

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Inteligentní řídicí systémy budovy**

**Lukáš Vojta
2016**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vojta Jméno: Lukáš Osobní číslo: 380811
Zadávací katedra: K122 - Katedra technologie staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Inteligentní řídicí systémy budovy
Název bakalářské práce anglicky: Intelligent building management system
Pokyny pro vypracování:
1) Rešerše systémů pro inteligentní řízení budovy. Vymezení systému podle druhu provozu v objektu.
2) Vymezení výhod a nevýhod systému inteligentního řízení v provozu objektu.
3) Popis řídicího systému objektu Hotel Hausalpin, a systémů řízení před rekonstrukcí a po rekonstrukci.
4) Technické a technologické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.
5) Ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.
Seznam doporučené literatury:
1) Doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc. : ELEKTROTECHNIKA A INTELIGENTNÍ BUDOVOY
2) Projektová dokumentace objektu Hotel Hausalpin
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce: 1.3.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

1.3.2016
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 22. května 2016

.....

Lukáš Vojta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Rostislavu Šulcovi, Ph.D. za poskytnutí odborných rad a věcných připomínek a za čas, který mi věnoval během zpracování této práce.

Mé poděkování patří také společnosti Hausalpin s.r.o. za vstřícné jednání, spolupráci a poskytnutí informací o hotelu Hausalpin.

Abstrakt

Tato bakalářská pojednává o inteligentních řídicích systémech budov, které se používají pro automatizaci obytných budov. V první části je tato problematika popsána z obecného hlediska. Nejprve je proveden rozbor jednotlivých elektroinstalací a řídicích systémů podle jednotlivých typů. Dále jsou v práci popsány možné inovace v rámci provozu budovy, jako je úspora energií, zvýšení bezpečnosti, zvýšení komfortu. V druhé části je proveden rozbor řídicího systému hotelu Hausalpin v rakouských Alpách. V závěru práce je provedeno ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním systémem.

Abstract

This bachelor thesis focuses on intelligent building management systems which are used for automation of residential buildings. The first part describes general issues of this problematic. Firstly, there is an analysis of individual electrical installations and control systems according to individual types. Secondly, the work describes possible innovations on running building systems, such as energy saving, increase safety or increased comfort. The second part analyzed the controlling system of hotel Hausalpin in Austrian Alps. The last part is economic comparison of intelligent manage system in comparison with the original system.

Klíčová slova: automatizace budov, inteligentní řídicí systémy budovy, úspora energie

Key words: building automation, intelligent building management system, energy saving

Obsah:

ÚVOD	9
Cíle práce	10
1 Rešerše systémů pro inteligentní řízení budovy. Vymezení systému podle druhu provozu v objektu.....	11
1.1 Rozdělení podle míry inteligence do pěti stupňů	11
1.1.1 Obsahující inteligentní řídicí zařízení a systémy	11
1.1.2 Obsahující inteligentní komunikující zařízení a systémy	11
1.1.3 Propojený dům (tzv. connected home).....	11
1.1.4 Učící se dům.....	12
1.1.5 Pozorný dům	12
1.2 Klasická a systémová elektroinstalace	12
1.2.1 Klasická elektroinstalace.....	12
1.2.2 Systémová elektroinstalace	13
1.2.3 Porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace	16
1.3 Rozdělení řídicích systémů	17
1.3.1 Centralizované systémy	17
1.3.2 Decentralizované systémy.....	18
1.3.3 Hybridní systém	19
1.4 Úspory energií	21
1.4.1 Vytápění	22
1.4.2 Ventilace	23
1.4.3 Klimatizace	23
1.4.4 Stínění	24
1.4.5 Ohřev teplé vody	24
1.4.6 Osvětlení	24
1.4.7 Sumarizace	25
2 Praktická část – Hotel Hausalpin	26
2.1 Popis řídicího systému objektu Hotel Hausalpin, a systémů řízení před rekonstrukcí a po rekonstrukci.	26
2.1.1 Charakteristika objektu	26
2.1.2 Systém řízení před rekonstrukcí.....	26
2.1.3 Systém řízení po rekonstrukci.....	27

2.2	Technické a technologické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.	41
2.2.1	Porovnání regulace vytápění objektu dnes s původním stavem.....	41
2.2.2	Porovnání řízení osvětlení dnes s původním stavem	42
2.2.3	Životnost použitých prvků	43
2.2.4	Stavební práce spojené s rekonstrukcí	44
2.2.5	Sumarizace	45
2.3	Ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.	46
2.3.1	Investice řídicího systému.....	46
2.3.2	Spotřeba plynu za rok.....	49
2.3.3	Spotřeba elektrické energie za rok.....	50
2.3.4	Sumarizace provozních nákladů	50
2.3.5	Doba návratnosti investice	51
	Závěr	52
	Citovaná literatura.....	53

Seznam obrázků:

Obr. 1:	Schéma klasické elektroinstalace [2].....	13
Obr. 2:	Systémová elektroinstalace s integrovanými TZB [2].....	14
Obr. 3:	Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace [2].....	16
Obr. 4:	Porovnání instalací z hlediska funkce při spínání žárovky [2]	16
Obr. 5:	Schéma zapojení centralizovaného systému [2]	18
Obr. 6:	Příklad hybridního systému Nikobus [3]	20
Obr. 7:	Graf čisté výroby elektřiny podle paliva v ČR [4].....	21
Obr. 8:	Schéma řídicích okruhů	28
Obr. 9:	Webové prostředí řídicího systému Wago - úvodní panel.....	29
Obr. 10:	Webové prostředí řídicího systému Wago - řízení kotelny	30
Obr. 11:	Webové prostředí řídicího systému Wago - vizualizace přípravy TUV.....	31
Obr. 12:	Lokální regulátor teploty s digitálním displejem.....	33
Obr. 13:	Elektrotermická hlavice	33
Obr. 14:	Přijímač signálu EnOcean.....	34
Obr. 15:	Okenní kontakt.....	34
Obr. 16:	Webové prostředí řídicího systému Wago - časové nastavení vyhřátí sauny	36
Obr. 17:	Webové prostředí řídicího systému Wago - vizualizace zásobování vody .	38
Obr. 18:	Čidlo přítomnosti osob a osvětlení na chodbě	39
Obr. 19:	Ekvitermní křivky hotelu Hausalpin.....	42
Obr. 20:	Okenní kontakt SRW01 [8]	46
Obr. 21:	Elektrotermická hlavice Siemens 24V [9].....	47

Obr. 22: Lokální regulátor teploty UI010 [10].....	47
Obr. 23: Procesorový modul 750-841/881	48

Seznam tabulek:

Tab. 1: Výhody automatizovaných technologií	25
Tab. 2: Přehled životnosti použitých prvků	44
Tab. 3: Přínosy automatizovaných technologií.....	45
Tab. 4: Pořizovací náklady řídicího systému	49
Tab. 5: Spotřeba plynu za rok	49
Tab. 6: Rozdíl tepelných ztrát před a po výměně oken.....	49
Tab. 7: Finanční úspora po započtení tepelných ztrát oken.....	50
Tab. 8: Roční spotřeba elektřiny před realizací řídicího systému	50
Tab. 9: Spotřeba elektrické energie za rok po realizaci řídicího systému.....	50
Tab. 10: Sumarizace provozních nákladů	50
Tab. 11: Provozní náklady	51

Seznam grafů:

Graf 1 Doba návratnosti investice.....	51
--	----

Seznam příloh:

Příloha č.1 - Výkres ROZVODY UT 1PP, výkres převzat od Ing. P. Černocho	54
---	----

ÚVOD

Inteligentní budovy resp. inteligentní řídicí systémy jsou díky rozvoji komunikačních, řídicích a monitorovacích technologií v posledním desetiletí velice perspektivní obor. Inteligentní řídicí systémy se používají jak pro průmyslovou automatizaci (výrobní linky, továrny, dopravní stavby), tak pro automatizaci budov (bytové a administrační budovy, hotely, atd.). V této bakalářské práci se budu zabývat automatizací budov, konkrétně řídicím systémem hotelu Hausalpin v rakouských Alpách.

Pro provoz budovy se v současné době používá velké množství technologií:

- Vytápění
- Vzduchotechnika
- Klimatizace
- Osvětlení
- Stínící prostředky
- Bezpečnostní prvky (bezpečnostní kamery, alarm, požární ochrana)
- Výtahy
- Zábavné a relaxační technologie (sauna, audiovizuální technika)

Pokud budova obsahuje systém, který je schopen výše uvedené technologie integrovat tak, že jsou tyto technologie spolu schopny komunikovat a spolupracovat, můžeme budovu nazvat inteligentní. Jejím cílem je uživateli co nejvíce usnadnit a zpříjemnit život v ní a přitom zachovat náklady na provoz stejné, v lepším případě je ještě minimalizovat. Dalším přínosem je bezpochyby snížení provozních nákladů, díky kterému je návratnost investice do řídicího systému možná během několika let od uvedení do provozu. V dnešní době, kdy se společnost snaží postupně přejít na obnovitelné zdroje a hrozba vyčerpání fosilních paliv je čím dál tím větší, je úspora energií při provozu budov velice žádaná.

Cíle práce

- **Rešerše systému pro inteligentní řízení budovy**

V této kapitole bude provedeno základní rozdělení systémů podle míry inteligence. Dále popsán rozdíl mezi klasickou elektroinstalací a systémovou (inteligentní) elektroinstalací, jejich vlastnosti a výhody a nevýhody těchto druhů elektroinstalací. Poté bude provedena rešerše třech druhů řídicích systémů a to centralizovaného, decentralizovaného a hybridního. Jejich výhody a nevýhody.

- **Vymezení výhod a nevýhod systému inteligentního řízení v provozu objektu**

V této kapitole bude popsán hlavní cíl inteligentních řídicích systémů a to je úspora energií. Problematika je rozdělena podle jednotlivých řízených technologií.

- **Popis řídicího systému objektu Hotel Hausalpin**

V této kapitole je stručně popsán Hotel Hausalpin a dále proveden popis jednotlivých technologií, které jsou řízeny řídicím systémem.

- **Technické a technologické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem**

V této kapitole je provedeno porovnání stavu před a po zavedení řídicího systému a jsou popsány výhody, které implementace řízení přinesla.

- **Ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem**

V této kapitole je provedeno ekonomické porovnání stavu před a po zavedení řídicího systému.

1 Rešerše systémů pro inteligentní řízení budovy. Vymezení systému podle druhu provozu v objektu.

Aby se dům mohl nazývat inteligentním, musí obsahovat řídicí systém. Tento systém představuje počítačová a komunikační technika, která předvídá a reaguje, jak na potřeby uživatelů, tak na venkovní podmínky. Jeho cílem je zvýšit komfort a pohodlí, snížit spotřebu energií a poskytnout uživatelům bezpečí. [1]

1.1 Rozdělení podle míry inteligence do pěti stupňů

1.1.1 Obsahující inteligentní řídicí zařízení a systémy

Dům obsahuje inteligentně fungující zařízení a systémy pracující samostatně a nezávisle na ostatních. Příkladem může být systém řídicí osvětlení, který pomocí snímače přítomnosti osob a snímače osvětlení rozsvítí světlo v místnosti jen v případě, že v místnosti není dostatek přírodního světla. [1]

1.1.2 Obsahující inteligentní komunikující zařízení a systémy

Dům obsahuje inteligentně fungující zařízení a systémy, které si kvůli zdokonalení své činnosti vyměňují informace a zprávy mezi sebou. Jako příklad můžeme uvést situaci, kdy se po zamčení vchodových dveří automaticky zapne bezpečnostní systém domu, vyšle se signál pro zhasnutí světel, snížení nastavené teploty a stažení rolet v přízemí. [1]

1.1.3 Propojený dům (tzv. connected home)

Dům je propojený pomocí vnitřních a vnějších komunikačních sítí. Umožňuje vzdálené ovládání systémů, přístup ke službám a informacím odkudkoliv z domu i mimo něj. Například v případě poplachu bezpečnostní systém rozsvítí světla v celém objektu (zároveň zamezí jeho vypnutí pomocí vypínačů na zdech), kontaktuje bezpečnostní službu, vytáhne rolety a umožní přístup k záznamům z bezpečnostních kamer mimo objekt. Nebo lze objekt řídit na dálku. Například v případě vytápění lze na dálku zapnout topení ještě před příjezdem domů. [1]

1.1.4 Učící se dům

Dům zaznamenává aktivity v domě a tyto údaje používá pro samočinné ovládání technologií podle předvídaných potřeb uživatelů

1.1.5 Pozorný dům

Dům neustále sleduje aktivity a okamžitou polohu lidí a předmětů a technologie jsou samočinně ovládány podle předvídaných potřeb. Na rozdíl od stupně 4 (2.1.4) kde se jedná o historická data, zde probíhá vše v reálném čase. Vyvíjejí se i speciální podlahy, které snímají pohyb osob, identifikují je a určí místo kde se nacházejí.

