

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Snížení energetické náročnosti
sportovního areálu**

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Diplomant: Bc. Pavel Pavlíček

© 2023 Praha

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavel Pavlíček

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Snížení energetické náročnosti sportovního areálu

Název anglicky

Reducing the energy intensity of the sports complex

Cíle práce

Snížit energetickou náročnost objektu návrhem zateplení obvodových stavebních konstrukcí. Navrhnout výměníky pro zpětné získávání tepla z větracího vzduchu objektu, nízkoteplotní otopnou soustavu a variantní zdroje tepla pro vytápění a ohřev TV. Vyhodnotit navržené varianty řešení z energetických, ekonomických a environmentálních aspektů. Výběr optimálního řešení.

Metodika

1. Struktura práce by se co nejvíce měla přiblížit schématu:

A. Úvod

B. Materiál a metody

C. Výsledky

D. Diskuse

E. Závěr

V práci lze slučovat kapitoly Diskuse a Závěr.

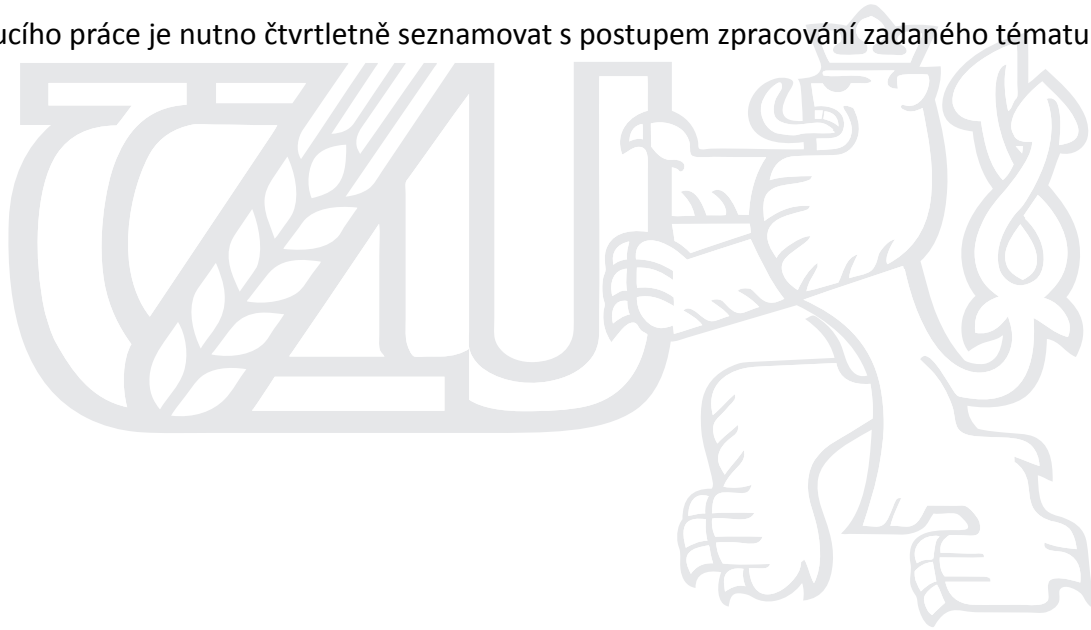
2. Součástí diplomové práce bude sestavení literární rešerše analyzující problematiku energetické náročnosti a technických řešení klimatizace sportovních objektů. Literární rešerše bude shrnovat poznatky publikované v domácí a zahraniční literatuře. Diplomant vypočte celkovou návrhovou tepelnou ztrátu, celkový návrhový tepelný výkon, roční spotřebu tepla pro vytápění stávajícího objektu, navrhne zateplení objektu a vypočte uvedené parametry pro zateplený objekt. Navrhne systém klimatizace prostoru využívající rekuperace tepla z větracího vzduchu, nízkoteplotní otopnou soustavu a variantní zdroje tepla soustavy s cílem krytí tepelných ztrát objektu v zimním období. Navrhne rozvody vzduchu v klimatizovaném prostoru. Vypočte spotřebu energie navrženého systému klimatizace a ekonomickou efektivnost jeho realizace.

3. Práci je vhodné doplnit fotografiemi, schémata, grafy a tabulkami. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly práce, rovnice, tabulky a obrázky je nutno číselně označovat a na toto značení se v textu odkazovat. Nedílnou

součástí práce je i obsah, abstrakt, seznam použitých zkratk a symbolů, obrázků, tabulek a literatury. Práce může být doplněna přílohami.

4. Při vypracování diplomové práce je nutno dbát na respektování citačních pravidel dle ČSN ISO 690:2011.

5. Vedoucího práce je nutno čtvrtletně seznamovat s postupem zpracování zadaného tématu.



Doporučený rozsah práce

40-50 str.

Klíčová slova

sportovní hala, klimatizace, tepelná izolace, otopná soustava, tepelné čerpadlo, kondenzační kotel

Doporučené zdroje informací

ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

ČSN EN 15316-1 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 1: Obecné požadavky a vyjádření energetické náročnosti, Modul M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

Firemní dokumentace a podklady – <http://www.tzb-info.cz>

Vytápění, větrání, instalace. Odborný recenzovaný časopis. Praha: Společnost pro techniku prostředí, ISSN 1210-1389.

www.atrea.cz

www.cic.cz

www.veskom.cz

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2021

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 02. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma "Snížení energetické náročnosti sportovního areálu" vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31. března 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Radomíru Adamovskému, DrSc. za vedení, odborné konzultace a dohlížení na průběh tvorby méj diplomové práce. Dále bych chtěl také poděkovat méj rodině za trpělivost a potřebnou podporu při tvorbě této práce.

Bc. Pavel Pavlíček

Snížení energetické náročnosti sportovního areálu

Abstrakt

Cílem této práce je shrnutí širších souvislostí, které jsou zásadní při rozhodovacím modelu snižování energetické náročnosti objektu před započítáním rekonstrukce. Volbou a aplikací těchto souvislostí s následným shrnutím výsledků energetické bilance současného stavu objektu se stavem po aplikaci úsporných opatření. Tyto souvislosti a řešená problematika je v rámci této práce aplikována na budově v majetku Sokola Luštěnice, z. s. sloužící k volnočasové sportovní rekreaci.

S ohledem na omezené ekonomické možnosti majitele objektu bude tato práce obsahovat návrh energeticky úsporný, zároveň i ekonomicky únosný. Tento návrh bude porovnán s energetickým auditem z roku 2012, bude provedeno vyhodnocení jednotlivých úsporných opatření s ohledem na současnou energetickou neúspornost objektu. V závěru bude provedeno ekonomické hodnocení návrhu v závislosti na finančních možnostech majitele objektu a možné návratnosti daných opatření.

Klíčová slova:

Sportovní hala, klimatizace, tepelná izolace, otopná soustava, tepelné čerpadlo, kondenzační kotel, energetický audit, tepelná bilance, spotřeba primární energie.

Reducing the energy intensity of the sports complex

Abstract

The aim of this work is to summarize the wider context, which is essential in the decision-making model of reducing the energy demand of the building before the start of the reconstruction. By choosing and applying these contexts, followed by summarizing the results of the energy balance of the current state of the building with the state after the application of saving measures. As part of this work, these connections and the solved problem are applied to a building owned by Sokol Luštěnice, z. s. used for leisure sports recreation.

With regard to the limited economic possibilities of the owner of the building, this work will include an energy-saving design that is also economically viable. This proposal will be compared with the energy audit from 2012, an evaluation of individual energy-saving measures will be carried out with regard to the current energy inefficiency of the building. In the end, an economic evaluation of the proposal will be carried out depending on the financial possibilities of the owner of the building and the possible return of the given measures.

Keywords:

Sports hall, air conditioning, thermal insulation, heating system, heat pump, condensing boiler, energy audit, heat balance, primary energy consumption.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika	6
2.1	Cíl práce.....	6
2.2	Metodika.....	6
3	Teoretická východiska	7
3.1	Energetická náročnost budovy	7
3.1.1	Výpočty pro stavební část a výchozí hodnoty pro TZB	8
3.1.2	Výpočty pro vytápění a chlazení.....	8
3.1.3	Výpočty pro větrání a úpravu vlhkosti.....	9
3.1.4	Výpočty pro TV	10
3.1.5	Výpočty pro osvětlení	10
3.1.6	Alternativní zdroje, ekonomika	11
3.2	Možnosti rekonstrukce v procesu komplexního plánování	11
3.2.1	Obálka budovy, současné tepelné izolace a jejich aplikace.....	13
3.2.1.1	Izolanty a jejich užití při zateplování budovy	15
3.2.1.2	Zateplování obvodových konstrukcí, možnosti.....	20
3.2.1.3	Zateplování střešních konstrukcí, možnosti	26
3.2.1.4	Zateplování perimetru, možnosti.....	32
3.2.1.5	Zateplování nevytápěných místností, možnosti	32
3.2.1.6	Izolace podlah, možnosti	33
3.2.2	Obálka budovy, otvorové výplně.....	33
3.2.2.1	Zasklení otvorových výplní.....	34
3.2.2.2	Rámy otvorových výplní	36
3.2.2.3	Usazení otvorových výplní.....	37
3.2.2.4	Stínění, stínící technika a její montáž.....	40
3.3	Technologická zařízení staveb	45
3.3.1	Vytápění.....	45
3.3.1.1	Rozdělení systémů otopných soustav dle teplot.....	45
3.3.1.2	Rozdělení systémů otopných soustav dle přenosu tepla.....	46
3.3.1.3	Zdroje tepla.....	48
3.3.1.4	Regulace	53
3.3.2	Větrání a klimatizace	54

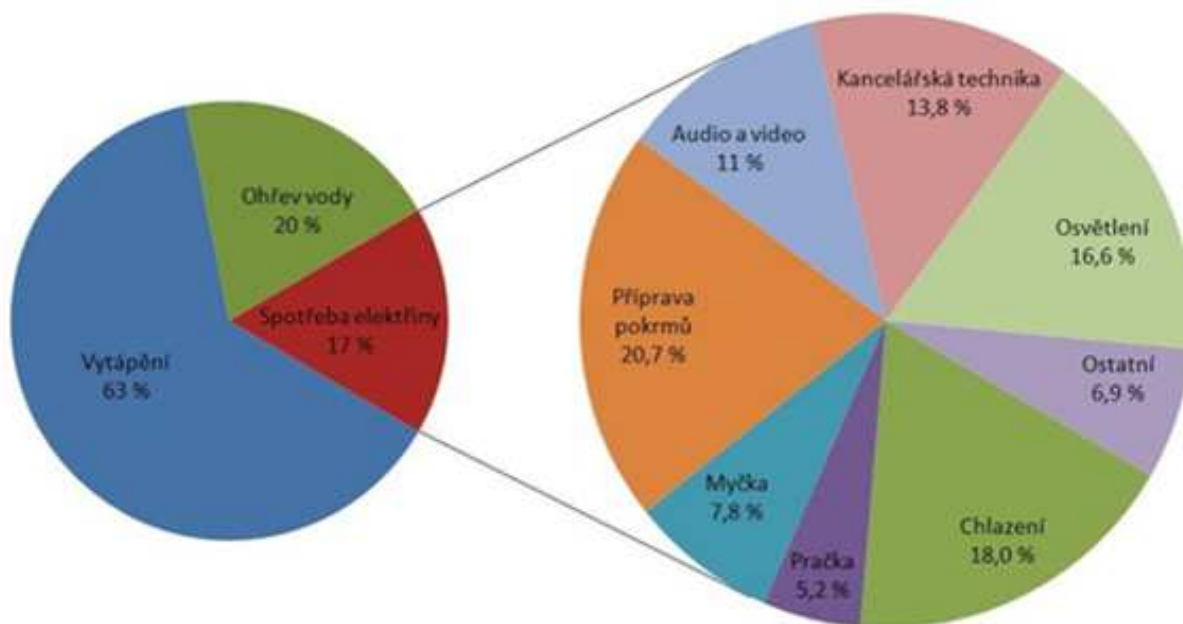
3.3.2.1	Přírozené větrání.....	54
3.3.2.2	Nucené větrání.....	55
3.3.3	Chlazení	60
3.3.3.1	Kompresorové chlazení.....	60
3.3.3.2	Sorpční chlazení	61
3.3.3.3	Nízkoenergetické chlazení.....	61
3.3.3.4	Akumulace chladu	63
4	Vlastní řešení	64
4.1	Současný stav	65
4.1.1	Provozní doba objektu	65
4.1.2	Systém otopné soustavy a přípravy TUV	66
4.1.3	Systém výměny vzduchu	66
4.1.4	Systém chlazení	66
4.1.5	Alternativní zdroje energie	66
4.2	Energetický audit 4/2012.....	66
4.2.1	Energetický audit 4/2012	67
4.2.2	Doporučená opatření auditorem 2012.....	67
4.3	Vyhodnocení ekonomických možností investora.....	68
4.4	Vyhodnocení možných úsporných opatření a návrh řešení.....	70
4.5	Stanovení vstupních parametrů	70
4.5.1	Rozdělení zón dle ČSN 73 0331-1 Příloha D	70
4.5.2	Stanovení uživatelského profilu.....	72
4.5.3	Stanovení teplotních parametrů dle ČSN 73 0540-3	72
4.5.3.1	Stanovení návrhové venkovní teploty vzduchu v zimním období: ...	72
4.5.3.2	Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu:	73
4.5.3.3	Stanovení návrhové relativní vlhkosti venkovního vzduchu:	73
4.5.3.4	Stanovení návrhové vnitřní teploty v zimním období:	74
4.5.3.5	Stanovení návrhové vnitřní teploty vzduchu v zimním období:	74
4.5.3.6	Stanovení návrhové relativní vlhkosti v zimním období:.....	74
4.6	Zateplení obálky budovy a vyhodnocení úsporných opatření.....	75
4.6.1	Návrh úsporných opatření a výpočet průměrného součinitele U_{em}	75
4.6.2	Výpočet referenčního součinitele U_N	77
4.6.3	Shrnutí aplikovaných opatření	78
4.6.4	Klasifikace obálky budovy a vyhodnocení úsporných opatření	79
4.7	Stanovení návrhového tepelného výkonu dle ČSN EN 12831.....	81
4.7.1	Návrhové tepelné ztráty prostupem vytápěného prostoru i	82

4.7.1.1	Výpočet teplotního opravného činitele pro další výpočty	82
4.7.1.2	Výpočet měrného tepelného toku prostupem do venkovního prostředí	83
4.7.1.3	Výpočet měrného tepelného toku prostupem do sousedního prostoru	84
4.7.1.4	Výpočet měrného tepelného toku prostupem do zeminy	85
4.7.1.5	Výpočet navrhované celkové tepelných ztráty prostupem	89
4.7.2	Návrhové tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru i	89
4.7.2.1	Stanovení minimální intenzity větrání místnosti i	90
4.7.2.2	Výpočet navrhované celkové tepelných ztráty větráním	91
4.7.3	Návrh dodatečného zátopového výkonu	92
4.7.4	Návrhové trvalé tepelné zisky vytápěného prostoru i	93
4.7.5	Výpočet návrhového tepelného výkonu objektu	93
4.8	Návrh nízkoteplotní otopné soustavy a zdroje tepla	95
4.8.1	Návrh pro zónu 1 – sál	95
4.8.1.1	Varianta A	95
4.8.1.2	Varianta B	97
4.8.2	Návrh otopné soustavy a zdroje tepla zóny 2 až 5	99
4.8.3	Stanovení roční dodané energie na vytápění a porovnání variant	100
4.8.4	Vyhodnocení navržených zdrojů energie a systému vytápění	103
4.9	Návrh větrání objektu	107
4.9.1	Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 1	107
4.9.2	Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 3	109
4.9.3	Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 4	110
4.9.4	Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 5	112
4.9.5	Vyhodnocené systémů klimatizace	114
5	Závěr a diskuse	116
6	Bibliografie	120
7	Seznam obrázků	125
8	Seznam grafů	127
9	Seznam tabulek	128
10	Přílohy	130

1 Úvod

Požadavky na snižování energetické náročnosti budov vyplývající ze zavedení evropské směrnice 2002/91/EC přinesly změnu myšlení nejen v problematice tepelně-izolačních vlastností obvodových konstrukcí, ale také v provozu technologických zařízení staveb. V současnosti poslední evropskou směrnicí o energetické náročnosti budov je již 3. směrnice 2018/844/EU. Tyto směrnice, respektive zavedené vyhlášky na základě těchto směrnic, postupně definovali energetickou náročnost budov ENB a určily metody a postupy výpočtů. Zároveň zpřísnovali tepelněizolační požadavky na jednotlivé komponenty objektu.

Ve směrnici 2010/31/EU je uvedeno, že energie potřebná k provozu budov se podílí 40 % na celkové spotřebě energie v Evropské unii. Rozdělení spotřeby technologických zařízení staveb typického rodinného domu vyobrazen v grafu 1. Zároveň tato směrnice stanovila cíle Evropské unie vedoucí ke zlepšení, tedy ke snížení spotřeby energie a od roku 2020 stavět budovy s téměř nulovou potřebou energie. (Kabele, 2018)



Graf 1: Spotřeba energie určené k provozu typického rodinného domu. (Kotzian, 2018)

Směrnice 2018/844/EU stanovila mimo jiné dlouholetou strategii a cíle. Především si klade za cíl do roku 2050 vytvořit v Evropě udržitelný, konkurenceschopný, bezpečný a dekarbonizovaný energetický systém. Zároveň je v této směrnici uvedeno, že 40 % celkové spotřeby energie v Unii je spotřebováno na vytápění a chlazení budov. (Kabele, 2018) Při porovnání hodnot uvedených ve směrnicích vyplývá, že se celková spotřeba energie během 8 let značně zvýšila.

Česká, respektive Evropská legislativa, se týká spíše lokálních zdrojů znečištění a požadavků spotřeby energie z toho vyplývajících. Vývoj budov a jejich technických zařízení se stále vyznačuje lineárním myšlením a plánováním. Jednotlivé produkty i technické systémy budov byly a jsou i dnes zaměřeny na dílčí aspekty stavění. A právě v komplexním řešení problematiky energetické náročnosti budov mohou dostatečně kvalifikovaní specialisté na plánování a projektanti tvořit nové strategie územního plánování v širších souvislostech. Ty mohou následně vést k individuálnímu řešení jednotlivých budov s cílem snížení spotřeby energií, tím i ke zvýšení kvality ovzduší a životního prostředí jako komplexního celku.

Komplexní integrované plánování je výzvou pro architekty a inženýry, ve které se mísí různé disciplíny a jejich vzájemné působení s cílem vytvořit optimální koncept celé budovy. Proces začíná plánováním venkovních prostor vedoucích ke zvýšení kvality mikroklima v blízkosti budovy a omezením působících rušivých faktorů. Následuje proces plánování samotné budovy. Pomocí jednotlivých stavebních komponentů a technologických zařízení staveb je třeba vytvořit takový koncept, který bude šetřit zdroje energie a energii samotnou, zároveň však musí uspokojit množství požadavků.

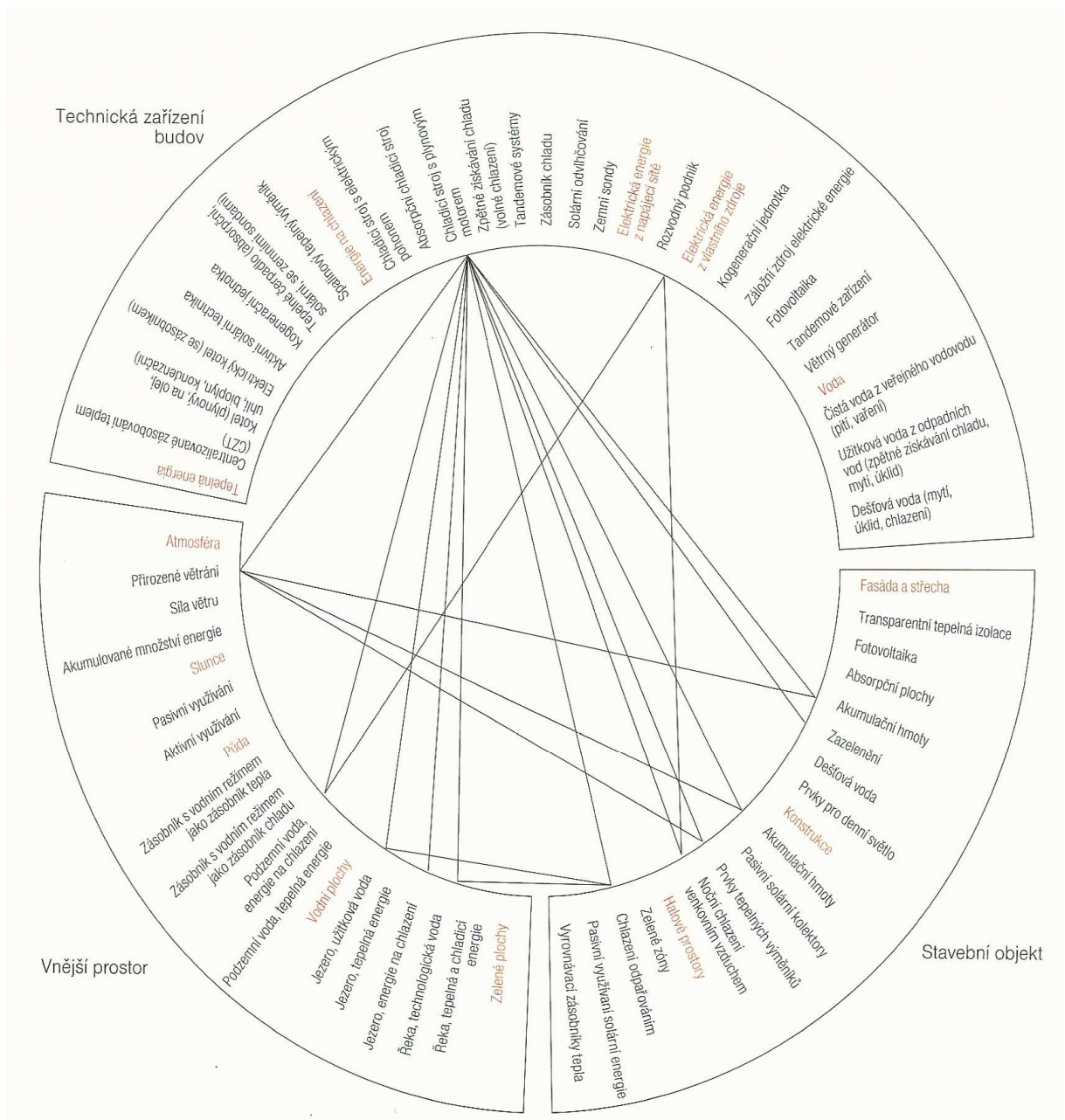
Správně řešený koncept projektované budovy předpokládá přirozené větrání vnitřních prostor v dlouhodobém pojetí. Je zcela vynecháno nucené větrání či klimatizace, jejich případná instalace je využita pouze ke špičkovému chlazení v letním provozu. Dle lokálních možností by měli tyto instalované systémy pracovat na bázi vody s využitím místních přírodních zdrojů. Dojde tím ke snižování investičních nákladů technického charakteru a kladného ovlivnění spotřeby energie. (Daniels, 2003)

Proces komplexního projektování:

Komplexní plánovací koncept zohledňuje okolní prostředí a obsahuje zakomponování zeleně v okolí stavby, dále zohledňuje vítr, slunce a vodu. Tento přístup mnohdy vede k výraznému prodloužení životnosti budovy v důsledku možné změny využívání nebo uspořádání budovy, tedy uvažované variability již při přípravě projektu. (Daniels, 2003)

Proces komplexního projektování lze rozdělit do několika kroků:

1. krok: specifikace požadavků na budovu, tzv. programming. Jedná se o nejdůležitější část procesu, jehož předpokladem je vznik budovy s výhodným poměrem nákladů ku užítku.
2. krok: spolupráce na urbanistickém konceptu, definování jednotlivých vazeb a omezení technologického zařízení budovy pomocí „ekologického kruhu u budov a technologických zařízení budov“, viz obr. 1.



Obr. 1: Ekologický kruh u budov a technologických zařízení (Daniels, 2003)

Venkovní vzduch: proudění a energetický potenciál vzduchu je nezanedbatelný potenciál využitelný při integrovaném plánování, při kterém se primárně předpokládá přirozené větrání vnitřních prostor za pomoci především podtlaku a přetlaku s podporou termického vztlaku, je-li to s ohledem na formu a výšku budovy možné. Princip nuceného větrání je využit v případě zpřísněných hygienických požadavků či intenzivního působení negativních vlivů jako je hluk, znečištěné ovzduší, prach, silné nárazy větru atd.

Půda: je bohatým zdrojem energie sloužícího k odvodu tepla z budovy do půdy v letním období, respektive přívodu tepla do budovy v zimě. K tomuto účelu se využívají hlubinné a podpovrchové geotermické systémy a zařízení, zásobníky s vodním režimem, rezervační půdní zásobníky atd.

Dešťová a povrchová voda: celkově se odhaduje možnost náhrady přibližně 55 % pitné vody vodou dešťovou. Předpokladem je voda dešťová ze střešních konstrukcí, která není kontaminována silně znečišťujícími látkami. Je však nutné ji vhodně upravit čištěním, ozařováním ultrafialovým zářením a filtrovat či upravit jiným způsobem. Použití dešťové vody lze například jako:

- chlazení odpařováním z vodní plochy venkovního umělého jezera, fontány či vodních kaskád umístěných v blízkosti budovy
- přímé chlazení venkovního vzduchu odpařováním vodní mlhy
- přímé chlazení částí budovy, například skleněných ploch
- nepřímé chlazení částí budovy využitím vod po částečném odpaření

Venkovní zeleň: při účelném a funkčním návrhu plní funkci přirozeného stínění vnějších ploch objektu v letních měsících. Ty se po zastínění příliš nezahřívají, čímž kladně ovlivní výkon chladících zařízení. Naopak v zimním období, po opadání listů, umožní pasivně využít sluneční energii. Využití zeleně je možné i k regulaci teplot městských částí v rámci urbanistické koncepce.

3. krok: tvar a poloha budovy zásadně ovlivňuje pasivní solární zisky i tepelné ztráty budovy. V současné době je vyloženě nutné zohlednit orientaci budovy, především plochy oken. Správným návrhem těchto ploch je možné snížit roční spotřebu tepla v zimních měsících o 30 %. Je zde však naopak riziko přebytku tepla v letních měsících a tím i zvýšená potřeba chladu či stínění v létě.

V případě vyšších nebo výškových budov, budov umístěných na vyvýšeném či otevřeném prostoru lze tvarem ovlivnit nutnou instalaci nuceného větrání, například pomocí dvojitého pláště budovy či principu termické věže.

4. krok: budova a struktura budovy je důležitým krokem projektanta. Využitím akumulace tepelné energie (chladu) v letních měsících do konstrukcí s vysokou tepelnou kapacitou lze snížit investiční a provozní náklady.

Konstrukce ve styku s vnějším prostředím jsou základním prvkem ovlivňujícím tepelnou pohodu v interiéru, hygienu ovzduší a vizuální pohodu. Důležitá je také citlivá reakce na vnější a vnitřní stav pomocí stínící techniky.

5. krok: Technologická zařízení je třeba chápat jako součást architektonického konceptu budovy a uplatňovat je jako doplňující prvky pro vytváření pohodlných obytných a životních prostor.

Komplexní plánování vede k individuálnímu pojetí každé budovy, je nutný inovační přístup architektů a projektantů s nepřeberným množstvím možností vedoucích ke snížení potřeby dodaných energií. Bohužel vzhledem k současnému procesu plánování používající lineární struktury myšlení s vazbou na zákony a vyhlášky aplikované při tvorbě koncepce budovy a její samotné projekci vede proces komplexního plánování k mnohanásobně vyšším nákladům. Avšak tento přístup plánování může vést v celkovém měřítku ke snížení nákladů při výstavbě a provozu těchto budov. (Daniels, 2003)

Obecně problematika rekonstrukce je z hlediska projektování i provedení výrazně náročnější než v případě výstavby srovnatelných novostaveb. Proces komplexního projektování se lépe aplikuje v případě novostavby. V takovém případě je možný výběr vhodného stavebního pozemku, architektury obydlí, stavebních materiálů, prvků i technických zařízení. V případě procesu rekonstrukce staršího objektu je nutné racionální i emocionální stránky a představy omezit na výsledný vnitřní i venkovní design objektu vyplývající ze stávající stavby. Nelze změnit lokalitu či orientaci objektu. Je možné však nahradit původní stavební materiály kvalitnějšími, energeticky výhodnějšími. Je možná komplexní rekonstrukce krovu, čímž je docílen výhodnější tvar či konstrukce střechy a možnost výhodnějšího osazení otvorových výplní. Samozřejmostí je tepelná izolace obvodového pláště, podlahy a střechy. Dále vybavení domu energeticky efektivními systémy na vytápění interiéru a přípravu teplé vody. (Bondoja, 2011)

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení stávajícího stavu, určení potenciálu možných úsporných opatření a návrhu optimálních tepelně technických vlastností a úsporných systémů budovy vedoucích ke snížení energetické náročnosti s ohledem na ekonomický provoz i finanční náročnost potenciálních investic. Rovněž bude provedeno posouzení energetické bilance a vyhodnocení volené varianty rekonstrukce. V rámci diplomové práce bude rovněž kladen důraz na technické možnosti redukce spotřeby energie při dodržení provozních a hygienických parametrů pohody prostředí. Na konci této práce bude porovnána energetická náročnost stávajícího stavu s výpočtovými hodnotami navržených opatření s doporučením či dalšími relativními návrhy možností podporujících úspory energie dle výsledků praktické části, vyplívajících ze získaných informací v teoretické části.

2.2 Metodika

Na základě poznatků získaných v průběhu studia, z literatury, vlastních úvah a měření bude proveden rozbor stávajícího objektu vycházejícího z vyhotoveného energetického auditu Energetickou agenturou v dubnu 2012 a následně budou specifikována možná opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti budovy. Posouzení úsporných opatření bude provedeno dle výpočtů daných aktuálních zákonů, vyhlášek a norem. V závěru budou zhodnocena úsporná opatření v této práci vypočtená s výpočtovými hodnotami energetického auditu a porovnána s hodnotami získanými měřicími přístroji umístěnými na hranici objektu.

