosti Korado, zemní otopné registry od společnosti Jaga a systém podlahového vytápění od společnosti Uponor. Na jednotlivých větvích jsou navržena oběhová čerpadla Wilo Stratos. Příklad výpočtu oběhového čerpadla pro větve otopných těles je uveden v kapitole 11.5.1.

Ohřev teplé vody je realizován pomocí tepelného čerpadla MASTER THERM – AQUAMASTER AQ30Z se dvěma zemními vrty, solárními kolektory Reflex RSK II 21 a kotlem na zemní plyn Viessmann VITOPEND 100-W. Pro vytápění byla zvolena akumulární nádrž Regulus PS 200 s izolací a jako zásobník teplé vody jsem použil Regulus R2BC se dvěma topnými hady a přípojným místem pro solární kolektory. Pro jednotlivé technologie je navržen řídicí systém od společnosti Johnson Controls. Konkrétně regulátor FX15D72 v kombinaci s komunikační jednotkou NAE45.

V dalším bloku praktické části se zabývám návrhem elektroinstalace a inteligentního řídicího systému iNELS, který se stará o světelnou pohodu pomocí řízení jednotlivých světelných okruhů, řízení vytápění a také o bezpečnostní systém. V kapitole 13.1 je uveden návrh světelných okruhů, pro jejichž ovládání jsem zvolil spínací a stmívací aktry. Je zde uvedena i ukázka rozmístění jednotlivých svítidel. V kapitole 13.2 jsou navrženy zásuvkové okruhy s ohledem na rozmístění jednotlivých spotřebičů. Součástí návrhu je i rozmístění jednotlivých zásuvkových okruhů.

Ovládání vytápění je realizováno termopohony ALPHA AA, z nichž jeden druh slouží k regulaci 0-10V pro okruh otopných těles a zemních otopných registrů a druhý NO (normal open) pro podlahové vytápění. Regulace v jednotlivých místnostech je navržena pomocí digitálního pokojového termoregulátoru IDRT2-1/G.

Součástí návrhu jsou i systémy EZS a EPS, které jsou implementovány přímo do systému iNELS. Jedná se o pohybové detektory v místnostech, magnetické kontakty v oknech a dveřích a opticko-kouřové detektory. Celý systém je ovládán přes integrovanou zabezpečovací klávesnici, vzdáleně přes internet nebo prostřednictvím GSM brány. IP kamerový systém pracuje autonomně.

V poslední části praktického návrhu jsem se zabýval technicko-ekonomickým zhodnocením využití fotovoltaických panelů. Pro daný příklad jsem zvolil moduly Vitovolt 200 od společnosti Viessmann. Celkem bylo použito 27 modulů s celkovým výkonem 4,45 kW_p. Využití jsem si ověřil pomocí online nástroje PVGIS. Při životnosti systému 20 let, pořizovací ceně 816 750 Kč a zohledněnou mírou diskontu a inflace mi prostá doba návratnosti vyšla přibližně 11,5 roku. Za předpokladu zachování současných podmínek, vydělá fotovoltaický systém do konce své životnosti přibližně 498 939 Kč.

Díky této diplomové práci jsem dospěl k závěru, že využití obnovitelných zdrojů ve spojení s inteligentním řízením má v sektoru bydlení budoucnost. Existuje několik řešení, které dokážou efektivně řídit dům, nicméně ne všechny jsou schopny poskytnout uživateli tolik možností a využití jako navrhovaný systém iNELS. Ten je schopný integrovat všechny použité technologie a zároveň přináší uživateli komfortní ovládání a přehled nad celým svým domem.

CONCLUSION

The aim of my diploma thesis was to design a smart house with nearly zero consumption of input energy and a suitable solution of environmental engineering equipment, lighting, including the manner of its controlling, monitoring and communication. Individual technologies are controlled through the bus system iNELS.

In the theoretical section I first describe particular types of energy-efficient buildings, possibilities of usage of renewable energy resources and outdoor climatic conditions which affect the operation of the house. I analyze in detail a creation of an internal climate where the factors affecting a thermal comfort, hygiene, acoustic and lighting requirements are outlined. At the end I concentrate on technologies of controlling in smart homes, in term of their difference and usage. Listed are the most frequently used bus systems.