Všechny tyto stupně na sebe navazují. Každý stupeň v sobě zahrnuje schopnosti nižších stupňů. Stupně 4 a 5 jsou výzkumné projekty. V komerční sféře se vyskytují technologie stupňů 1 – 3. Z toho důvodu se jimi budeme zabývat nejvíce. [1]

1.2 Klasická a systémová elektroinstalace

V dnešní době se při montáži elektroinstalací jak budovách, tak v bytech používá rozsáhlý sortiment přístrojů a zařízení. Podle typu a použití těchto přístrojů pak dělíme elektroinstalace do dvou skupin:

- a) Klasická elektroinstalace
- b) Systémová elektroinstalace

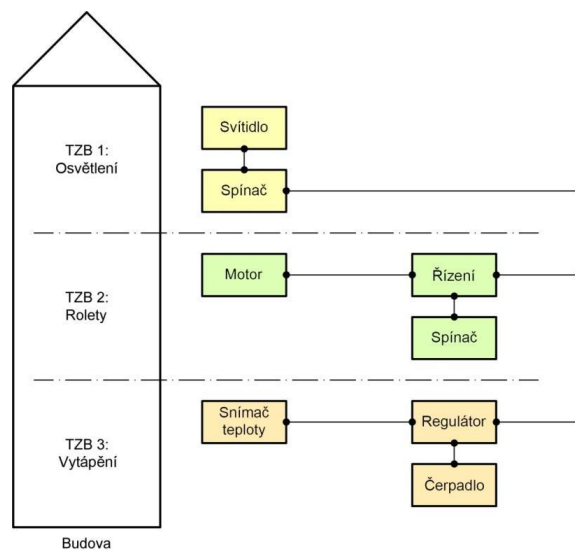
1.2.1 Klasická elektroinstalace

Základní charakteristiky klasické elektroinstalace:

- skládá z různých samostatných obvodů. A to například obvod pro zapínání osvětlení, obvod pro zapínání topení, obvod pro ovládání rolet a žaluzií atd.
- Nepochází zde k posílání informací, ale spíná se přímo odvod daného spotřebiče.

- Jakmile je u klasické elektroinstalace požadavek zákazníka na projekt dokončen už nelze provádět změny v projektu bez dodatečného nárůstu nákladů. Jelikož zapojení elektroinstalace je pevné (neměnné).

Klasické elektroinstalace mají v dnešní době inteligentních budov spíše už jen řadu nevýhod než výhod. Mezi ty základní nevýhody patří změny v elektroinstalaci spojené s vysokými náklady, nepřehlednost při velkém počtu kabelů, problémy se vzájemným propojením systémů a růst nákladů na realizaci s rostoucími požadavky na množství funkcí.

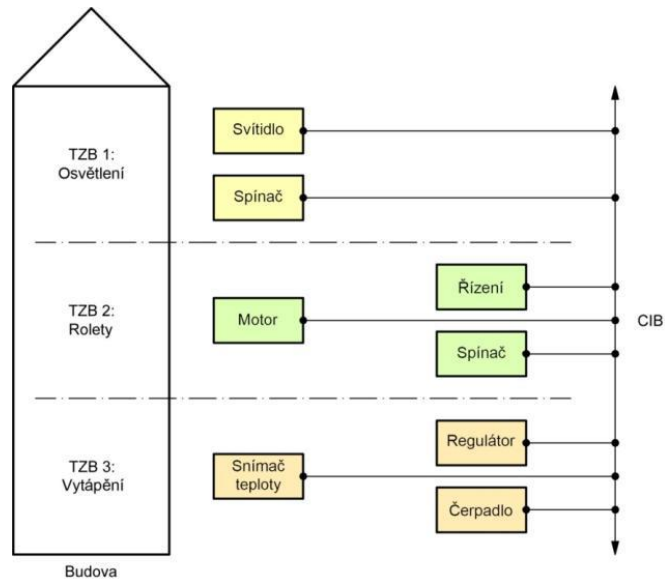


Obr. 1: Schéma klasické elektroinstalace [2]

Klasická elektroinstalace byla od počátku určena pro pevné spotřebičové a světelné rozvody. Skládá se z různých samostatných celků (ovládání osvětlení, ovládání topení atd.) Z toho důvodu se pro řídicí systémy používá elektroinstalace inteligentní (systémová). [2]

1.2.2 Systémová elektroinstalace

Definice „Inteligentní instalace slouží k ovládání a řízení všemožných technologií, technických zařízení a systémů budov včetně procesů, se kterými se lze v budovách a objektech běžně setkat. Jejím hlavním úkolem je komplexně řešit použití samostatných technologií do jednoho funkčního celku, tedy o jeden společný systém řízení v budovách a bytech“. [2]



Obr. 2: Systémová elektroinstalace s integrovanými TZB [2]

Tento systém elektroinstalace má na starost vše od provádění měření a regulace v topném systému, ovládání a řízení osvětlení, spínání ventilace, řízení pohonu okenních žaluzií nebo rolet, řízení pohonu otevírání a zavírání oken, spínání závlahových systémů až po vizualizaci celé použité technologie. *Inteligentní elektroinstalace [5] je navržena modulárně, to znamená, že jednotliví účastníci jsou vzájemně propojeni sběrníkovým kabelem.*

Spojuje v sobě klasická silnoproudá zařízení s postupy a technologiemi řídicích systémů slaboproudých zařízení.

1.2.2.1 Výhody a nevýhody inteligentní elektroinstalace

Hlavní výhody inteligentních elektroinstalací patří komfort v ovládání a řízení spotřeby energie. U velkých a rozsáhlých systémů jsou inteligentní elektroinstalace jediným možným řešením a to důvodu přehlednosti a komplexnosti. U takto velkých systémů jsou náklady na provedení inteligentní elektroinstalace srovnatelné, v některých případech dokonce i levnější než provedení klasického způsobu instalace. Dalšími výhodami pak jsou možnost libovolného rozšíření celé elektroinstalace a jednoduchost kabeláže. V neposlední řadě je i možnost dodatečně přizpůsobovat a upravovat nastavení celého systému inteligentní elektroinstalace. Sběrnice je napájena jen malým napětím SELV (Safety Extra-Low Voltage- Bezpečné malé napětí), díky tomu je vyloučen vliv elektromagnetického vyzařování instalací 230V (např. ložnice).

Hlavní nevýhodou inteligentní elektroinstalace jsou velice vysoké náklady při použití v malých a jednoduchých systémech. V takovém případě se jedná pouze prestiž a komfortu ze strany investora. Dnešní nevýhodou inteligentní elektroinstalace je, že v dnešní době přetrvává používání různých řídicích systémů v jednom objektu pro různé technologie (MaR – měření a reulace, řízení světel, řízení žaluzií, apod.) Trendem do budoucna je jeden otevřený řídicí systém pro všechny technologie v budově. [2]

1.2.2.2 Přínosy systémové elektroinstalace v budovách.

V oblasti komfortu:

- všechna svítidla v budově lze zapnout nebo vypnout stisknutím jednoho tlačítka,
- stisknutím tlačítka lze aktivovat předdefinovanou světelnou scénu,
- všechny žaluzie například jednoho podlaží lze vytáhnout nebo spustit stisknutím jednoho tlačítka,
- plnohodnotná a komfortní vizualizace.

V oblasti bezpečnosti:

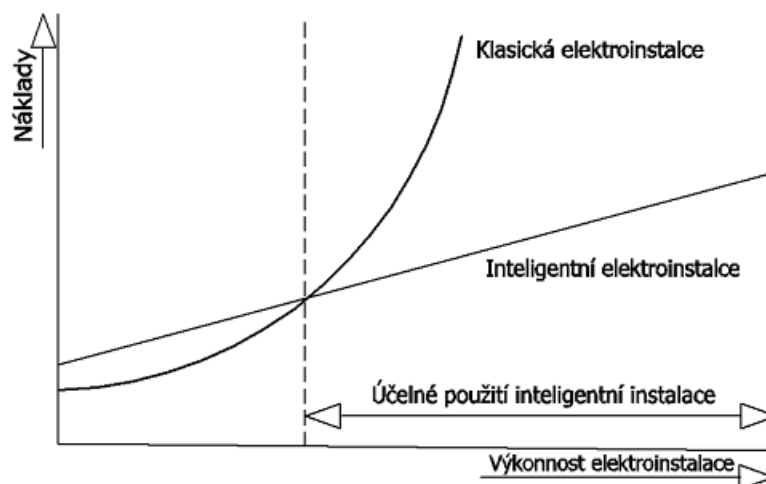
- v době po setmění jsou při vstupu na pozemek budovy automaticky osvětleny oblasti vchodu či vjezdu,
- u všech oken je možno centrálně ohlásit, zda jsou okna otevřena nebo zavřena,
- při stisknutí poplachového tlačítka lze například rozsvítit osvětlení v celém domě.

V oblasti hospodárnosti:

- pokud je otevřené okno, zavře se ventil topného tělesa,
 - žaluzie se nastavují v době slunečního svitu tak, aby to ovlivnilo teplotu v místnosti.
- [2]

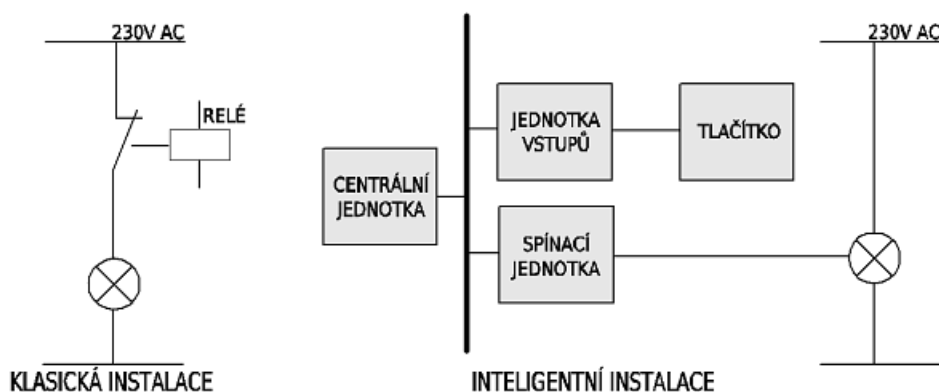
Oblast hospodárnosti inteligencích systémů (elektroinstalací) je probrána v bodě 1.4
Úspora energií

1.2.3 Porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace



Obr. 3: Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace [2]

Inteligentní elektroinstalace mají oproti klasickým vyšší komfort ovládání přístrojů a zařízení, zavádí bezpečnostní funkce (signalizace rozbití oken, poplachu atd.), jsou jednodušší, přehlednější, umožňují snadné projektování a dodatečné rozšíření systému o další prvky. Inteligentní elektroinstalace jsou vybaveny funkcí centrálního ovládání všech zařízení v budovách a bytech. Inteligentní elektroinstalace oproti klasickým dosahují optimální spotřeby energie. Inteligentní elektroinstalace nespíná ovládacím prvkem přímo příkon do spotřebiče, ale posílají se jen povely pro spínání - ZAP/VYP. Porovnání instalací z hlediska funkce při spínání žárovky viz obrázek 2 - 3



Obr. 4: Porovnání instalací z hlediska funkce při spínání žárovky [2]

1.3 Rozdělení řídicích systémů

1.3.1 Centralizované systémy

U centralizovaného systému jsou vstupy (senzory - vysílače) a výstupy (aktory - přijímače) propojeny hvězdicově s centrálním řízením.

1.3.1.1 Aktory

Aktor vyhodnocuje informace, které vysílají senzory a mění je v (mechanickou činnost. Aktory značíme jako:

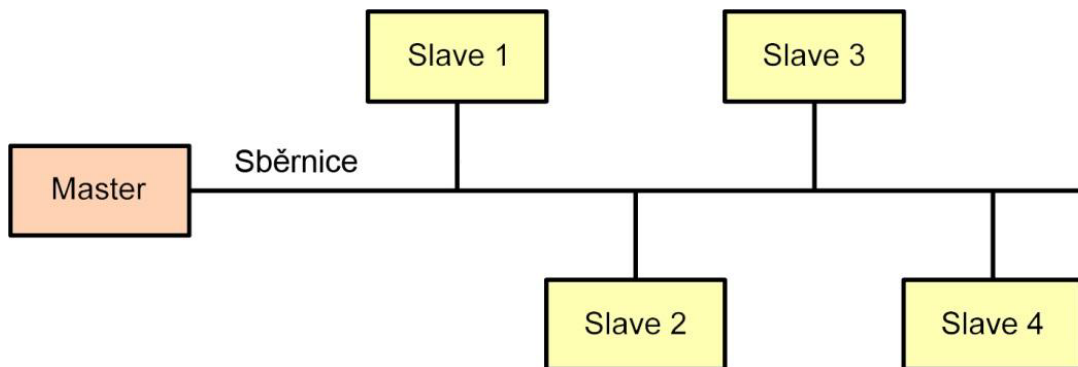
- a) Spínací
- b) Stmívací
- c) Žaluziové
- d) Aktory topení (regulace topení) atd.

1.3.1.2 Senzory

Senzor nebo čidlo, snímač. *Obecně je to zdroj informací pro nějaký řídicí systém. (např. mozek) v užším slova smyslu technické zařízení (součástka), které měří určitou fyzikální nebo technickou veličinu a převádí ji na signál, který lze dálkově přenášet a dále zpracovat v měřicích a řídicích systémech. Nejčastěji jde o elektrický signál (časový průběh napětí nebo proudu) [2]*

V inteligentní budově senzory snímají fyzikální veličinu nebo děj, převádějí ji na informaci, kterou je možno přenést po sběrnici (digitálně). Nejjednodušším dějem je stisk tlačítka na určitém tlačítkovém senzoru. Senzory jsou dnes schopny snímat nejrůznější veličiny, např. intenzitu osvětlení, teplotu nebo přijímat radiové signály. Veškerá inteligence a řízení probíhá z jednoho centrálního místa. Tato centrální řídicí jednotka pak komunikuje s každým prvkem systému (senzor, aktor, spotřebič) samostatně. S tím jsou spojeny zvyšující se náklady na délku rozvodů po celém objektu. Aby nedocházelo k nežádoucím situacím, kdy by svoje zprávy současně vysílalo více účastníků, je nutné zajistit postupné předávání zpráv. To zajistí centrální řídicí jednotkou (přes kterou probíhají veškeré informace), která určuje, kdy a který

účastník bude vysílat měřené hodnoty či přijímat příkazy. Schéma zapojení centralizovaného systému je uvedena na obr.