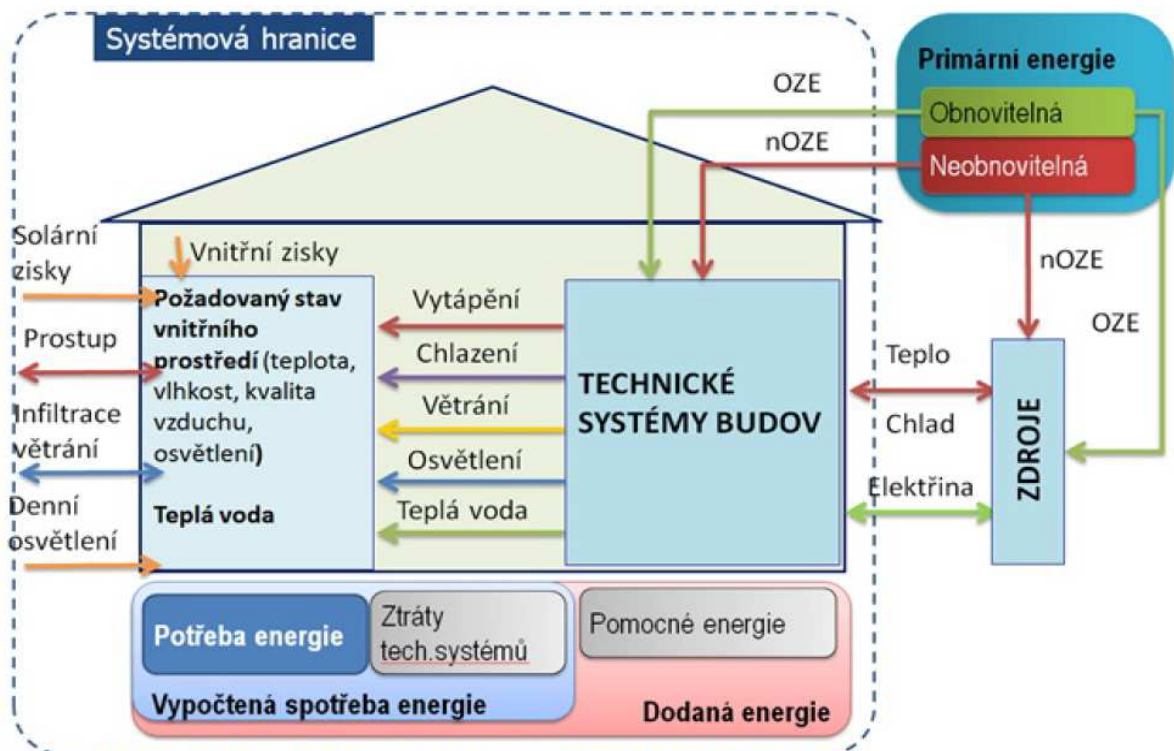
3 Teoretická východiska

3.1 Energetická náročnost budovy

Výchozím pramenem této práce je právní předpis pro hodnocení energetické náročnosti budov, zákon č. 3/2020 Sb., který aktualizoval zákon č. 406/2000 Sb. *O hospodaření energií*. Jsou zde uvedeny základní definice a požadavky na výstavbu a rekonstrukci budov v oblasti energetické náročnosti. Zákon také uvádí základní požadavky a jednotlivé typy energetických dokumentů, tedy průkaz energetické náročnosti budovy, energetický audit, energetický posudek, kontrolu kotlů a klimatizací.

Pro zpracování energetického průkazu se zákon odvolává na prováděcí vyhlášku č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Vyhláška upřesňuje obsah průkazu energetické náročnosti budovy, dále definuje okrajové podmínky výpočtu hodnocené budovy a přesně formuluje tzv. referenční budovu. Tato vyhláška dále závazně odkazuje na další normy nezbytné pro výpočet energetické náročnosti, viz. níže. (Horák, ©2022)

Princip výpočtu energetické náročnosti je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2: Princip výpočtu energetické náročnosti dle Vyhlášky 264/2020 Sb. (Stempel, 2014)

Zde jsou uvedeny pouze základní normy vztahující se k problematice, tyto normy se dále odkazují na další normy potřebné k výpočtu energetického hodnocení budov. Jedná se o obrovské množství informací, proto v některých případech bude výpočet proveden pomocí programu Energie 2020 LT se současnou aktualizací, případně pomocí programu MS Excel.

3.1.1 Výpočty pro stavební část a výchozí hodnoty pro TZB

- ČSN 73 0331-1

Norma definující základní vstupy pro stavební část a technologická zařízení. Je přebrána z evropských norem a upravena pro prostředí České republiky s ohledem na místní specifika. Určuje vstupní klimatické údaje, parametry typického užívání, typické parametry systémů TZB, včetně geometrických parametrů výpočtu energeticky vztahné plochy a další.

- ČSN 73 0540-4

Norma stanovuje výpočtové metody návrhů stavebních konstrukcí budov dle požadavků na tepelnou ochranu a úsporu energie na vytápění budovy. Užití této normy je zásadní pro stanovení vlastností konstrukcí stanovených při výpočtech tepelných soustav a stanovení energetické náročnosti budov.

- ČSN 73 0540-2

Norma definující tepelně technické požadavky navrhovaných budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání. Jsou zde specifikovány základní požadavky na stavby, požadavky na úsporu energie a tepelnou ochranu budov pro nové budovy, změny staveb, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov. Zároveň je platná i pro nevytápěné budovy či zóny s požadovaným stavem vnitřního prostředí. (Horák, ©2022)

3.1.2 Výpočty pro vytápění a chlazení

- ČSN EN ISO 52 016-1

Norma specifikuje metody určené k výpočtu potřeby energie a stanovení výkonu na vytápění a chlazení při hodinových i měsíčních výpočtech. Dále určuje vnitřní teploty z hodinových výpočtů a potřeby energie pro vlhčení či odvlhčení s definicí podmínek přírodního vzduchu.

- ČSN EN 15 316-1

Norma stanovuje výpočet spotřeby energie a energetické náročnosti systémů pro vytápění a přípravu teplé vody. Je určena pouze pro výpočet tepla poskytnutého vodní soustavou k účelu vytápění, ohřevu teplé vody a k chlazení. Dále uvádí provozní podmínky, umožňuje energetickou analýzu systémů vytápění a přípravy teplé užitkové vody včetně jejich regulace.

- ČSN EN 15 316-2

Norma definuje výpočet energetické náročnosti soustav pro vytápění a výpočet vodních soustav pro sdílení chladu na chlazení prostor. Zabývá se otopnou nebo chladicí plochou a jejím vlivem v zabudované konstrukci. Předpokládá nerovnoměrné rozdělení teplot v prostoru a uvádí pro výpočet hodinový, měsíční a roční interval.

- ČSN EN 15 316-4-1

Norma uvádí metody výpočtu určené ke stanovení tepelných ztrát systémů pro výrobu tepla a pro přípravu teplé vody, výpočet jejich využitelných tepelných ztrát a výpočet pomocné energie.

- ČSN EN 15 316-4-2

Norma definuje tepelná čerpadla s parním kompresorovým cyklem (VCC) s elektrickým pohonem, s parním kompresorovým cyklem s pohonem spalovacím motorem nebo s parním absorpčním cyklem (VAC) s tepelným pohonem a jejich využití pro vytápění, ohřívání vody a kombinaci vytápění a přípravu teplé vody se střídavým či souběžným provozem. Norma uvádí metodu výpočtu za ustálených podmínek odpovídajících jednomu výpočtovému kroku, s ohledem na vliv vnějších podmínek a vliv systému řízení budovy.

- ČSN EN 15 316-4-3

Norma se zabývá solárními tepelnými soustavami pro vytápění, přípravou teplé vody či kombinací obojího a fotovoltaickými systémy použitými v budovách. Definuje vstupy, výpočtové metody a výsledné výstupy. (Horák, ©2022)

3.1.3 Výpočty pro větrání a úpravu vlhkosti

- ČSN EN 15 665

Norma stanovuje kritéria k hodnocení účinnosti větracích systémů celoročně provozovaných v rodinných a bytových domech. Je platná pro novostavby i pro stávající

a rekonstruované budovy. Norma se uplatní při řešení systémů budov s nuceným či přirozeným větráním a s hybridním větracím systémem.

- ČSN EN 16 798-5-1

Norma definuje výpočet energetické náročnosti systémů nuceného větrání a klimatizace a systémů určených ke zvlhčování a odvlhčování vnitřního vzduchu. Obsahuje výpočty vzduchotechnické jednotky a výpočty rozvodů vzduchu.

- ČSN EN 16 798-7

Definuje metody výpočtu průtoku ventilačního vzduchu v systémech ventilace budovy za účelem hodnocení energetické náročnosti vytápění a chlazení. Výstupem jsou průtok vzduchu vstupující a vystupující z větrané zóny a průtoky vzduchu pro distribuci ventilačním systémem.

- ČSN EN 16 798-9

Stanovuje výpočet energetické náročnosti kompletních chladících systémů. Obsahuje výpočetní metodu, definici požadavků na chlazení v rámci zón budovy a ze vzduchotechnických jednotek. Výstupem je množství energie na chlazení pomocí daného zdroje chladu se zohledněním akumulace chladu. (Horák, ©2022)

3.1.4 Výpočty pro TV

- ČSN EN 15 316-3

Definuje výpočet energetické náročnosti vodních soustav pro rozvod tepla pro systémy vytápění, chlazení a rozvodu TV. Umožňuje výpočtový interval hodinový, měsíční a roční. Zároveň připouští užití měření k určení energetické náročnosti vodních soustav pro rozvod. (Horák, ©2022)

- ČSN EN 15 316-4-1

Viz. kapitola 3.1.2 Výpočty pro vytápění a chlazení.

3.1.5 Výpočty pro osvětlení

- ČSN EN 15 193-1

Norma specifikuje metodiku výpočtů energetické náročnosti osvětlovacích systémů novostaveb, stávajících nebo zrekonstruovaných budov. Nestanovuje však požadavky na osvětlení či návrh osvětlovacích systémů.

- ČSN 73 0331-1, část B

Stanovuje parametry typického užívání budov s definicí okrajových podmínek pro osvětlení různých druhů budov. Specifikuje využití denního světla, průměrný měrný příkon pro osvětlení a činitele potřebné k výpočtu. (Horák, ©2022)

3.1.6 Alternativní zdroje, ekonomika

- ČSN EN 15 459-1

Vztahuje se k problematice ekonomického zhodnocení energetických systémů v budově, životnosti prvků stavebních konstrukcí a systémů technologických zařízení budov. (Horák, ©2022)

3.2 Možnosti rekonstrukce v procesu komplexního plánování

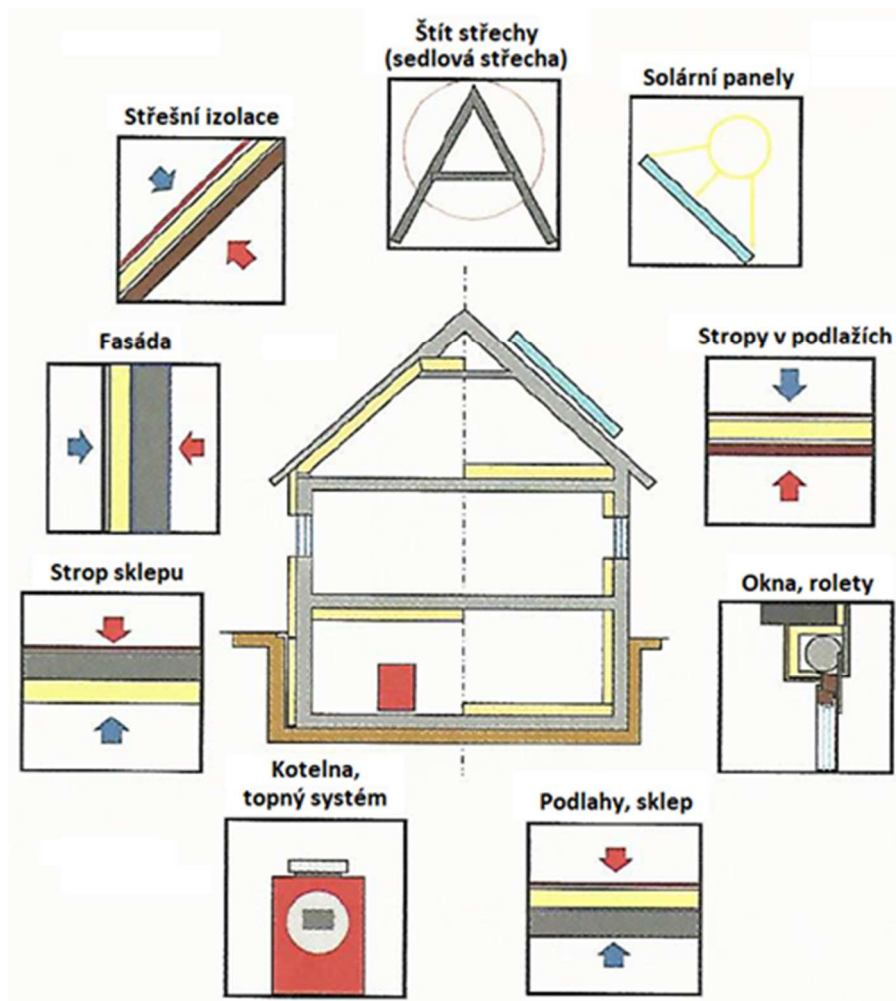
„*Teplo, které z domu unikne, je potřebné do domu znovu doplnit.*“ (Stempel, 2014, str. 13) je přímou ukázkou původního lineárního myšlení v problematice energetických úspor. Pověštinou byly a stále jsou tato úsporná opatření prováděna takřka laickým přístupem svépomocí, či za účasti firem bez odborných znalostí problematiky s absencí jakéhokoli početního podkladu. Základním stavebním kamenem těchto opatření je výměna stávajících oken za nová plastová, aplikace izolací obvodových konstrukcí většinou s pouze odhadnutou tloušťkou izolantu. Další etapou úsporných opatření pak mohla být výměna zdroje tepla, obvykle spojená s výměnou rozvodů a instalací nových nebo alespoň vyčištěných stávajících otopných těles. Tato opatření jsou často prováděna ve spojení s rekonstrukcí vnitřních prostor, což vede k emotivně příjemnějšímu bydlení.

Opačný druh myšlení, tedy „*Pokud z domu teplo neunikne, není třeba žádné či jen minimální teplo doplňovat.*“ (Stempel, 2014, str. 13) je myšlením sice více úsporným, avšak komfortního a kvalitního mikroklima v interiéru uvažované budovy v pojetí celoročního užívání nemusí být dosaženo. Problematickou částí tohoto myšlení může být nadměrné přehřívání vnitřního mikroklima v letních měsících, zbytečně nadměrné dimenze v současnosti již tak drahého izolantu a absence jakékoli stínící techniky v případě rozlehlých skleněných ploch orientovaných k jihu.

Dle úvodu této práce je třeba v pojetí komplexního procesu plánování dané rekonstrukce brát v úvahu venkovní vlivy prostředí vyplývající z lokálních podmínek, umístění samotného objektu na daném pozemku a orientaci vůči světovým stranám. Až při správné, objektivní definici a stanovení parametrů venkovního prostředí budovy je možné se zaměřit

na proces návrhů možných úsporných opatření. Aplikace výsledného komplexně úsporného plánu na rekonstrukci pak ve většině případů může probíhat uceleně či v jednotlivých, na sobě závislých, etapách. V obou případech je však třeba dbát na řádné řízení projektu vzhledem k jednotlivým návaznostem aplikací úsporných opatření tak, aby nedošlo ke vzniku ztrát vlivem špatné posloupnosti prováděných prací. Současně je nutné tyto opatření provádět pomocí dostatečně kvalifikovaného a zkušeného personálu, který předejde ztrátám v podobě neodborně provedené montáže, což se může projevit již během montáže, nebo v horším a nákladnějším případě po dokončení procesu rekonstrukce.

V případě rekonstrukce je vyloučena možnost ovlivnit situační umístění stavby na pozemku či její orientaci. Nelze také uvažovat o aplikaci moderních a úsporných zdících stavebních systémů. Je však možné vyčlenit základní, či spíše běžná, účinná opatření vedoucí k úsporám energií. Základní mechanismy úsporných opatření jsou vyobrazena na obr. 3. Mezi základní opatření lze řadit výměnu stavebních otvorových výplní za moderní úsporná, s úvahou možnosti instalace stínící techniky či její alternativy. Zateplení obálky budovy včetně konstrukcí v přímém styku se zemí a aplikací hydroizolačních materiálů. Dalším opatřením je výměna topného a otopného systému budovy o správné dimenzi a instalace úsporných spotřebičů. V úvahu také připadá instalace fotovoltaických, případně fototermických systémů a v případě nutnosti i instalace větrací a klimatizační techniky s úpravou vnitřního vzduchu. V případě instalací technologických zařízení staveb je již při komplexním plánování zvažována možnost instalace systémů využívajících přírodní či alternativní zdroje energie dané lokalitou stavby, dispozicí stavebního pozemku a jejich vzájemnou interakcí. (Stempel, 2014)



Obr. 3: Základní prvky účinných opatření při rekonstrukci. (Stempel, 2014)

3.2.1 Obálka budovy, současné tepelné izolace a jejich aplikace

Tepelná izolace budovy svými tepelně-izolačními vlastnostmi úsporně ovlivní prostup tepla pláštěm budovy, tedy sníží součinitel prostupu tepla U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] dané konstrukce. Výpočet je proveden v kapitole 4.6.1 dle vzorce 7. Lze konstatovat, že s klesající hodnotou tohoto součinitele vlivem přidaného tepelného odporu v podobě izolantu o dané dimenzi, klesá i teplo prostupující zateplenou konstrukcí. Tedy v zimních měsících snižuje potřebu tepla pro vytápění budovy a současně v letních měsících snižuje potřeba chladu k chlazení budovy. (Stempel, 2014)

Postup výpočtu, požadavky a klasifikace obálky budovy je ustanoveno normou ČSN 73 0540-2. Postup je aplikován dle této závazné normy v praktické části práce. Současně jsou v této normě stanoveny závazné hodnoty požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ a doporučeného součinitele prostupu tepla $U_{REC,20}$ jednotlivých konstrukcí budovy. Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ jednotlivých stavebních konstrukcí musí být

dle uvedené normy splněn, spolu s ním musí být splněn požadavek celkového součinitele prostupu tepla budovy U_{em} . Výběr součinitelů prostupu tepla $U_{N,20}$ a $U_{REC,20}$ je uveden v tab. 1.

Tab. 1: Požadované a doporučené hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{REC,20}$ dle ČSN 73 0540-2.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemi ^{4), 5)}	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnitřní z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemi ⁶⁾	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,05	0,7	0,5
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,05	0,7	-
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,2	1,45	-
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,7	1,8	-
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
POZNÁMKY:			
¹⁾ Pro venkovní zdivo se nejpozději do 31.12.2012 při použití hodnota 0,38 W.m ⁻² .K ⁻¹			
²⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,70 W.m ⁻² .K ⁻¹			
³⁾ Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.			
⁴⁾ V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.			
⁵⁾ Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.			
⁶⁾ Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy). Mohlo by výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.			
⁷⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,50 W.m ⁻² .K ⁻¹			

**Zdroj: Vlastní zpracování dle ČSN 73 0540 – 2.*

Dodatečná montáž zateplení na stávající budově představuje mnohostranné problémy v případě laického přístupu nepodloženého výpočty či modelací prostupu tepla v příslušných programech. Důležitou součástí při těchto výpočtech je i analýza stávajícího stavu konstrukce, především její skladbu a případnou homogenitu jednotlivých vrstev. Při samotném návrhu je nutné posoudit i současný stav a degradaci nosného materiálu.

V případě pochybností je třeba provést různé mechanické zkoušky pro stanovení parametrů a podmínek při užití kotevní techniky pro zateplení.

Obálka budovy a její úsporný návrh ovlivňuje řadu následných technologických systémů a zařízení stavby. Současně jsou ovlivněny i další hodnotící faktory klasifikace energetické náročnosti budovy. Její správný tepelně-izolační návrh je tedy stěžejní k dalším výpočtům a hodnocení. Velmi důležitá je i následná kvalita provedení montáže.

3.2.1.1 Izolanty a jejich užití při zateplování budovy

Správný výběr izolačních materiálů v závislosti na jeho vlastnostech výrazně ovlivňuje vlastnosti a kvalitu stavby jako celku. Izolační materiály pouze nechraňují budovu před únikem tepla z interiéru či do interiéru, jejich rozdílné vlastnosti ovlivňují řadu dalších faktorů staveb. Ideálním izolantem je materiál s minimální hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], vysokou tepelnou kapacitou C [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$], dále by měl být nehořlavý, chemicky stálý a zdraví nezávadný. Podstatnou roli při volbě izolantu sehrává i jeho cenová dostupnost. Tyto vlastnosti, mimo jiné, je obtížné skloubit a vytvořit tím ideální a všestranný izolant. (Hlaváčková, 2012)

V následující části jsou uvedeny některé druhy tepelně-izolačních materiálů a jejich vlastností, které je možné zvážit jako izolanty v problematice snížení tepelných ztrát prostupu tepla obálkou budovy. Vzhledem k rozsáhlosti současné trhové nabídky byly použity následující zdroje: internetový obchod společnosti DEK stavebniny, (Stempel, 2014), (Tywoniak a kolektiv, 2008), (Smola, 2011), není-li uvedeno jinak.

3.2.1.1.1 Běžné izolanty a jejich užití při zateplování budovy

Specifikace a vlastnosti běžně používaných stavebních tepelných izolantů a jejich užití v procesu rekonstrukcí budov. Provedení srovnání jejich tepelně-technických vlastností a nákladovosti je provedeno v tab. 2 na straně 18.

- Polystyren EPS: expandovaný polystyren je nejčastěji užívaným izolantem ve stavebnictví, forma užití může být v podobě drcené (přísada do betonu, zásyp mezi nosné konstrukce stropu aj.) nebo jako desky, nejběžněji o rozměru 500 x 1000 mm (kontaktní zateplovací systém, izolace podlah aj.).
 - + nízký součinitel tepelné vodivosti λ , zároveň velmi příznivá cena,
 - + je lehký, dobře opracovatelný a plně recyklovatelný,
 - + velmi nízká nasákavost do 5 %,
 - objemově nestálý, s nízkou odolností v tlaku,

- vyšší difuzní odpor μ a nízká tepelná kapacita C ,
- neekologický.

Zajímavou variantou je expandovaný polystyren obsahující složku grafitu z důvodu lepších tepelně-technických vlastností, přibližně o 20 %.

- Polystyren XPS: extrudovaný polystyren je současně s EPS nejčastěji užívaným izolačním materiálem ve stavebnictví. Uplatňuje se jako izolace základových desek či plochých střech. Vyrábí se v podobě desek o rozměru 600 x 1200 mm a jeho vlastnosti jsou velmi podobné polystyrenu EPS.
 - + velmi nízký difuzní odpor μ , tedy vysoká odolnost vůči vlhkosti a je nenasákavý,
 - + mechanicky odolný, oproti EPS je pevnější v tlaku,
 - oproti EPS je dražší.
- Kamenná vlna: vyrábí se z čediče v peci. Využití tohoto materiálu je závislé na jeho výrobní podobě:
 - Měkké rohože: nezátížená stavební izolace půdních prostor, technická izolace apod.
 - Tuhé desky: zatížené izolace stavebních konstrukcí, kontaktní zateplovací systémy, provětrávané fasády, výplňové izolace rámových konstrukcí, izolace šikmých střech. Desky vyšších objemových hmotností i jako izolace podlahové apod.
 - Rozvlákněná vlna: obdoba měkké rohože, provádění izolace foukanou vlnou
 - + nízký difuzní odpor μ oproti EPS a XPS,
 - + požárně odolný i vůči vysokým teplotám,
 - + odolává vůči hmyzu a hlodavcům.
 - složitější manipulace a zpracování,
 - velmi vysoká nasákavost
 - vyšší finanční náklady.
- Skelná vlna: vyrábí se z nového skla či recyklací obalového skla. Jedná se o obdobu izolace z kamenné vlny s obdobnými vlastnostmi, oproti ní je však materiál řádově lehčí. Jedná se o nejlevnější materiál, jak je uvedeno v tab. 2.
- PUR a PIR desky: polyuretanové či polyisokyanurátové desky, vyrábí se v různých rozměrech a tloušťkách, často ve spojení s jiným materiálem z pevnostního důvodu, například hliníkovou fólií, plechem či skelnou tkaninou. Využívá se pro izolaci střech, podlah, stěn, popřípadě se vyrábějí jako hotové celostěnové panely s hliníkovým či plechovým pláštěm. (TZB-info, ©2022a)

Vlastnosti tohoto materiálu ovlivňuje složení kompozitu, přičemž hlavní výhodou je velmi nízký součinitel tepelné vodivosti λ , která se pohybuje v rozmezí 0,022 až 0,075 W.m⁻¹.K⁻¹.

- Polyuretanová PUR pěna litá či stříkaná: existují dvě varianty odlišné složením kompozitu, tedy tvrdá a měkká PUR izolace. Aplikuje se nástřikem či litím a využívá se jako výplň a izolace spár, k zateplení plošných konstrukcí, stropů a střech. Pěna na povrchu ulpívá, což je výhodné u složitě tvarovaných povrchů. Vlastnosti ovlivňuje složení kompozitu. (TZB-info, ©2022a)
 - + nízký součinitel tepelné vodivosti λ mezi 0,033 až 0,045 W.m⁻¹.K⁻¹,
 - + nízký faktor difuzní odpor μ v rozmezí 30 až 100 v závislosti na objemové hmotnosti ρ ,
 - + pevnost v tlaku je 100 kPa,
 - + takřka dokonalé vyplnění i stísněných prostorů,
 - + tvrdá PUR izolace je zátěžově odolná.
 - Odolná proti UV záření až po aplikaci speciální vrstvy,
 - vyšší náklady
- Polyisokyanuratová PIR pěna litá či stříkaná: podobný materiál PUR pěně, aplikace PIR pěny je obdobné PUR pěně. (TZB-info, ©2022a)
 - + velmi nízký součinitel tepelné vodivosti λ 0,021 až 0,023 W.m⁻¹.K⁻¹,
 - + pevnost v tlaku kolem 170 kPa,
 - + faktor difuzního odporu μ je 35.
 - vyšší pořizovací náklady oproti PUR.
- Fenolická pěna: fenolformaldehydová pryskyřice, výroba v podobě desek s následnou povrchovou úpravou skelným vlákem či hliníkovou fólií. Používá se pro zateplení fasád či odstranění tepelných mostů v místech s požadavkem na malou tloušťku izolantu. Oproti PUR a PIR méně reaguje s ohněm. (TZB-info, © 2022a)
 - + součinitel tepelné vodivosti λ 0,021 až 0,024 W.m⁻¹.K⁻¹,
 - + faktor difuzního odporu μ je 35
 - + objemová hmotnosti ρ je 35 kg.m⁻³.

Tab. 2: Vlastnosti běžných izolanů.

Materiál	tloušťka [mm]	cena [kč/m ³]	součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	faktor difuzního odporu [-]	objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	pevnost v tlaku [kPa]	reakce na oheň [-]
EPS 70	100 mm	2222,27	0,039	20 až 40	13,5 až 18	70	E
EPS 100	100 mm	2764,03	0,037	30 až 70	18 až 23	100	E
EPS 150	100 mm	3443,09	0,035	30 až 70	23 až 28	150	E
EPS 200	100 mm	4141,64	0,034	40 až 100	28 až 32	200	E
GREYWALL	100 mm	3025,00	0,032	20 až 40	13,5 až 18	70	E
XPS TOP P	100 mm	5028,13	0,036	100	35	300	E
Minerální vata čedičová - deska fasádní	100 mm	2476,63	0,036	1	92	30	A1
Minerální vata skelná - role volné uložení	100 mm	1686,58	0,035	1	9 až 85	méně než 5	A1
PIR deska	100 mm	8494,20	0,022	-	-	120	D-s2
fenolická pěna deska	100 mm	16261,16	0,020	35	35	100	C-s2

*Zdroj: vlastní zpracování dle DEK stavebniny, cena uvedena s DPH z roku 2022

3.2.1.1.2 Méně časté a speciální izolační materiály

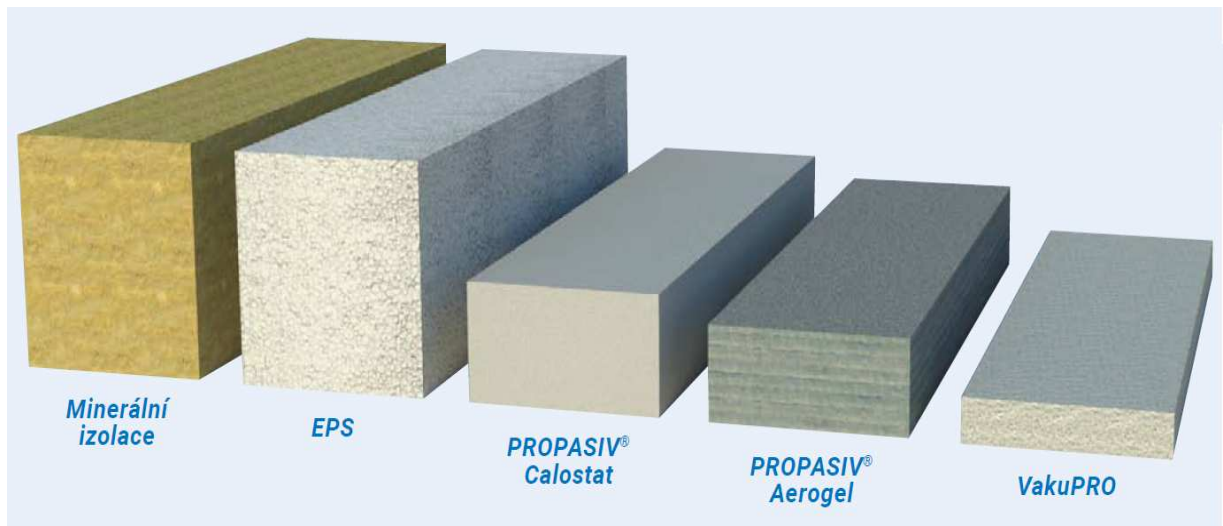
Jedná se o méně časté materiály, které jsou svými tepelně izolačními vlastnostmi mnohdy mnohem výhodnějšího užití, nicméně jejich cena je mnohanásobně vyšší. Používá se tedy ke speciální aplikaci v prostoru geometricky nebo technicky omezeném, či jako izolační materiál pro budovy s velmi nízkou tepelnou ztrátou.

- **Pěnové sklo:** výroba z nového i recyklovaného skla v podobě přesně broušených desek nebo jako drť s následným tříděním na dané frakce. Používá se jako tepelně-izolační podložky konstrukcí přenášející vyšší tlak, v konstrukcích oddělovacích prostory s vysokou vlhkostí. Štěrková frakce se používá jako tepelně izolační alternativa štěrku kamenného pro záস্যы a podsypy při provádění základové desky, jako izolace zapuštěných bazénů či jako lehké kamenivo do betonů a maltových směsí. (TZB-info, ©2022b)
 - + součinitel tepelné vodivosti λ 0,040 až 0,075 W.m⁻¹.K⁻¹,
 - + vysoká únosnost v tlaku,
 - + absolutní difuzní uzavřenost materiálu.
 - velmi vysoká cena.

- Speciální izolační systémy: detailní ošetření systémových a kotvicích detailů s důrazem na zamezení vzniku tepelných ztrát lokálního či liniového charakteru, případně se jedná o systémy protipožární tepelné izolace.