In the practical part I first examined the assessment of a building envelope in terms of condensation of water vapor. Furthermore, by using the Losses 2011, in the program Building Physics I set a heat loss of the object and a thermal performance of the building. For illustration I added the calculation of the most critical room in the house.

The central part of the thesis is a design of a heating of hot water. The task was to use the heat pump in cooperation with solar collectors and natural gas boiler. It was designed for heating temperature gradient of 50/40 °C. That one will be used for heating device's branch and earth registers. The required temperature for the under floor heating is controlled by three-way mixing valve. Heating devices are made by a Korado company, natural heating registers by a Jaga company and floor heating systems by an Uponor company. There are designed circulating pumps Wilo Stratos on particular branches. An example of a calculation of the pump radiator for a heating device's branch is described in Chapter 11.5.1.

Water heating is realized by a heat pump MASTER THERM - AQUAMASTER AQ30Z with two earth wells, solar collectors Reflex RSK II 21 and a natural gas boiler Viessmann VITOPEND 100-W. For heating the storage tank Regulus PS 200 with insulation was chosen and as a hot water reservoir I used Regulus R2BC with two heating coils and a connecting part for solar collectors. For each technology a control system from a company Johnson Controls is designed. Specifically FX15D72 controller in a combination with a communication unit NAE45.

In the following section of the practical part I deal with electrical installation design and intelligent control system iNELS, which controls a visual comfort due to a help of individual lighting circuits control, heating control and security system. In chapter 13.1 is given a design of lighting circuits, for which controlling I have chosen switching and dimming actuators. Also a sample of a distribution of individual lights is mentioned there. In chapter 13.2 are designed socket circuits with regards to the distribution of individual appliances. The part of a proposal is also the location of particular socket circuits.

Heating control is realized by thermo ALPHA AA, one of them is used for 0-10V regulation for a circuit of heating devices and heating earth registers, and the other NO is used for floor heating. A regulation in individual rooms is designed with regards to digital room thermo IDRT2-1/G.

One of the parts of the proposal includes also EZS and EPS systems, which are implemented directly into the iNELS system. These are motion detectors in rooms, magnetic contacts in windows and doors and photoelectric smoke detectors. The whole system is controlled through an integrated security keypad, or remotely via the Internet or through a GSM gateway. IP camera system operates autonomously.

In the last section of a practical proposal I dealt with the technical-economic evaluation of the usage of photovoltaic panels. For example, I chose the modules 200 Vitovolt by a Viessmann company. A total of 27 modules with total capacity of 4.45 kWp were used. I checked the usage due to an online tool PVGIS. During the 20 year of a service life, foundation cost 816 750 CZK and the discount rate and inflation, which I also took into my consideration, a simple payback period is approximately 11.5 years. When considering the assumption of constant conditions, photovoltaic system will earn approximately 498 939 CZK.

Due to this diploma thesis I came into the consideration that the use of renewable resources combined with intelligent controlling has its future in the housing sector. There are several solutions that can effectively control the house, but not all of them are able to provide the user with so many options and the usages as the mentioned iNELS system. It is able to integrate all technologies used and also provide the user with a comfortable control and overview over the whole house.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Akumulační nádrže PS a PS E*. Regulus [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-ps-200-bez-izol-pr-450mm-7-navarku-g-6-4>
- [2] AULICKÝ, Václav, Samuel BURIAN, Zdeněk FRÁNEK, Pavel HALÍK, Miloslav JOKL, Jiří PLCH a Karel SRDEČNÝ. *Inteligentní budovy a ekologické stavby*. Praha: Nakladatelství Dr. Josef Raabe, 280 s. ISBN 1803-4322
- [3] BERNAT, Petr. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm
- [4] BOTHE, Robert. *Inteligentní elektroinstalace budov: Příručka pro uživatele*. Ing. Pávek Jaromír. [s.l.] : [s.n.], 2006. 147 s. Dostupný z WWW. NICOBUS
- [5] *Česká republika*. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: č. 111/2007 Sbírky zákonů. 2007.
- [6] ČSN 730540-2. *Tepelná ochrana budov - Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [7] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [8] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [9] DANIELS, Klaus. *Technika budov: Příručka pro architekty a projektanty*. Bratislava: Jaga group, 2003, 520 s. ISBN 80-88905-60-5.
- [10] HALUZA, Miroslav, MACHÁČEK, Jan. *Klasická versus inteligentní elektroinstalace*. Tzb-info [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>
- [11] HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 108 s. ISBN 978-80-247-2555-0.