Obr. 5: Schéma zapojení centralizovaného systému [2]

Systém musí umožňovat komunikaci mezi řídicí jednotkou (Master) a kterýmkoliv účastníkem (Slave). Samotný proces řízení pak probíhá následovně. *Řídicí jednotka přijímá údaje snímačů, vyhodnocuje je a vysílá odpovídající příkazy akčním členům k vykonání potřebné akce.* [2]

Výhody nebo nevýhody centralizovaných systémů

a) Výhody

- bezkonfliktní provoz sběrnice při vysokých přenosových rychlostech
- použití pro řízení jednoho souboru funkcí, např. jen pro regulaci vytápění, nebo žaluzií apod.

b) Nevýhody

- nemožnost podávání zpětných hlášení od akčních členů až ke snímačům, centrální jednotka může obdržet hlášení o uskutečnění požadovaného příkazu, ale již je neodešle ke snímači
- v současné době se v systémové technice budov používá zřídka
- náročná kabeláž k připojení akčních členů a snímačů

1.3.2 Decentralizované systémy

Veškerá inteligence a řízení je integrováno v jednotlivých členech systému a tak decentralizovaný systém ke svému provozu nepotřebuje žádnou centrální řídicí jednotku. To znamená, že každý člen systému je vybaven malou řídicí jednotkou, aby mohl komunikovat a vyměňovat informace přes sběrnici s dalšími prvky. Dále se

pomocí softwaru naprogramují parametry jednotlivých přístrojů a jejich vzájemná komunikace. Každý účastník vlastní mikroprocesor s pamětí. Tento typ je v oboru inteligentních budov nejpoužívanější. [2]

Výhody nebo nevýhody centralizovaných systémů

a) Výhody

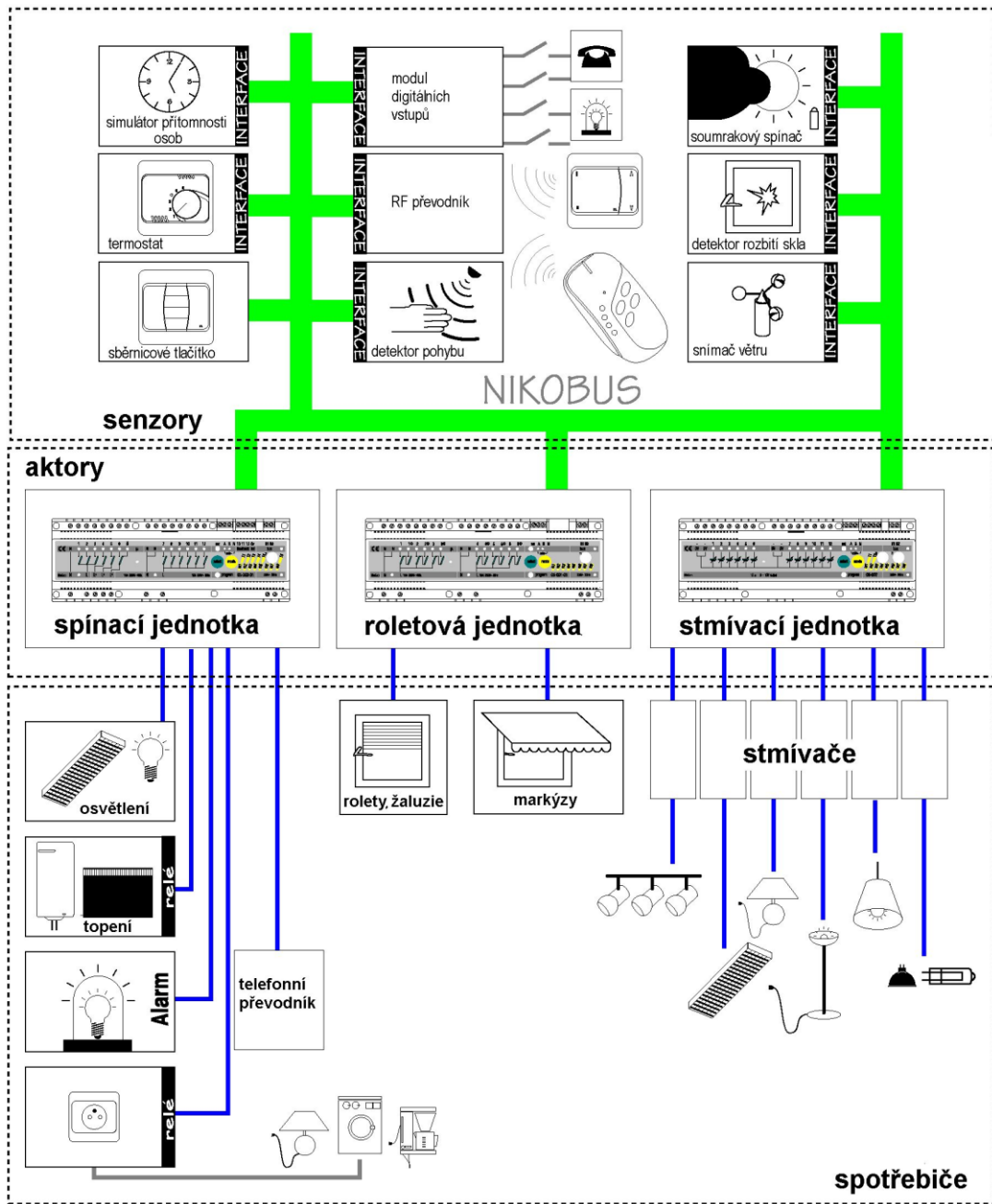
- Možnost definovat chování každého účastníka a mít zpětnou informaci o jeho aktuální poloze
- Jednotlivé vazby při tvorbě funkcionality, nejsou předem dány, vše se vytváří pomocí programu, který zpracovává projektant při konfiguraci systému
- Jedná se o otevřený systém nejvíce používaný v automatizaci budov

b) Nevýhody

- Vyšší cena aktorů a senzorů

1.3.3 Hybridní systém

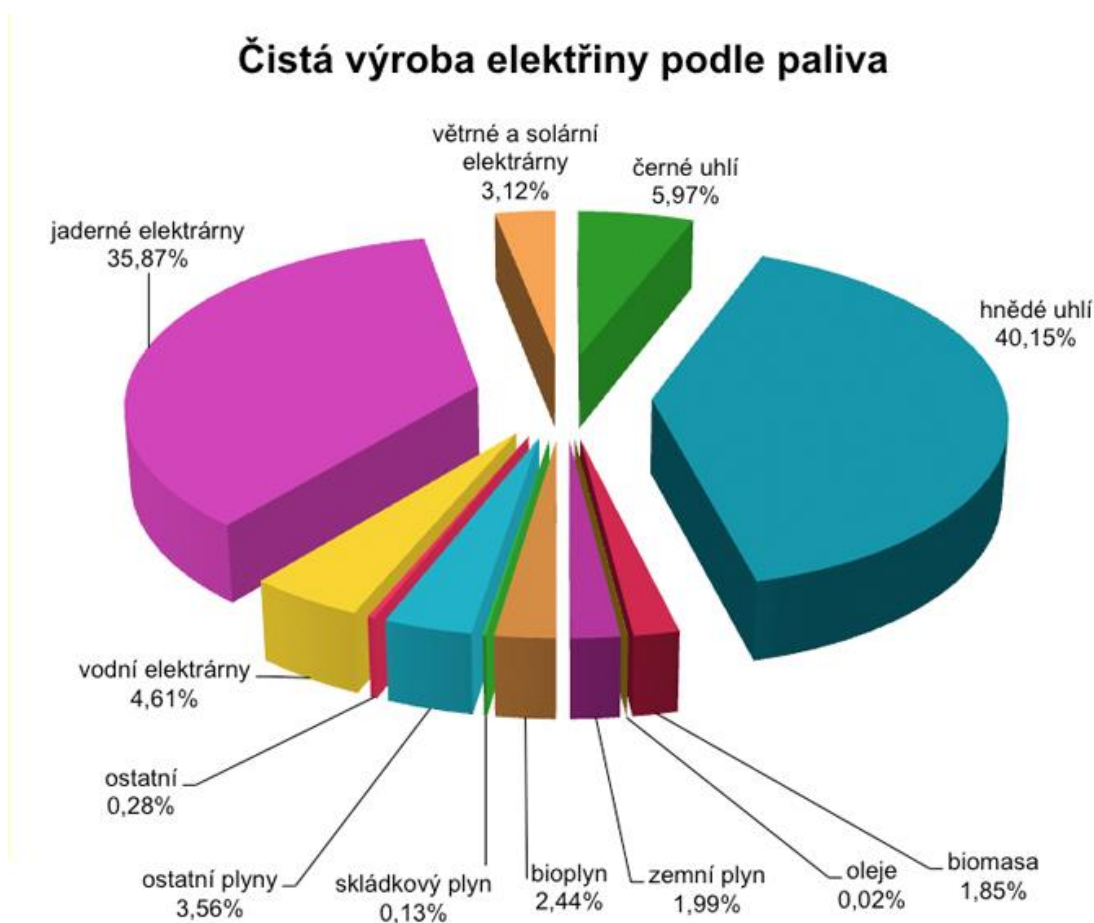
Hybridní systém (částečně decentralizované) je kombinací centralizovaného a decentralizovaného systému. Hybridní systém je výhodný, jelikož spojuje výhody centralizovaného i decentralizovaného systému. Vstupy (snímač osvětlení, přítomnosti osob, větru atd.) jsou napojeny na sběrnici a všechny výstupy (spínané nebo stmívané světelné vývody, zásuvky, topení, alarm atd.) jsou přímo napojeny na řídicí, spínací, roletové nebo stmívací jednotky (řídicí jednotky). Příkladem hybridního systému je sběrniceový systém Nikobus, který se používá především v domácnostech a bytech, pro které byl vyvinut. [2] [3]



Obr. 6: Příklad hybridního systému Nikobus [3]

1.4 Úspory energií

Jak bylo uvedeno v kapitole 2, úspora energií je jedním z hlavních cílů inteligentního domu. Nejedná se pouze o finanční úspory, ale také o ochranu životního prostředí. Čím méně energie spotřebujeme, tím méně se jí musí vyrobit. S výrobou elektrické energie je spojena produkce CO₂, které vzniká při spalování fosilních paliv. Jak je patrné z grafu, spalování fosilních paliv je stále nejrozšířenějším způsobem výroby elektrické energie.



Zdroj: ERÚ, data z roku 2013, graf: Elektřina.cz

Obr. 7: Graf čisté výroby elektřiny podle paliva v ČR [4]

Největší úspora energií vzniká regulací topení, osvětlení a klimatizace. Spotřebu energie lze obvykle snížit až o jednu třetinu a zároveň zvýšit pohodlí uživatelů. Nyní se budeme věnovat jednotlivým činnostem.

1.4.1 Vytápění

Běžný způsob regulace, kdy se teplota reguluje pouze z jednoho místa, jedním termostatem (obvykle umístěný v obývacím pokoji) a podle něj se řídí teplota v ostatních místnostech. Mnohem komfortnější a úspornější je možnost regulace vytápění pro každou místnost zvlášť, nezávisle na zbytku domu. Aby byl tento způsob technicky proveditelný, musíme měřit teplotu v každé místnosti a použít elektricky ovládané termoregulační hlavice, místo klasických ručně ovládaných. To samé platí pro samotný topný systém, který je potřeba navrhnout tak, aby regulaci v každé místnosti zvlášť umožnil.

Vytápění je možné řídit následujícími způsoby:

1.4.1.1 Automatické nebo manuální přepínání

Automatické nebo manuální přepínání mezi různými režimy vytápění. (např. komfort, útlum, noc, protinámrazová ochrana) Automatické přepínání režimů je možné např. pomocí snímače přítomnosti osob nebo přepnutí do režimu útlum v době kdy je zapnutý bezpečnostní systém.

1.4.1.2 Časové programy

Určí požadovaný režim nebo přímo teplotu na základě hodiny (jiný pro noc, ráno, dobu kdy nikdo není doma, večer), dne v týdnu (rozdílné pro pracovní dny a pro víkend) nebo podle přesného data (např. déle trvající útlum v době dovolené).

1.4.1.3 Dálkové ovládání

Je výhodné například v situaci, kdy víme, že do objektu přijedeme dříve než obvykle. Nebo v případě kdy chceme zapnout vytápění ještě před příjezdem. Často se používá u horských a rekreačních chat.

1.4.1.4 Zablokování při otevřeném okně

V případě že se v místnosti otevře okno, dojde automaticky k zablokování vytápění. Tím se předejde plýtváním energie, která by oknem odešla z objektu ven.

Tyto způsoby řízení mohou být společné pro celý objekt, nebo platí pro skupinu místností či pouze jednu místnost. [1]

1.4.2 Ventilace

Pro obytné a obdobné budovy je pak požadovaná intenzita větrání, přepočítaná z minimálních dávek potřebného čerstvého vzduchu obvykle mezi hodnotami $n_N = 0,3 \text{ h}^{-1}$ až $n_N = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Toto číslo představuje tzv. intenzitu výměny vzduchu a udává kolikrát za hodinu se musí celkový objem vzduchu v místnosti vyměnit za venkovní. [5]

Pro zajištění komfortních a pohodlných podmínek v místnosti, je nezbytné zajistit výměnu vzduchu. Pro snížení energetické náročnosti je výhodnější místo přirozeného větrání využít větrání nucené. Díky nucenému větrání lze využít rekuperace (zpětné získávání tepla) kdy znehodnocený teplý vzduch, který je odváděn z budovy pryč, předehřívá přiváděný venkovní vzduch. Teplý vzduch tedy není bez využití odveden otevřeným oknem, ale rekuperační jednotce předá většinu svého tepla přiváděnému vzduchu.