Jde o speciální systémy využívané při stavbě budov o velmi nízké energetické náročnosti. Na obr. 4 je zobrazeno porovnání izolantů různé tloušťky pro dosažení stejného termoizolačního efektu společnosti PROPASIV s.r.o.:

- PROPASIV Calostat: účinná protipožární izolace, součinitel tepelné prostupnosti λ od $0,019 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a třída reakce na oheň A2-s1, d0. Je určena pro izolaci lodžii, stropů podzemních garáží, pod boxy venkovních žaluzií a míst s minimálním prostorem pro izolaci.
- PROPASIV montážní bloky: určeny k zamezení a vzniku tepelných mostů při kotvení stavebních prvků a konstrukcí do izolantu.
- PROPASIV Aerogel: izolant o součiniteli tepelné vodivosti λ $0,015 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- VakuPRO izolace: vakuová izolace, součinitel tepelné vodivosti λ $0,007 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- PROPASIV tepelně izolační profily: určeny k zamezení a vzniku tepelných mostů při montáži otvorových výplní a parapetů.



Obr. 4: Srovnání izolačních potřebných k dosažení shodného efektu. (PROPASIV, ©2022)

3.2.1.1.3 Izolace z obnovitelných surovin

Izolace z obnovitelných surovin se oproti výše uvedeným izolacím vyznačují přibližně dvakrát vyšší akumulací schopností tepla při zachování podobných hodnot součinitele prostupu tepla. Další její výhodou je nízká ekologická stopa. Nevýhodou však je její vyšší pořizovací cena. Tím je omezena poptávka pouze na domy s požadavkem na nízkou

ekologickou stopu. Materiál je vhodný pro izolaci podkroví nebo lehkých staveb, jako izolační podložka plovoucích podlah apod. (TZB-info, ©2022c)

- Dřevovláknité izolace, desky či jako foukaná izolace,
- Izolace z technického konopí, role rohože či měkké desky,
- Celulózová izolace,
- Izolace z ovčí vlny.

3.2.1.2 Zateplování obvodových konstrukcí, možnosti

V současnosti existují různorodé technické varianty provedení zateplení obvodových stěn, fasád. Jejich návrh je ovlivněn parametry uvedenými v tab. 1, avšak způsoby zpracování, povrchový materiál i vzhled je věcí estetiky. Jako zásadní rozdělení metodiky zateplování a izolace je způsob provedení vnější nebo vnitřní izolace, či sendvičové konstrukce.

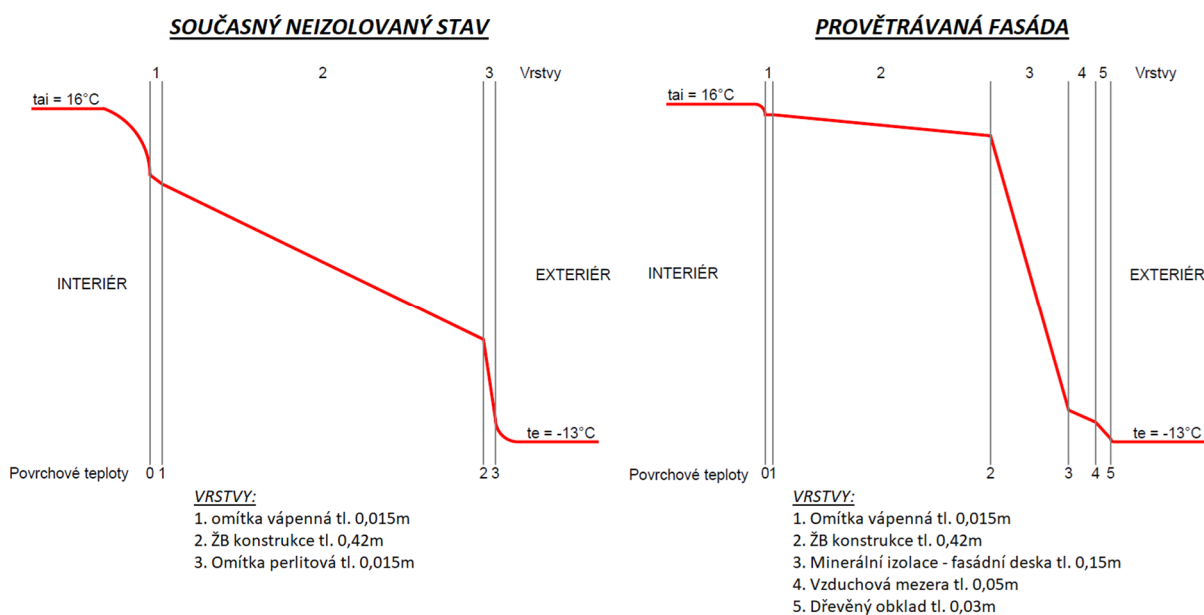
3.2.1.2.1 Vnější izolace

Principem vnější izolace je instalace izolantu na vnější stranu stavební konstrukce, tím dojde k výraznému omezení problematiky tvorby tepelných mostů. Zároveň, v případě správného návrhu, tuto konstrukci chrání před degradací vlivem kondenzace vodní páry. Takto izolovaná konstrukce funguje v topném období jako topný akumulátor, teplo se nahromadí v konstrukci a v případě výpadku zdroje tepla či topné přestávce pracuje na vyrovnání teploty vnitřního prostředí. Tento typ provedení izolace je upřednostňován před izolací vnitřní. (Stempel, 2014)

a) Provětrávané fasády: jedná se o vícevrstvou vnější stavební konstrukci, kde její vnější vrstva plní funkci ochrany před srážkami a povětrnostními vlivy. Pomocí dřevěné či ocelové konstrukce je oddělena vzduchovou mezerou od ostatních tepelně-izolačních vrstev v podobě tepelné izolace, která je standardním způsobem ukotvena do nosné konstrukce.

Vzduchová mezera v zimních měsících odvádí vlhkost z konstrukce odvětráváním pomocí principu komínového efektu. V letních měsících za účinků stejného efektu funguje jako chlazení vnější vrstvy, čímž zabraňuje přehřívání a nežádoucí akumulaci tepla v nosné konstrukci. (Stempel, 2014)

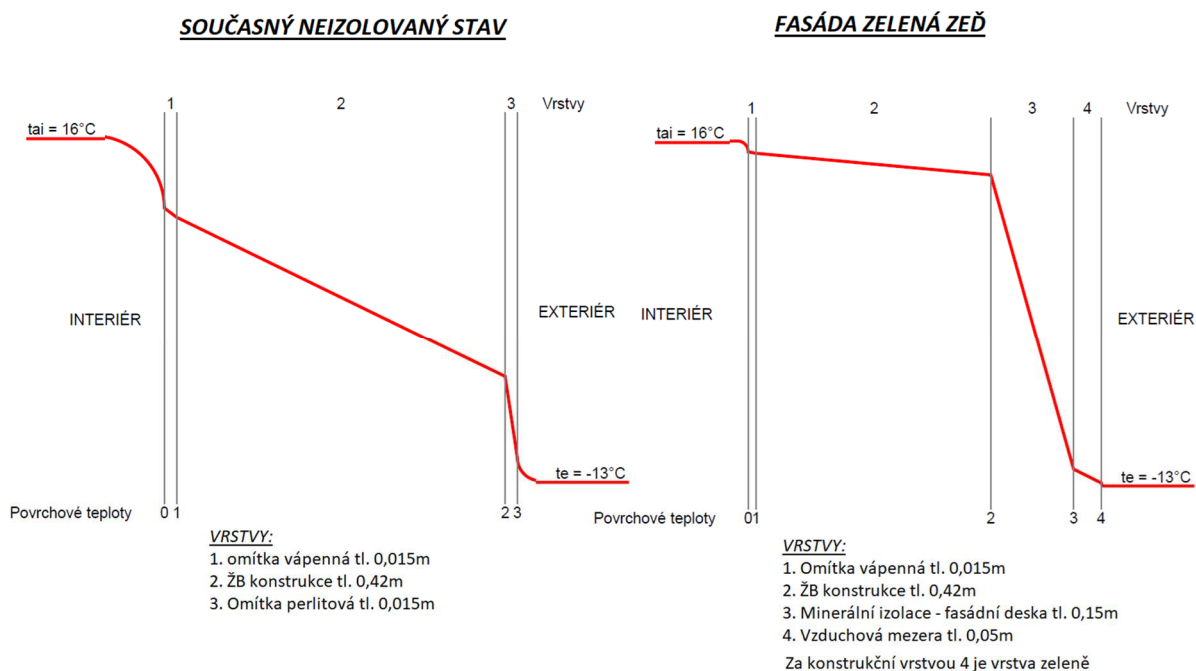
Porovnání tepelných průběhů současného stavu uvažované budovy s aplikací provětrávané fasády je zobrazen v grafu 2.



Graf 2: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a jeho změny aplikací provětrávané fasády. Vlastní tvorba pomocí (TZB-info, ©2001-2022)

b) *Zelená zeď*: jde o typ provětrávané fasády, jejíž princip a skladba je obdobná, pouze vnější vrstva je tvořena tzv. zelenou zdí. Jedná se o systém vnější konstrukce s výsadbou popínavých rostlin. Druh rostlin je v tomto případě zásadní, může se jednat o druhy celoročně zelené či druhy opadávající a holé v zimním období. Oba případy rostlin působí v letních měsících pozitivně na tepelnou ochranu budovy i mikroklima jejího okolí. V zimních měsících v druhém případě naopak listy opadají, tím dojde k dočasnému odstranění přírodního stínění, což opět může vést ke snížení energetické náročnosti budovy a tepelným ziskům ze sluneční energie. (Stempel, 2014)

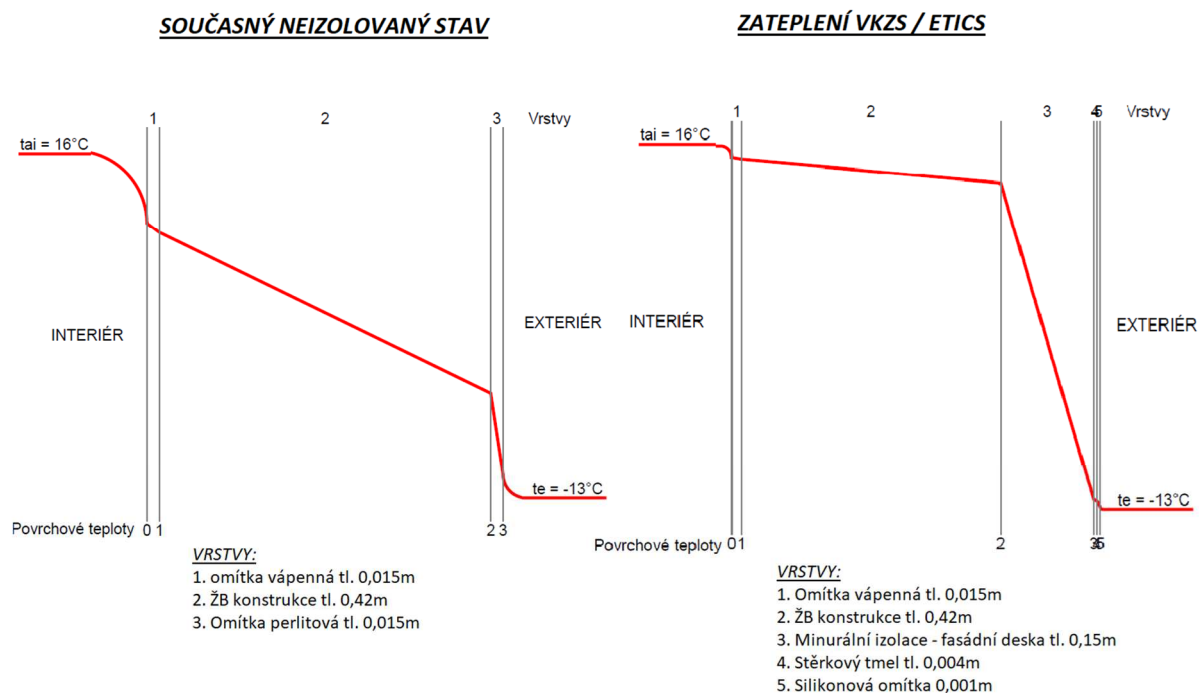
Porovnání tepelných průběhů současného stavu uvažované budovy s aplikací kombinace zateplovací metody a flóry je zobrazen v grafu 3.



Graf 3: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a jeho změny kombinací zateplovací metody a flóry. Vlastní tvorba pomocí (TZB-info, ©2001-2022)

- c) *Vnější kontaktní zateplovací systém VKZS:* jedná se o nejběžnější metodu zateplení budov, montáž izolantu je provedena přímo na nosnou konstrukci pomocí lepicích tmelových stěrek a kotevní techniky. Hlavní výhodou této metody je výhodný poměr ceny k efektu snížení potřeby tepla na vytápění. Další výhodou je eliminace tepelných mostů jejich překrytím celou šířkou projektovaného izolantu. Na izolant se následně aplikují další vrstvy vedoucí k požadovanému vzhledu. (Stempel, 2014)
- d) *Vnější kontaktní zateplovací systém ETICS:* jedná se o systémové kontaktní zateplení, jehož skladbu, materiál i způsob provedení stanovuje výrobce daného systému. Výrobce deklaruje certifikátem tuto konstrukci v případě, že byly zakomponovány pouze jím doporučené a certifikované produkty a zároveň byla provedena montáž zaškolenou firmou s patřičným certifikátem školení. Tím výrobce garantuje jím deklarované tepelně izolační vlastnosti konstrukce, které lépe eliminují tepelné mosty. Metoda ETICS je finančně náročnější oproti VKZS. Zároveň je nutné dodržet normu ČSN 73 2902. (Stempel, 2014)

Porovnání tepelných průběhů současného stavu uvažované budovy s aplikací venkovního kontaktního zateplovacího systému je zobrazen v grafu 4.



Graf 4: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace VKZS. Vlastní tvorba pomocí (TZB-info, ©2001-2022)

e) *Tepelně izolační omítky:* jedná se spíše o nouzové řešení než o zateplovací systém.

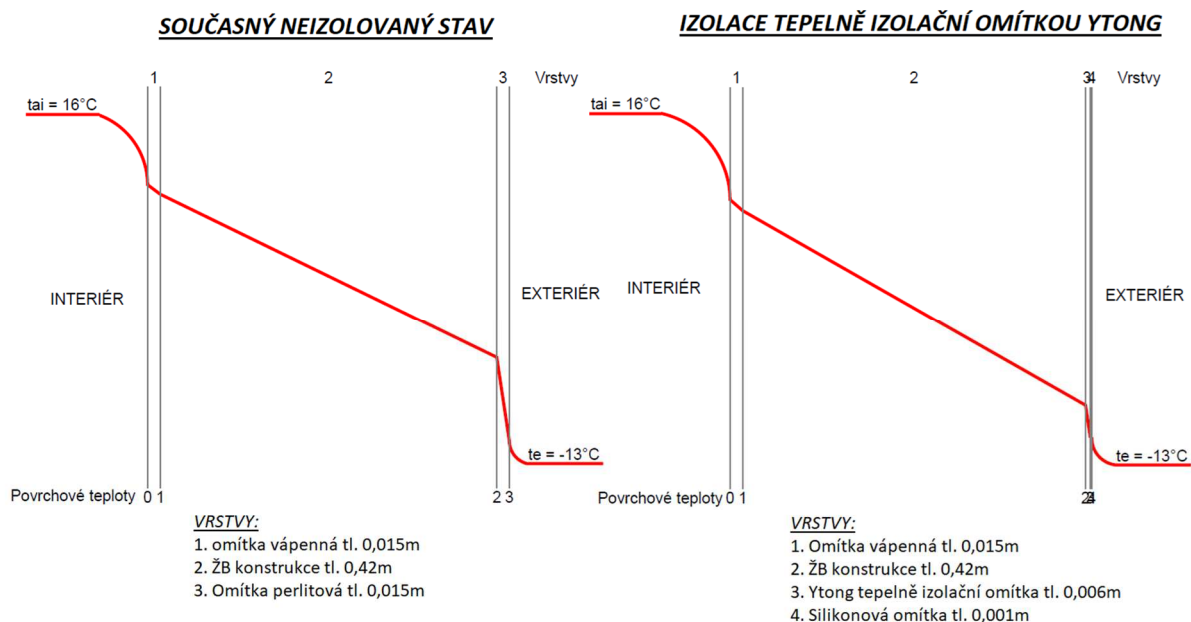
Důvodem jsou horší tepelně izolační vlastnosti oproti VKZS či ETICS a možnost montáže těchto omítek v maximální možné tloušťce 5 centimetrů. (Stempel, 2014)

Tepelně izolační omítky jsou stále předmětem výzkumu. V roce 2015 představili Joana Maia, Nuno M.M. Ramos, Vasco P. De Freitas, Ângela Sousa na 6. Mezinárodní konferenci stavební fyziky IBPC 2015 svůj výzkum „*Laboratory Tests and Potential of Thermal Insulation Plasters*“. Vytvořili nový typ omítky na bázi sádky se zapracováním korkových granulí. Následným měřením prokázali snížení hustoty a tepelné vodivosti λ z 0,25 na 0,11 W.m⁻¹.K⁻¹. (Maia a další, 2015)

V současné době je na českém trhu k dispozici zdící systém od společnosti Xella International, v ČR zastoupená společností Xella CZ, kde při použití tvárnice Ytong Lambda YQ a tepelně izolačních vnitřních omítek (Ytong BASE TP 600) a vnějších omítek (Ytong BASE TP 400) v tloušťce 8 milimetrů dosahují průměrného součinitele prostupu tepla U 0,15 W.m⁻².K⁻¹ u tvárnice šíře 500 mm, respektive 0,16

$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ u tvárnice šíře 450 mm bez použití klasického tepelného izolantu. (Xella, 2023)

Porovnání tepelného průběhu bez aplikace a s aplikací Ytong tepelně izolačních omítek je vyobrazen v grafu 5.



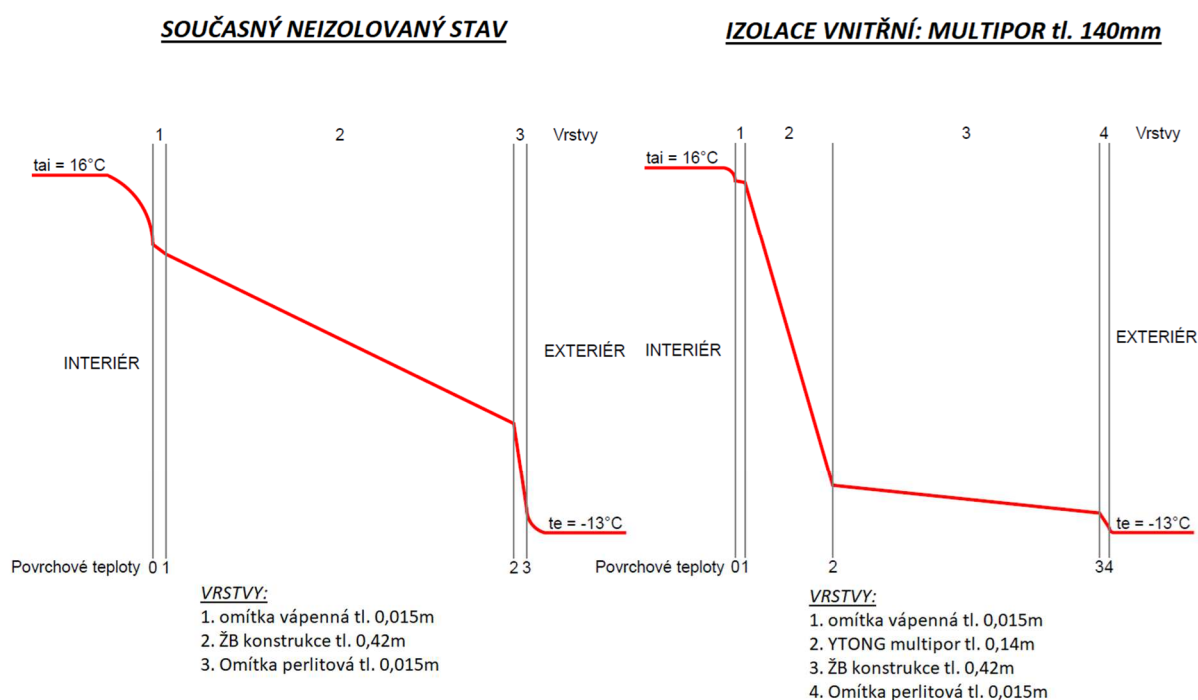
Graf 5: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace tepelně-izolační omítky YTONG. Vlastní tvorba pomocí (TZB-info, ©2001-2022)

f) *Moderní „multifunkční“ fasády:* jejich principem je rozdělení plochy fasády do funkčních systémových celků, v nichž jsou zakomponovány technologie, jejichž primárním cílem je docílit vysoké kvality vnitřního prostředí, snížení potřeby energie a plnění esteticky zajímavé plochy. Příklad uvádí ve své knize Technika budov K. Daniels. Jedná se o předsazenou konstrukci, která je rozdělena do 3 celků o celkové výšce nadzemního patra. V horní části jsou implementovány mechanismy sloužící ke směřování slunečních paprsků do budovy a prodloužení doby přírodního osvětlení. Prostřední část je určena k větrání, přičemž jednotlivé části spolu mohou kooperovat a docílit vysoké kvality vnitřního prostředí. Ve spodní, třetí části, je instalován fotovoltaický či fototermický panel. Jeho vertikální poloha je ovládána pomocí počítačového systému cíleného k co nejvyšším ziskům. (Daniels, 2003)

3.2.1.2.2 Vnitřní izolace

Principem vnitřní izolace je instalace izolantu na vnitřní stranu stavební konstrukce. Toto řešení jednoznačně směřuje k problematice kondenzace vodní páry uvnitř nosné konstrukce a její následné degradace. To je v některých případech možné řešit instalací kapilárně aktivních materiálů pro odvětrávání vlhkosti, znamená to však zvýšení nákladů na provedení tepelné izolace. Vnitřní izolace se provádí v nutných případech, kdy není možné jiné varianty, například v prostředí spadající do památkové ochrany budov. (Stempel, 2014)

Porovnání tepelného průběhu bez aplikace a s aplikací vnitřního tepelně izolačního systému Ytong Multipor je vyobrazen v grafu 6.



Graf 6: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace vnitřní izolace YTONG Multipor. Vlastní tvorba pomocí (TZB-info, ©2001-2022)

- Sendvičové konstrukce: principem je vrstvení materiálu s různými tepelně izolačními vlastnostmi. Příkladem této konstrukce je nosná zeď s tepelně izolační vrstvou, dále odvětrávanou mezerou a vnější přizdívkou. V případě rekonstrukce je možné analyzovat v přípravné fázi nosné stěny dvouplášťové, tedy ve složení nosné stěny se vzduchovou mezerou a povrchovou vrstvou. Jedná se spíše o starší metodu, kterou lze však na základě početního modelu lépe izolovat pomocí foukané izolace do vzduchové mezery. (Stempel, 2014)

3.2.1.3 Zateplování střešních konstrukcí, možnosti

Primární funkcí střešní konstrukce je zajistit budově, jejímu vybavení a obyvatelům ochranu před vlivem vnějšího prostředí. Zároveň je střecha jedním z největších zdrojů tepelných ztrát budovy vlivem termodynamického stoupání teplého vzduchu vzhůru. Dle odborné literatury se uvádí, že u budov před rekonstrukcí střešních konstrukcí „utíká“ až 30 % celkových tepelných ztrát budovy. Zároveň je střešní krytina vystavena slunečnímu svítu, a především v letních měsících to může mít negativní vliv na přehřívání půdního prostoru a střešní konstrukce, které může vyústit až v degradaci konstrukce.

Z hlediska konstrukce je možné střešní konstrukci rozdělit na několik druhů, avšak dle rozdílnosti izolace je možné rozdělit konstrukci pouze na střechu šikmou a střechu plochou. (Stempel, 2014)

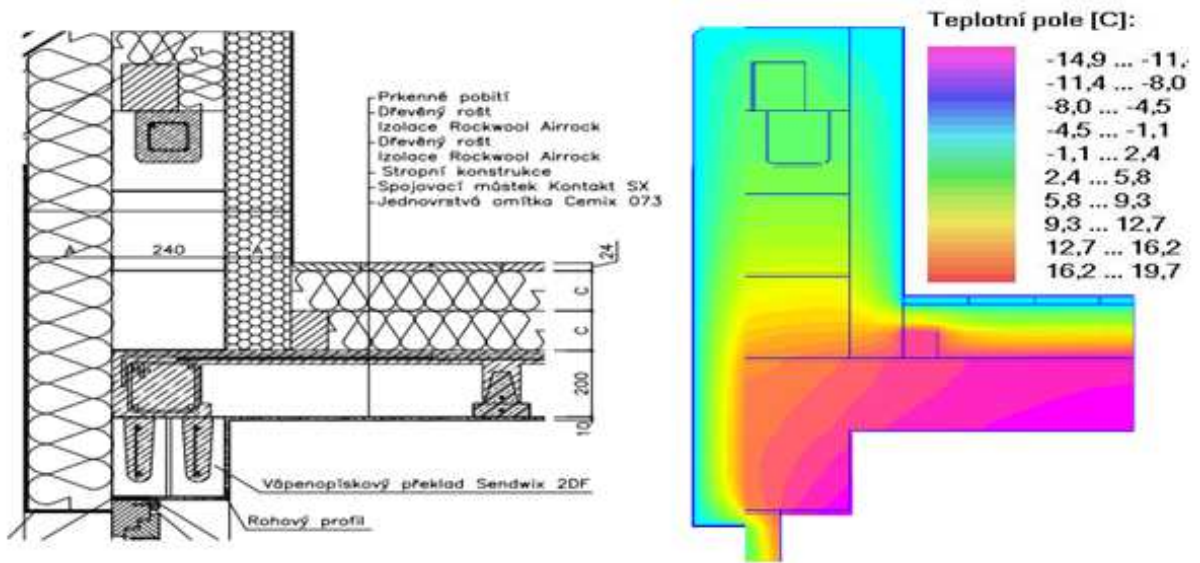
3.2.1.3.1 Střešní konstrukce šikmá

Již v počáteční fázi plánování musí být investorem vyřčen záměr využití či nevyužití půdního prostoru k vhodnému návrhu typu zateplení. Zároveň musí být v této fázi určeny zamýšlené alternativní či pomocné zdroje energie umístěné na střešní konstrukci se specifikací průchodů touto konstrukcí, tedy i izolantem, vyplívající z daného typu zdroje. (Stempel, 2014)

a) Nezateplený půdní prostor:

Jedná-li se o záměr či konstrukce střechy nedovoluje využití půdního prostoru, vhodnou variantou je izolace stropu nad nejvyšším užívaným podlažím. Důvodem je menší plocha určená k izolaci oproti izolaci střešní konstrukce. Standardním způsobem izolace je volně ložený izolant, přičemž není třeba dalších investic v podobě nosných konstrukcí. Modernější metodou zateplení je použití izolantu PIR či PUR aplikovaný nástřikem. Vzniklý prostor mezi izolantem a střešní konstrukcí je označován jako „studená střecha“ s příčným provětráváním sloužícím k odvodu malého množství vlhkosti vzniklého v tomto prostoru. (Stempel, 2014)

Princip standardního zateplení s prkenným pochozem je zobrazen na obr. 5 společně s vymodelovaným průběhem teploty, tedy tepelnou ztrátou do nevytápěného podkroví. (Šubrt a kolektiv, 2011)



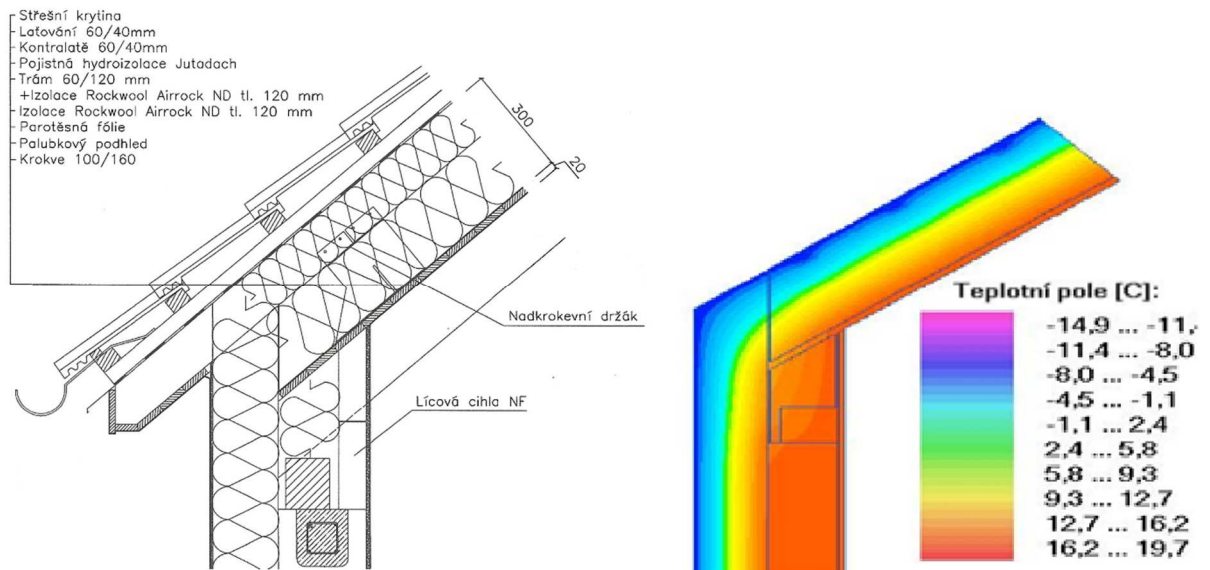
Obr. 5: Zateplení volně loženým izolantem s modelací průběhu teploty konstrukcí. (Šubrt a kolektiv, 2011)

b) Zateplený půdní prostor:

V případě využití půdního prostoru je třeba před samotnou úvahou o možnostech zateplení určit geometrické parametry střešní konstrukce a zohlednit předpisy a normy spojené především s požadavky na minimální výšku místnosti. Následně je nutné zvážit možnosti izolace vzhledem k možnému snížení světlé výšky místnosti, na kterou by izolant mohl mít negativní vliv. Principů izolace šikmé střešní krytiny je několik:

- **Nadkrokevní izolační systém:** jedná se o systémové řešení izolace, většinou minerální izolace či PUR/PIR, instalované na prkenný záklop střešní konstrukce krokví. Výhodou této varianty je možnost napojení izolantu střešní a obvodové konstrukce, vytvoření celistvé izolace obálky budovy. Tím klesá riziko vzniku tepelných mostů. Nadkrokevní izolační systém zachovává využitelnou výšku spodní části prostoru pod krokvelemi, jde tedy o optimální tepelně-technické řešení neomezující tloušťku izolantu. Nevýhodou je vyšší náročnost na montáž a tím i vyšší náklady na rekonstrukci. (Stempel, 2014)