- [12] CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [13] *iNELS*. INELS smart home solutions [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://inels.cz/index.php?sekce=view&id=52>
- [14] *Instalační manuál iMM verze 2.416*
- [15] *Inteligentní elektroinstalace : Návrhový a instalační manuál*. 3. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2009. 59 s. Dostupný z WWW. EGON
- [16] JELÍNEK, V., M. HOUŠKOVÁ, I. PAVLÍČEK a M. PETROVÁ. *Technika zařízení budov: Podklady pro projekty*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
- [17] KINDL, Jiří. *Projektování bezpečnostních systémů* 1. a 2. vydání Zlín: Univerzita Tomáš Bati, 2007, 134 s. ISBN 978-80-7318-554-1.
- [18] KUNC, Josef. *Topologické uspořádání KNX/EIB*. ElektriKa.cz [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/data/clanky/abb-systemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-10-cast/view>
- [19] *Mini Canal*. Jaga [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.jagacz.com/ProductDetail_ES_MINICANAL.html
- [20] *Nízkoenergetický dům*. Nízkoenergetické a pasivní domy [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.nizkoenergetickeapasivnidomy.cz/index.php?text=nizkoenergeticky-dum>
- [21] NOVÁČEK, Jiří. *Stavební akustika - Základy a terminologie*. Tzb-info [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/stavebni-akustika-zaklady-a-terminologie>
- [22] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga group, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [23] *Produktový katalog - Evropa*. Johnson Controls [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.johnsoncontrols.cz/content/dam/WWW/jci/be/eu_library/systemandservices/cz/Product_Catalogue_2011_CZ.pdf
- [24] *Program Solar 2.1*, Reflex
- [25] *Předpověď počasí*. Okhelp.cz [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://okhelp.cz/presny-cas/predpoved-pocasi.php>

- [26] PŘIBÁŇOVÁ Henrietta, LAJČÍKOVÁ Ariana. *Umělé osvětlení vnitřního prostředí*. Tzb-info [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [27] *Rozdělovače Uponor*. Uponor [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.uponor.cz/produkty/plosne-vytapeni-a-chlazení/podlahove-vytapeni/rozdlovace.aspx>
- [28] RUBÁŠ Pavel. *Denní osvětlení a proslunění bytových domů*. Tzb-info [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3945-denni-osvetleni-a-prosluneni-bytovych-domu>
- [29] SLUKA, Jiří. *Požadavky na vnitřní elektrické rozvody podle ČSN 33 2130 ed. 2 - 2. díl*. Tzb-info [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/8020-pozadavky-na-vnitri-elektricke-rozvody-podle-csn-33-2130-ed-2-2-dil>
- [30] SMOLÍK, Jan. *Technika prostředí*. Praha: SNTL, 1985, 317 s.
- [31] *Stavební akustika*. Atelier DEK [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://akustikastaveb.cz/nabidka-sluzeb/stavebni-akustika-6#1>
- [32] *Studijní materiály předmětu Systémy techniky prostředí*. Zlín, 2011.
- [33] STÝSKALÍK, Jiří. *Inteligentní instalace budov iNELS : Instalační příručka*. 1. vyd. Holešov-Všetuly : [s.n.], 2009. 67 s.
- [34] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.
- [35] *Technické informace o KNX/EIB systému*. Somfy [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.somfyarchitecture.cz/index.cfm?page=/buildings/home/downloads&file=Technicke_informace_o_KNX_systemu.pdf
- [36] *Technologie potrubí Uponor*. Uponor [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.uponor.cz/produkty/plosne-vytapeni-a-chlazení/podlahove-vytapeni/potrubí.aspx>
- [37] *Tepelná čerpadla, elektrárna OTEC*. Alternativní zdroje energie [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/tepelna-cerpadla-otec.htm>