Množství přiváděného vzduchu, které je pro potřeby uživatele, je možné automaticky regulovat pomocí instalace snímačů CO_2 , vlhkosti, pohybu. Minimálně v místnostech, kde je proměnlivá vlhkost vzduchu (koupelna, kuchyň), dobré zajistit samočinné odsávání vzduchu ve chvíli kdy relativní vlhkost vzduchu stoupne nad určitou hodnotu (obvykle 80%) [1]. [6]

1.4.3 Klimatizace

Klimatizace v sobě obsahuje mnoho úprav vzduchu – např. ohřev, chlazení, filtraci, zvlhčování a odvlhčování. V obytných objektech se nejčastěji využívá chlazení. Možnosti jak dosáhnout co nejvyšších úspor jsou v podstatě stejná, jako bylo uvedeno v části vytápění a ventilace.

Jediný, avšak podstatný rozdíl tu je. Zvýšení úspor energie potřebné pro vytápění se snažíme docílit hlavně dobře provedených stavebním řešením, kterým snížíme tepelné ztráty a maximalizujeme tepelné zisky. V případě chlazení (klimatizace) se však budeme snažit tepelné zisky co nejvíce snížit. Největší tepelné zisky bývají ze slunečního záření, které do objektu proniká skrz okna a zvyšuje teplotu

v místnosti. Tyto tepelné zisky lze výrazně omezit pomocí tzv. pasivních prvků, jako jsou žaluzie, markýzy, fólie nebo požitím antireflexního skla apod. [1]

1.4.4 Stínění

Jak bylo řečeno v předchozí kapitole, v letních měsících je ekonomičtější chránit osluněná okna pasivními prvky před tepelnými zisky, než používat energeticky náročnou klimatizaci. Zvláště v případě kdy jsou okna orientována na jižní nebo jihozápadní stranu. Nejúčinnější je umístění stínících zařízení na vnějšku budovy. Možnost regulace je důležitá kvůli zajištění ostatečného osvětlení vnitřních prostor. Zvýší-li se v místnosti teplota na stanovenou mez, stínící prvky dostanou příkaz k aktivaci a dané okno zastíní. [1]

1.4.5 Ohřev teplé vody

Největší úspory energie na ohřev teplé užitkové vody lze dosáhnout pomocí slunečních kolektorů. Během letních měsíců je možné díky slunečním kolektorům pokrýt až 100% potřeby energie. V celoročním měřítku pak jde o cca 50 – 60 %. Pokud chceme, aby okamžitě po otevření vodovodní baterie tekla voda o požadované teplotě, musí být v potrubí před baterií pořád teplá voda. Toho docílíme pomocí tzv. cirkulačního potrubí. V něm neustále cirkuluje teplá voda, připravená k odběru. Cirkulace teplé vody zvyšuje spotřebu energie a z toho důvodu je dobré cirkulaci řídit časovým programováním podle předpokládaných odběrů. Cirkulaci lze také úplně zastavit, v době kdy není nikdo doma, nebo je objekt v nočním spánku. [1]

1.4.6 Osvětlení

Velice pohodlné a především úsporné je automatické spínání osvětlení pomocí snímačů pohybu nebo přítomnosti v místnostech, kde se lidé obvykle zdržují jen krátkou dobu (chodba, sklep, komora, sklad apod.) Tím eliminujeme možnost, že by člověk v těchto místnostech zapomenul světlo zhasnout a to by zbytečně spotřebovávalo elektrickou energii.

Naopak v místnostech s dlouhodobým pobytem osob je možné značně snížit spotřebu energie pomocí samočinné regulace intenzity osvětlení v závislosti na množství denního světla v místnosti.

Nejen kvůli úsporám, ale také kvůli zabránění oslnění, je dobré během noci na chodbách a v koupelně rozsvěcet světla automaticky na sníženou intenzitu. [1]

1.4.7 Sumarizace

Tab. 1: Výhody automatizovaných technologií

Řízená technologie	Výhody	Zvýšení nároků na technologie
Vytápění	- úspora energií (plynu)	- instalace elektrotermická hlavice (na místo klasické) a její napojení na zdroj elektrické energie - instalace čidlo přítomnosti osob - instalace ovladače
	- přehledná vizualice aktuálního stavu	
	- automatické hlášení poruchy	
	- zobrazení spotřeby energie	
	- možnost nastavení vytápění na základě času, dne v týdnu, přítomnosti osob	
Ventilace	- zvýšení komfortu	- instalace čidla přítomnosti osob pohybu
	- automatické hlášení poruchy	- instalace snímače vlhkosti
	- možnost nastavení vytápění na základě času, dne v týdnu, přítomnosti osob	- instalace motorové otevírání oken
Klimatizace	- zvýšení komfortu	- instalace čidla přítomnosti osob pohybu
	- automatické hlášení poruchy	- instalace čidla teploty
Stínění	- zvýšení komfortu	- instalace čidla osvětlení
	- úspora energií	- instalace stínících prostředků
	- automatické hlášení poruchy	- instalace čidla měření rychlosti větru
	- ochrana stínící techniky před poškozením v důsledku silného větru	
Ohřev teplé vody	- úspora energií	
	- časové nastavení ohřevu TUV (denní/noční režim)	
Osvětlení	- úspora energií (plynu)	- instalace čidla přítomnosti osob, pohybu a osvětlení
	- zvýšení komfortu	
	- automatické hlášení poruchy	

2 Praktická část – Hotel Hausalpin

2.1 Popis řídicího systému objektu Hotel Hausalpin, a systémů řízení před rekonstrukcí a po rekonstrukci.

2.1.1 Charakteristika objektu

Hotel Hausalpin je chata postavená ve vysokohorském rakouském středisku Tauplitzalm. Nachází se v nadmořské výšce 1650 metrů nad mořem. Chatu Hausalpin postavila v sedmdesátých letech minulého století firma Voestalpine, jako svou podnikovou chatu. Až do roku 2005 byla provozována různými pronajímateli. Následující čtyři roky byla uzavřena a čekala na další využití. V roce 2009 ji zakoupila česká společnost Hausalpin s. r. o., která započala její postupnou rekonstrukci. Celková kapacita je 45 pokojů se 110 lůžky.

Jedná se o monolitickou železobetonovou konstrukci, převážně se stěnovým konstrukčním systémem. Objekt má tři nadzemní podlaží a jedno podzemní. Rozměry objektu jsou 45m x 13m. Na jižní straně fasády má budova v 1NP a 2NP balkony.

2.1.2 Systém řízení před rekonstrukcí

V roce 2009, kdy chatu koupila společnost Hausalpin, byly všechny přítomné technologie původní a tudíž velmi zastaralé. Z toho důvodu byla nutná investice do rekonstrukce velké většiny používaných technologií v objektu. V té době objekt nedisponoval žádným řídicím systémem.

2.1.2.1 Vytápění

Vzhledem k tomu, že objekt neměl přivedenu plynovou přípojku, byl vytápěn pomocí kotle na topný olej. (dále jako LTO). Protože v roce 2010 byl do okolí chaty přiveden plyn, schválila valná hromada společnosti investovat do plynového vytápění. Investice zahrnovala vykopání a následné položení plynového potrubí, které probíhalo ve velice náročném horském prostředí, ale pomocí moderní mechanizace bylo vykopání a položení potrubí provedeno bez větších problémů. Dále byl pořízen nový moderní plynový kotel Bosch s maximálním výkonem 210 kW a s plynulou regulací výkonu. Dalším důvodem změny topného media byla poloha chaty, neboť k vytápění pomocí LTO je potřeba před začátkem topné sezony naplnit nádrže. Doprava a manipulační prostor v okolí chaty byly poměrně náročné.

Kotelna se nacházela v IPP. Otopný systém byl v objektu rozdělen na dvě části, a to na jižní a severní větev.

2.1.2.2 Vzduchotechnika

Vzduchotechnika před realizací řídicího systému nebyla nijak řízena a regulována. Z hlediska umístění větracího zařízení se jednalo o centrální systém, který obsahoval na půdě dva velké tří-fázové ventilátory. Jeden měl na starosti větrání všech toalet a koupel v objektu. Pomocí druhého byl odváděn znehodnocený vzduch z prostoru kuchyně.

Větrání nebylo řízeno ani nijak regulováno. Pokud chtěl provozovatel odvádět znečištěný vzduch například z prostorů toalet, zapnul ventilátor, který dopravoval znehodnocený vzduch ze všech toalet a koupelen v celém objektu.

2.1.3 Systém řízení po rekonstrukci

Jak již bylo řečeno v bodě 3.1.2, objekt před rekonstrukcí nedisponoval žádným řídicím systémem. Ten se naistaloval až v roce 2011. Pro řízení objektu byl vybrán řídicí systém od firmy Wago.

2.1.3.1 Popis řídicího systému

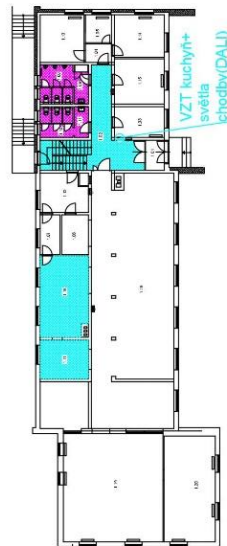
Pro řízení objektu je používán řídicí systém od firmy Wago. Vzhledem k velkému rozprostření technologií a velikosti objektu byl zvolen decentralizovaný systém WAGO I/O – SYSTÉM. Systém obsahuje procesorové moduly 750-841/881, které jsou navzájem propojeny ethernetovým kabelem. Každý z procesorů má na starost danou technologii (osvětlení a vzduchotechniku, kotelnu, regulaci teploty v místnostech, vodní hospodářství). Systém obsahuje 6 procesorových modulů (viz schéma řídicích okruhů). Osvětlení je řízeno pomocí sběrnice DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Ta umožňuje jak plynulé stmívání osvětlení, tak integraci senzorů do sítě DALI (senzory sloužící k měření jasů a přítomnosti osob) a integraci ovládacích tlačítek. Další komunikační modul, který systém obsahuje, je modul EnOcean. Ten umožňuje bezdrátovou komunikaci mezi senzorem (okenní kontakt) a řídicím systémem. Kotelna je řízena sběrníci MP-Bus, přes kterou zařízení v kotelně komunikuje s řídicím systémem.

SCHÉMA ŘÍDÍCÍCH OKRUHŮ

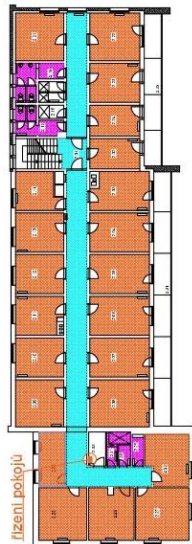
1 PP



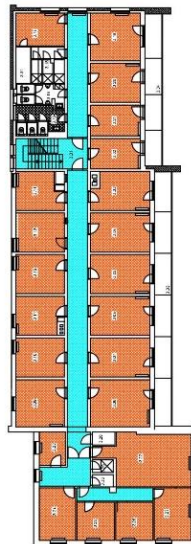
1 NP



2 NP



3 NP

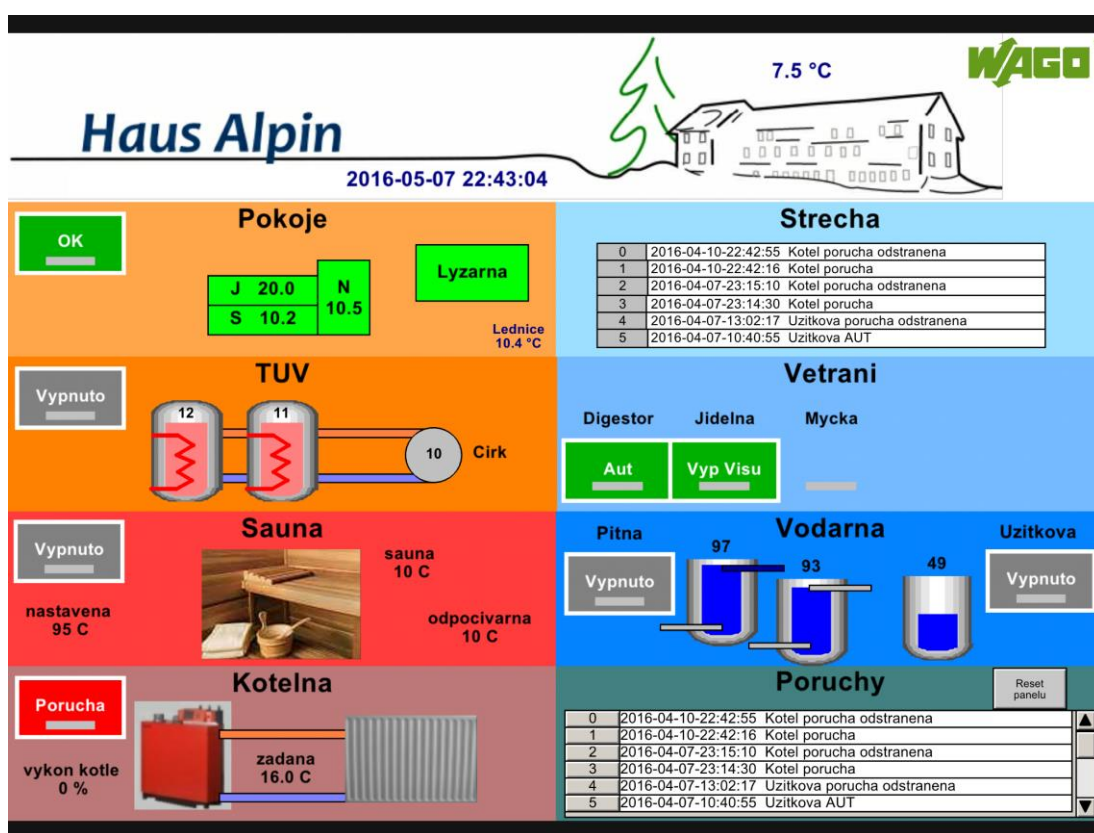


- prostor lyžárny a kotelny řízený procesorovou jednotkou č.1 (1PP)
- prostor sauny řízený procesorovou jednotkou č.2 (1PP)
- prostor kuchyně a choděb řízený procesorovou jednotkou č.3 (1NP)
- prostor zásoby vody řízený procesorovou jednotkou č.4 (1PP)
- prostor toalet řízený procesorovou jednotkou č.5 (1PP)
- prostor pokojů řízený procesorovou jednotkou č.6 (2NP)

Obr. 8: Schéma řídicích okruhů

Vizualizace řídicího systému

Pro vizualizaci je použit interní webservice, který je integrovaný v procesorovém modulu. Webové stránky lze zobrazit na lokálním panelu nebo na internetu, kde jsou chráněny heslem.