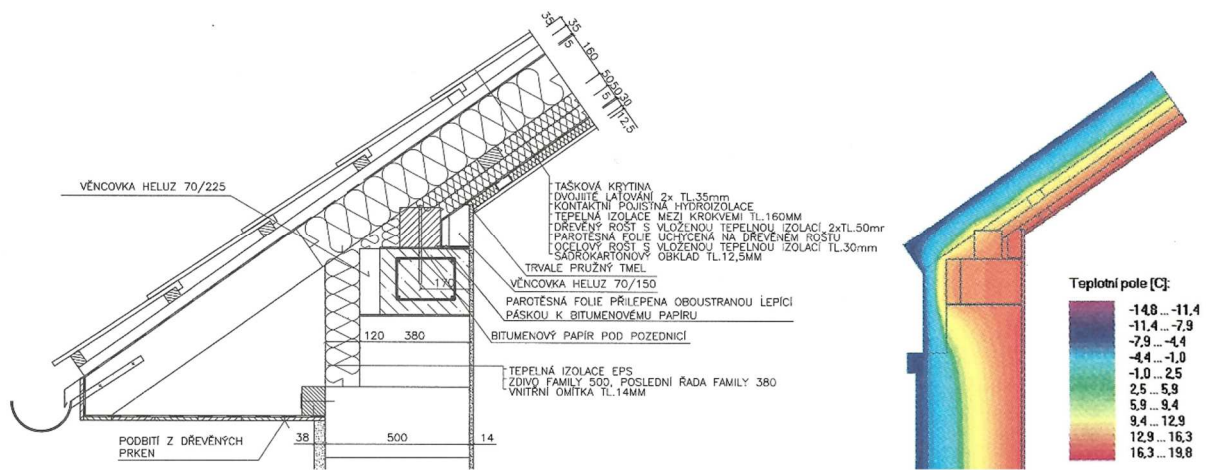
Princip nadkrokevní minerální izolace je zobrazen na obr. 6 společně s vymodelovaným průběhem teploty, tedy tepelnou ztrátou do exteriéru. (Šubrt a kolektiv, 2011)



Obr. 6: Nadkrokvový systém izolace s modelací průběhu teploty konstrukcí. (Šubrt a kolektiv, 2011)

- Zateplení mezi krokvemi: principem způsobu zateplení je montáž izolace mezi krokve. Tloušťka izolace je ovlivněna prostorem určeným geometrií střešní konstrukce. Dimenze izolantu je z pohledu problematiky tepelné ochrany budovy nedostatečná a izolant není instalován v souvislé vrstvě. Ve většině případů z tohoto důvodu provádí společně s metodou zateplení pod krokvemi. To však vede k negativnímu ovlivnění výšky spodního prostoru. Jako izolant se využívají minerální izolace nebo izolace aplikované nástřikem. (Stempel, 2014)
- Zateplení pod krokvemi: izolace pod krokvemi se ve většině rekonstrukcí aplikuje společně s izolací mezi krokvemi z důvodu úspory světlé výšky půdního prostoru. Je možné použít minerální či skelné izolace, případně použít izolanty aplikované nástřikem. Je však třeba instalace nosného roštu interiérové vrstvy, například sádkartonové konstrukce, před montáží izolantu. V kombinaci se zateplením mezi krokvemi se jedná o nejčastější způsob zateplení střešních konstrukcí. (Stempel, 2014)

Princip zateplení mezi a pod krokve minerální izolací je zobrazen na obr. 7 společně s vymodelovaným průběhem teploty, tedy tepelnou ztrátou do exteriéru. (Šubrt a kolektiv, 2011)



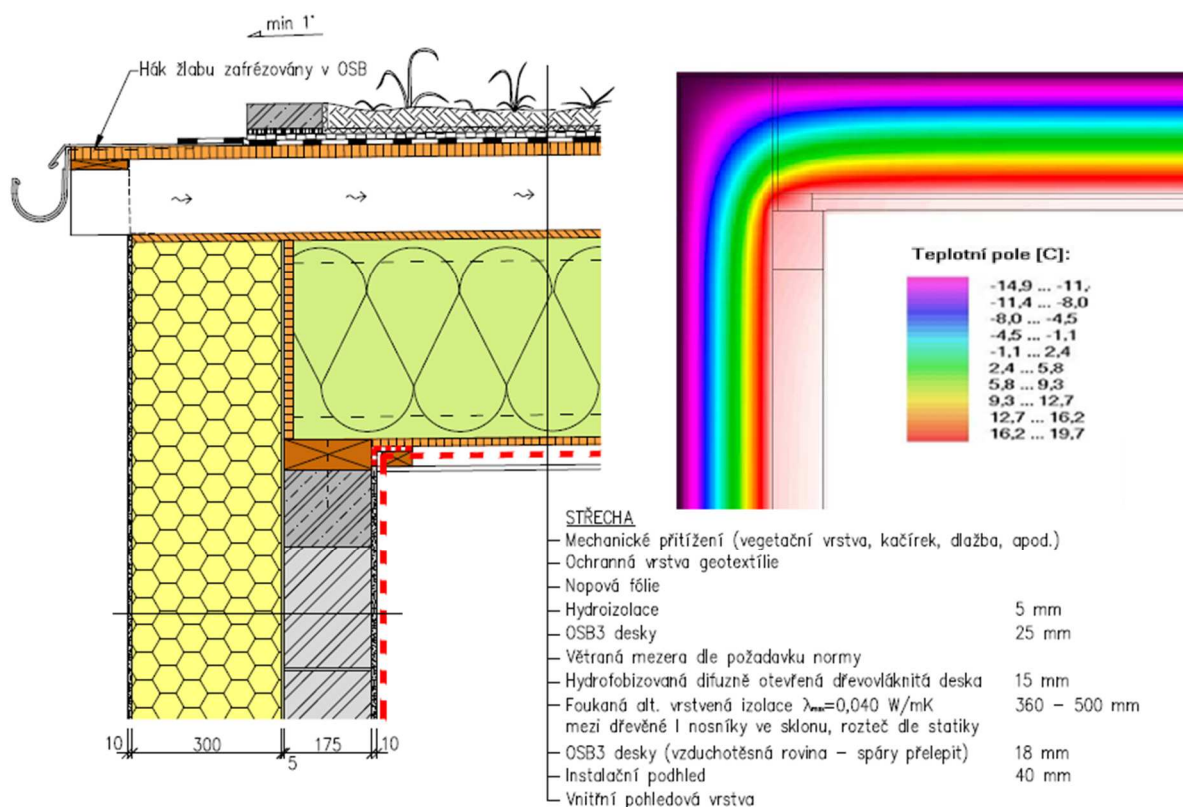
Obr. 7: Zateplení mezi a pod krokveři minerální izolací a modelace průběhu teploty konstrukcí. (Šubrt a kolektiv, 2011)

3.2.1.3.2 Střešní konstrukce ploché

Jedná se o střešní konstrukce bez spádu, kde je odtok dešťové vody zajištěn spádovými klíny vytvořenými v izolační vrstvě, případně o střešní konstrukce s maximálním sklonem do 5° včetně. Ploché střechy je možné konstrukčně dělit na dvouplášťové a jednoplášťové. (Stempel, 2014)

- a) Dvouplášťová střecha a možnosti zateplení: konstrukčně řešeno dvěma vrstvami, které jsou od sebe oddělené vzduchovou větranou mezerou. Horní vrstva slouží jako plášť budovy k ochraně před povětrnostními vlivy a deštěm. Následuje vzduchová mezera o minimální velikosti 10 centimetrů. Spodní vrstva plní funkci stropu spodní místnosti a současně slouží jako nosná konstrukce pro zateplení. Je možné instalovat volně loženou minerální či skelnou izolaci, dále je možná izolace aplikovaná metodou zafoukávání. Doporučuje se provedení ventilačních otvorů na protějších stranách z důvodu cirkulace vzduchu větrané mezery. Tím je však eliminována možnost užití izolace aplikované metodou zafoukávání. Vždy je však účelná konzultace a návrh odborníka, předejde se tím ztrátám způsobeným špatným návrhem, posouzením i špatnou volbou metody zateplování. (Stempel, 2014)

Detail návrhu zateplení dvouplášťové ploché střešní konstrukce je zobrazen na obr. 8 společně s vymodelovaným průběhem teploty. (Hazucha, 2016)

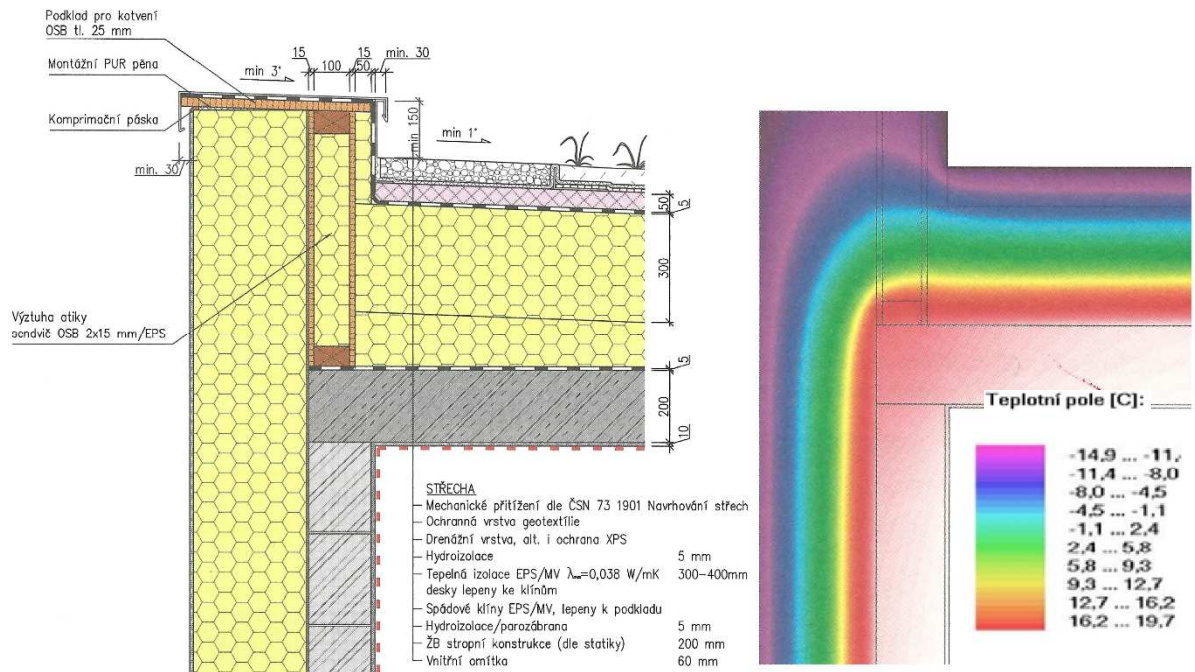


Obr. 8: Zateplení dvouplášťové střešní konstrukce a modelace průběhu teploty konstrukcí. (Hazucha, 2016)

b) Jednoplášťová střecha: neodvětrávaná střešní konstrukce umístěna nad vytápěným prostorem. Při rekonstrukci je prvotním cílem ověřit stav a funkčnost parotěsné zábrany, která zabráňuje provlhnutí izolantu vodní párou z interiéru. Tím by došlo ke ztrátě izolační schopnosti izolantu. Volba izolantu závisí na konstrukčním typu střešní konstrukce a uvažovaném rozsahu rekonstrukce. (Stempel, 2014)

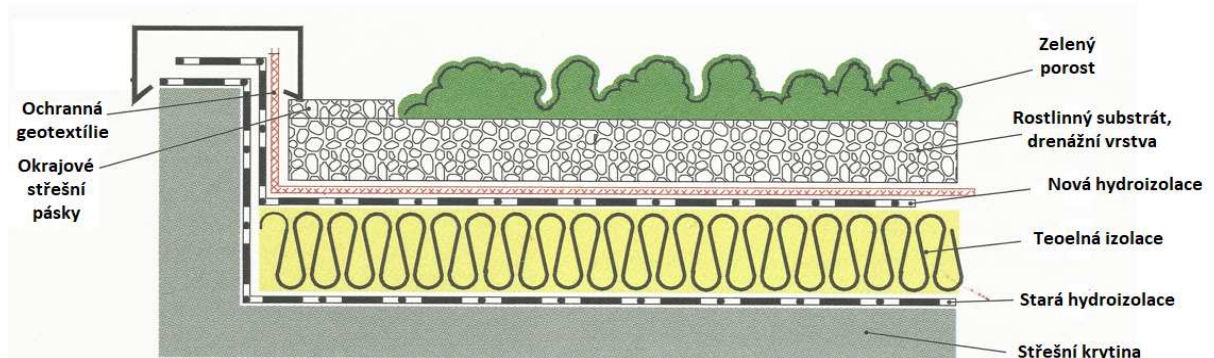
- Lehké konstrukční řešení střechy: v případě dřevěné střešní konstrukce je možné provést izolaci obdobným způsobem, jako v případě šikmé střechy. Tedy metodou nadkrokvevní izolace či kombinací mezi krokvelemi a pod krokvelemi.
- Střechy s nosným železobetonovým stropem: u tohoto konstrukčního řešení je lepší volbou izolace PIR či PUR v deskové podobě. Izolace je kladena na parozábranou vrstvu železobetonové konstrukce. Alternativou k PIR/PUR izolaci je použití izolantu XPS či EPS se spádovými klíny pro tvarování střechy k dešťovým svodům. Další metodou izolace je nástřik tvrdé PIR či PUR izolace.

Detail návrhu zateplení ploché střešní konstrukce s nosným železobetonovým stropem je zobrazen na obr. 9 společně s vymodelovaným průběhem teploty. (Hazucha, 2016)



Obr. 9: Zateplení střešní konstrukce s nosným železobetonovým stropem a modelace průběhu teploty konstrukcí. (Hazucha, 2016)

Moderním trendem, je vytvoření tzv. zelené střechy. Její konstrukční řešení je znázorněno na obr. 10. Výhodou tohoto provedení je delší předpokládaná životnost a zároveň nižší termické nároky během jednotlivých ročních období. (Stempel, 2014)

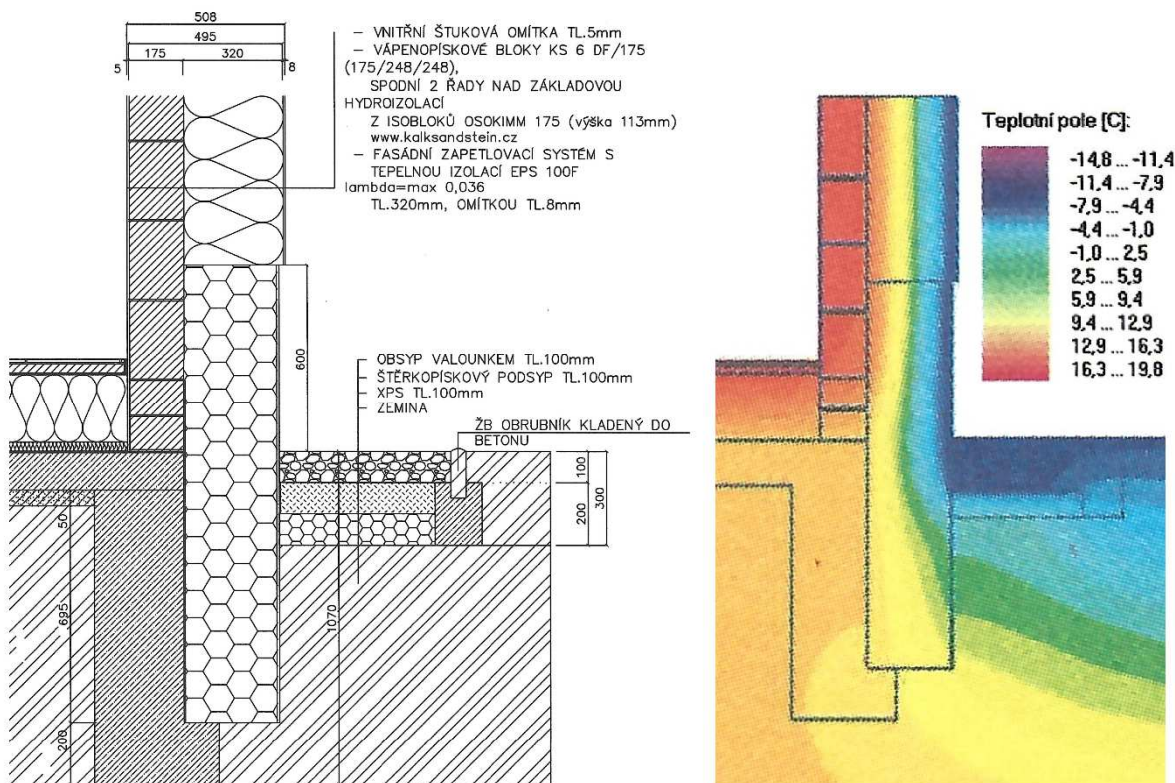


Obr. 10: Rekonstruovaná střecha s železobetonovým stropem s prvky zelené střechy. (Stempel, 2014)

3.2.1.4 Zateplování perimetru, možnosti

Jako perimetr jsou označovány obvodové stěny v přímém kontaktu se zemínou. Tepelný izolant se instaluje současně s hydroizolační vrstvou, nejběžněji v podobě nopové fólie, mezi nosné konstrukce a přilehlou zemínou. Vhodným izolačním materiálem je v tomto případě z hlediska pevnosti v tahu a tepelně izolačním vlastnostem extrudovaný polystyren XPS, jak dokládá i tab. 2 na straně 18 této práce. Modelový výpočet průběhu tepla takto izolovanou konstrukcí je uveden na obr. 11.

V některých případech však není možné provádět montáž izolantu z exteriéru. Dle kapitoly 3.2.1.2.2 této práce je možná instalace tepelné izolace vnitřní. Taková to montáž má však řadu nevýhod. Jak je v odstavci uvedeno, hlavní nevýhodou takovéto montáže je vznik tepelných mostů a nebezpečí kondenzace vodní páry ve stavební konstrukci. Další nevýhodou je ztráta části vnitřních prostor. (Stempel, 2014)



Obr. 11: Zateplení základových konstrukcí pomocí XPS izolace. (Šubrt a kolektiv, 2011)

3.2.1.5 Zateplování nevytápěných místností, možnosti

Nevytápěné prostory jsou definovány jako prostory, které jsou součástí hranice budovy či zóny a zapadají do kontextu zamýšlené hranice. Jedná se například o garáže, dílny aj. Tyto prostory jsou izolovány v kontextu obvodových stěn shodně. Tím je eliminováno rozlišování

na izolované a neizolované prostory. Zároveň odpadá nutnost provádět zateplení v prostoru budovy či zóny mezi těmito prostory a tvorbou vzduchotěsných částí domu. (Stempel, 2014)

3.2.1.6 Izolace podlah, možnosti

Nezateplená konstrukce podlah na zemině či nad nevytápěným suterénem znamená celkovou ztrátu až 6% celkové tepelné energie. Standardní metodou při rekonstrukci je odstranění horních vrstev konstrukce, aplikace hydroizolace s následnou instalací expandovaného polystyrenu EPS o minimální pevnosti 100 kPa či více, eventuálně extrudovaného polystyrenu. Následně je provedena vrstva potěru s případnými rozvody topné soustavy a finální vrstvy podlahy. (Stempel, 2014)

Moderní metodou izolace podlahy může být aplikace lité tvrdé PIR či PUR izolace. Vlivem součinitele tepelné vodivosti se touto metodou dosáhne shodného tepelného odporu menší vrstvou izolantu v porovnání s expandovaným polystyrenem.

3.2.2 Obálka budovy, otvorové výplně

Vývoji otvorových výplní je věnována značná pozornost všech současných výrobců. Jedná se o jeden z klíčových prvků určující svým vizuálním vzhledem a vlastnostmi pohodu vnitřního i vnějšího prostředí. Jsou však značným zdrojem tepelných ztrát, současně ale i značným zdrojem pasivních solárních zisků, jak dokládá „Roční energetická bilance oken: případová studie“, jejímž autorem byl L. Šteffek, J. Kalánek a M. Ostrý. (Šteffek a další, 2021)

Variabilita a členění otvorových výplní je značně modifikovatelná se zásadním ovlivněním tepelně-technických vlastností dané otvorové výplně. Z hlediska tepelných ztrát je energeticky úspornější volit jedno větší okno než několik menších. Důvodem je podíl rámu okna ku zasklené ploše, kde rám je zdrojem větších tepelných ztrát oproti zasklení. (Tywoniak, 2005) Zároveň je třeba počítat se solárními pasivními zisky otvorových výplní a zvážit jejich orientaci vzhledem ke světovým stranám. (Smola, 2011)

Roční energetická bilance oken: případová studie pana Ing. Libora Šteffeka, Ph.D, a kolektivu dokázala, že ač jsou otvorové výplně nejslabším místem obálky budovy, jejich vhodnou dimenzí a umístěním, s ohledem na orientaci vůči světovým stranám, je možné těmito výplněmi efektivně ovlivňovat roční měrnou potřebu tepla na vytápění. Ze studie je patrné, že okenní výplně orientované severně mají prakticky zápornou roční bilanci, naopak otvorové výplně na jižní straně snižují potřebu tepla na vytápění. Zároveň tato studie

dokázala, že hodnota propustnosti slunečního záření zasklení g má mnohem větší vliv na kladnou energetickou bilanci než součinitel prostupu tepla U_g daného otvoru.

Otvorové výplně skýtají velké množství konfigurací otvorových výplní, respektive oken, čímž lze dosáhnout takřka ideálních parametrů daného okna pro různé aplikace a řešení. Správná konfigurace může ušetřit v zimních měsících až 10 % energie na vytápění v porovnání s běžnými konfiguracemi. (Hazucha, 2016)

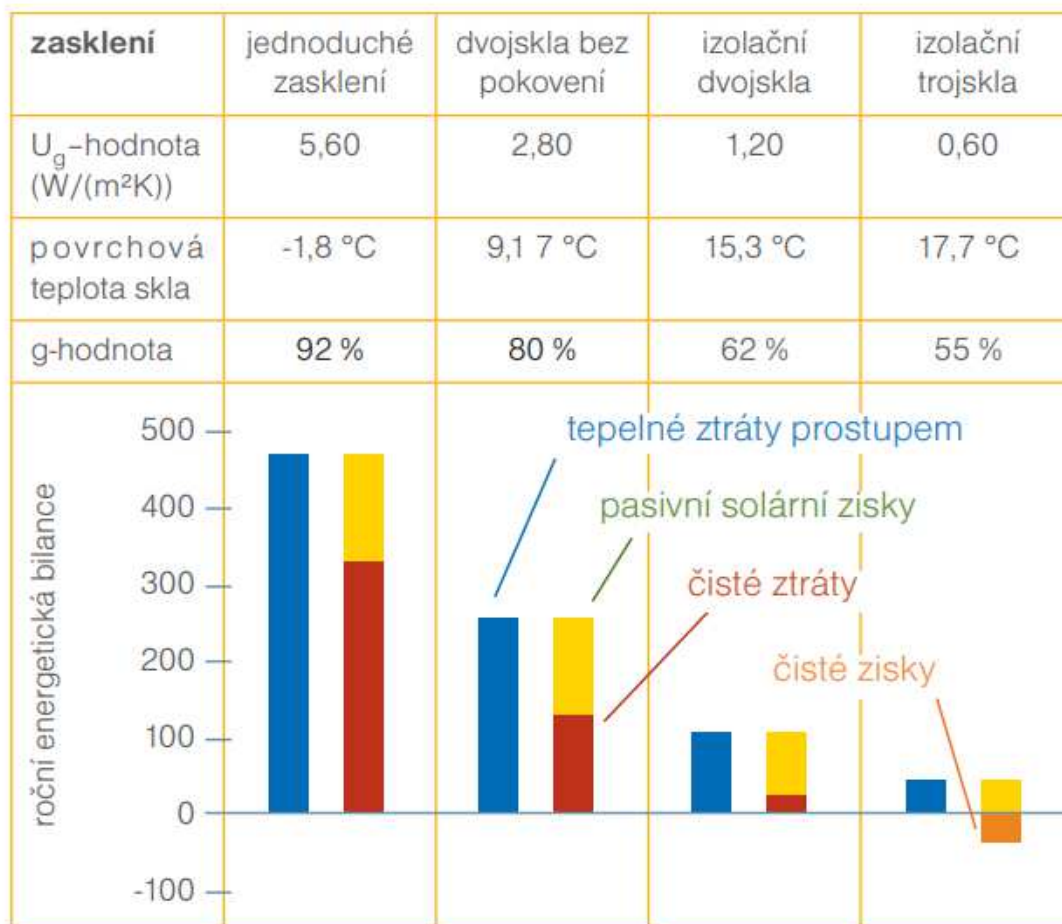
3.2.2.1 Zasklení otvorových výplní

Vývoj technologií a postupů k výrobě a modifikaci skel pro otvorové výplně se neustále vyvíjí. V současnosti je k dispozici mnoho různých modifikací zasklívacích prvků vedoucích k uzpůsobení požadavků investorů a projektantů tak, aby splňovali potřebná kritéria použitelnosti, daná normou. Základní sklo je možné dále zpracovávat technologiemi barvení, pokovování, tepelné tvrzení či vrstvení a společným působením dalších prvků sestavy skla je možné vytvořit kombinaci dle speciálních požadavků individuálního návrhu. Na trhu je rozsáhlý sortiment různých typů skel, porovnání některých skel z hlediska celkové roční energetické bilance je uvedeno v tab. 3: (Hazucha, © 2013)

- Jednoduché sklo: používá se do nevytápěných prostorů nebo k dalšímu zpracování.
- Izolační sklo s čirým sklem: je tvořeno skleněnými tabulemi vzájemně oddělenými pomocí distančních rámečků, vzniklá dutina je hermeticky uzavřená, vyplněná vzduchem nebo inertním plynem. Použití je stejné jako u jednoduchého zasklení.
- Tepelně-izolační sklo: jednoduché sklo s nanesenou vrstvou ušlechtilého kovu. To zajišťuje nízkou emisivitu a vysokou transparentnost. Vyrábí se tepelně-izolační dvojskla či trojskla plněná inertním plynem.
- Reflexní a probarvené sklo: skla s protisluneční ochranou ovlivňující energetickou prostupnost sluneční energie. Používají se v případech, kdy hrozí přehřívání interiéru a solární zisky by tak byly nežádoucí. Například v případě celoplošných skleněných fasád, střešních oken apod. Základem musí být rozumný návrh vlastností skel i prosklených ploch. Alternativou je využití venkovní stínící techniky.
- Bezpečnostní sklo: je odolné proti mechanickému poškození. Je pevnější a při rozbití se rozsype na neostré malé kousky. Poskytuje různou úroveň bezpečnosti.
- Infratopné sklo: vysokopevnostní kalené sklo s nanesenou elektrickou topnou nanovrstvou ThermoGlass. Instalace je možná do tepelně-izolačního dvojskla

či trojskla v kombinaci s bezpečnostním sklem vyplněným Argonem. Elektrická, odporová, topná vrstva je schopna ohřát vnitřní sklo až na teplotu 60 °C a vnitřní izolační pokovené sklo nepropustí teplo ve směru do exteriéru. (DAFE – PLAST Jihlava, 2020)

Tab. 3: Porovnání druhů zasklení z hlediska celkové roční energetické bilance.



*Zdroj: (Hazucha, © 2013)

Výhodnou variantou dle tab. 3 je užití zasklení tepelně-izolačním trojsklem o hodnotách součinitele prostupu tepla zasklením U_g rovno 0,5 W.m⁻².K⁻¹ a prostupností slunečního záření g rovno 0,52, tedy 52 %. Obdobně je výhodná instalace tepelně-izolačního dvojskla o U_g rovno 0,6 W.m⁻².K⁻¹ a prostupností g rovno 0,60. Oba druhy složených skel mají instalovány distanční rámečky o tloušťce 18 mm. (Hazucha, © 2013)

Součinitel prostupu tepla rámem U_f se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 10077-2 nebo zkouškou.

3.2.2.2 *Rámy otvorových výplní*

V porovnání se zasklením otvorových výplní je slabším článkem ve vztahu k tepelným ztrátám rám těchto výplní, jeho materiál i kvalita těsnících prvků. Těsnící prvky jsou důležité s ohledem na celkovou průvzdušnost, respektive neprůvzdušnost, obálky budovy. Současné otvorové výplně dnes dosahují takřka absolutní vzduchotěsnosti oproti původním dřevěným zdvojeným otvorovým výplním. V zimních měsících tato neprůvzdušnost kladně ovlivňuje prostup studeného vzduchu netěsnostmi do budovy, tedy tepelné ztráty vlivem infiltrace.

Rámy moderních otvorových výplní jsou konstrukčně řešeny tak, aby se omezilo použití železných výtuzných prvků. Zároveň byly rámy doplněny o vloženou tepelnou izolaci. Velmi kvalitní rámy jsou pak tvořeny kombinací materiálů základních, doplněných tepelnou izolací. (Beranovský a další, 2011)

Základními materiály rámu jsou:

- *Plastové rámy otvorových výplní:* v současnosti stále ještě nejrozšířenější variantou pro svou nízkou cenu a dostatečné tepelně-technické vlastnosti. Další předností je široká barevná paleta provedení, snadná údržba a odolnost vnějším klimatickým změnám oproti dřevěným výplním. Nevýhodou plastových profilů je nízká pevnost a tuhost. Z tohoto důvodu se musí používat různé ocelové výtuzhy vsazené do plastového profilu, která negativně ovlivňuje tepelně-izolační vlastnosti celku. (Šubrt a další, 2013a)
- *Dřevěné rámy otvorových výplní:* klasický a přírodní materiál, jeho užití při výrobě otvorových výplní je spjato s historií lidstva. Hlavní výhoda tohoto materiálu spočívá v jeho vysoké pevnosti, není nutné tedy vyztužování ocelovými prvky. Jeho tepelně-technické vlastnosti jsou však diskutabilní. Pro jejich zlepšení je možné vlepiti tepelněizolační hmotu do dřevěného profilu, či se vynechávají vzduchové dutiny. Nevýhodou je nutná údržba jeho povrchu obnovou nátěru. Je možné použít kompozit dřevěného rámu obloženého hliníkovým profilem, což omezuje potřebu údržby. (Šubrt a další, 2013b)
- *Hliníkové rámy otvorových výplní:* jsou vždy složeny ze tří a více částí, přičemž se jedná o skladbu hliníkových částí a tepelně-izolačních můstek z PVC, které omezí tepelný tok a spojí hliníkové části do jednoho celku. Výhodou oproti jiným materiálům je vysoká statická odolnost a únosnost dovolující sestavit štíhlé a rozsáhlé sestavy samonosné či nesené nosnou konstrukcí z oceli. Dále

jsou naprosto odolné vůči povětrnostním vlivům. Jsou lehčí v porovnání s plastem a dřevem, ale jejich pořizovací cena je vyšší a tepelně izolační vlastnosti jsou horší v porovnání s plastovými či dřevěnými výplněmi. (Šubrt a další, 2013c)

Pánové Kulkarni Prasad Ramchandra, Dr. Brijesh Tripathi a Powar Rajendra Sadashiv ve své práci s názvem „*Analysis on Design and Efficiency of Window Frames*“ provedli analýzu základních materiálů rámců otvorových výplní a dospěli k závěru, že nejhodnějším základním materiálem je dřevo, tedy dřevěný rám. Následoval rám z PVC a nejvyšší součinitel prostupu tepla rámem okna U_f byl zjištěn u hliníkového rámu. Zároveň zjistili, že v případě kombinace materiálu hliníku a dřeva, tedy kompozitu, tento součinitel výrazně klesá. Hodnoty výsledku studie jsou uvedeny v tab. 4. (Ramchandra a další, 2013)

Tab. 4: Výsledky analýzy otvorových rámců.