- [38] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. ISBN 80-247-1101-X.
- [39] *Uponor Tecto*. Uponor [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.uponor.cz/~media/Files/Uponor/Czech/Mounting%20Instuction/Manual_systemova%20deska%20Tecto.pdf
- [40] VALENTA, V. *Topenářská příručka 1, 2, 3*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [41] *Vitopend 100-W*. Viessmann [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.viessmann.cz/etc/medialib/internet-cz/pdf/produktove_prospekty/plynove_kotle.Par.22309.File.File.tmp/vitopend_100-w_wh1d.pdf
- [42] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice KNX pro řízení budov - 1.část*. Automatizace.hw.cz [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006061001>
- [43] VOJÁČEK, Antonín. *Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol*. Automatizace.hw.cz [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>
- [44] *Zásobníkové ohřívače TV se dvěma topnými hady*. Regulus [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/zasobnik-300-l-2xhad-vc-izol-r2bc>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AI	Analogový vstup
AO	Analogový výstup
CA	Collision avoidance
CSMA	Carrier sense multiple access
DI	Digitální vstup
DO	Digitální výstup
EPS	Elektrická požární signalizace
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
FV	Fotovoltaický systém
HDO	Hromadné dálkové ovládání
HMI	Human machine interface – uživatelské rozhraní
HR	Hlavní rozvaděč
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning
IDM	iNELS Design & Manager
iNELS	Inteligentní elektroinstalace
KNX	Konnex
LN	Liniová spojka
LON	Local operating network
MAR	Měření a regulace
MW	Micro-wave – mikrovlnný detektor
NC	Normal close
NO	Normal open
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
PEL	Přípustný expoziční limit
PIR	Passive infrared – pohybový detektor

PLC	Programmable logic controller – programovatelný automat
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
RF	Radio frequency – bezdrátový přenos
SCADA	Supervisory control and data acquisition
SDK	Sádrokarton
TČ	Tepelné čerpadlo
TF	Topný faktor
TP	Twisted-pair – kroucená dvoulinka
TUV	Teplá užitková voda
TV	Teplá voda
ZP	Zemní plyn
ZTI	Zdravotně technická instalace

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i> Mapa slunečního svitu v ČR [$kWh \cdot m^2$]	16
<i>Obrázek 2</i> Průměrná teplota v ČR podle jednotlivých měsíců	20
<i>Obrázek 3</i> Základní druhy přenosu zvuku mezi dvěma místnostmi	40
<i>Obrázek 4</i> Sluchové pole člověka	42
<i>Obrázek 5</i> Schéma zapojení klasické elektroinstalace	47
<i>Obrázek 6</i> Schéma zapojení inteligentní elektroinstalace	48
<i>Obrázek 7</i> Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace	49
<i>Obrázek 8</i> Srovnání spínání žárovky u klasické a inteligentní elektroinstalace.....	49
<i>Obrázek 9</i> Topologie zapojení KNX	57
<i>Obrázek 10</i> Schéma plně obsazené sběrnice	57
<i>Obrázek 11</i> Topologie KNX.....	58
<i>Obrázek 12</i> Grafické znázornění struktury standardu KNX (čísla 1 až 7 znamenají číslo vrstvy OSI modelu).....	60
<i>Obrázek 13</i> Schéma přístupu daného uzlu na sběrnici – CSMA/CA	65
<i>Obrázek 14</i> Adresování uzlů, podsítí a domén	66
<i>Obrázek 15</i> Obytná část.....	73
<i>Obrázek 16</i> Vstupní část s garáží	74
<i>Obrázek 17</i> Okrajové podmínky výpočtu – Teplo 2010.....	75
<i>Obrázek 18</i> Zobrazení zóny kondenzace vodních par – Teplo 2010	76
<i>Obrázek 19</i> Difúze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 73 0540.....	76
<i>Obrázek 20</i> Ukázka výpočtu tepelných ztrát pro místnost 1.03 – Ztráty 2010	86
<i>Obrázek 21</i> Celkové tepelné ztráty objektu – Ztráty 2010.....	86
<i>Obrázek 22</i> Tepelné čerpadlo země-voda (MASTER THERM – AQUAMASTER AQ30Z).....	87
<i>Obrázek 23</i> Akumulační nádrž Regulus PS 200 a izolace	88
<i>Obrázek 24</i> Expanzní nádoba Regulus MB 25	88
<i>Obrázek 25</i> Plynový kotel Viessmann VITOPEND 100-W s výkonem 10,5 kW	89
<i>Obrázek 26</i> Solární kolektor Reflex RSK II 21	90
<i>Obrázek 27</i> Hydraulické zapojení solárního systému pro dohřev TV	91
<i>Obrázek 28</i> Schéma zapojení vytápěcího systému a systému ohřevu TV	93
<i>Obrázek 29</i> Zásobník TV Regulus R2BC[28]	94