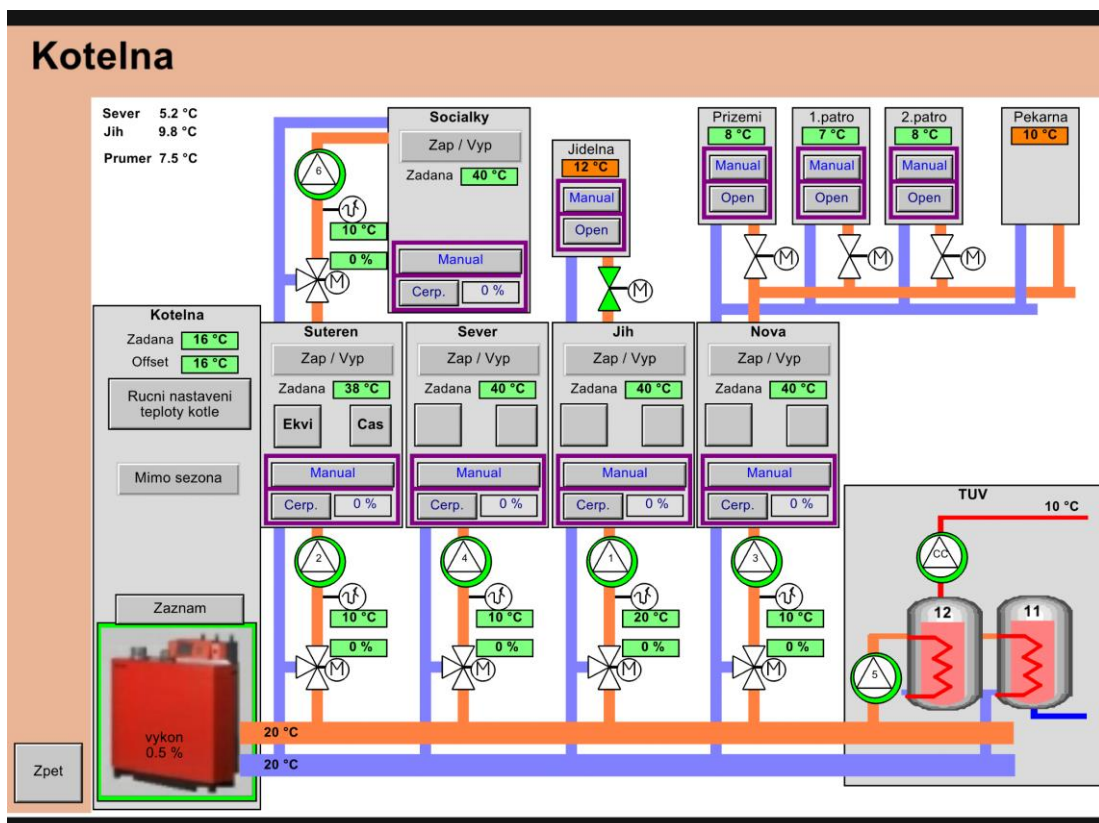
Obr. 9: Webové prostředí řídicího systému Wago - úvodní panel

Všechny obrázky byly pořízeny v květnu 2016, kdy je hotel mimo provoz. Z toho důvodu zobrazené hodnoty neodpovídají reálným hodnotám během provozu.

2.1.3.2 Řízení kotelny

Kotelna se nachází v 1 PP. Jak bylo řečeno v bodě 3.1.2, v roce 2010 byl vyměněn kotel na LTO za plynový kotel. Topný systém je pomocí rozdělovače/sběrače rozdělen na šest větví viz Příloha č.1 - Výkres ROZVODY UT 1PP. Řídicí

procesorová jednotka, která má na starosti řízení kotelny, se nachází v místnosti 0.11 (Kotelna). Ta komunikuje přes sběrnici s ostatními procesorovými jednotkami. To znamená, že pokud v některém z pokojů nacházejícím se ve staré budově na jižní straně vznikne příkaz ke zvýšení teploty, řídicí procesorová jednotka v kotelně zapne čerpadlo na větvi číslo 2 a do radiátorů v této části budovy bude proudit více otopné vody.



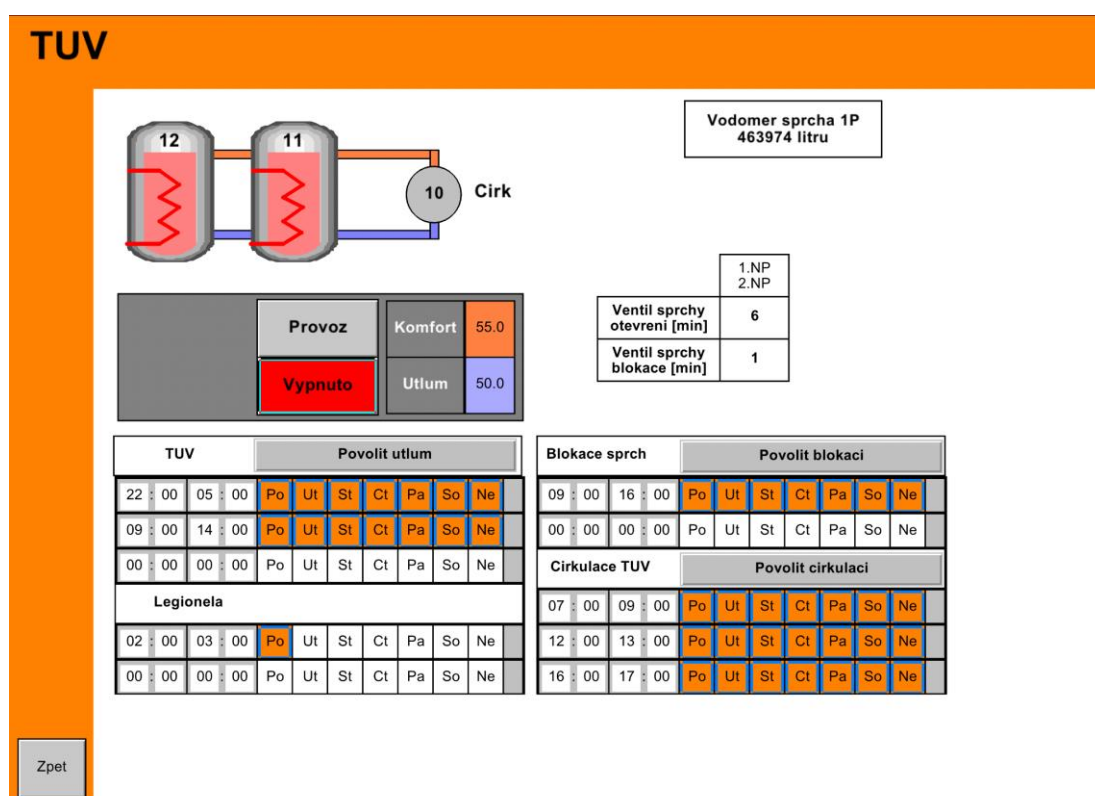
Obr. 10: Webové prostředí řídicího systému Wago - řízení kotelny

2.1.3.3 Ohřev TUV

Příprava teplé užitkové vody (dále jako TUV) probíhá v kotelně (1 PP) pomocí dvou ohříváčů TUV, kdy každý z nich má objem 1800 l. Aby docházelo k co největším úsporám za energie a TUV byla připravována jen tehdy, kdy je opravdu potřeba, je příprava TUV časově řízena pomocí řídicího systému Wago. Jak je vidět na příložených vizualizacích (Obrázek 2-1 Webové prostředí - vizualizace přípravy TUV) ohřev TUV probíhá každý den od 5:00 až do 9:00, tedy v době kdy hosté hotelu vstávají, dále pak od 14:00 do 22:00. V tomto časovém rozmezí je voda ohřívána na 55 °C. V době útlumu (mimo výše uvedená rozmezí) je voda ohřívána na 50 °C.

Ve vodovodním potrubí hrozí z hygienického hlediska riziko vzniku bakterie Legionella. Jediným účinným řešením jak zabránit vzniku této bakterie je vytvoření nepříznivých podmínek pro tuto bakterii. Protože ideální podmínky pro její přežití a rozvoj bakterie jsou přibližně kolem 25 – 50 °C, je celý vodovodní systém jedenkrát týdně po dobu jedné hodiny pročišťován horkou vodou o teplotě přibližně 80 °C, která zabrání rozšíření bakterie a s tím spojenou kontaminací vody. [7]

Již od převzetí objektu řeší provozovatel problémy s nedostatkem pitné vody. Toto téma bude podrobněji řešeno v bodě 2.1.3.6. Aby nedocházelo k nadbytečnému odběru TUV je její odběr ve sprchových koutech časově regulován řídicím systémem a na víc v době od 9:00 do 16:00 jsou všechny sprchové baterie blokovány.



Obr. 11: Webové prostředí řídicího systému Wago - vizualizace přípravy TUV

2.1.3.4 Regulaci teploty na jednotlivých pokojích s návazností na recepční a rezervační systém Previo

Hotel Hausalpin používá pro naplnění ubytovací kapacity recepční a rezervační systém Previo, se kterým komunikuje řídicí systém objektu. V případě, že je nějaký ze 41 pokojů neobsazený, řídicí systém si tuto informaci převezme z rezervačního

systemu Previo a automaticky vypne vytápění daného pokoje. Jakmile se pokoj opět zarezervuje, tak v den příjezdu hosta se od 13 hodin topení v pokoji opět zapne a klient přijíždí do vyhřátého pokoje. Výhodou této inovace je jednak finanční úspora za energie a zároveň ulehčení práce hotelovému personálu. V případě, že by tato funkce nebyla v provozu, musel by personál sledovat obsazenost pokojů a dané radiátorové hlavice uzavírat a otvírat ručně.

Regulace teploty podle potřeby klienta

Pokud je pokoj obsazen, host sám má možnost nastavit si teplotu v pokoji podle svých potřeb. To lze provést pouze pomocí lokálního regulátoru s digitálním displejem, který je naistalován v každém pokoji. Radiátorová tělesa nejsou osazena klasickou termohlavicí, ale elektrotermickou hlavicí značky Siemens. Ta komunikuje s lokálním regulátorem teploty a upravuje přívod otopné vody do radiátoru na základě teploty, kterou si host nastavil na regulátoru teploty. Na displeji je zobrazena aktuální teplota v místnosti a teplota požadovaná, kterou si host sám nastavil.

Další zlepšení z hlediska komfortu uživatelů nabízí zobrazení aktuální venkovní teploty na displeji regulátoru teploty. Venkovní teplota je měřena pomocí snímačů teploty, umístěných jak na severní, tak i na jižní straně fasády. Z těchto dvou hodnot je spočítána průměrná hodnota, kterou zobrazuje displej v pokoji hosta. Vzhledem k tomu, že je hotel zaměřen převážně na lyžařskou klientelu, získala si tato inovace velmi pozitivní odezvu.



Obr. 12: Lokální regulátor teploty s digitálním displejem



Obr. 13: Elektrotermická hlavice

Zablokování vytápění při otevřeném okně

Další inovací v rámci implementace řídicího systému je regulace resp. zablokování vytápění, pokud se v místnosti otevře okno. Jak bylo řečeno v bodě 1.4.1.4, tato funkce slouží především k úspoře energií.