Materiál	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	
	U _f	U _w
Dřevo	1,85	1,04
Hliník	11,86	2,68
PVC	2,11	2,02
kompozit hliník/dřevo	3,51	2,40
kompozit PVC/dřevo	1,97	1,68

*Zdroj: (Ramchandra a další, 2013)

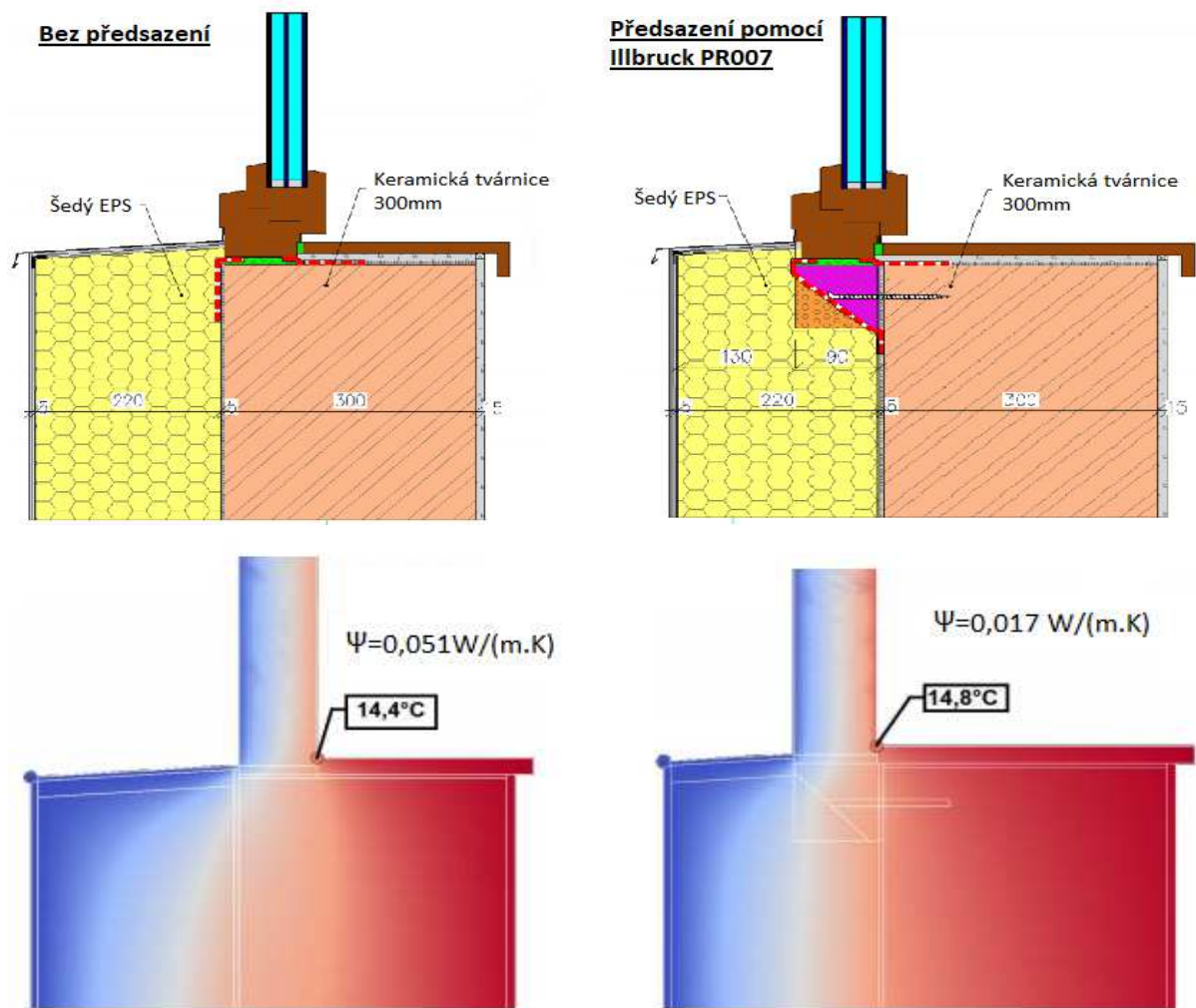
3.2.2.3 Usazení otvorových výplní

Usazením otvorových výplní do stavebních otvorů se zabývá norma ČSN 74 6077, *okna a vnější dveře – požadavky na zabudování*. Špatně navržené napojení konstrukcí či nekvalifikovaně provedená montáž otvorových výplní vede ke zvýšení lineárního činitele prostupu tepla tepelným mostem Ψ až o dva řády oproti správnému návrhu a montáži. (Smola, 2011). Tyto ztráty jsou umocněny v případě špatné montáže parotěsných interiérových či vodotěsných exteriérových pásek. Což povede ke značným tepelným ztrátám či poškozením konstrukcí vlivem působení vlhkostí. (Stempel, 2014)

Značná pozornost by měla být také věnována izolaci špalet a nadpraží oken v těsné blízkosti otvorové výplně. V případě aplikace metody VKZS či ETICS jsou sice překryta izolantem, avšak v nedostatečné dimenzi. V těchto případech je vhodné uvážit a početně

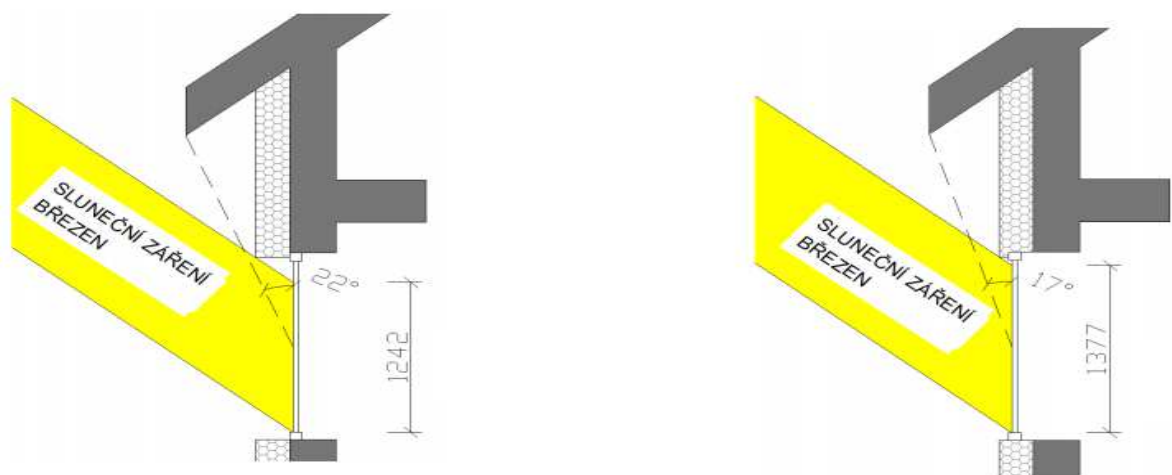
opodstatnit speciální či méně běžné materiály uvedené v části 3.2.1.2 této práce, či materiály jiného výrobce optimálně podobných nebo lepších tepelně-technických vlastností.

Další variantou ošetření těchto problematických styků je změna roviny instalace otvorových výplní a provedení tzv. předsazené instalace pomocí kompozitních bloků o vhodných tepelně-izolačních vlastnostech. Takto provedená instalace má pozitivní vliv i na solární pasivní zisky z prosklených ploch zasklení. Na obr. 12 je zobrazen detail montáží obou metod a jejich vliv na tepelný tok a lineárního činitele prostupu tepla Ψ .



Obr. 12: Metoda osazení okna a změny v tepelném toku. (Židek, 2018)

Na obr. 13 je dále demonstrován pozitivní vliv na zvýšení pasivních solárních zisků, přesněji na korekčního činitele stínění okna pevnými překážkami $F_{sh,ob,k}$ [-].



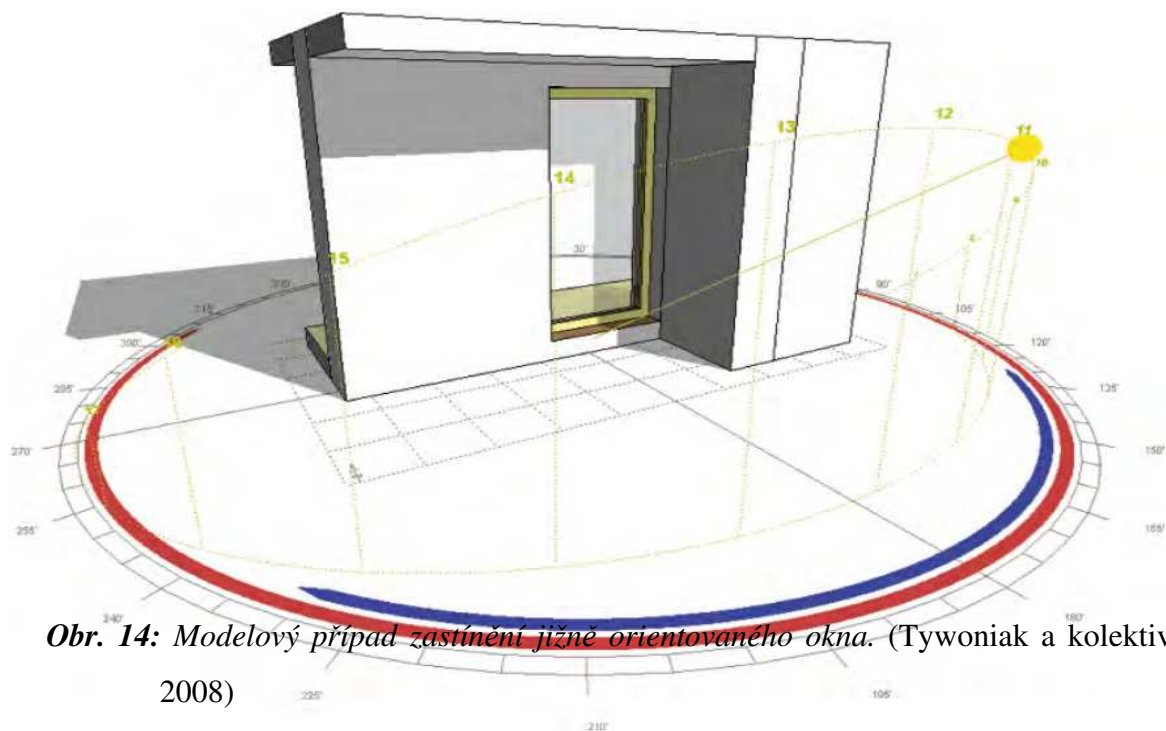
Obr. 13: Změna roviny instalace a její vliv na pasivní zisky. (Židek, 2018)

3.2.2.4 Stínění, stínící technika a její montáž

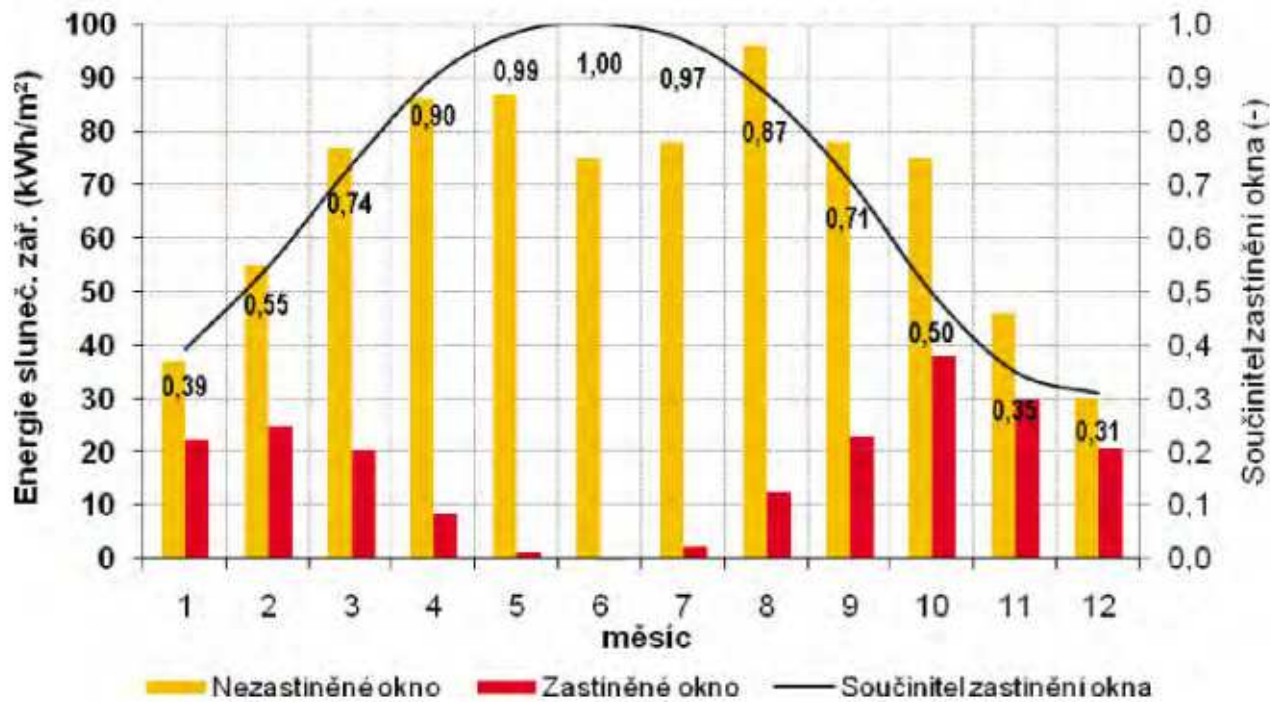
Optimálním řešením k dosažení vyšších tepelných zisků, které jsou ku prospěchu v zimním období, je orientace větších prosklených ploch v jižní, jihovýchodní a jihozápadní části budovy. Avšak z důvodu přehřívání místností je třeba v letních měsících zajistit jejich stínění. Základním rozdělením stínících prvků je rozdělení na vnitřní a na vnější stínící prvky. Zatím co interiérové prvky je možné instalovat i dodatečně a svým principem nejsou natolik účinné z hlediska ochrany vnitřního prostředí budovy před přehříváním, o exteriérových stíněních a stínících prvcích je v některých typech nutné uvažovat již při přípravě projektu. (Brandejský a další, 2020a)

3.2.2.4.1 Stínění stavební konstrukcí

Na obr. 14 a následném grafu 7 je uveden modelový příklad stínění stavební konstrukce na jižně orientované okno a množství slunečního záření skutečně dopadajícího na otvorovou výplň v průběhu roku. Bylo zjištěno, že na takto stíněné okno dopadá v zimních měsících 56 % a v letních měsících pouze 6 % z maximálního teoretického množství sluneční energie. Okno je tedy stále zdrojem pasivních solárních zisků v zimních měsících, zároveň je ale chráněno před přebytečnou sluneční energií v létě. (Tywoniak a kolektiv, 2008)



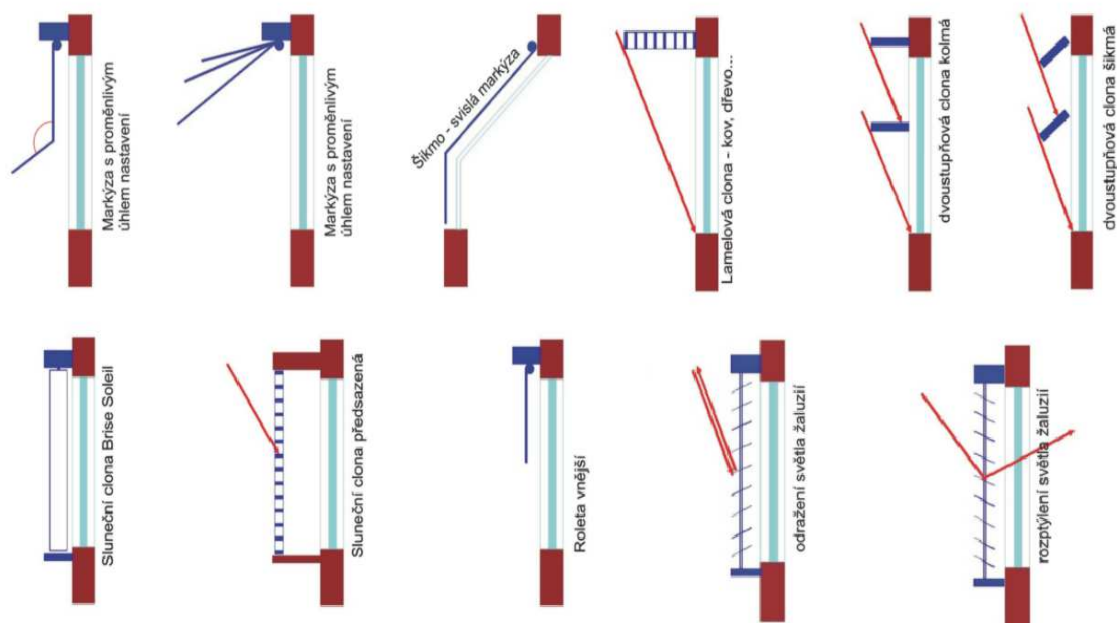
Obr. 14: Modelový případ zastínění jižně orientovaného okna. (Tywoniak a kolektiv, 2008)



Graf 7: Energie dopadajícího slunečního záření při stínění v jednotlivých měsících. (Tywoniak a kolektiv, 2008)

3.2.2.4.2 Stínící technika

Oproti stínění stavební konstrukcí, uvedené v kapitole 3.2.2.4.1, přináší stínící technika v problematice prostředí budov výraznou výhodu v možnosti regulace propustnosti slunečního záření. V případě markýz, rolet, clon či podobných stínících prvků je možné regulovat osvit od vrchní části okna, až po jejich úplné zakrytí. V případě stínící techniky v podobě žaluzií, lamelových clon či další techniky je možné mimo zamezení slunečního záření i jeho směřování. To umožňuje jednak rozptýlení světla, vedoucí ke snížení solárních zisků ze sluneční energie, zároveň je možné soustředit světelné paprsky do objektu ve večerních hodinách a prodloužit tak dobu, po kterou lze využít přírodního osvětlení místnosti, než bude nutné místnost osvětlit umělým osvětlením. (Brandejský a další, 2020a)



Obr. 15: Druhy stínící techniky a jejich vliv na sluneční záření. (Brandejský a další, 2020a)

3.2.2.4.3 Montáž stínící techniky

Montáž stínící techniky v problematice rekonstrukce s sebou nese značné riziko vzniku tepelných mostů v případě špatného návrhu tepelně-izolačního detailu při implementaci stínící techniky. Možná je i dodatečná montáž na otvorovou výplň samotnou.

- a) Dodatečná montáž na otvorovou výplň: stínící technika se instaluje na otvorovou výplň, čímž dojde ke snížení světlé výšky otvoru a zakrytí horní části okna, respektive transparentní části okna, což přináší omezení v podobě pevné stínící překážky a zároveň nelíbivý detail při pohledu z interiéru.
- b) Montáž přiznané stínící techniky: již při návrhu zateplení objektu je tepelně vyhodnocen prostor pro montáž stínící techniky nad stavebním otvorem. Prostoru stínící techniky v kontaktu se stavební konstrukcí a systému kotvení je třeba věnovat zvýšenou pozornost z důvodu zamezení vzniku tepelných mostů. V těchto případech je možné využít některých speciálních materiálů uvedených v kapitole 3.2.1.1.2.

Na obr. 16 je uveden příklad přípravy tepelně izolačního systému firmy PROPASIV s.r.o. Do VKZS jsou implementovány výrobky PROPASIV BLOCK ZH pro kotvení venkovních žaluzií a izolace stavební konstrukce PROPASIV Aerogel. (Propasiv CZ, © 2017)



Obr. 16: Ukázka z realizace firmy PROPASIV, detail izolace nadpraží okna. (Propasiv CZ, © 2017)

- c) Montáž stínící techniky do purenitového boxu: purenit je konstrukční izolant na bázi PIR tvrdé pěny o součiniteli tepelné vodivosti $\lambda 0,080 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Jeho výhodou je vysoká pevnost v tlaku a odolnost vůči vlivům vnějšího prostředí. Purenitový box vytvoří izolovaný prostor pro montáž venkovní žaluzie se systémovým řešením vodících lišt implementovaných do purenitového ostění. Na obr. 17 je uveden princip montáže a detailní řez. (Brandejský a další, 2022b)



Obr. 17: Princip montáže a detailní řez purenitového boxu Labona s.r.o. (Brandejský a další, 2022b)

3.3 Technologická zařízení staveb

Kvalita vnitřního mikroklima budovy má zásadní vliv na pocitové vnímání člověka a jeho zdraví. Pocitově příjemné prostředí určuje nejen tepelná pohoda, ale i hygienická pohoda prostředí aj. Pan doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. ve své knize *Větrání rodinných a bytových domů* uvádí, že až 50 % všech nemocí má spojitost se špatnou kvalitou vnitřního mikroklimatu. (Zmrhal, 2014, str. 7) (31)

Správně navržená technologická zařízení budov, nebo-li TZB, zaručují kvalitu mikroklima a pohodu člověka ve vnitřním prostředí budovy. TZB rozumíme od technické soustavy pro vytápění či chlazení, větrání a úpravu vlhkosti až po soustavy pro přípravu teplé užitkové vody a osvětlení. Jedná se tedy o zdroje sloužící k vyrovnání ztrátových tepelných toků a vytvoření vnitřního mikroklimatu. Jako soustavu je však třeba rozumět i rozvod těchto energií či médií. Jejich účinnost, respektive ztráty a provozní energie jsou nezanedbatelné a je třeba je zohlednit při výpočtech. Tyto systémy a princip výpočtu je uveden na obr. 3. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.1 Vytápění

Každý otopný systém se skládá ze zdroje tepla včetně přípojních, respektive odběrných míst, a jeho vlastní distribuce. Zdroje energie je možné rozdělit na zdroje neobnovitelné, pracující na bázi spalování fosilních paliv jako je ropa, zemní plyn, uhlí a podobně, a na zdroje obnovitelné. Z hlediska primárních neobnovitelných zdrojů je trendem podporovat vyšší podíly zdrojů obnovitelných, využívat tak energii ze země, vody či sluneční záření. (Smola, 2011)

3.3.1.1 Rozdělení systémů otopných soustav dle teplot

Rozdělení otopných soustav dle teploty přívodní otopné vody t_p [°C] je dáno návrhovým teplotním spádem Δt [°C] otopné vody. Ten se navrhuje dle typu otopné soustavy, fyzikálních vlastností teplotnosné látky, otopných ploch těles a jejich maximálních povolených povrchových teplot a technických možností zdroje či zdrojů tepla. (Kubín a další, 2014)

Otopné soustavy se dělí na:

- Tepl vodní nízkoteplotní otopné soustavy: $t_p \leq 65$ °C a Δt je v rozsahu 10 až 15 °C. Běžně využívané teplotní spády jsou 55/45 °C, 45/35 °C, 40/30 °C, 35/25 °C. Je možná instalace jakéhokoli zdroje tepla určeného pro nízkoteplotní otopné soustavy, respektive s možností nastavení potřebné přívodní otopné vody, zároveň

je však nutná instalace oběhového čerpadla pro nucený oběh. Je možná kombinace různých typů topných těles k tomuto nízkoteplotnímu systému určených. (Kubín a další, 2014)

Hlavní výhodou této soustavy je úsporný provoz. Dále snadné napojení podlahového topení a zdrojů tepla v podobě tepelného čerpadla, solárního kolektoru a dalších nízkoteplotních zdrojů. (Korado, a.s., 2013)

- Teplovodní otopné soustavy: $65\text{ °C} < t_p \leq 110\text{ °C}$ a Δt je v rozsahu 10 až 25 °C. Běžně využívané teplotní spády u soustav s nuceným oběhem jsou 75/65 °C, 70/60 °C, 70/50 °C. V případě topných soustav s přirozeným oběhem se z důvodu potřeby vysokého vztlaku využívají teplotní spády 92,5/67,5 nebo 90/70 °C.
- Horkovodní otopné soustavy: $t_p > 110\text{ °C}$ a Δt je v rozsahu 40 až 60 °C. Běžně využívané teplotní spády jsou 150/70 °C, 130/70 °C.

V případě malých tepelných výkonů se volí malé teplotní spády, přičemž by neměl klesnout rozdíl přírodní a vratné otopné vody pod 20 °C. (Kubín a další, 2014)

3.3.1.2 Rozdělení systémů otopných soustav dle přenosu tepla

Konvenční otopné soustavy: teplo se šíří z otopného tělesa prouděním a přímo ohřívá vzduch, od kterého se dále ohřívají okolní stavební konstrukce. Teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} je vyšší než účinná povrchová teplota okolních ploch $\theta_{r,m}$. (Petráš a další, 2006)

Možné aplikace konvenčních soustav:

- Soustavy s otopnými tělesy: jsou určeny pro prostory s menší půdorysnou plochou. Vlastnosti těles ovlivňuje především jejich konstrukce, materiál, tvar i rozměr. Distribuce tepla probíhá nejen konvencí, ale i sáláním.

Pro tyto soustavy je možné využít běžné zdroje tepla, jako je kondenzační plynový kotel, tepelná čerpadla i kotle na biomasu.

- Teplovzdušné jednotky: teplovzdušné jednotky je možné rozdělit na decentralizované či centrální. Z tohoto dělení vyplývá i jejich zásobování topným médiem.

V případě decentralizovaných jednotek je topným médiem voda či pára z centrální kotleny. Druhou možností je přívod paliva k těmto jednotkám. V tomto případě se jedná o přímotopy plynové či olejové. Vzduch může být přiváděn z interiéru, nebo jako ohřátý čerstvý vzduch z exteriéru budovy.

Centrální teplovzdušné jednotky používají jako topné médium vzduch, více v kapitole 3.3.2.2.4.

Sálavé otopné soustavy: teplo se šíří sáláním z otopné plochy bez prostřednictvím vzduchu jako nosného média. Sálavá otopná plocha je umístěna v jedné nebo na jedné ze stavebních konstrukcí, nejčastěji se jedná o podlahu, strop či stěnu. Teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} je nižší než účinná povrchová teplota okolních ploch $\theta_{r,m}$. (Petráš a další, 2006)

Možné aplikace konvenčních soustav:

- *Velkoplošné sálavé vytápění:* otopná plocha je součástí stavební konstrukce, nejčastěji v podlaze. Přenos tepla probíhá převážně sáláním, přičemž povrchová teplota těchto otopných konstrukcí musí splňovat hygienické požadavky.
- *Zavěšené sálavé panely:* charakteristikou je tepelný tok shora do prostoru, který je dán přibližně z 80 % sáláním a přibližně 20 % konvekcí. Teplovodním médiem může být teplá voda či pára s měrným tepelným tokem panelu přibližně od 500 až po 1300 W.m⁻². Panely jsou izolované, aby se omezil tok tepla směrem vzhůru. V případě vysokých stropů je doporučeno užití destratifikátoru, což je zařízení sloužící ke stlačování ohřátého vzduchu u stropu dolů do pobytové zóny člověka pomocí cirkulace.
- *Infrazářiče:* jsou zdrojem sálavého tepla s vysokou povrchovou teplotou, jsou menších rozměrů s možností soustředění tepla na konkrétní místa. Tělesa přímo vystavená toku sálavého tepla z infrazářiče by měla mít větší tepelný odpor.

Kombinované otopné soustavy: variabilita a kombinace sálavých a konvenčních systémů umožňuje vytvořit mnohé varianty systémů vytápění v kombinaci s větráním vedoucí ke zdravému prostředí splňující hygienické požadavky, přičemž dobře navržený systém větrání a vytápění může vést ke značným úsporám v problematice provozu budov. (Petráš a další, 2006)

3.3.1.3 Zdroje tepla

Zdroje tepla se v prostředí budov využívají k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody, případně k ohřevu větracího vzduchu. Při návrhu zdroje či zdrojů v případě kombinovaného či kaskádového zapojení je vždy třeba uvažovat o podmínce primární neobnovitelné energie vyplývající ze zákona č. 3/2020 Sb.

3.3.1.3.1 Elektrické zdroje tepla

Připojení k elektrické distribuční síti je dnes podmínkou pro získání stavebního povolení a jako zdroj tepla se jedná o poměrně levná zařízení s více než 90 % účinností přeměny elektrické energie na teplo. Ovšem s ohledem na problematiku energetické náročnosti budov a podmínku potřeby primární energie je elektrická energie jakožto hlavní zdroj tepelné energie v budově nevhodná. Lze s ní však počítat jako s doplňkovým systémem v kombinaci se zdrojem tepla z obnovitelných zdrojů. (Petráš a další, 2006)

Elektrokotle s akumulací: využívají se převážně pro ústřední vytápění, ohřívají topnou vodu pomocí odporových vložek v akumulacích zásobnicích vody během zvýhodněného tarifu nočního proudu, případně při alternativním zdroji energie v podobě fotovoltaických článků při přebytku energie v nebateriovém provedení. (Daniels, 2003)

Lokální elektrická topidla: ve většině případů se jedná o odporové vytápění vzduchu či okolní plochy. Výjimkou jsou infrazářiče využívající k přenosu tepelné energie energii elektromagnetickou. V České republice se využívají spíše k lokálnímu pomocnému ohřevu. (Daniels, 2003)

3.3.1.3.2 Zdroje tepla na zemní plyn

Spalování zemního plynu se chemická energie zemního plynu přemění na energii tepelnou. Pomocí výměníku je možné ohřívát médium nejčastěji v podobě vody či vzduchu. Jedná se o zdroje s širokými možnostmi uplatnění a s různorodou konstrukcí od malých lokálních zařízení v podobě přímotopných plynových teplovzdušných jednotek až po průmyslové parní kotelny. Oproti elektrickým zdrojům je třeba přívodu zemního plynu a odvodu spalin kotle či jednotky. Spalovací vzduch je možné přivádět z exteriéru nebo se využije vzduch z místnosti. (Daniels, 2003)

Centrální kotle: využívají principu akumulace tepla v již konstrukčně zabudovaných akumulacích zásobnicích menšího objemu, případně v systému s akumulací nádrží. Rozdělení kotlů: (Petráš a další, 2006)

Kotle standardní: účinnost okolo 88 % a teplotou vody více než 80 °C.

Kotle nízkoteplotní: účinnost okolo 92 % s teplotou vody do 80 °C.

Kotle kondenzační: účinnost až 98 % se střední teplotou topné vody 45 °C .