<i>Obrázek 30</i>	<i>Charakteristika čerpadla Wilo stratos 30/1-8.....</i>	<i>101</i>
<i>Obrázek 31</i>	<i>Návrh topného systému 1/4</i>	<i>104</i>
<i>Obrázek 32</i>	<i>Návrh topného systému 2/4</i>	<i>105</i>
<i>Obrázek 33</i>	<i>Návrh topného systému 3/4</i>	<i>106</i>
<i>Obrázek 34</i>	<i>Návrh topného systému 4/4</i>	<i>107</i>
<i>Obrázek 35</i>	<i>Ukázka potrubí Uponor.....</i>	<i>108</i>
<i>Obrázek 36</i>	<i>Systém instalace potrubí Uponor</i>	<i>108</i>
<i>Obrázek 37</i>	<i>Ukázka plastového rozdělovače Uponor.....</i>	<i>109</i>
<i>Obrázek 38</i>	<i>Detail otopného registru</i>	<i>109</i>
<i>Obrázek 39</i>	<i>Detail otopného registru Jaga Mini Canal</i>	<i>110</i>
<i>Obrázek 40</i>	<i>Čerpadlo Wilo Stratos</i>	<i>110</i>
<i>Obrázek 41</i>	<i>Ukázka použitých otopných těles Korado</i>	<i>111</i>
<i>Obrázek 42</i>	<i>Použité armatury (zleva) – vyvažovací ventily, třicestný směšovací ventil, radiátorové šroubení, termostatický ventil.....</i>	<i>111</i>
<i>Obrázek 43</i>	<i>Regulátor FX15D72</i>	<i>114</i>
<i>Obrázek 44</i>	<i>Schéma regulace vytápěcího systému</i>	<i>116</i>
<i>Obrázek 45</i>	<i>Legenda použitých značek.....</i>	<i>118</i>
<i>Obrázek 46</i>	<i>Rozvody osvětlení – obytná část – 1/3.....</i>	<i>119</i>
<i>Obrázek 47</i>	<i>Rozvody osvětlení – obytná část – 2/3.....</i>	<i>120</i>
<i>Obrázek 48</i>	<i>Rozvody osvětlení – obytná část – 3/3.....</i>	<i>121</i>
<i>Obrázek 49</i>	<i>Rozvody osvětlení – Vstupní část s garáží.....</i>	<i>122</i>
<i>Obrázek 50</i>	<i>Legenda použitých značek.....</i>	<i>123</i>
<i>Obrázek 51</i>	<i>Zásuvkové obvody – obytná část 1/3</i>	<i>124</i>
<i>Obrázek 52</i>	<i>Zásuvkové obvody – obytná část 2/3</i>	<i>125</i>
<i>Obrázek 53</i>	<i>Zásuvkové obvody – obytná část 3/3</i>	<i>126</i>
<i>Obrázek 54</i>	<i>Zásuvkové okruhy – Vstupní část s garáží</i>	<i>127</i>
<i>Obrázek 55</i>	<i>Topologie zapojení – a) strom, b) liniová, c) hvězda</i>	<i>130</i>
<i>Obrázek 56</i>	<i>Schéma zapojení CU2-01M.....</i>	<i>131</i>
<i>Obrázek 57</i>	<i>Příklad: schéma zapojení SA2-04M</i>	<i>133</i>
<i>Obrázek 58</i>	<i>Příklad: schéma zapojení stmívacího aktoru DA2-22M</i>	<i>134</i>
<i>Obrázek 59</i>	<i>Termopohon ALPHA AA a digitální pokojový termoregulátor IDRT2-1/G ..</i>	<i>136</i>
<i>Obrázek 61</i>	<i>Příklad zapojení termopohonu ALPHA AA 0-10V</i>	<i>137</i>
<i>Obrázek 62</i>	<i>Návrh EZS a EPS – obytná část</i>	<i>139</i>
<i>Obrázek 63</i>	<i>Návrh ESZ a EPS – Vstupní část s garáží.....</i>	<i>140</i>