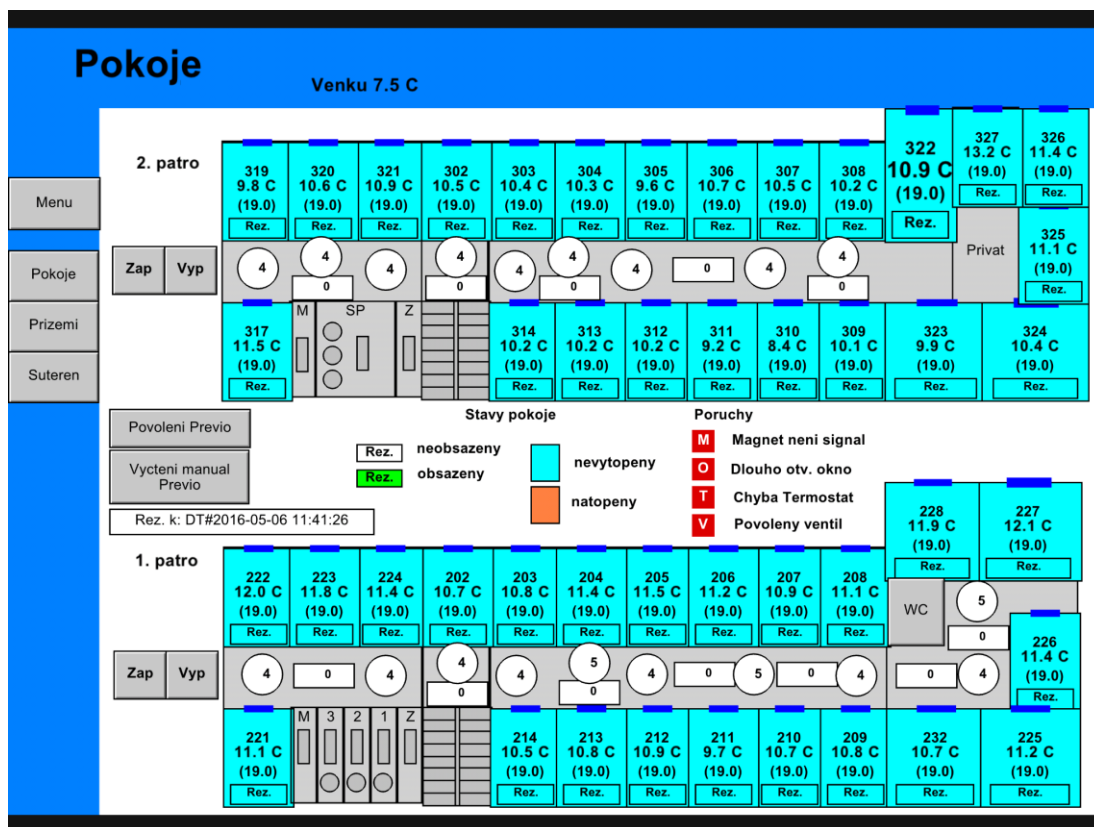
V tomto případě systém funguje následovně: Každé okno je opatřeno kontaktem a pokud je otevřeno více jak na dvě minuty, je z kontaktu vyslán bezdrátový signál (EnOcean). V prostoru chodby je umístěno několik přijímačů, které tento signál přijmou a dále pošlou přímo do řídicího systému. Ten následně zablokuje radiátor v daném pokoji.



Obr. 14: Přijímač signálu EnOcean



Obr. 15: Okenní kontakt

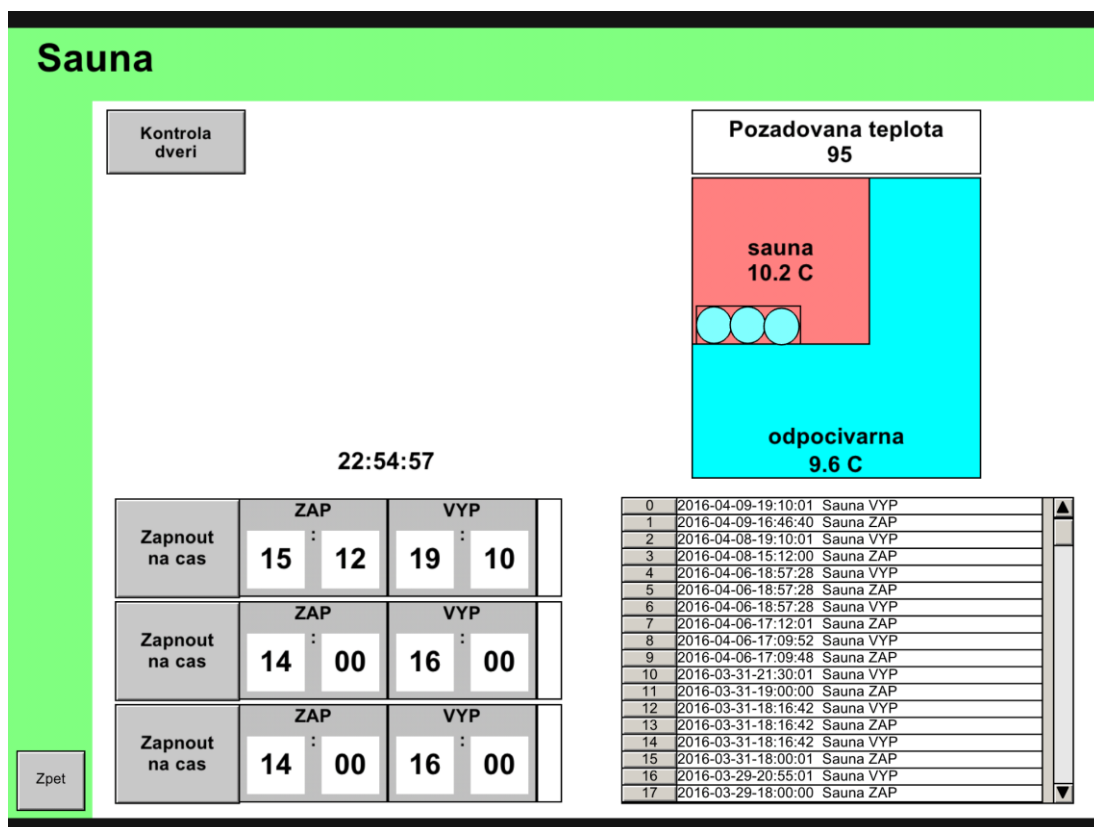


Obr. 16: Webové prostředí řídicího systému Wago - vizualizace pokojů

2.1.3.5 Možnost časového nastavení vyhřátí sauny

Tato oblast řízení nepřináší žádnou úsporu energie a financí. Jde čistě o zvýšení komfortu. Personál hotelu je schopen pomocí webového rozhraní nastavit vyhřátí na danou teplotu, tak i časový horizont jejího fungování.

Příklad z praxe: Klient si na snídani objedná saunu od 19:00 do 20:00 na teplotu 90°C. V tu chvíli je personál pomocí webového rozhraní schopen tento požadavek uložit do systému, který převzatý příkaz následně provede. Předchází se tím situaci, že by personál na požadavek zapomněl a saunu by klientovi v čas nepředehřál.



Obr. 16: Webové prostředí řídicího systému Wago - časové nastavení vyhřátí sauny

2.1.3.6 Zásobování pitnou a užitkovou vodou

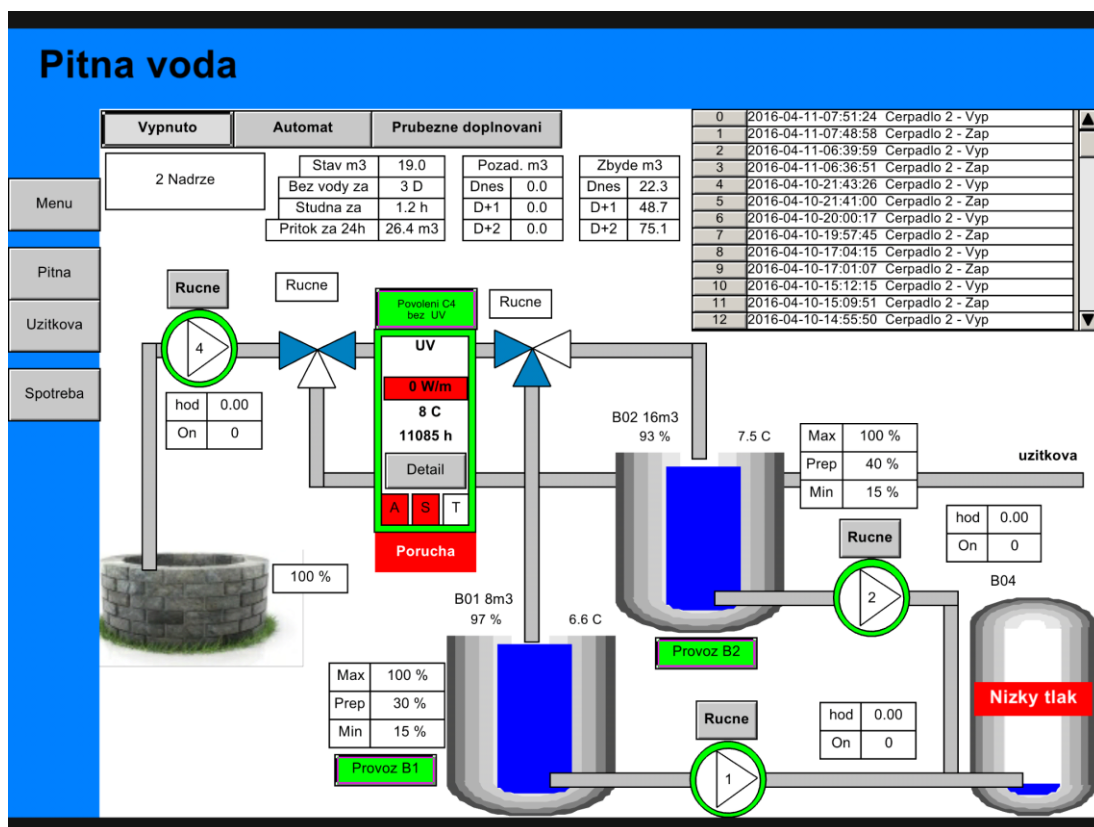
Distribuce vody po objektu je řešena dvěma oddělenými vodovodními potrubími. Jedno potrubí po objektu rozvádí pouze pitnou vodu, která ústí na všech místech, kde s ní člověk přijde do kontaktu. Jedná se o umyvadla v pokojích a toaletách, sprchové kouty v koupelnách a hotelovou kuchyň. Druhé vodovodní potrubí slouží pouze pro rozvod užitkové vody, která je využívána pro splachování toalet. Se zásobováním užitkovou vodou není žádný problém, protože se jako zdroj využívá jezero nacházející se v blízkosti hotelu. Jelikož má voda v jezeře vysokou koncentraci síry, není možno jí používat jako pitnou.

Se zásobováním pitné vody během sezóny už ale problém je. Jako zdroj pitné vody je využívána srážková voda zachycená do retenční nádrže. Tato nádrž má objem 2 m³. Potrubím je voda dopravována do hotelu, kde se akumuluje ve dvou velkých nádržích (každá má objem přibližně 20 m³). Jelikož je tato voda z přírodního zdroje, je zapotřebí ji dezinfikovat. Dezinfekce probíhá pomocí ultrafialového záření (dále jen UV záření), ještě před vstupem vody do akumulačních nádrží. Tato technologie

využívá poznatku, že UV záření (ultrafialová část světelného spektra) je schopno usmrtit mikroorganismy žijící ve vodě s účinností 99,9%. Retenční nádrž je opatřena přepadem. To znamená, že například v případě vysokých dešťových srážek se retenční nádrž naplní velice rychle a přebytečná voda odtéká přes přepad mimo nádrž. Tato skutečnost je pro provozovatele nežádoucí. Z toho důvodu je automatizace tohoto procesu velmi důležitá.

Řídicí systém se snaží udržet obě nádrže uvnitř objektu neustále plné, aby retenční nádrž byla schopná pojmout co nejvíce vody a naopak aby ztráty v podobě vody uniklé přes přepad byly co nejmenší. Hladina vody v obou nádržích je snímána čidlem hladiny vody. V případě, že jedna ze dvou nádrží není z celá naplněna a v retenční nádrži se nachází voda, je tato informace předána přes sběrnici procesorové jednotce, která má na starosti automatizaci zásobování vody. Ta okamžitě spouští čerpadlo, které dopraví požadované množství vody do nádrží.

Jelikož si je provozovatel hotelu vědom problému omezeného množství pitné vody, rozhodl se regulovat přímou spotřebu teplé vody. Ta je ve všech sprchových koutech časově regulována. To znamená, že u každého sprchového koutu je naistalován vypínač, který po zmáčknutí otevře přívod teplé vody do daného sprchového koutu na 6 minut. Díky tomuto kroku je zajištěno dostatečné množství teplé vody pro každého klienta. Zároveň tím bylo dosaženo nižší spotřeby, finanční úspory a systém je šetrný k životnímu prostředí.



Obr. 17: Webové prostředí řídicího systému Wago - vizualizace zásobování vody

2.1.3.7 Regulace osvětlení na chodbách a toaletách

V prostorách, kde se lidé nepohybují tak často (chodby, chodby pro personál, sklad potravin, toalety), jsou naistalovány senzory přítomnosti osob a osvětlení. Z důvodu bezpečnosti je potřeba na chodbách udržovat minimální požadované osvětlení. Pokud je v místnosti dostatek přirozeného světla, světla jsou vypnuta. Všechny světelné zdroje (zářivky), která se nacházejí ve společenských prostorech (chodby, toalety a sprchy), jsou osazeny předřadníkem Dali, který zářivce umožňuje plynulé stmívání. Další výhodou, kterou předřadník Dali přináší, je úspora energie a přibližně o 50% delší životnost světelného zdroje. Pokud na chodbě není dostatek přirozeného světla, jsou pomocí čidel osvětlení jednotlivé světelné zdroje nastaveny tak, aby vytvořili potřebnou úroveň osvětlení. Ve chvíli, kdy do prostoru vstoupí osoba, vyše čidlo přítomnosti signál do řídicí jednotky, která dané světlo (zářivku) zapne.

V prostorách kde se lidé nepohybují tak často, jako je sklad potravin nebo technické místnosti v suterénu, jsou světla vypnutá nepřetržitě a zapínají se pouze v přítomnosti osob.



Obr. 18: Čidlo přítomnosti osob a osvětlení na chodbě

2.1.3.8 Větrání objektu

Nucené větrání pomocí vzduchotechnických jednotek (dále jako VZT jednotka) se v objektu nachází pouze v prostorách kuchyně, toalet, sprcha a lyžárny.