Lokální jednotky: přímotopné plynové jednotky pracují za konstantního výkonu a regulace probíhá na základě teploty vzduchu odstavováním jednotky. K rovnoměrné cirkulaci vzduchu se využívají různé druhy vyústek s lamelami. Omezením je hospodárnost těchto jednotek v prostoru o maximální výšce do 10 metrů, proto se instalace nedoporučuje nad tuto výšku. Dále se doporučuje užití destratifikátoru. (Petráš a další, 2006)

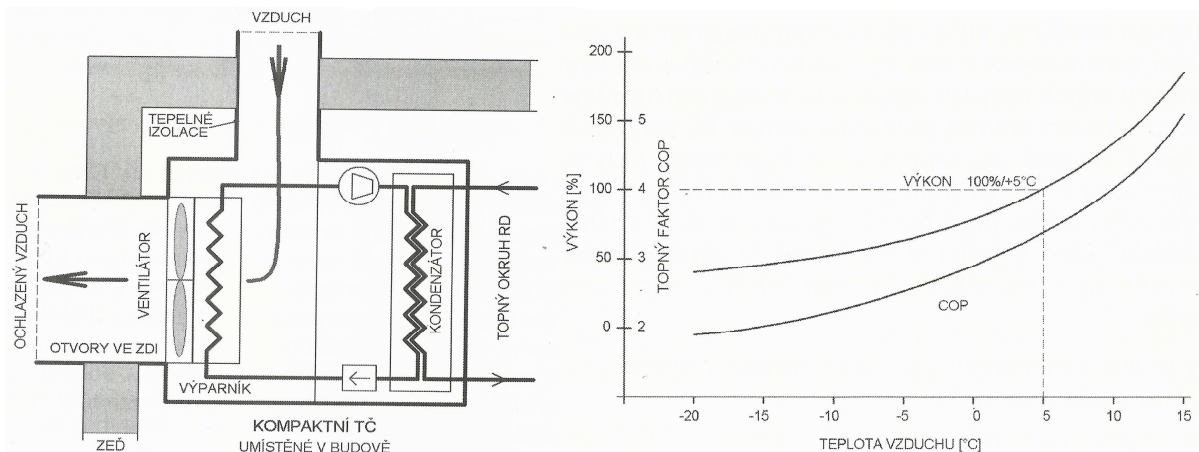
3.3.1.3.3 Tepelná čerpadla

Konstrukčně se jedná o chladicí zařízení, které z okolního prostředí odebírá energii o nízké teplotní úrovni a transformuje ji na energii vyšší teplotní úrovně v pracovním kruhovém cyklu. Zdrojem tepla může být energie obnovitelná, tedy vzduch, voda nebo země, případně může jít o energii vzniklou následkem některého technologického procesu v podobě odpadní vody či odpadního vzduchu. Motoricky mohou být poháněna pomocí elektromotoru, plynového či naftového spalovacího motoru nebo parních turbín. (Daniels, 2003)

Nejrozšířenějším tepelným čerpadlem uvažovaným jako zdroj tepla v novostavbách rodinných a bytových domů jsou čerpadla jednostupňová. V návaznosti na kapitulu 3.3.1.1 jsou tato čerpadla určena především do nízkoteplotních otopných soustav s podlahovým či stěnovým vytápěním a provozní teplotou otopné vody do 35 °C. U rekonstrukcí je lze užít i jako zdroj tepla v instalaci klasických vytápěcích soustav s konvenčními tělesy s omezenou maximální teplotou přívodní otopné vody do 55 °C. Nad tuto teplotu je provoz tepelného čerpadla nevhodný a je nutná instalace dvoustupňového tepelného čerpadla, které umožňuje vyšší teplotu otopné přívodní vody do teploty až 80 °C. (Kubín a další, 2014)

Rozdělení tepelných čerpadel dle principu výměny tepla:

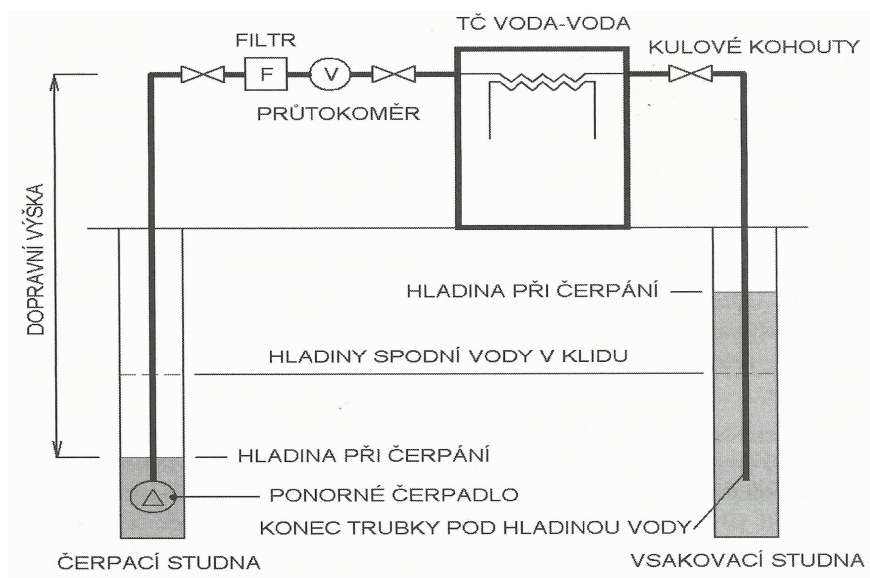
TČ vzduch-voda: odebírá teplo z okolního nebo odpadního vzduchu a předává ho topné vodě. Výhodou je snadná instalace, nevýhodou je pak klesající výkon i topný faktor s klesající teplotou venkovního prostředí. Z tohoto důvodu je součástí TČ malý elektrokotel, jako sekundární zdroj, případně se instaluje TČ v kombinaci s jiným zdrojem. (Žeravík, 2003)



Obr. 18: TČ interiérové s informativní závislostí výkonu na teplotě vzduchu. (Žeravík, 2003)

TČ voda-voda: spodní voda je v průběhu roku poměrně stálý zdroj tepelné energie, jejíž teplota se pohybuje v rozmezí od 8 do 10 °C. To zaručuje poměrně stálé výkonnostní parametry TČ, přičemž je třeba dostatečný průtok podzemní vody, jelikož se předpokládá její ochlazení o 3 až 5 °C tak, aby nemohlo dojít k zamrznutí vody ve výparníku. Samotné TČ by mohlo být konstruováno jako monovaletní, avšak výrobci ho osazují malým elektrokotlem.

Jako zdroj tepelné energie je možné využít i vodu tekoucí či stojatou. Je však nutné posoudit vhodnost tohoto zdroje vzhledem k proměnlivým teplotám tohoto zdroje během roku. (Žeravík, 2003)



Obr. 19: TČ voda - voda. (Žeravík, 2003)

TČ země-voda: Oproti předešlým způsobům se jedná o konstrukci tepelného čerpadla s uzavřeným výměníkem na primárním okruhu. Výhodou je eliminace ztrát vlivem zanešení výměníku. Využívají se dva způsoby odběru tepla v závislosti na typu kolektoru:

- I. Plošný zemní kolektor instalovaný v hloubce 1,2 až 1,5 metru, jehož rozhodujícím faktorem je vlhkost půdy. Je-li suchá je třeba až 100 m² na 1 kW výkonu. Nevýhodou tedy je rozlehlost celého systému.
- II. Vertikální zemní kolektory uloženy v 50 až 120 metrů hlubokých vrtech, jejichž počet závisí na požadovaném výkonu. Doporučená vzdálenost vrtů od sebe je alespoň 5 metrů.

Výhodou TČ země-voda je velmi nízký příkon oběhových čerpadel a není zde riziko zamrznutí. Nevýhodou jsou náklady na provedení vrtů. (Žeravík, 2003)

Pánové doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D a prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc. provedli analýzu a porovnání teplot, výkonů a extrahovaných energií teplosměnných kapalin na nejpoužívanějších nízkoteplotních tepelných zdrojích za 218 dní topného období 2012/2013. Výsledky své práce prezentovali v článku s názvem „*Analysis of the Potential of Low-Temperature Heat Pump Energy Sources.*“

V jejich práci byl porovnán potenciál zemské hmoty a okolního vzduchu jakožto zdrojů energie. Byly použity horizontální zemní výměníky tepla lineárního a Slinkova typu, vertikální zemní výměníky s jednoduchým a U-trubkovým výměníkem pro získání tepla ze zemského masivu.

Z výsledku této analýzy vyplývá, že vhodnější potenciál pro zdroj energie je zemská masa oproti okolnímu vzduchu, z důvodu stabilnější teploty s menších diferencí. Vhodnější variantou se dle této analýzy jeví instalace vertikálních zemních kolektorů s jednoduchým výměníkem. (Neuberger a Adamovský, 2019)

3.3.1.3.4 Solární tepelné soustavy

Principem je využití fototermální přeměny energie slunečního záření na tepelnou energii odváděnou do akumulací nádrže systému. Zdrojem tepla jsou solární kolektory umístěné na střešní konstrukci nebo na stěnách budovy. Výkon a účinnost kolektorů výrazně závisí na teplotě okolí samotného kolektoru, přičemž s provozní teplotou rostou i ztráty a účinnost

klesá. Z tohoto důvodu jsou vhodné pro aplikace do systémů do 35 °C jako přídatný zdroj tepelné energie, nelze zde uvažovat o zdroji hlavním. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.1.3.5 Ostatní

Ostatními zdroji tepelné energie mohou být kotle na tuhá paliva lokální či centrální, případně automatické kotle na biomasu nebo topný olej, avšak v rámci této práce se jejich užití v řešené budově nepočítá. Tedy nebudou v této práci řešeny.

3.3.1.3.6 Akumulace tepla v zásobníku

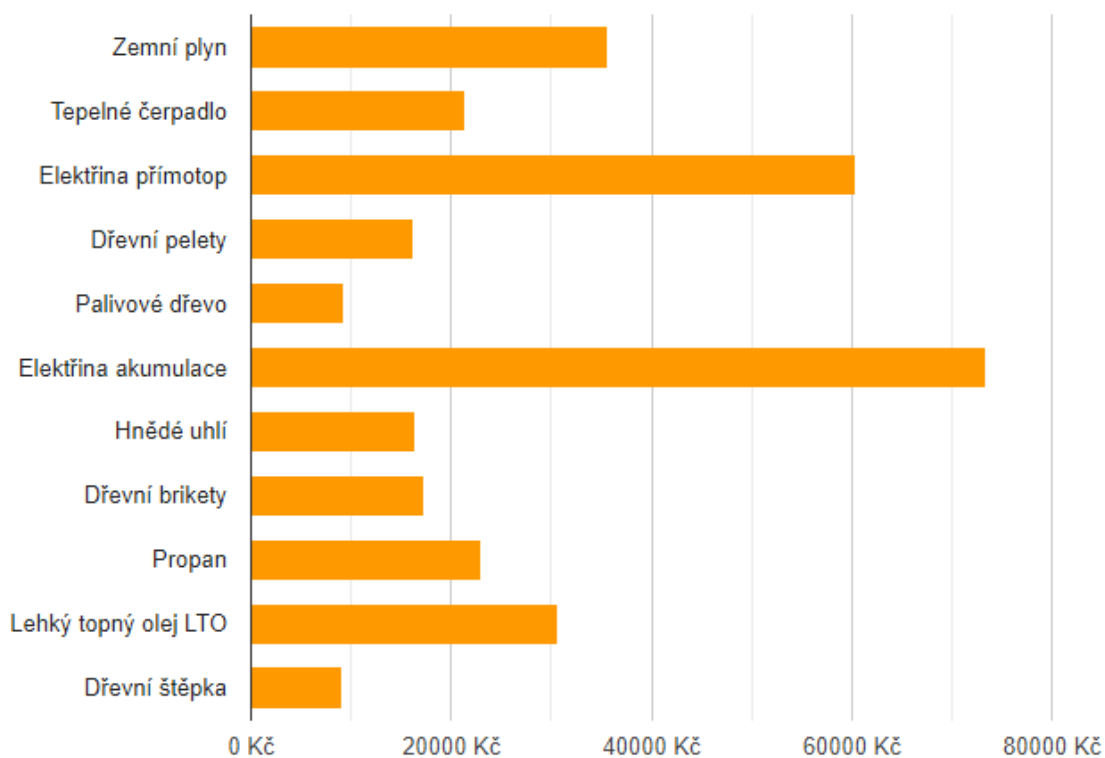
Velká část klasických zdrojů tepla pracuje s proměnlivým výkonem v závislosti na aktuální potřebě. Soustavy využívající obnovitelné zdroje, tepelná čerpadla nebo solární systémy a jiné, svým principem konstrukce a charakterem tepelných zisků takto pracovat neumí. V současnosti se navrhuje spíše kombinace různých systémů vedoucích ke snížení primární energie ku prospěchu získané obnovitelné energie a u těchto systémů je instalace akumulčního zásobníku nutností.

Primárním úkolem akumulčního zásobníku je uchovat teplo získané v době, kdy není potřebné a v případě potřeby ho opět odevzdávat do různých technologických systémů. Využívá se společně s kotli na tuhá paliva, s tepelnými čerpadly, ale i se solárními systémy.

V případě zdrojů tepla zvyšují jejich životnost akumulací tepla během provozu zdroje. Zdroj pak nemusí reagovat na změny potřeby tepla, ale může přejít do diskrétní funkce a spustit se v době, kdy teplota vody v zásobníku klesne na předem definovanou hodnotu. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.1.3.7 Porovnání zdrojů tepla

Pomocí webové aplikace portálu tzb-info.cz bylo provedeno porovnání nákladů na vytápění pomocí různých tepelných zdrojů a paliv. Aplikace neuvádí možnost volby obdobné budovy s podobnými parametry užívání. Porovnávacím objektem byl zvolen rodinný dům s celkovou roční ztrátou 7 kW. (Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii – TZB-info, 2022)



Graf 8: Porovnání nákladů na vytápění rodinného domu. (Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii – TZB-info, 2022)

Z uvedeného grafu je patrné, že nejméně nákladná jsou, v porovnání s ostatními, kotle na biomasu. Oproti tomu nejnákladnější z uvedených je zdroj na elektrickou energii.

3.3.1.4 Regulace

Součástí každého systému by mělo být nastavení a regulace daných komponent, jednotlivých celků i celkového systému. V případě kombinace systémů je správný návrh regulace a samotného nastavení efektivnější, respektive méně ztrátový. Vhodnou pomůckou k návrhu a nastavení systému regulace je vytvoření uživatelského profilu, viz. kapitola 4.5.2. Při definování jednotlivých zón a sestavení podmínek provozu jednotlivých komponent systému TZB vedoucích k efektivnímu a energeticky šetrnému provozu budovy jako celku, při zachování optimálních podmínek vnitřního klimatu. (Daniels, 2003)

3.3.2 Větrání a klimatizace

Základním principem systému větrání a klimatizace je úprava vnitřního prostředí, tedy kvalita vnitřního vzduchu s ohledem na hygienické normativy daného prostředí. Dále tyto systémy upravují tepelný a vlhkostní stav vnitřního mikroklimatu z hlediska potřeb člověka a jeho činností. V procesu rekonstrukce obálky budovy popsané v kapitolách 3.2.1 a 3.2.2 dochází ke snížení průvzdušnosti budovy a tím spojeného větrání infiltrací. Zároveň je přirozené větrání okny energeticky velmi neúspěšný princip, závislý na subjektivním přístupu člověka.

K dosažení zvýšených hygienických požadavků na kvalitu vnitřního vzduchu, dle principu užívání stavby, je velice složité až nemožné přirozeným větráním. Systémy s nuceným oběhem vzduchu jsou v tomto požadavku využitelnější a s ohledem na možnou variabilitu úprav vzduchu i účelnější. (Drkal a další, 2018)

3.3.2.1 Přirozené větrání

Průtok vzduchu je vyvolán rozdílem tlaku uvnitř budovy a tlaku venkovního prostředí, vzniklý rozdílem hustoty vzduchu či působením sil větru na budovu. Vzduch vstupující do objektu není možné jakkoli modifikovat. Vstupující vzduch je zdrojem tepelných ztrát a vlivem venkovního prostředí i rizikem zvýšené hlučnosti a prašnosti. (Drkal a další, 2018)

Aerace: pomocí regulovatelných otvorů pro přívod a odvod vzduchu a jejich odlišné výšky se dosáhne vytvoření proudu vzduchu založeného na rozdílu teplot či působení větrem. Regulovatelnými otvory mohou být například aerační světlík v kombinaci s okenními křídly či regulačními klapkami. Užití této metody je závislé na přirozených podmínkách v okolí objektu a dimenzi samotného objektu. (Drkal a další, 2018)

Infiltrace: proudění vzduchu je zapříčiněno netěsnostmi spár stavebních konstrukcí a závisí na vnějších klimatických podmínkách a mikroklimatu budovy. Otvorové výplně jsou popsány v kapitole 3.2.2. Moderní otvorové výplně jsou takřka neprůvzdušné, i proto výrobci instalovaly do otevíravých částí systém mikroventilace, kdy dojde k částečnému pootevření a vytvoření tak mikroštěrbiny určené k větrání. (Drkal a další, 2018)

Provětrávání: přirozené provětrávání interiéru vlivem občasného otevření dvou protilehlých oken, mimo povětrnostních podmínek je závislé na rozhodnutí člověka. (Daniels, 2003)

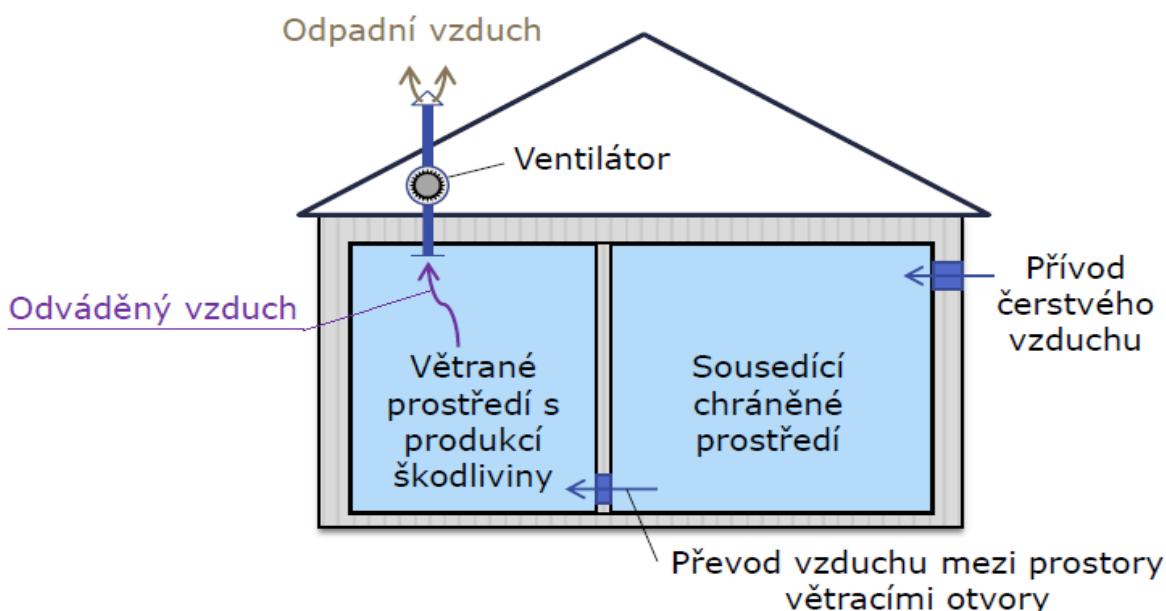
Šachtové větrání: principem je vytvoření vysoké šachty uvnitř budovy, přičemž provětrávání je zajištěno principem komínového efektu. (Daniels, 2003)

3.3.2.2 Nucené větrání

Oproti přirozenému větrání v případě nuceného větrání je proud vzduchu vyvolán mechanicky pomocí ventilátoru či ejektory. Tato zařízení mohou být instalována na přívodu vzduchu, na odvodu vzduchu nebo na přívodu i vývodu. Sání čistého vzduchu se instaluje zpravidla do prostoru neosluněných míst s potenciálně čistým vzduchem. Návrh systému nuceného větrání se provádí pro extrémní podmínky, přičemž reálné podmínky provozu záleží na využití daných prostor a přítomnosti osob. (Adamovský, 2021)

3.3.2.2.1 Podtlakové větrání

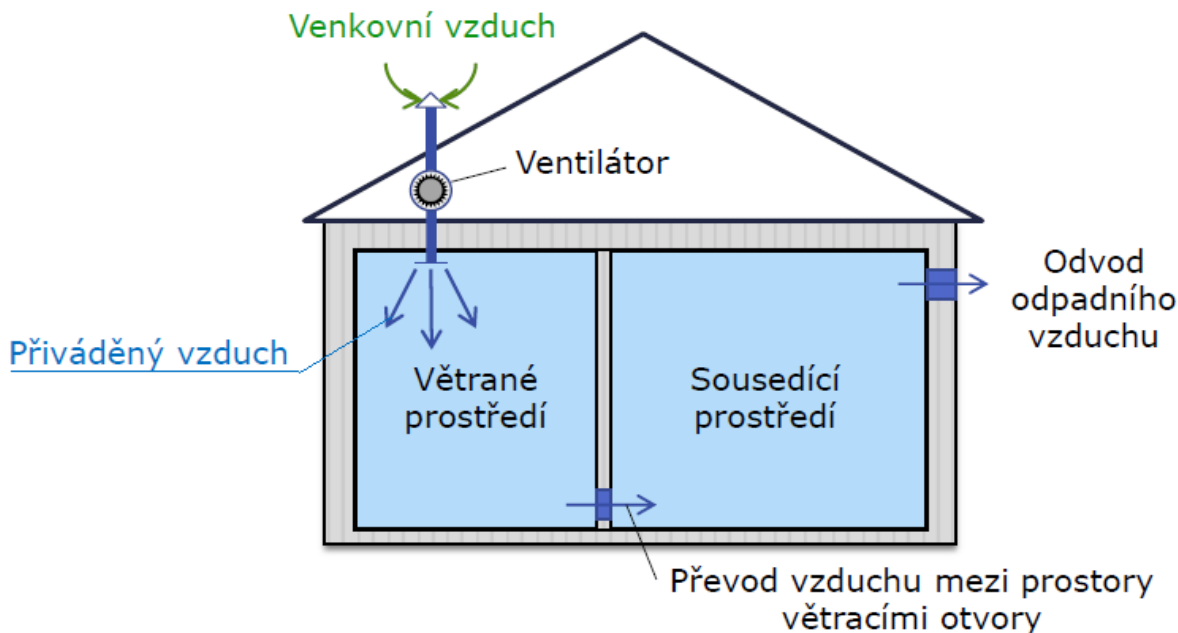
Principem podtlakového systému je odvod znečištěného interiérového vzduchu pomocí ventilátoru, tím dojde k vytvoření podtlaku ve vnitřním prostoru a přívodu čerstvého vzduchu do interiéru prostřednictvím přívodních prvků umístěných v obálce budovy. Z principu vyplývá, že množství odváděného vzduchu je větší než množství vzduchu přiváděného. Jedná se o jednopotrubní systém s instalovanou zpětnou klapkou a provedení systému může být decentrální v případě RD nebo centrální u bytových domů. Systém se používá v případech odvětrávání koupelen nebo WC, či jako odvod znečištěného vzduchu z garáže. (Adamovský, 2021)



Obr. 20: Princip systému nuceného podtlakového odvádění vzduchu. (Adamovský, 2021)

3.3.2.2.2 Přetlakové větrání

Principem je opačný systém oproti podtlakovému, kdy je prostřednictvím ventilátoru čerstvý vzduch přiveden do interiéru. V interiéru vzniká přetlak a odpadní vzduch je odveden pomocí prvků umístěných na obálce budovy. Jedná se o jednopotrubní systém využívaný jako pomocné větrání. (Adamovský, 2021)



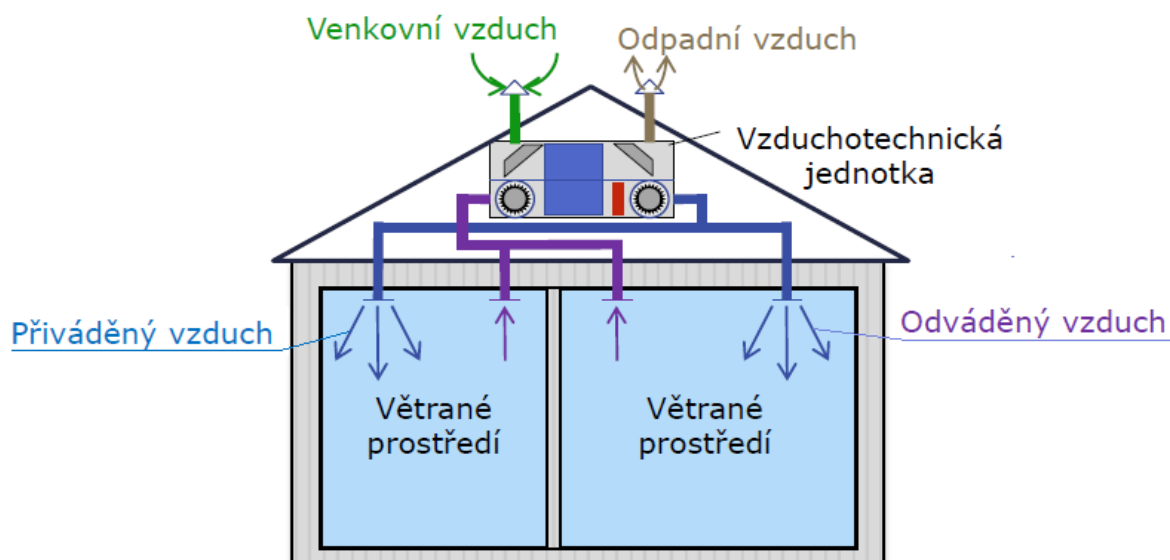
Obr. 21: Princip systému nuceného přetlakového odvádění vzduchu. (Adamovský, 2021)

3.3.2.2.3 Rovnotlaké větrání

Jedná se o dvoutrubkový systém nuceného větrání, kde je využito ventilátoru k přívodu čerstvého venkovního vzduchu do interiéru, respektive ventilátoru k odvodu znečištěného vzduchu ven. Princip dvoutrubkového systému nuceného větrání navíc umožňuje instalovat zařízení k využití zpětných zisků tepla z odváděného teplého vzduchu a jeho předání čerstvému přiváděnému vzduchu. Systém také umožňuje úpravu vzduchu ohřevem či chlazením, vlhčením a lze instalovat filtraci k odstranění nečistot. Je možná instalace centrální i decentrální jednotky rovnotlakého řízení. (Adamovský, 2021)

Systémy rovnotlakého větrání:

- *Constant Air Volume (CAV)*: konstantní průtok vzduchu, nezohledňuje aktuální potřebu, nevhodné do větších budov z důvodu diskrétního řízení.
- *Variable Air Volume (VAV)*: systém s proměnným průtokem vytvořeným pomocí regulátoru. Systém je vhodný pro větší budovy s rozdělením zón.
- *Demand Control Ventilation (DCV)*: řízení dle požadavků s proměnným průtokem.

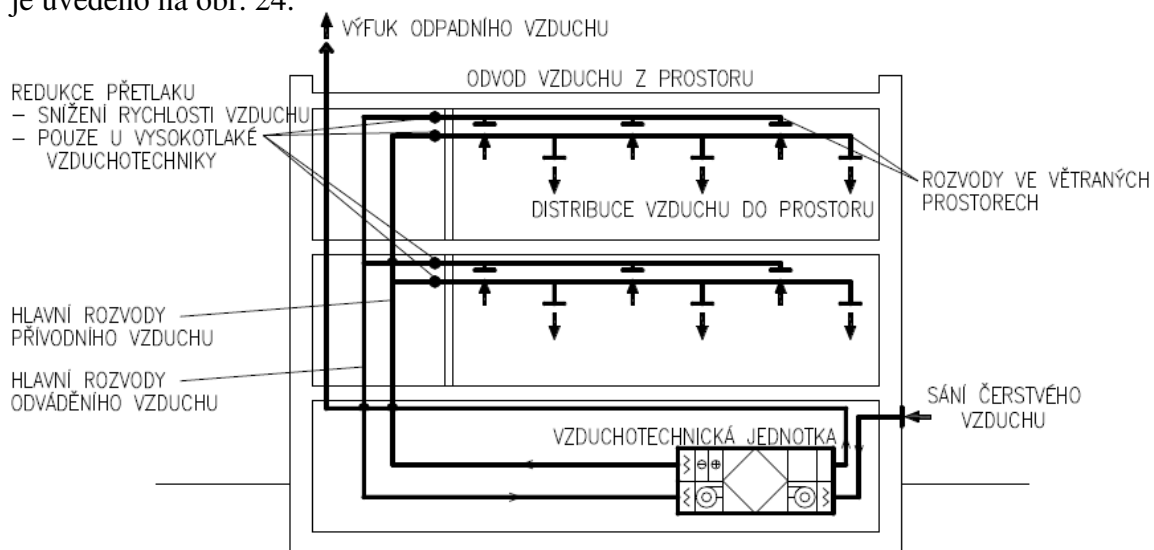


Obr. 22: Princip centrálního systému nuceného rovnotlakého větrání. (Adamovský, 2021)

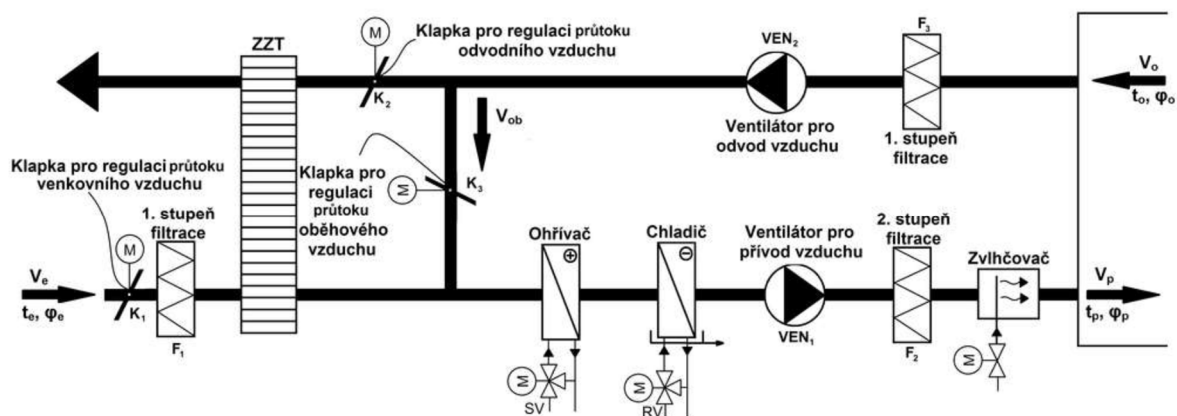
3.3.2.2.4 Teplovzdušné vytápění a větrání

Princip teplovzdušného vytápění a větrání spočívá ve spojení nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu a dohřevu přívodního čerstvého vzduchu ohřátého v první fázi pomocí rekuperačního výměníku. Toto zařízení dále disponuje přidruženými systémy určenými pro úpravy distribuovaného vzduchu, filtračním zařízením, úpravou vlhkosti či chladicím systémem. (Adamovský, 2021)

Schéma instalace systému je uvedena na obr. 23 a schéma vzduchotechnické jednotky je uvedeno na obr. 24.



Obr. 23: Princip teplovzdušného vytápění a větrání. (Adamovský, 2021)



Obr. 24: Schéma modelu vzduchotechnické jednotky. (Lom a další, 2013)

Systém teplovzdušného vytápění a větrání může být zamýšlen jako primární zdroj tepla. Jako sekundární topný systém může být využit i k pokrytí ztrát tepla vlivem výkyvů venkovních teplot, respektive špiček potřeby tepla.