<i>Obrázek 64</i>	<i>Legenda použitých značek EZS a EPS</i>	<i>141</i>
<i>Obrázek 65</i>	<i>Ukázka prostředí iMM</i>	<i>142</i>
<i>Obrázek 66</i>	<i>Ukázka aplikace z iTP-T</i>	<i>143</i>
<i>Obrázek 67</i>	<i>Schéma komunikace systému</i>	<i>144</i>
<i>Obrázek 68</i>	<i>GSM2-01M</i>	<i>145</i>
<i>Obrázek 69</i>	<i>Vizualizace osvětlení</i>	<i>147</i>
<i>Obrázek 70</i>	<i>Vizualizace EZS.....</i>	<i>148</i>
<i>Obrázek 71</i>	<i>Vizualizace vytápěcího systému</i>	<i>149</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Základní vlastnosti pasivních budov dle ČSN 73 0540-2</i>	13
<i>Tabulka 2 Přehled energetických potřeb zahrnutých do hodnocení primární energie pasivních budov</i>	13
<i>Tabulka 3 Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu $\theta_{e,mm}$ v ročním průběhu.....</i>	19
<i>Tabulka 4 Vnitřní produkce tepla při různé činnosti člověka.....</i>	22
<i>Tabulka 5 Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty θ_{0n} rychlosti proudění vzduchu w [$m \cdot s^{-1}$].</i>	27
<i>Tabulka 6 Stupnice tepelných pocitů</i>	30
<i>Tabulka 7 Rozložení hodnocení individuálního tepelného pocitu pro různé hodnoty středního tepelného pocitu</i>	33
<i>Tabulka 8 Prahové koncentrace zápachů (odérů)</i>	35
<i>Tabulka 9 Přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v ovzduší pracovišť dle Nařízení vlády č. 178/2001 Sb.</i>	37
<i>Tabulka 10 Požadavky na zvukovou izolaci – ČSN 73 0532</i>	41
<i>Tabulka 11 OSI model protokolu LonTalk</i>	65
<i>Tabulka 12 Okrajové podmínky</i>	71
<i>Tabulka 13 Popis jednotlivých místností</i>	72
<i>Tabulka 14 Složení obvodové stěny (Složení: interiér – 1, exteriér – 7)</i>	75
<i>Tabulka 15 Potřeba TV pro 1 osobu a den v bytovém objektu dle ČSN 06 0320.....</i>	95
<i>Tabulka 16 Reálný odběr TV za den</i>	96
<i>Tabulka 17 Parametry větve A.....</i>	99
<i>Tabulka 18 Přehled technologií, způsob jejich řízení, monitorování a připojení k regulátoru FX15D72</i>	115
<i>Tabulka 19 Vlastnosti CIB sběrnice</i>	129
<i>Tabulka 20 Návrh osvětlení v jednotlivých místnostech – aktory a ovládací prvky</i>	135
<i>Tabulka 21 Rozdělení termopohonů podle druhu vytápění a jejich ovládací prvky.....</i>	136
<i>Tabulka 22 Průměrné množství získané energie v jednotlivých měsících</i>	151

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Oblast tepelné pohody a oblast pocitu horka (Závislost relativní vlhkosti vzduchu na teplotě).....</i>	<i>28</i>
<i>Graf 2 Grafické znázornění závislosti procenta nespokojených uživatelů na průměrné rychlosti proudění vzduchu</i>	<i>29</i>
<i>Graf 3 Závislost indexu PMV na indexu PPD</i>	<i>33</i>
<i>Graf 4 Odběr a dodávka tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV</i>	<i>97</i>
<i>Graf 5 Průměrný výkon zdroje.....</i>	<i>97</i>
<i>Graf 6 Průměrná měsíční produkce energie FV.....</i>	<i>152</i>
<i>Graf 7 Průměrné množství intenzity dopadajícího slunečního záření na 1 m²</i>	<i>152</i>