V prostorech 1 NP je výměna vzduchu zajištěna pomocí lokálního větrání. Na dámských a pánských toaletách je tak VZT jednotka umístěna pod stropem v sádkartonovém podhledu. To bylo možné díky vysoké světlé výšce v 1 NP. VZT jednotky pro 2 NP a 3 NP jsou z důvodů malé světlé výšky v těchto podlaží umístěny na půdě.

Odvod znehodnoceného vzduchu z objektu je také řízen pomocí řídicího systému Wago. Na všech toaletách a ve všech sprchách jsou umístěna čidla přítomnosti osob. Jakmile do některého z těchto prostorů vstoupí člověk, automaticky

se spolu s osvětlením spustí VZT jednotka v dané místnosti. Ta je v provozu po dobu pěti minut, během kterých by měla odvést všechny znehodnocený vzduch.

Samozřejmostí je odvoz znečištěného vzduchu z prostoru kuchyně během provozu kuchyně. V zázemí kuchyně se dále nachází myčka nádobí. Ta produkuje velké množství vlhkosti, kterou je potřeba odvést pryč z objektu. Jelikož je v kuchyni nainstalován plynový vaříč, je nutné zajistit odvod spalin z tohoto plynového zařízení. Z bezpečnostních důvodů není možné zapálit plynový vaříč, pokud VZT jednotka neodvádí vzduch. Proto je odvod spalin spuštěn, jakmile dojde k zapálení plynového vaříče. Tím vzniká cirkulace vzduchu a do prostoru kuchyně je tak dopraven čistý znehodnocený vzduch.

2.1.3.9 Kontrola vlhkosti v sušárně lyžařského vybavení

V objektu se nachází sušárna lyžařského vybavení. Jedná se především o nástěnné sušáky lyžařských bot. Vzhledem k vysoké kapacitě hostů (120 lůžek), jsou v lyžárně umístěny nástěnné sušáky o kapacitě 160 párů bot. Během vysoušení vzniká velké množství vlhkosti. Tuto vlhkost je třeba z místnosti odvést kvůli vzniku plísní a odvodu znečištěného vzduchu. V prostoru lyžárny je umístěno čidlo. V případě detekování vysoké úrovně vlhkosti se zapne ventilátor, který vlhkost z místnosti odvede.

Samotné vysoušení bot je v provozu tak, aby bylo co nejvíce úsporné. Všechny sušáky jsou připojeny na procesorový modul, který časově řídí jednotlivé vysoušeče. Jejich provoz je nastaven tak, že jsou aktivní od 6:00 do 9:00 ráno, aby hosté měli boty suché před lyžováním. Druhá provozní vlna probíhá od 12:00 do 14:00 během obědů.

2.1.3.10 Ochrana okapů před sněhem a ledem

Vzhledem k tomu, že se objekt nachází v poměrně vysoké nadmořské výšce, klesá teplota venkovního vzduchu pod bod mrazu velice často. Díky tomu, se vytváří a hromadí sníh a led v okapovém systému celého objektu. Z toho důvodu se do okapového systému nainstaloval topný kabel, díky kterému se sníh ani led v okapech nevytváří.

Mimo objekt je umístěn snímač venkovní teploty. Jakmile teplota klesne pod bod mrazu, čidlo pošle informaci řídicí jednotce, která okamžitě zapne vytápění okapů. Jakmile se venkovní teplota opět vrátí nad bod mrazu, vytápění okapů se vypíná.

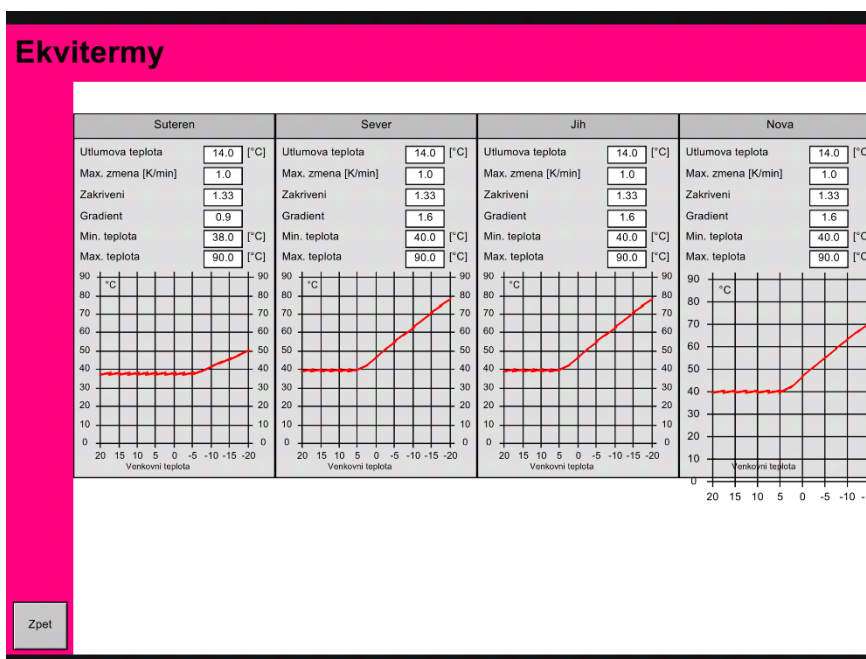
2.2 Technické a technologické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.

Jak bylo řečeno v bodě 2.1.1. hotel Hausalpin byl postaven v 70. letech, kdy obor automatizace budov neexistoval. Proto před implementací řídicího systému nebyl objekt řízen. Všechny provozované technologie byly původní, tedy ze 70. let.

Hlavním cílem rekonstrukce a zavedení inteligentního řídicího systému bylo sloučit uživatelské prostředí do jednoho systému, který by bylo možné ovládat přes webové rozhraní a to jak lokálně, tak ze vzdáleného místa. Dalším z cílů automatické regulace všech technologií byla minimalizace nákladů na energie, zvýšení komfortu a zlepšení vnitřního prostředí budovy.

2.2.1 Porovnání regulace vytápění objektu dnes s původním stavem

Výhodou současného stavu, kdy je vytápění objektu regulováno řídicím systémem, je bezpochyby úspora energií. Venkovní teplota je měřena pomocí několika senzorů teploty a tyto hodnoty jsou odesílány do řídicího systému, který je následně používá pro svoje další kroky. Teplota je měřena zvlášť na jižní a severní straně fasády. Rozdíl může dosahovat až 10 °C. Z toho například vyplývá výhoda objektu řízeného řídicím systémem, který tento fakt vyhodnotí a provede potřebná opatření. Řídicí jednotka tyto teploty využívá k výpočtu teploty otopné vody v závislosti na teplotě exteriéru a to pomocí ekvitemní křivky.



Obr. 19: Ekvitermní křivky hotelu Hausalpin

Princip je takový, že při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota otopné vody, aby vznikla rovnováha mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami budovy a zároveň teplota interiéru zůstala konstantní. Například při snížení venkovní teploty řídicí jednotka tuto změnu okamžitě zaregistruje. Díky senzorům venkovní teploty a pomocí ekvitermní křivky reguluje systém teplotu otopné vody tak, aby teplota v místnosti zůstala konstantní a neklesla pod požadovanou hodnotu. V opačném případě, kdy venkovní teplota roste, se pomocí ekvitermní křivky teplota otopné vody reguluje tak, aby teplota vytápěného prostoru nepřesáhla požadovanou teplotu. To se stávalo před realizací řídicího systému. V tu chvíli člověk v místnosti pocítil zvýšení teploty a reguloval ji pomocí otevření okna. Tím docházelo ke zbytečným tepelným ztrátám a zvyšovala se spotřeba plynu resp. LTO na vytápění.

2.2.2 Porovnání řízení osvětlení dnes s původním stavem

Při porovnání současného stavu, kdy je osvětlení na chodbách, toaletách a v koupelnách řízeno řídicím systémem a stavu před zavedením automatizace osvětlení, je výhodou bezpochyby úspora elektrické energie a výrazné prodloužení životnosti použitých svítidel. Výkon všech světel je ve výše uvedených prostorech regulován pomocí DALI předřadníku a řídicího systému, které jejich výkon upravují podle aktuální potřeby osvětlení. To znamená, že pokud je například na chodbě dostatek přirozeného světla nebo se v prostotu chodby nepohybuje žádný člověk, je zářivka

pomocí DALI předřadníku ztlumena na nižší výkon nebo zcela vypnuta. Tím se snižují náklady za elektrickou energii a prodlužuje životnost světelného zdroje.

Před realizací řídicího systému k takové regulaci osvětlení podle aktuální potřeby osvětlení nedocházelo. Světelné zdroje v prostorech chodeb svítily neustále na plný výkon, i když to nebylo potřeba. Tím se zvyšovaly náklady na elektrickou energii, světelné zdroje byly zbytečně přetěžovány a docházelo tak ke snižování jejich životnosti.

Dalším přínosem řízení osvětlení, je zvýšení komfortu pohybu po chodbách během noci. V době před realizací řídicího systému svítila světla na chodbách i během na plný výkon. Díky tomu docházelo k oslnění pokud šel hotelový host během noci například na toaletu. Další nevýhodou bylo, že díky silnému světelnému záření dopadalo velké množství osvětlení do pokojů a mohlo rušit spící hosty. V současné době je osvětlení nastaveno na denní a noční režim. Během noci je výkon světelných zdrojů regulován řídicím systémem tak, aby na chodbách byla požadovaná hodnota osvětlení a ne zbytečně větší.

2.2.3 Životnost použitých prvků

Prvky řídicího modulárního systému Wago

Dle informací výrobců se životnost prvků od firmy Wago pohybuje v řádech desítek let. Všechny procesorové moduly, komunikační moduly DALI, MP-Bus, EnOcean jsou instalovány do elektrických rozvaděčů, které je chrání před vnějšími vlivy a mechanickým poškozením.

Okenní kontakt Thermokon SRW01

Jelikož okenní kontakt využívá jako zdroj energie solární článek, je prakticky bezúdržbový. Jeho životnost je v řádech desítek let.

Elektrotermická hlavice Siemens 24V

Její životnost je dle výrobců uváděna v řádech desítek let. V konkrétním případě na hotelu Hausalpin byla doposud nutná její výměna pouze z důvodu mechanického poškození, zapříčeno některým z hostů. Jelikož jsou hlavice u termostatických těles namontovány u podlahy, dochází občas k ukopnutí a poškození

hlavice. Dle informací poskytnutých provozovatelem to jsou přibližně 1 – 2 kusy za rok.

Lokální regulátor teploty UI010

Všechny tyto prvky jsou od zavedení inteligentního řídicího systému Wago v roce 2011 původní. Jediné prvky, které byly během těchto pěti let poškozeny a následně vyměněny jsou výše uvedené elektrotermické hlavice Siemens 24V. (1 – 2 kusy za rok)

Přehled životnosti prvků

Tab. 2: Přehled životnosti použitých prvků

Název prvku	Životnost	MJ
Okenní kontakt Thermokon SRW01	10	let
Elektrotermická hlavice Siemens 24V	výměna 2	ks/rok
Regulátor teploty UI010	10	let
Čidlo intenzity osvětlení a přítomnosti	10	let
Ethernetový kabel	25	let
Procesorový modul 750-841/881	15	let
Modul DALI	15	let
Bezdrátová komunikace EnOcean	15	let
Modul MP-Bus	15	let
Zobrazovací model	10	let

2.2.4 Stavební práce spojené s rekonstrukcí

Práce, které byly provedeny v rámci instalace řídicího systému a jeho prvků jsou kabelové žlaby a prostupy zdmi.

2.2.5 Sumarizace

Cílem realizace řídicího systému Wago byla především úspora energií. Největší úspora energie byla docílena řízením regulace vytápění objektu. V tom je zahrnuto řízení kotelny a regulace teploty na pokojích. Další technologie, které přispěly k úspoře energií, jsou ohřev TUV a regulace osvětlení na chodbách a toaletách. Přínosy automatizovaných technologií jsou schematicky znázorněny v Tabulce 3.

Tab. 3: Přínosy automatizovaných technologií

Název řízené technologie	výhody	zvýšení nároků na technologie
řízení kotelny	- úspora energií (plynu)	- instalace čidel teplot
	- přehledná vizualizace aktuálního stavu kotelny	
	- automatické hlášení poruchy	
ohřev TUV	- úspora energií	- instalace tlačítek na spuštění sprch v koupelně
	- zajištění dobrého hygienického stavu	
	- zajištění dostatečného množství teplé vody na sprchování	
regulace teploty na pokojích s návazností na rezervační systém	- úspora energií (plynu)	- pořízení kontaktu otevření okna
	- zvýšení komfortu	- pořízení lokálního regulátoru teploty
	- ulehčení práce provozovateli	- pořízení elektrotermická hlavice a její napojení na zdroj elektrické energie
	- automatické hlášení poruchy	- instalace přijímače signálu EnOcean
časové nastavení vyhřátí sauny	- ulehčení práce provozovateli	- zařízení pro ovládání webového rozhraní
zásobování pitnou a užitkovou vodou	- zvýšení jistoty dostatečného množství pitné vody	- instalace čidla hladiny vody
	- přehledné zobrazení aktuální zásoby pitné vody	- instalace tlačítek na spuštění sprch v koupelně
	- automatické hlášení poruchy	
regulace osvětlení na chodbách a toaletách	- úspora energií	- instalace čidla přítomnosti osob a osvětlení
	- zvýšení komfortu	- osazení každého světelného zdroje DALI předradníkem
větrání objektu	- zvýšení komfortu	- instalace čidlo přítomnosti osob
kontrola vlhkosti v sušárně lyžařského vybavení	- zvýšení komfortu	- instalace snímače vlhkosti
	- zamezení vzniku plísní	- instalace ventilátoru a potrubí VZT
ochrana okapů před ledem a sněhem	- zvýšení bezpečnosti	- instalace topného kabelu do okapů
		- instalace čidla teploty

Další inovací do budoucna by mohla být možnost přípravy TUV pomocí solárních kolektorů. Tímto krokem by se mohly náklady na přípravu TUV ještě více snížit.