Nevýhodou je vyšší spotřeba energie, především u ventilátorů, a vyšší dimenze vzduchovodů oproti kombinaci vytápění otopnou soustavou a systémem řízeného větrání. Výhodou je rychlá reakce na změnu teplot vzduchu. (Zmrhal, 2014)

V případě využití systému měření kvality vnitřního vzduchu je možné regulovat množství vzduchu z vnějšího prostředí mísením s teplým vzduchem vnitřním pomocí regulační klapky, čímž dojde k optimalizaci ztrát tepla větráním, při zachování kvality vzduchu vnitřního prostředí. (Adamovský, 2021)

3.3.2.2.5 Systém zpětného získávání tepla

Principem systémů pro zpětné získávání tepla ze vzduchu odváděného z objektu, tzv. odpadního vzduchu, a využití takto získané energie k ohřevu chladnějšího vzduchu přiváděného do objektu, tzv. přívodního vzduchu, je pomocí tepelných výměníků. (Tywoniak a kolektiv, 2012), (Daniels, 2003)

Tato zařízení se rozdělují dle principu sdílení tepla na:

Rekupační tepelné výměníky: v těchto tepelných výměnících dochází k přímé výměně tepla mezi odpadním a přívodním vzduchem přes stěnu výměníku. Používají se deskové výměníky nebo výměníky s hladkými trubkami, nejčastěji v křížovém nebo protiproudém provedení. Tepelná účinnost ZZT [%] dosahuje až 95 %.

Regenerační tepelné výměníky: teplo z odpadního vzduchu je nejprve předáno do akumulární hmoty, z ní následně do čerstvého přívodního vzduchu. Používají se rotační výměníky s rotující akumulární hmotou ve tvaru válce. Výhodou tohoto

výměníku je látková výměna, tedy přenos vlhkosti. Nevýhodou oproti rekuperačním tepelným výměníkům je obecně nižší tepelná účinnost ZZT [%], která se u těchto výměníků pohybuje nad 60 %.

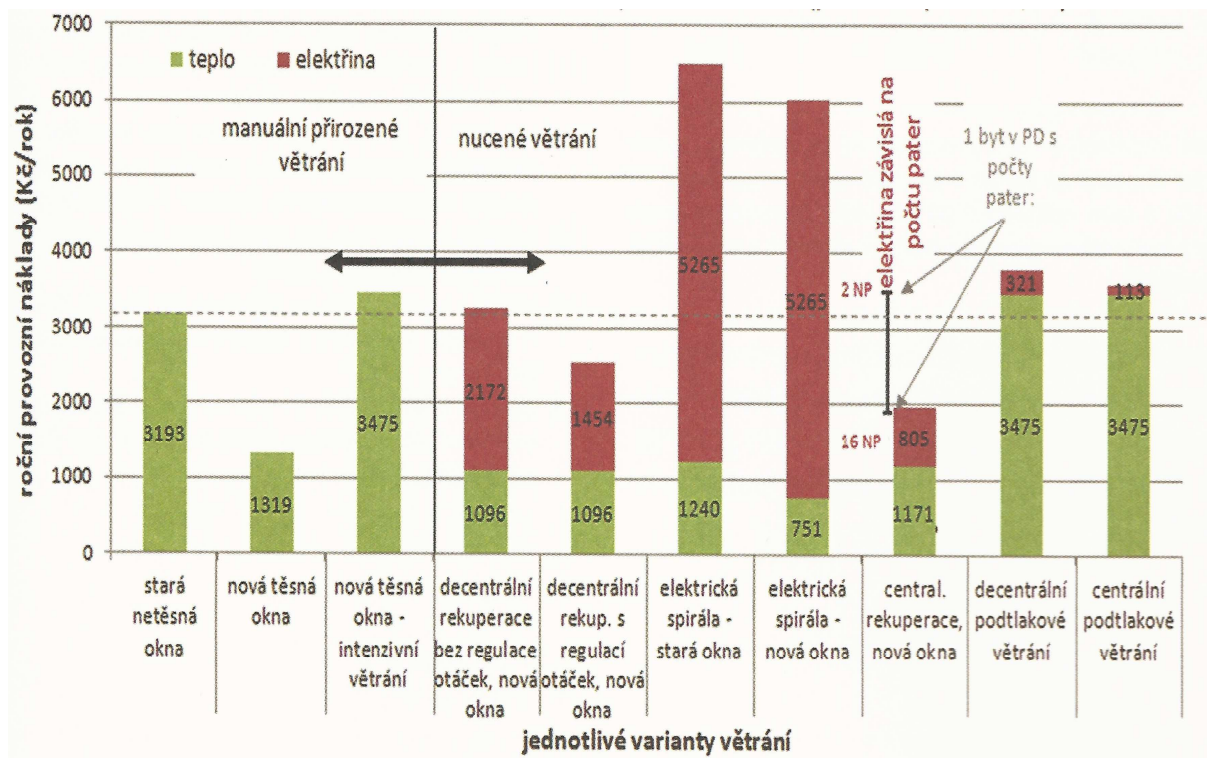
Kapalinové teplosměnné okruhy: systémové řešení dvou tepelných výměníků systému vzduch – kapalina. Teplo odebrané výměníkem odpadnímu vzduchu je pomocí média sdíleno výměníkem přívodnímu čerstvému vzduchu. Používají se tepelné výměníky s žebrovanými trubkami nebo lamelami. Výhodou oproti rekuperačním a regeneračním výměníkům je v principu sdílení tepla, kdy není třeba společného vedení přívodního a odpadního vzduchu. Je možné přenosu tepla na větší vzdálenost, a tedy oddělení obou potrubí. Tepelná účinnost ZZT [%] u těchto výměníků se pohybuje od 30 %. Firma SEW pomocí deskových protiproudých výměníků a regulací hmotnostního průtoku v hydraulickém okruhu dosahuje tepelné účinnosti až 90 %.

3.3.2.2.6 Porovnání různých variant větrání

Na základě detailních výpočtů bylo provedeno porovnání různých systémů a podmínek větrání na příkladovém bytě 3+1 o podlahové ploše 74 m², obsazený 4 osobami. V grafu 9 jsou uvedeny roční provozní náklady. Výpočtovým obdobím byl rok 2010 s cenou tepla 480 Kč/GJ.

První tři varianty představují varianty přirozeného větrání. První variantou je přirozené větrání v kombinaci s infiltrací starých oken. Druhá varianta představuje úsporné opatření v podobě výměny starých oken za nová a její vliv na tepelné ztráty. Takovouto úpravou uspoříme přes 60 % nákladů, avšak snížíme kvalitu vnitřního vzduchu. Třetí varianta představuje stav s novými okny s intenzivním větráním a vyšší kvalitou vnitřního vzduchu. Výsledkem je 10 % nárůst nákladů oproti prvé variantě. (Beranovský a další, 2011)

Dalších sedm variant představuje různé principy nuceného větrání. Z analýzy vyplývá značná spotřeba elektrické energie vynaložená na provoz systémů nuceného větrání.



Graf 9: Porovnání ročních provozních nákladů různých variant větrání. (Beranovský a další, 2011)

3.3.3 Chlazení

S rostoucími požadavky na kvalitu vnitřního prostředí s ohledem na extrémní výkyvy teplotních extrémů je v řešeném objektu třeba zvážit systém chlazení, kterým bude docílena požadovaná teplota pro sportovní aktivity během celého roku.

Potřeba a výkon chladicího systému je třeba řešit již při architektonickém řešení objektu vedoucích k omezení, nebo spíše ke snížení výkonu chladicího zařízení. Zásadní podmínkou pro udržení tepelné pohody uvnitř budovy je schopnost akumulace tepelné energie stavební konstrukcí.

Efektivita chladicího zařízení se označuje jako hodnota provozního chladicího faktoru EER, která vyjadřuje poměr mezi dodanou energií, chladem, a potřebnou energií provozu zdroje. Současně je nutné věnovat pozornost podmínce na primární energii, respektive její část zahrnující chladicí systém. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.3.1 Kompresorové chlazení

Je to nejužívanější princip chladicího zařízení, které využívá parního oběhu chladiva. Výparník odnímá chlazené látce teplo a převádí ho na vyšší teplotní hladinu pomocí mechanického zařízení, čerpadla, které je následně v kondenzátoru odvedeno do venkovního

prostředí. Pro toto zařízení jsou výhodné vyšší teploty chlazené vody na výparníku a nižší teploty látek v kondenzátoru. Doporučené je využívat akumulace chladu v kombinaci s nízkými nočními teplotami venkovního vzduchu. Chladicí faktor EER u těchto zařízení se pohybuje v rozpětí přibližně od 2,5 do 5. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.3.2 Sorpční chlazení

Je chladicí zařízení, které taktéž využívá parního oběhu chladiva, avšak namísto mechanického článku využívá proces sorpce a desorpce chladiva v kapalném nebo tuhém sorbentu. Pohonem je tepelná energie, která vypuzuje chladivo z absorberu v desorbéru. Chladicí faktor EEP je dán poměrem mezi získaným chladem a přivedeným teplem.

Chladicí faktor EEP v absorpčním chladicím zařízení s tekutým sorbentem je 0,6 až 0,7 při pracovních teplotách jednostupňového cyklu mezi 80 °C a 100 °C. U vícestupňového jsou teploty vyšší okolo 120 °C až 170 °C s chladicím faktorem EEP mezi 1,0 až 1,4.

Chladicí faktor EEP v absorpčním chladicím zařízení s tuhým sorbentem je 0,3 až 0,7 při pracovních teplotách mezi 60 °C a 80 °C.

Tepelná energie chladicího sorpčního zařízení může být přiváděna přímo pomocí vestavěného plynového hořáku, nebo nepřímo cizím zdrojem přes teplosměnné plochy výměníku.

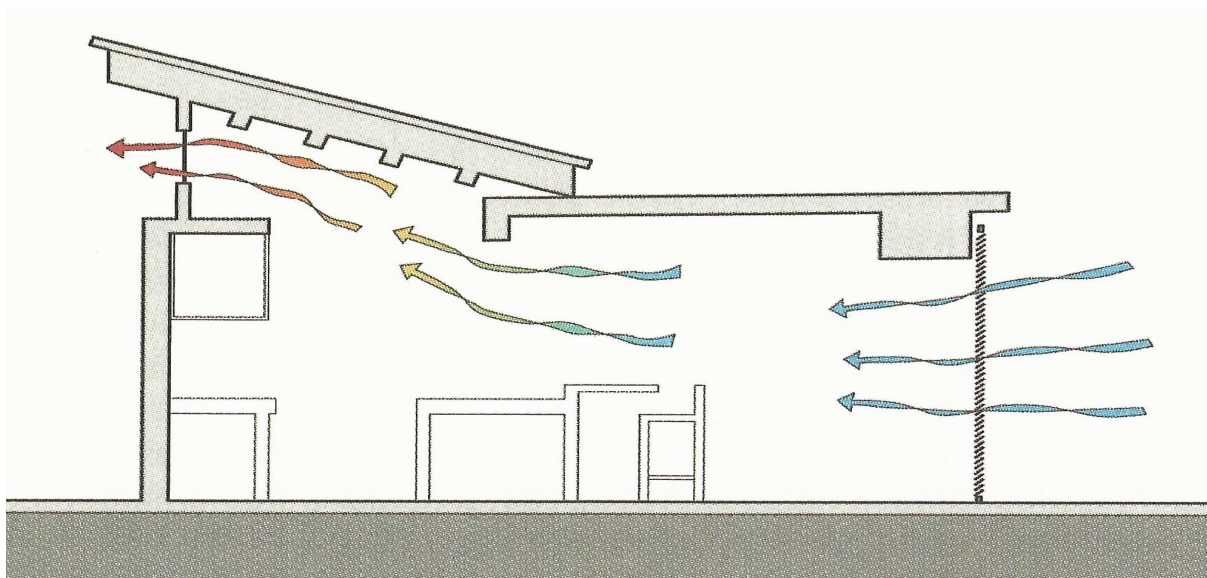
Sorpčního zařízení se užívá spíše v systému trigenerace pro výrubu tepla, chladu a elektrické energie. (Tywoniak a kolektiv, 2012)

3.3.3.3 Nízkoenergetické chlazení

Nízkoenergetické chlazení je vzhledem k omezeným chladicím výkonům vhodné instalovat pouze do budov s nízkou tepelnou zátěží. Instalace takového systému chlazení, jakožto jediného zdroje chladu, je velmi složitou problematiku. Je třeba provést počítačové simulace a lokální měření, dále je nutná úzká spolupráce různých profesí od návrhu konstrukcí až po nastavení regulací samotného systému. Nízkoenergetickými chladicími systémy mohou být:

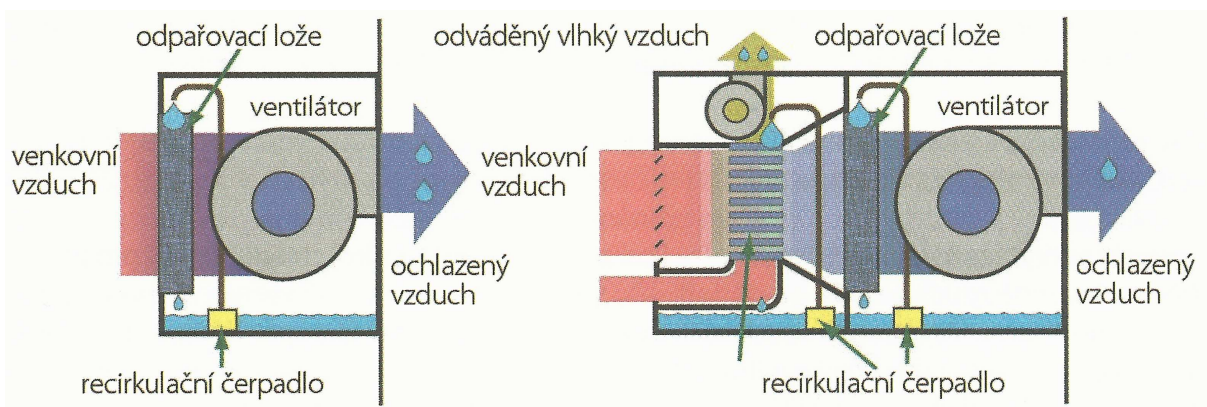
Noční větrání: neboli noční chlazení, kdy jsou během dne v konstrukcích akumulovány tepelné zisky, které jsou následně odvedeny v nočních hodinách, kdy je venkovní prostředí chladnější. Podmínkami využití je dostatečná tepelně akumuláční schopnost dané budovy, dobrá provětratelnost budovy a dostatečně nízké teploty okolního prostředí v nočních hodinách. (Tywoniak, 2005)

Princip nočního chlazení s vyznačeným tokem vzduchu interiérem je zobrazen na obr. 25.



Obr. 25: Tok chladného nočního vzduchu při nočním větrání. (Tywoniak, 2005)

Adiabatické ch Vzduchové zemní výměníky: princip zemního výměníku spočívá ve využití zemského polomasivu jakožto zdroje s celoroční poměrně stálou teplotou. V závislosti na délce výměníku, složení lazení: principem je přeměna citelného tepla chlazeného vzduchu na teplo vázané při odpařování vody, která se rozprašuje do chlazeného vzduchu, jehož teplota klesá. Zároveň se zvyšuje vlhkost chlazeného vzduchu. Rozhodujícím faktorem použitelnosti je vlhkost vzduchu. (Tywoniak, 2005)



Obr. 26: Schéma adiabatického chlazení přímého a nepřímého. (Tywoniak, 2005)

Vzduchové zemní výměníky: princip zemního výměníku spočívá ve využití zemského polomasivu jakožto zdroje s celoroční poměrně stálou teplotou. V závislosti na délce výměníku, složení zeminy, hladině spodní vody a světlosti trubek, jejich vzájemném

uložení a hloubce, je výkon vzduchového zemního výměníku v rozpětí od 5 do 15 W jednoho metru trubky. (Tywoniak, 2005)

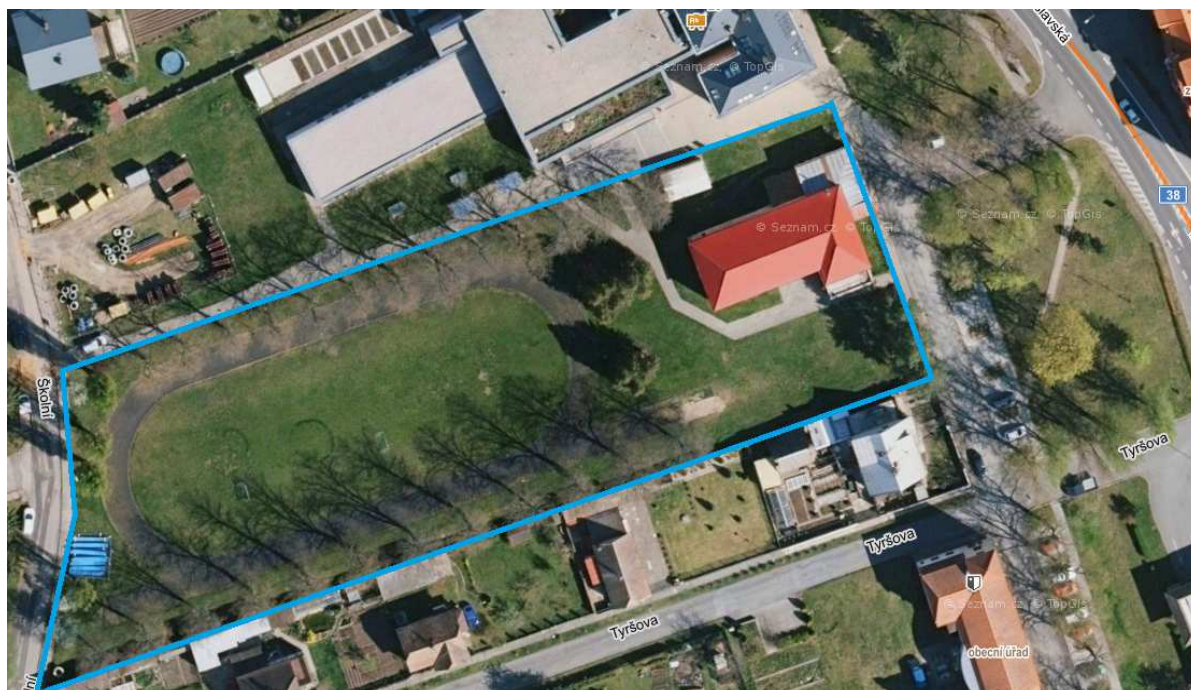
Kapalinové zemní výměníky: jsou obdoba vzduchových výměníků. Jedná se o vodní potrubní síť pro tepelná čerpadla, výkon je však v rozmezí od 2 do 5 W jednoho metru potrubí.

3.3.3.4 Akumulace chladu

Z důvodu nízkých teplot v nočních hodinách a levnějším nočnímu elektrickému tarifu je vhodné instalovat akumulční nádrž chladicího systému. Akumulací chladu se zvýší provozní efektivita chladicího systému a ve většině případů vede k možnému snížení výkonu samotného zařízení. Nejčastěji se využívá akumulace chladu do ledu, výhodou je využití binárního ledu, což jsou velmi malé, čerpatelné krystalky ledu o velikosti přibližně desetin milimetru. (Tywoniak, 2005)

4 Vlastní řešení

Předmětem vlastního řešení diplomové práce je snížení energetické náročnosti sportovního areálu Sokola Luštěnice, z.s. v obci Luštěnice u Mladé Boleslavi. Areál se nachází na pozemku o rozloze 7.581 m², který přímo sousedí s areálem Základní školy Luštěnice. Součástí areálu je běžecký ovál s pískovým doskočištěm orientovaný v západní části pozemku, menší objekt ve vlastnictví ČEZ a objekt sokolovny. Ty jsou umístěny u východní strany pozemku, přičemž hlavní vchod přímo navazuje na příjezdovou komunikaci a park se vzrostlou zelení. Umístění objektu na pozemku se vzrostlou flórou a souvislosti okolní zástavby jsou demonstrovány na obr. 27.



Obr. 27: Areál Sokola Luštěnice. Zdroj: mapy.cz

Zahájení výstavby budovy bylo v létě 1931 a dokončena byla na jaře 1932. Od této doby neprošla žádnou zásadní přestavbou vedoucí ke snížení energetické náročnosti. Vlivem chátrajícího stavu byly provedeny jen nejnnutnější opravy a rekonstrukce vedoucí k prodloužení možného užívání objektu.

Objekt sokolovny je rozdělen na několik dílčích částí. Hlavní částí je sál užívaný ke sportovním účelům, další část objektu v minulosti sloužila jako byt.

Budova má jedno vyvýšené nadzemní podlaží sálu s galerií. Sál navazuje na vestibul objektu, umístěný pod galerií sálu. Vestibul dále navazuje na prostor v minulosti využívaný jako samostatný byt, nyní jako prostor školní družiny. Vestibul a prostor družiny

je podsklepen. V suterénu se nachází několik místností v minulosti fungujících jako šatny, dále zázemí technické místnosti a úklidovou místnost. Schodiště ze suterénu vede do přízemí vedlejší části objektu, kde je umístěno sociální zázemí. Je zde instalováno schodiště vedoucí do galerie sálu. Tato vedlejší část objektu slouží jako vedlejší komunikace mezi sálem, sociálním zázemím a vestibulem. Je zde rovněž umístěn vedlejší vchod, který je uvažován jako nouzový východ.

4.1 Současný stav

Objekt samotný i instalovaná technologická zařízení jsou ve velmi špatném technickém stavu. Při výpočtech obálky budovy je nutné zohlednit odpadající obvodové konstrukce, místy bez omítek se značně poškozeným zdivem.

Střešní konstrukce hlavní části objektu prošla v roce 2014 rekonstrukcí. Je valbová ze sbíjených vazníků a ty jsou vyztuženy kontralatěmi a podbitím OSB deskami. Jako krytina jsou použity falcované plechové pásy. Střešní konstrukce nad sociálním zázemím funguje jako terasa a jejím konstrukčním řešením jsou železobetonové panely s 80 mm tepelnou izolací a krycí vrstvou hydroizolačního pásu. Střešní konstrukce nad prostorem družiny je před rekonstrukcí. Je provedena z dřevěných trámů uložených na železobetonový věnec. Je zde proveden záklop a podbití z cementotřískových desek, střešní krytinou jsou falcované plechové pásy.

Skladba konstrukcí ve styku se zeminou není známa, nelze však předpokládat možnost instalované tepelné izolace, opačně lze však předpokládat porušenou hydroizolační vrstvu konstrukce.

Otvorové výplně byly původně instalovány dřevěné, zdvojené špaletové bez těsnění. V současnosti již byla větší část vyměněna za moderní výplně plastové s izolačními dvojskly.

Objekt je napojen na vodovodní a kanalizační řád, dešťová voda je svedena do lokálních vsaků provedených pomocí perforovaného potrubí, jehož funkčnost nelze zcela ověřit, kapacita vsakovacího systému se však jeví jako nedostatečná.

4.1.1 Provozní doba objektu

Všechny části objektu jsou využívány v pravidelném týdenním režimu. Provozní doba sálu je v zimních měsících ve všední dny, tedy v době výuky Základní školy Luštěnice od 7:30 do 15:00, v odpoledních hodinách je prostor využíván družstvy Sokola Luštěnice

od 16:00 do 21:00. Provoz prostoru družiny je shodný se školním kalendářním rokem ve všední dny v době od 11:30 do 16:30. Víkendové využití prostoru je spíše nahodilé.

4.1.2 Systém otopné soustavy a přípravy TUV

Hlavní část objektu, tedy sál, je vytápěn dvěma samostatnými přímotopnými plynovými jednotkami Robur F41, každý o výkonu 33,8 kW. U obou jednotek je přívod spalovacího vzduchu a odvod spalin řešen samostatnými cestami, ovládání pomocí analogových termostatů je zvlášť pro každou jednotku a jsou umístěny v těsné blízkosti daných jednotek. Přívod ohřívaného vzduchu je u jednotek rozdílný. První jednotka umístěná u galerie má přívod vzduchu z prostoru sálu, zatímco druhá jednotka umístěná na opačné straně sálu, na západní stěně budovy, má přívod vzduchu z exteriéru. Obě jednotky jsou v současnosti ve špatném technickém stavu.

Prostor sociálního zázemí a prostor družiny je vytápěn pomocí plynových nástěnných kotlů BUDERUS Logomax plus GB062-24 H V2 a Protherm 12 KOZ o výkonu 12 kW v kaskádovém zapojení. Jsou umístěny v suterénu objektu v technické místnosti. Kotel BUDERUS je zcela funkční a pro potřeby vytápěných prostor dostatečný, kotel Protherm 12 KOZ se jeví jako nefunkční, jejich vzájemné propojení nelze ověřit. Rozvod ÚT je převážně veden nad podlahou přízemí a pod stropem suterénu. Připojení otopných těles je zesponu z hlavního rozvodu. Jsou instalována desková tělesa Radik 98 v provedení klasik a kompakt. Na některých tělesech jsou osazeny termohlavice. Prostor suterénu vytápěn není.

4.1.3 Systém výměny vzduchu

V objektu není instalován žádný systém nuceného větrání. Výměna vzduchu je uvažována okny dle individuální potřeby.

4.1.4 Systém chlazení

V objektu není instalován žádný systém chlazení. V letních měsících je využívání objektu minimální.

4.1.5 Alternativní zdroje energie

V objektu není instalován žádný alternativní zdroj energie.

4.2 Energetický audit 4/2012

Základním vstupním pramenem objektu této práce byl Energetický audit, který proběhl v roce 2012, energetickým auditorem byl Ing. Petra Studecká, Ph.D., autorizovaný inženýr pro pozemní stavby č. ČKAIT 9547. (Studecká, 04/2012)

4.2.1 Energetický audit 4/2012

V Energetickém auditu vyhotoveného v dubnu 2012 jsou provedeny výpočty energetické náročnosti budovy ve stavu před některými úpravami, které jsou v současnosti již provedeny v dostatečné energetické účinnosti a tato práce na tyto opatření navazuje. Příkladem takového opatření je instalace některých moderních otvorových výplní, oken, s dostatečnými tepelně-izolačními vlastnostmi. V auditu provedeném Ing. Petrou Studeckou, Ph.D. byly vypočítány následující parametry budovy:

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} :	0,91 W.m ⁻² .K ⁻¹
Klasifikační třída obálky budovy:	F
Měrná ztráta prostupem H_T obálky budovy:	1732 W.K ⁻¹
Tepelná ztráta prostupem tepla Q_P :	51,7 kW
Tepelná ztráta větráním Q_V :	20,7 kW
Tepelná ztráta objektu celkem Q_C :	72,3 kW
Měrná potřeba tepla na vytápění q_h :	145 kWh.m ⁻²
Měrná spotřeba energie budovy EP,A:	171 kWh.m ⁻²
Potřeba tepla pro vytápění Q_h :	352 GJ
Energetická náročnost vytápění EP,H:	398 GJ
Energetická náročnost budovy EP:	413 GJ
Třída energetické náročnosti budovy:	D
Skutečná spotřeba energie za rok 2012:	331,4 GJ

4.2.2 Doporučená opatření auditorem 2012

Návrh úsporných opatření auditorem Ing. Petrou Studeckou, Ph.D. je rozdělen do dvou možných úsporných variant, respektive do dvou na sebe navazujících celků:

Varianta 1: nutná doporučení.

Výměna otvorových výplní: doporučení s parametry U_{okna} 1,1 W.m⁻².K⁻¹ a $U_{dveří}$ 1,2 W.m⁻².K⁻¹.

Zateplení obvodových stěn: systémem VKZS izolačním 160 mm se součinitelem tepelné vodivosti λ 0,039 W.m⁻¹.K⁻¹ s redukcí tepelných mostů.

Zateplení střechy a stropu: střechu schodiště a terasu zateplit EPS 300 mm (λ 0,037 W.m⁻¹.K⁻¹), střecha bytu izolačním 300 mm (λ 0,043 W.m⁻¹.K⁻¹) a střechu sálu izolačním 280 mm (λ 0,043 W.m⁻¹.K⁻¹).

Varianta 2: další možná úsporná opatření

Instalace solárních panelů: jako doplněk k ohřevu TUV s předpokládaným pokrytím přibližně 60 % celkové spotřeby tepla na ohřev TUV.

V případě provedení těchto technicky potenciálních úsporných opatření by byla teoretická úspora celkové energie 209 GJ ročně a předpokládaná investiční zátěž těchto opatření činila 2.295.000,00,- Kč.

V tab. 5 jsou uvedeny dílčí vypočtené hodnoty plynoucí z efektivních opatření obou uvažovaných variant navržených auditorem Ing. Petrou Studetskou, Ph.D.

Tab. 5: Výsledky aplikovaných doporučených opatření auditorem.

Hodnocení úsporných opatření auditora			
Varianta 1			
Hodnocení obálky budovy			
Požadovaný součinitel prostupu tepla		0,38	W.m ⁻² .K ⁻¹
Doporučený součinitel prostupu tepla		0,28	W.m ⁻² .K ⁻¹
Průměrný součinitel prostupu tepla vypočtený		0,38	W.m ⁻² .K ⁻¹
Klasifikační třída obálky budovy		C	Úsporná
Hodnocení energetické náročnosti budovy			
Měrná potřeba tepla na vytápění		82	kWh.m ⁻²
Měrná spotřeba energie budovy	EP,A	99	kWh.m ⁻²
Potřeba tepla pro vytápění		198	GJ
Energetická náročnost vytápění	EP,H	224	GJ
Energetická náročnost budovy	EP	239	GJ
Klasifikace energetické náročnosti budovy			B
Varianta 2			
Úspora energie instalací solárních panelů pro TUV		4	GJ
Energetická náročnost budovy	EP	235	GJ

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z (Studecká, 04/2012)

4.3 Vyhodnocení ekonomických možností investora

Finanční náročnost úsporných opatření je značná a je třeba již při samotném návrhu brát v ohled finanční možnosti investora. Sokol Luštěnice, z.s. je zájmovým spolkem, jeho finanční možnosti jsou značně omezené. Mezi hlavní pravidelné peněžité zdroje spolku

se řadí finanční podpora z obce Luštěnice ve výši 150.000,00,- Kč, dále ZŠ Luštěnice ve výši 250.000,00 Kč a členové spolku.

V posledních několika letech se poměrně pravidelně opakují sponzorské dary soukromými i právníckými osobami. V roce 2022 tyto dary dosáhli 76.100,00 Kč.

Od roku 2020 se Sokolu Luštěnice, z.s. daří získávat finanční prostředky z programů podpory sportu vyhlášených Národní sportovní organizací. Pravidelně se účastní nesoutěžních neinvestičních výzev „Můj klub“ a „Provoz a údržba“, které napomáhají pokrýt finanční náklady na provoz sportovního areálu a rozvoj sportovních aktivit mládeže v obci. I za pomoci těchto výzev v uplynulých letech se povedlo nashromáždit finanční prostředky nezbytné k zajištění části finančních prostředků k podání žádosti v soutěžní výzvě 18/2022 – Regiony SK/TJ 2022 (viz. níže).

Nezanedbatelné jsou však i náklady na provoz a údržbu sportovního areálu, respektive objektu sokolovny. Tyto náklady především na energie se za rok 2022 značně navýšili oproti roku 2021, jejich celková výše byla 306.905,02,- Kč, což znamená roční nárůst nákladů o 240 % i přes zavedení drobných úsporných opatření.