2.3 Ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému v porovnání s původním řídicím systémem.

2.3.1 Investice řídicího systému

Okenní kontakt Thermokon SRW01

Okenní kontakt SRW01 využívá bezdrátovou technologii EnOcean (868 MHz) pro monitorování oken a dveří v regulovaných místnostech.

Okenní kontakt má dvě možnosti provozu. První z nich je, že kontakt vyšle signál při změně stavu (otevření / zavření okna) nebo periodicky každých cca. 15 minut. Jako zdroj energie využívá solární články.

Cena 1150 Kč

Počet nainstalovaných kusů: 63 ks



Obr. 20: Okenní kontakt SRW01 [8]

Elektrotermická hlavice Siemens 24V

Tato Elektrotermická hlavice se používá pro regulaci koncových jednotek na straně vody, topných a chladicích zón. Standartní nastavení je takové, že pokud je pohon (hlavice) bez napětí, je ventil uzavřen.

Cena: 650 Kč

Počet nainstalovaných kusů: 46 ks



Obr. 21: Elektrotermická hlavice Siemens 24V [9]

Lokální regulátor teploty UI010

Ovladač UI010 je pokojový ovladač který slouží pro větrací, vytápěcí a klimatizační systémy. Ovladač snímá teplotu v místnosti. Nastavení teploty se provádí otočným knoflíkem a požadovaného provozního stavu se dosáhne stiskem tlačítka nebo nastavením v menu. Rozsah měřených teplot je -20 až +70 °C.

Cena: 2500 Kč

Počet nainstalovaných kusů: 45 ks



Obr. 22: Lokální regulátor teploty UI010 [10]

Ethernetový kabel

Cena: 7 Kč/m

Počet nainstalovaných metrů: 400 m

Procesorový modul 750-841/881

Cena za kus 8456 Kč/ks

Počet kusů 6 Ks



Obr. 23: Procesorový modul 750-841/881

Tab. 4: Pořizovací náklady řídicího systému

Náklady					
Název prvku	počet kusu	MJ	cena za MJ	cena celkem	MJ
Okenní kontakt Thermokon SRW01	63,00	ks	1 150,00	72 450,00	Kč
Elektrotermická hlavice Siemens 24V	46,00	ks	650,00	29 900,00	Kč
Regulátor teploty UI010	45,00	ks	2 500,00	112 500,00	Kč
Čidlo intenzity osvětlení a přítomnosti	20,00	ks	1 200,00	24 000,00	Kč
Ethernetový kabel	400,00	m	7,00	2 800,00	Kč
Procesorový modul 750-841/881	6,00	ks	8 456,00	50 736,00	Kč
Modul DALI	2,00	ks	3 426,00	6 852,00	Kč
Bezdrátová komunikace EnOcean	1,00	ks	5 985,00	5 985,00	Kč
Modul MP-Bus	1,00	ks	3 767,00	3 767,00	Kč
Zobrazovací model	1,00	ks	8150,00	8150,00	Kč
Binární vstup; DC24V; 4-kanál	30,00	ks	608,00	18 240,00	Kč
Binární výstup; DC24V; 4-kanál	30,00	ks	680,00	20 400,00	Kč
Analogový vstup; 0-20mA; 4-kanál	25,00	ks	3 572,00	89 300,00	Kč
Seriové rozhraní RS485	1,00	ks	5 103,00	5 103,00	Kč
Zakončovací modul	6,00		243,00	1 458,00	Kč
celková výše investice				451 641,00	Kč

2.3.2 Spotřeba plynu za rok

Tab. 5: Spotřeba plynu za rok

Stav	spotřeba plynu	převod na KWh	spotřeba plynu	cena za MJ	cena za rok
	[m ³ /rok]		[kWh/rok]	[cent/kWh]	[€/rok]
Před implementací řídicího systému	39 650	10,55	418 307,50	6,4	26 772
Po implementaci řídicího systému	26 320	10,55	277 676,00	6,4	17 771

Tab. 6: Rozdíl tepelných ztrát před a po výměně oken

Výplň otvorů	A	Δt	U	Qp	m*d*h	Q za rok
	[m ²]	[K]	[W/m ² K]	[W]	4,5*30*24	[kWh]
Původní okna	201,11	42,00	1,50	670,09	3 240,00	41 051,08
Nová okna	201,11	42,00	0,70	5 912,71	3 240,00	19 157,17
Rozdíl tepelných ztrát						21 893,91

*) m= měsíc, d= den, h= hodiny

Součástí rekonstrukce byla výměna všech výplní otvorů na fasádě. Tento fakt byl započítán do výpočtu tak, že rozdíl tepelných ztrát okny byl odečten do spotřeby plynu za rok před realizací řídicího systému.

Tab. 7: Finanční úspora po započtení tepelných ztrát oken

Stav	spotřeba plynu	převod na KWh	spotřeba plynu	cena za MJ	cena za rok
	[m3/rok]		[kWh/rok]	[cent/kWh]	[€/rok]
Před implementací řídicího systému	39 650	10,55	396 413,59	6,4	25 370
Po implementaci řídicího systému	26 320	10,55	277 676,00	6,4	17 771
Úspora					7 599
					27,00
					205 178 Kč

2.3.3 Spotřeba elektrické energie za rok

Tab. 8: Roční spotřeba elektřiny před realizací řídicího systému

Měřený prostor	Roční spotřeba elektřiny	MJ	Cena za kWh	MJ	Cena za rok	MJ
Celý objekt	121 014	[kWh]	6,9	cent/kWh	8349,97	€
Celkem					8349,97	€

Tab. 9: Spotřeba elektrické energie za rok po realizaci řídicího systému

Měřený prostor	Roční spotřeba elektřiny	MJ	Cena za kWh	MJ	Cena za rok	MJ
V kuchyni	29285	kWh	6,4	cent/kWh	1 874,24	€
Zbytek objektu	69739	kWh	6,9	cent/kWh	4 811,99	€
celkem					6 686,23	€

2.3.4 Sumarizace provozních nákladů

Tab. 10: Sumarizace provozních nákladů

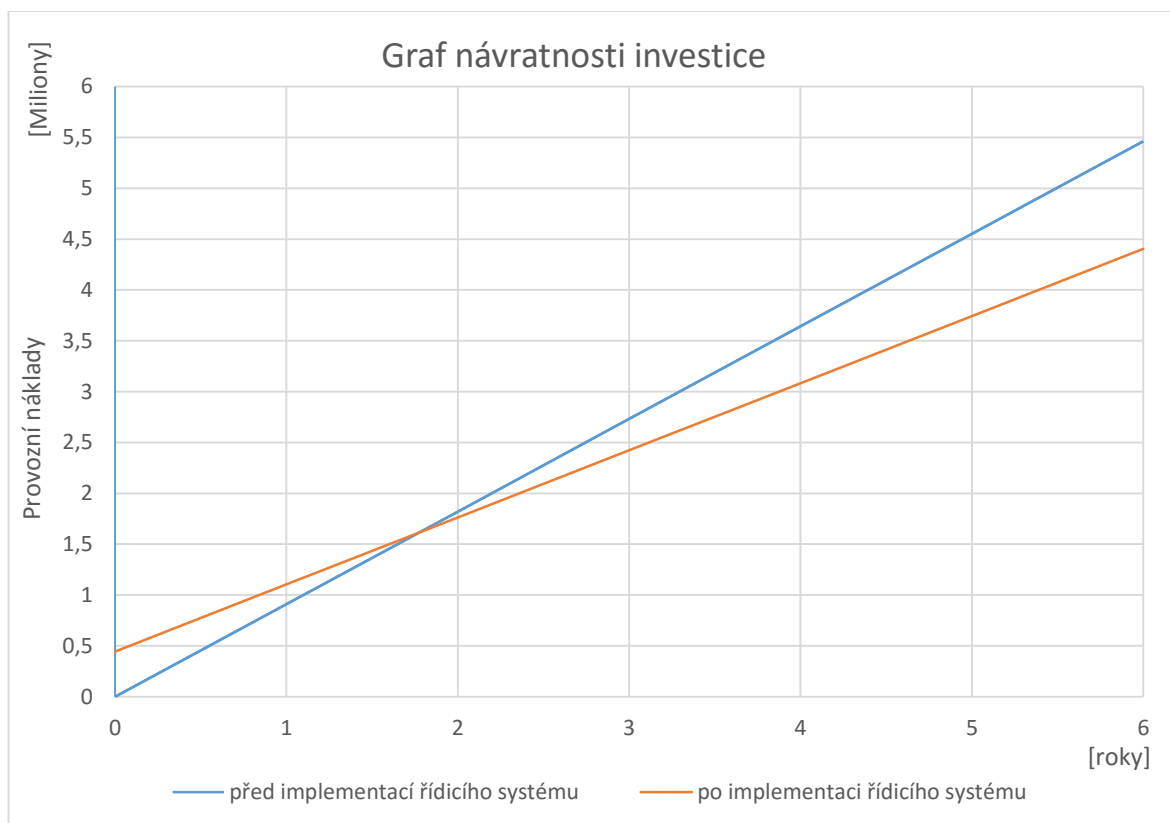
Stav	Účtované medium	Cena za rok	Cena za rok	Celkem Kč
		[€]	[€]	
Před implementací řídicího systému	plyn	25 370,47	33 720,44	910 451,76
	elektrika	8 349,97		
Po implementaci řídicího systému	plyn	17 771,26	24 457,50	660 352,37
	elektrika	6 686,23		
Úspora				250 099,40

Z Tabulky 10 je vidět, že díky realizaci řídicího systému došlo k finanční úspoře 250 099 Kč. To je snížení provozních nákladů o 27,5 %.

Tab. 11: Provozní náklady

Provozní náklady	0	1	2	3	4	5	6
	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Před implementací řídicího systému	0	910 451	1 820 902	2 731 353	3 641 804	4 552 255	5 462 706
Po implementaci řídicího systému	443 491	1 103 843	1 763 730	2 423 617	3 083 504	3 743 391	4 403 278

2.3.5 Doba návratnosti investice



Graf 1 Doba návratnosti investice

Z grafu návratnosti je patrné, že bod zvratu je přibližně dva roky od realizace řídicího systému.

Závěr

Hlavním tématem mé bakalářské práce byla problematika inteligentních budov, které jsou v současné době velice rozvíjející se obor. V první části jsem provedl rešerši inteligentních budov resp. řídicích systémů. Nejdříve jsem popsal jednotlivé typy elektroinstalací, poté druhy řídicích systémů (centralizovaný, decentralizovaný a hybridní). Dále jsem popsal možnost úspory energií díky řízení jednotlivých technologií.

Druhá část práce byla zaměřena na analýzu řídicího systému hotelu Hausalpin. Provedl jsem porovnání aktuálního stavu, kdy jsou všechny technologie v objektu automatizovány a integrovány do jednoho systému se stavem před realizací porovnávaného řídicího systému. V poslední řadě jsem vytvořil ekonomické zhodnocení inteligentního řídicího systému s původním řídicím systémem a zhodnotil dobu návratnosti investice. Z tohoto hodnocení vyšlo najevo, že implementace řídicího systému se nejvíce vyplatila u řízení kotelny a regulace vytápění na pokojích. Integrací těchto technologií do řídicího systému klesla spotřeba plynu přibližně o 205 000 Kč/rok, tj. o 30%. Návrat investice do řídicího systému je přibližně 2 roky.

Nejenže investice přinesla společnosti Hausalpin s.r.o. po 2 letech finanční úsporu, ale také i velké zvýšení komfortu pro hosty. Jde především o možnost individuálního nastavení teploty na pokojích, řízení VZT na toaletách, regulace osvětlení na chodbách. Dalším pozitivem je usnadnění práce zaměstnanců hotelu díky regulaci teploty na pokojích s návazností na rezervační systém Previo, možnosti časového nastavení sauny.

Investice do řídicího systému přinesla pozitivní výsledky. Uspořené finanční prostředky mohou a s největší pravděpodobností budou použity na další investice. Díky realizaci řídicího systému došlo k zhodnocení samotné nemovitosti, z čehož vyplývá, že majitel učinil správné rozhodnutí a nastavil provoz hotelu tak, aby byl ekonomicky výkonný.

Citovaná literatura

- [1] M. Valeš, *Inteligentní dům*, Brno, 2006.
- [2] C. Doc. Ing. Bohumír Garlík, *Elektrotechnika a inteligentní budovy*, Praha, 2014.
- [3] I. J. Vaňuš, „Systémová technika budov a bytů,“ VŠB - TU Ostrava, 2003.
- [4] „Elektrina.cz,“ [Online]. Available: <http://www.elektrina.cz/vyroba-elektriny-v-cr-nejvic-energie-stale-ziskavame-z-uhelnych-elektren>.
- [5] „Tzb-info.cz,“ [Online]. Available: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/7981-vetrani-budovy-a-sireni-vzduchu-podle-csn-73-0540-2>.
- [6] D. Č. a. k. Marcela Počinková, *Úsporný dům*, Brno, 2008.
- [7] „Legionella.cz,“ [Online]. Available: <http://legionella.cz/clanky/reseni-pro-tuv/>.
- [8] „Rem-technik.cz,“ [Online]. Available: <http://www.rem-technik.cz>.
- [9] „Siemens.com,“ [Online]. Available: <https://www.siemens.com>.
- [10] „Domat-int.com,“ [Online]. Available: <http://products.domat-int.com/cs/>.
- [11] WAGO, *Automatizace budov*, WAGO-Elektro spol. s r.o..