S ohledem na finanční možnosti Sokola Luštěnice, z.s. bylo návrhové řešení rozděleno do několika etap. Jejich realizace bude záviset na úspěšnosti některých dotačních titulů, převážně z Národní sportovní agentury, jelikož tyto finanční prostředky jsou poskytovány ex ante, tedy před zahájením těchto etap. Zároveň jejich posloupnost reflektuje aktuální potřebu objektu a jeho systémů i finanční možnosti investora, Sokola Luštěnice, z.s.

1. ETAPA: výměna zdrojů tepla a otopných soustav a dokončení výměny otvorových výplní. Tato část byla zvolena přednostně z důvodu kritického stavu obou přímotopných plynových jednotek Robur F41. Zároveň byla pro tuto etapu podána žádost o dotace z programu Regiony SK/TJ. Celková finanční náročnost etapy je stanovena na 1.561.638,00,- Kč, z čehož případná dotace činí 1.093.146,00,- Kč. Více v kapitole 4.8 této práce.
2. ETAPA: Zateplení obálky budovy včetně příprav pro stínící techniku. Více v kapitole 4.6 této práce.
3. ETAPA: systémy rovnotlakého větrání s rekuperací tepla. Více v kapitole 4.9 této práce.

4.4 Vyhodnocení možných úsporných opatření a návrh řešení

Návrh opatření vychází z kapitoly 3, kde byly stanovena různá úsporná opatření včetně popisu vhodného užití dané metody, systému či materiálu. Jejich implementace v této práci vychází z analýzy konstrukcí samotného objektu, úvahy o umístění i orientaci objektu vzhledem k pozemku a orientaci vůči světovým stranám. Dále byl uvažován vliv okolní zástavby či zeleně. V neposlední řadě je při návrhu, především technologických systémů a zařízení budov, brán ohled na finanční možnosti investora Sokola Luštěnice, z.s. a na princip užívání budovy s možnou změnou v jejím užívání, jak je uvedeno v kapitole 1.

Rovnice a postupy samotné jsou uvedeny v následujících kapitolách, výpočet je povětšinou proveden pomocí programu MS Excel, není-li uvedeno jinak, a z důvodu nadměrného množství informací jsou výpočtové tabulky uvedeny v daných přílohách.

4.5 Stanovení vstupních parametrů

4.5.1 Rozdělení zón dle ČSN 73 0331-1 Příloha D

Dle ČSN 73 0331-1 příloha D se provede rozdělení výpočetního modelu budovy do zón pro potřebu zjednodušení bilančního výpočtu energetické náročnosti budovy. S ohledem na způsob využívání dílčích částí nelze budovu tohoto charakteru sjednotit v rámci celku do jednoho uživatelského rozhraní. Geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části dle specifických potřeb a způsobu užívání povede k optimálnímu návrhu technologických celků a nastavení jednotlivých systémů. Tímto rozdělením docílíme efektivnějšího provozu a kladně ovlivníme spotřeby energie. Celková dodaná energie pak bude součtem jednotlivých dílčích dodaných energií jednotlivých zón. Dělení do zón je možné, pokud:

- zásobování je ze stejných energetických systémů budovy, užití energie je stejné
- mají rozdílný způsob provozu či rozdílný způsob úpravy vnitřního prostředí

Každá zóna je zvlášť charakterizována geometrií, vlastnostmi obálky, skladbou technických systémů a popisem provozu zóny. (ČSN 76 0331-1, 2020) (1)

Dle EN ISO 52016-1 je možné uvažovat úplnou izolaci mezi jednotlivými zónami, tedy nepředpokládá se s výměnou tepla mezi nimi, respektive se tepelné toky mezi jednotlivými zónami z hlediska celku vzájemně eliminují. (Svoboda, © 2021) (2)

Hranice výpočetního modelu byla stanovena jako hranice budovy. Budova byla následně rozdělena do 5 zón následujícím způsobem a s následujícími provozními charakteristikami:

Zóna 1: představuje prostor sálu sloužícího ke sportovním účelům. Jedná se o prostor využívaný v pracovní dny v době od 7:30 do 21:00.

Zóna 2: tento prostor je stanoven hranicemi vestibulu a přilehlých komunikací. Jedná se o prostor využívaný v pracovní dny v době od 7:30 do 21:00 shodně se zónou 1, avšak otopný systém a parametry jsou odlišné.

Zóna 3: je určena jako bytový prostor v přízemí sloužící k potřebám Základní školy Luštěnice jako mimoškolní zázemí družiny. Uvažované využití je v pracovních dnech od 11:30 do 16:30.

Zóna 4: zahrnuje prostor suterénu, tedy šaten. Uvažované využití v odpoledních hodinách v případě tréninkových jednotek Sokola Luštěnice, tedy od 15:00 do 21:00. Základní škola Luštěnice těchto prostor nevyužívá.

Zóna 5: je určena pro sociální zařízení, pánské a dámské toalety a prostor se sprchou.

Tab. 6: Objemové parametry hodnocené budovy.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Energeticky vztažná plocha Zóna 1 - sál a vestibul	280,58	m ²
Energeticky vztažná plocha Zóna 2 - vestibul a komunikace	76,91	m ²
Energeticky vztažná plocha Zóna 3 - byt	71,96	m ²
Energeticky vztažná plocha Zóna 4 - suterén	156,93	m ²
Energeticky vztažná plocha Zóna 5 - WC	29,16	m ²
Celková energeticky vztažná plocha	615,53	m ²
Vnější obestavěný objem V	3303,16	m ³
Vnitřní objem Zóna 1 - sál	1790,46	m ³
Vnitřní objem Zóna 2 - vestibul a komunikace	187,89	m ³
Vnitřní objem Zóna 3 - byt	162,91	m ³
Vnitřní objem Zóna 4 - suterén	284,11	m ³
Vnitřní objem Zóna 5 - WC	43,20	m ³
Plocha obálky budovy Zóna 1 - sál	1063,27	m ²
Plocha obálky budovy Zóna 2 - vestibul a komunikace	76,06	m ²
Plocha obálky budovy Zóna 3 - byt	157,21	m ²
Plocha obálky budovy Zóna 4 - suterén	292,90	m ²
Plocha obálky budovy Zóna 5 - WC	118,45	m ²
Celková plocha obálky budovy A	1707,89	m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,52	-
Nadmožská výška terénu	209,00	m.n.m.

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z (ČSN EN ISO 13789, 2019) (3)

Grafické vyobrazení rozdělení zón je uvedeno v příloze 1.

Pojem použitá soustava rozměrů vysvětluje norma ČSN EN ISO 13 789 a zvolená soustava rozměrů pro celý výpočet musí být shodná.

4.5.2 Stanovení uživatelského profilu

Uživatelský profil užívání budovy byl sestaven za pomoci učitelů tělesné výchovy Základní školy Luštěnice, trenérů a členů Sokola Luštěnice i vedoucích sportovně aktivních kroužků.

Potřebné podklady byly využity k rozdělení objektu do zón dle kapitoly 4.5.1. Tyto data budou použita k návrhům a dimenzování jednotlivých systémů budovy s ohledem na ekonomické možnosti investora, Sokola Luštěnice. Výsledek je uveden v tab. 7.

Tab. 7: Výsledek analýzy uživatelského profilu užívání.

Zóna	Doba		počet osob	věk	počet hodin
	od	do			
Zóna 1 sál	0:00	7:30	0	0	7,50
	7:30	14:00	až 27	6 až 15	6,50
	14:00	18:00	až 21	5 až 15	4,00
	18:00	21:00	až 14	16 až 41	3,00
	21:00	0:00	0	0	3,00
Zóna 2 vestibul	0:00	7:30	0	0	7,50
	7:30	21:00	až 27	5 až 41	13,50
	21:00	0:00	0	0	3,00
Zóna 3 byt (družina)	0:00	11:30	0	0	11,50
	11:30	16:30	až 16	6 až 12	5,00
	16:30	17:00	1	58	0,50
	17:00	0:00	0	0	7,00
Zóna 4 suterén (šatny)	0:00	15:00	0	0	15,00
	14:00	21:00	až 21	5 až 41	7,00
	21:00	0:00	0	0	3,00
Zóna 5 (WC)	0:00	7:30	0	0	7,50
	7:30	21:00	až 27	5 až 41	13,50
	21:00	0:00	0	0	3,00

*Zdroj: vlastní zpracování

4.5.3 Stanovení teplotních parametrů dle ČSN 73 0540-3

4.5.3.1 Stanovení návrhové venkovní teploty vzduchu v zimním období:

Stanovení návrhové hodnoty teploty venkovního vzduchu v zimním období θ_e [°C] bude proveden dle normy ČSN 73 0540-3. Řešená budova je v teplotní oblasti 1 dle přílohy dané normy a stavební výška $\pm 0,000$ je v nadmořské výšce 209 metrů nad mořem. Výtah přílohy pro výpočet je uveden v následující tab. 8.

Tab. 8: Teplotní oblasti v zimním období a zatížení větrem v krajině pro vybrané obce v ČR – výtah z normy ČSN 73 0540-3.

Obec / Místo	Nadmořská výška	Teplotní oblast	Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	Zatížení větrem v krajině
	h [m n.m.]		θ_e [°C]	
Mělník	155,00	1	-13	normální
Mladá Boleslav	230,00	1	-13	normální
Most	230,00	2	-15	zvýšené

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-3

Kontrolní výpočet venkovní návrhové teploty z důvodu rozdílné nadmořské výšky dle nejbližší lokality uvedené v tabulce:

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_{e,0} \cdot \left(\frac{h - 100}{100} \right) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

Kde θ_e ... návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období [°C]
 $\theta_{e,100}$... základní návrhová teplota venkovního vzduchu [-12 °C]
 $\theta_{e,0}$... základní teplotní gradient pro danou teplotní oblast H [-0,5 °C]

$$\theta_e = -12 + (-0,5) \cdot \left(\frac{209 - 100}{100} \right) = -12 - 0,545 = -12,545 \doteq -13 \text{ }^\circ\text{C}$$

4.5.3.2 Návrhové průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu:

Norma ČSN 73 0540-3 uvádí v příloze H.3 průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu $\theta_{e,mm}$ v celoročním průběhu pro danou nadmořskou výšku h místa budovy. V tab. 9 je uveden výtah této přílohy. Pro mezilehlou nadmořskou výšku bude provedena interpolace.

Tab. 9: Průměrná měsíční venkovní teplota vzduchu.

Nadmořská výška místa budovy h [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	18,6	14,5	9,5	4,1	0,1	9,1
209	-1,7	0,1	4,1	9,3	14,2	17,5	18,9	18,5	14,4	9,4	4,0	0,1	9,0
300	-2,2	-0,4	3,6	9,1	13,4	17	18	17,9	13,8	8,9	3,5	-0,2	8,5

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-3

4.5.3.3 Stanovení návrhové relativní vlhkosti venkovního vzduchu:

Výpočet relativní vlhkosti venkovního vzduchu φ_e [%] v zimním období se stanoví dle ČSN 73 0540-3 vztahem 2:

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3453,5}{\theta_e - 39,17} \text{ [%]} \quad (2)$$

Kde θ_e ... návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období [°C]

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot (-13) - 3453,5}{(-13) - 39,17} = \frac{-4662,5}{-52,17} = 89,371 \doteq 89 \%$$

4.5.3.4 Stanovení návrhové vnitřní teploty v zimním období:

Stanovení návrhové vnitřní teploty v zimním období θ_i [°C] bude provedeno dle normy ČSN 73 0540-3 přílohy I.1 pro jednotlivé zóny budovy. Jednotlivé vnitřní teploty jsou uvedeny v tab. 10.

4.5.3.5 Stanovení návrhové vnitřní teploty vzduchu v zimním období:

Stanovení návrhové vnitřní teploty v zimním období $\theta_{ai,u}$ [°C] bude provedeno výpočtem dle ČSN 73 0540-3 rovnice 3 a výsledek je uveden v tab. 10.

$$\theta_{ai,u} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} \text{ [°C]} \quad (3)$$

Kde θ_i ... návrhová vnitřní teplota v zimním období [°C], je uvedena v tab. 10

$\Delta\theta_{ai}$... přírážka na vyrovnání rozdílu mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch [°C], je uvedena v tab. 10

4.5.3.6 Stanovení návrhové relativní vlhkosti v zimním období:

Stanovení návrhové relativní vlhkosti vzduchu v zimním období $\phi_{i,u}$ [%] bude provedeno výpočtem dle ČSN 73 0540-3 rovnice 4 a výsledek je uveden v tab. 10.

$$\phi_{i,u} = \phi_i + \Delta\phi_i \text{ [%]} \quad (4)$$

Kde ϕ_i ... relativní vlhkost vnitřního vzduchu [%], je uvedena v tab. 10

$\Delta\phi_{ai}$... bezpečnostní vlhkostní přírážka [%]

Tab. 10: Vypočtené hodnoty návrhových teplot a vlhkostí.

Zóna	Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i [°C]	Přirážka $\Delta\theta_{ai}$ [°C]	Návrhová vnitřní teplota vzduchu v zimním období $\theta_{ai,u}$ [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i [%]	Přirážka $\Delta\phi_i$ [%]	Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\phi_{i,u}$ [%]
Zóna 1 - sál	15	1	16	70	5	75
Zóna 2 - Vestibul	15	0	15	50	5	55
Zóna 3 - byt	20	0	20	55	5	60
Zóna 4 - suterén	20	0	20	50	5	55
Zóna 5 - WC	24	0	24	50	5	55

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-3

Dle tab. 8 a tab. 10 byla sestavena tab. 11, která shrnuje měsíční teplotní parametry hodnocené budovy.

Tab. 11: Měsíční teplotní parametry hodnocené budovy.

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
n	[den]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
$\theta_{e,m}$		[°C]	-1,9	-0,1	4	9,2	14	17,3	18,6	18,3	14,2	9,3	3,9	0
Zóna 1	$\theta_{i,m}$	[°C]	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Zóna 2	$\theta_{i,m}$	[°C]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Zóna 3	$\theta_{i,m}$	[°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Zóna 4	$\theta_{i,m}$	[°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Zóna 5	$\theta_{i,m}$	[°C]	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-3

4.6 Zateplení obálky budovy a vyhodnocení úsporných opatření

Hranice výpočetního modelu byla stanovena jako hranice budovy. Dle kapitoly 4.5.1 byl objekt rozdělen do 5 zón v závislosti na charakteru a uvažované době užívání dané části budovy. Definice jednotlivých zón je rovněž uvedena v této kapitole. Součinitel prostupu tepla U_i jednotlivých konstrukcí musí splňovat minimální podmínky uvedené v tab. 1.

4.6.1 Návrh úsporných opatření a výpočet průměrného součinitele U_{em}

Stavební konstrukce a jejich zateplovací metody byly rozděleny celkem do 14 různě projekčně řešených konstrukcí tak, aby z estetického hlediska byla budova jako celek okulibá, zároveň však plnila svou tepelně-izolační podstatu. Jednotlivé skladby původních i nově navržených konstrukcí, včetně použitých izolačních materiálů, jsou uvedeny v příloze 2, tab. P2.1.

V tab. P2.1 je rovněž proveden výpočet tepelných odporů R_j a součinitelů prostupu tepla U_j daných konstrukcí v závislosti na navrhované skladbě a vlastnostech použitých materiálů. Zároveň je v této tabulce možné srovnání tepelně izolačních vlastností s původní konstrukcí. S těmito výpočty je v tab. P2.1 provedeno porovnání s doporučenou hodnotou součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$, stanovenou dle normy ČSN 73 0540-2, viz tab. 1 na straně 14.

Vzorce použité pro výpočet tab. P2.1:

Celkový tepelný odpor:

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_{j=1}^n R_j \quad [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (5)$$

Kde d_j ... šířka j -té konstrukce [m]
 λ_j ... součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Tepelný odpor konstrukce:

$$R_j = R_{si} + R + R_{se} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (6)$$

Kde R ... odpor při přechodu tepla [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$],
dle ČSN EN ISO 6946
 R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$],
dle ČSN EN ISO 6946

Součinitel prostupu tepla konstrukcí:

$$U_j = \frac{1}{R_j} + \Delta U_{tbn} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (7)$$

Kde ΔU_{tbn} ... průměrný vliv tepelných vazeb [$W m^{-2} K^1$], dle ČSN 73 0540-2
 R_j ... tepelná odpor dané konstrukce, dle vzorce 6 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

Na tab. P2.1 navazuje tab. P2.2 shodné přílohy, kde jsou provedeny výpočty součinitelů tepelných toků H_{Tj} jednotlivými konstrukcemi soustředěnými do jednotlivých zón. Výsledek je pak uveden v tab. 12 na straně 74 společně s výsledkem výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Obdobně byla vytvořena tab. P2.3 shodné přílohy pro výpočet součinitelů tepelných toků H_{Tj} jednotlivými původními konstrukcemi.

Vzorce použité pro výpočet tabulky P2.2 a P2.3:

Měrný tepelný tok konstrukcí:

$$H_{T,j} = A_j \cdot U_j \cdot b_j \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (8)$$

Kde A_j ... teplosměnná plocha konstrukce j [m^2]
 U_j ... součinitel prostupu tepla konstrukce j , dle vzorce 7 [$W m^{-2} K^1$]
 b_j ... redukční faktor konstrukce j [$W m^{-2} K^1$], dle ČSN 73 0540-3

Průměrný měrný tepelný tok:

$$H_T = \sum_{j=1}^n H_{T,j} \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (9)$$

Kde $H_{T,j}$... měrný tepelný tok konstrukce j , dle vzorce 8 [$W \cdot K^{-1}$]

Průměrný součinitel prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{\sum H_{Tj}}{\sum A_j} [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (10)$$

Kde $H_{T,j}$... měrná ztráta prostupu tepla konstrukce j , dle vzorce 8 [WK^{-1}]
 A_j ... teplosměnná plocha konstrukce j [m^2]

$$U_{em} = \frac{431,41}{1707,88} \doteq 0,253 Wm^{-2}K^{-1}$$

Tab. 12: Výsledek výpočtů měrných ztrát prostupem jednotlivých zón $H_{T,zóny}$ a průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} .

		Zóna					Celková	U_{em}
		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	hodnota	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
$A_{zóny}$	$[m^2]$	1058,82	80,51	157,21	292,90	118,45	1707,88	0,253
$H_{T,zóny}$	$[W.K^{-1}]$	246,30	43,69	46,07	65,14	30,20	431,41	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z tab. P2.1 a P2.2 v příloze 2

Aplikací vzorce 10 na výsledky výpočtových hodnot původní konstrukce uvedené v tabulce P2.3 přílohy 2 vypočteme průměrný součinitel prostupu tepla původních konstrukcí. V tomto případě není uvažováno o zónování objektu. Průměrný součinitel prostupu tepla stávajícího objektu $U_{em,p}$ se pak vypočte:

$$U_{em,p} = \frac{2414,29}{1707,88} \doteq 1,414 Wm^{-2}K^{-1}$$

4.6.2 Výpočet referenčního součinitele U_N

Vzhledem k charakteru budovy a s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} , která je pro plošně dominantní zónu 1 $16\text{ }^\circ\text{C}$, je dle ČSN 73 0450-2 nutná korekce referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ součinitelem typu budovy e_1 . Výpočet je potřeba provést pro každou zónu dle vztahu:

$$e_1 = \frac{16}{(\theta_{im} - 4)} = \frac{16}{(16 - 4)} = 1,33 \quad [-] \quad (11)$$

Avšak v rámci této práce a úvaze o možných krátkodobých změnách využití této budovy, například sálu jako kongresové místnosti, tato norma uvádí možnost ponechání neredukovaného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ referenční budovy, tedy ponechat přísnější podmínky hodnocení obálky budovy.

Výpočet se provede podle vztahu:

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,2 \quad [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (12)$$

Kde $U_{N,j}$... normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce j uvedená v tab. 1 na straně 14, dle ČSN 73 0540-2 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 A_j ... teplosměnná plocha konstrukce j [m^2]
 b_j ... redukční faktor konstrukce j [$Wm^{-2}K^{-1}$], dle ČSN 73 0540-3

Jednotlivé dílčí výpočty jsou provedeny v tab. P2.4 umístěné v příloze 2, konečný výpočet průměrného součinitele prostupu tepla referenční budovou $U_{em,N,20}$ je prezentován v následující tab. 13.

Tab. 13: Výsledek výpočtů měrných ztrát prostupem jednotlivých zón $H_{T,ref,zóny}$ a průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ referenční budovy.

		Zóna					Celková hodnota	$U_{em,N,20}$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5		
$A_{zóny}$	[m^2]	1058,82	80,51	157,21	292,90	118,45	1707,88	0,550
$H_{T,zóny}$	[$W \cdot K^{-1}$]	364,22	57,54	57,67	78,93	39,67	598,04	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z tab. P2.4 v příloze 2

V případě úvahy o výpočtu redukovaného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ součinitelem typu budovy e_1 , výsledkem by byla hodnota $0,732 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, která by ve finálním důsledku klasifikační třídu obálky budovy nezměnila.

4.6.3 Shrnutí aplikovaných opatření

Na základě dostupných stavebních výkresů objektu i místního šetření byla provedena analýza stavebních konstrukcí, které jsou popsány v příloze 2, tab. P2.1. Obálka budovy byla navržena s ohledem na vnější prostředí objektu, jeho orientaci i okolní zástavbu a rostlou zeleň. S ohledem na orientaci budovy byl na jihovýchodních a jihozápadních sluněných stranách budovy navržen systém dvouplášťové konstrukce blíže popsán v odstavci 3.2.1.2.1 a) Provětrávané fasády. Ostatní vertikální konstrukce obálky budovy jsou navrženy zateplit systémem ETICS, který je blíže popsán v odstavci 3.2.1.2.1 d) Vnější kontaktní zateplovací systém ETICS.

Jako dominantní izolant byla navržena minerální izolace ISOVER UNI v tloušťce 18 cm pro oba případy systémů zateplení. S ohledem na finanční možnosti Sokola Luštěnice, z.s. a estetickou stránku objektu byl dále rohový izolant každého vnějšího rohu budovy navrhnout v tloušťce 20 cm. Vznikne tak esteticky zajímavý detail rohového sloupu objektu, hlavním

důvodem však je rozdělení ploch a tím i možnost zateplení tohoto objektu na etapy s ohledem na finanční možnosti Sokola.

Návrh úsporných opatření počítá s instalací stínící techniky na velké otvorové výplně umístěné na jihovýchodní straně objektu. Tato technika bude instalována jako skrytá, uložena v purenitových boxech uvedených v odstavci 3.2.2.4.3 c). Z tohoto důvodu zde musela být navržena lepší izolace v podobě vakuové izolace VakuPRO dle kapitoly 3.2.1.1.2 o tloušťce 2 cm.

Vertikální konstrukce v kontaktu se zemí byly navrženy dle odstavce 3.2.1.4. Jakožto izolant byl navržen XPS polystyren DEK o mocnosti 16 cm. V tomto případě je při realizaci nutné dbát na opravu a instalaci hydroizolačních vrstev.

Střešní konstrukce částí budovy bytu a tělocvičny jsou navrženy dle odstavce 3.2.1.3.1 b) instalací mezikrokevní a podkrokevní izolací z důvodu nižších instalačních nákladů. Byl zvolen minerální izolant a jeho dimenze byla stanovena tak, aby nedošlo k nevyhovujícímu snížení světlé výšky daných prostor. Prostor střešní konstrukce nad sociálním zázemím byl s ohledem na využití prostoru nad ním volen dle odstavce 3.2.1.3.2 b), kde jako izolant byl zvolen PIR materiál o tloušťce 14 cm, dále pak EPS 100 polystyren v podobě spádových klínů.

V případě horizontálních konstrukcí podlahových byl volen polystyren EPS 200, respektive EPS 100. V hlavní části budovy, sálu, byl volen EPS 200 o tloušťce 14 cm, v suterénu byl volen EPS 200 o tloušťce 8 cm s ohledem na omezení světlé výšky prostoru a v prostoru podlahových konstrukcí v prostoru sociálního zařízení a schodiště byl volen polystyren EPS 100 o tloušťce 10 cm.

Proces výměny otvorových výplní Sokol Luštěnice, z.s. již započal, jeho rozsah ovlivňuje zejména rozpočet spolku. Přibližně 60 % otvorových výplní již bylo vyměněno, byla instalována nová plastová okna a dveře s izolačními trojskly. Tato práce počítá s dokončením tohoto procesu. Výpočtové parametry paní Ing. Petry Studecké, Ph.D. pro původní obálku budovy však počítají s částí původních otvorových výplní.

Efektivita těchto opatření a výpočty jsou uvedeny v kapitole 4.6.4.

4.6.4 Klasifikace obálky budovy a vyhodnocení úsporných opatření

Dle ČSN 73 0540-2 se klasifikace prostupu tepla obálkou budovy provede doplněním vypočtené hodnoty referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ do tabulky uvedené v této

normě, příloha C.1 a následně se provede porovnáním hodnot tab. 14 s hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy vypočteného U_{em} .

Tab. 14: Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.

Klasifikační třída	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel prostupu tepla budovou	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,275$	Velmi úsporná	0,5 0,75 1,0 1,5 2,0 2,5
B	70X0	$0,275 < U_{em} \leq 0,4125$	Úsporná	
C	30X0	$0,4125 < U_{em} \leq 0,550$	Vyhovující	
D	00X0	$0,550 < U_{em} \leq 0,825$	Nevyhovující	
E	03X0	$0,825 < U_{em} \leq 1,1$	Nehospodárná	
F	07X0	$1,1 < U_{em} \leq 1,375$	Velmi nehospodárná	
G	0XX0	$U_{em} > 1,375$	Mimořádně nehospodárná	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2

Při porovnání vypočtených parametrů měrných ztrát prostupem H_T stávajícího objektu s měrnými ztrátami prostupem objektu po aplikaci navržených úsporných opatření dojdeme k závěru, že jejich aplikací jsme snížili měrné ztráty prostupem z původních $2.414,291 \text{ W.K}^{-1}$ na $431,407 \text{ W.K}^{-1}$, tedy původní ztráty jsme snížili o $1.982,884 \text{ W.K}^{-1}$ na $17,87 \%$.

Původní průměrný součinitel prostupu tepla budovou $U_{em,p}$ roven $1,414 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ byl aplikací úsporných izolačních materiálů snížen na navrhovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla budovou U_{em} rovnu $0,253 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Klasifikační třída se tedy změnila z G, tedy mimořádně nehospodárné budovy na klasifikační třídu A, velmi úsporný objekt.

Následně byla provedena v programu AllPlan vizualizace objektu, která je umístěna v příloze 6.

4.7 Stanovení návrhového tepelného výkonu dle ČSN EN 12831

Potřebný tepelný výkon se v průběhu aplikace úsporných opatření bude měnit v závislosti na etapách, jak je uvedeno v kapitole 4.3. Navržený systém tuto kapitolu musí reflektovat. Při návrhu musí být brána v úvahu změna potřeby tepla mezi 1. a 2. etapou a po dokončení 2. etapy. Variantní návrhy zdrojů tepla a topných systémů je proveden v kapitole 4.8, přičemž po dokončení druhé etapy může dojít k předimenzování zdrojů tepla a ztrát jejich potřeby. Tato práce však s touto skutečností počítá a jejich užití bude uvažováno v kapitole 4.9 jakožto zdroje tepla či chladu v oddělených systémech klimatizací.

Z výše uvedeného důvodu je nutné stanovit návrhový tepelný výkon pro 1. a 2. etapu a provést návrh zdrojů a topných systémů tak, aby byla zachována tepelná pohoda mikroprostředí v obou případech etap a zároveň byly hospodárně využity zdroje tepla.

Níže uvedené vzorce jsou užity pro výpočet návrhového tepelného výkonu v jednotlivých tabulkách této kapitoly.

Návrhový tepelný výkon celé budovy $\Phi_{HL,build}$: (13)

$$\Phi_{HL,build} = \sum_i (\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}) + \Phi_{V,build} + \sum_i (\Phi_{hu,i}) - \sum_i (\Phi_{gain,i}) \quad [W]$$

Kde $\Phi_{V,build}$... tepelná ztráta větráním celé budovy, [W]
 $\sum_i (\Phi_{hu,i})$... součet zátopových tepelných výkonů, které se vyskytují současně při venkovních výpočtových podmínkách, [W]
 $\sum_i (\Phi_{gain,i})$... součet trvalých tepelných zisků, které se vyskytují současně při venkovních výpočtových podmínkách, [W]
 $\sum_i (\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig})$... součet tepelných ztrát prostupem přímo nebo nepřímo do venkovního prostředí všech obsažených vytápěných prostor i , [W]

Návrhový tepelný výkon pro daný vytápěný prostor i je stanoven jako součet tepelných ztrát prostupem a větráním daného prostoru, pokud je uvažován i dodatečným zátopovým tepelným výkonem. Trvalé tepelné zisky lze uvažovat do výpočtu v závislosti na národních předpisech. (ČSN EN 12831-1)

Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru i $\Phi_{HL,i}$:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{Hu,i} - \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (14)$$

Kde $\Phi_{T,i}$... návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru i , [W]
 $\Phi_{V,i}$... návrhová tepelná ztráta větráním prostoru i , [W]
 $\Phi_{Hu,i}$... dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru i , [W]
 $\Phi_{gain,i}$... trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru i , [W]

4.7.1 Návrhové tepelné ztráty prostupem vytápěného prostoru i

Dle ČSN EN 12831-1 se tepelná ztráta prostupem počítá na základě měrných tepelných toků prostupem a rozdílů teplot způsobujících tepelné ztráty. Tyto tepelné toky jsou striktně vztaženy k rozdílu vnitřní a venkovní výpočtové teploty bez ohledu na aktuální rozdíl teplot jednotlivých stavebních částí.

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru i $\Phi_{T,i}$:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (15)$$

- Kde $H_{T,ie}$... měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru i do venkovního prostředí e , kapitola 4.7.1.1, [W]
 $H_{T,ia}$... měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru i do sousedních vytápěných prostor a , [W]
 $H_{T,iae}$... měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru i do venkovních prostor přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy ae , [W]
 $H_{T,iaBE}$... měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru i do sousedních funkčních částí budovy aBE , kapitola 4.7.1.2, [W]
 $H_{T,ig}$... měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru i do zeminy g , kapitola 4.7.1.3, [W]
 $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i dle tab. 10, [°C]
 θ_e ... venkovní výpočtová teplota, kapitola 4.5.3.1, [°C]

Matematickými operacemi lze vzorec 15 upravit pro výpočet dílčích návrhových tepelných ztrát $\Phi_{T,ix}$,

Dílčí návrhové tepelné ztráta prostupem vytápěného prostoru i $\Phi_{T,ix}$:

$$\Phi_{T,ix} = H_{T,ix} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (16)$$

- Kde $H_{T,ix}$... dílčí měrné tepelné toky prostupem dle vzorce 15, [W]
 $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i dle tab.10, [°C]
 θ_e ... venkovní výpočtová teplota, kapitola 4.5.3.1, [°C]

4.7.1.1 Výpočet teplotního opravného činitele pro další výpočty

Výpočet teplotního opravného činitele $f_{ie,k}$ pro jednotlivé zóny:

$$f_{ie,k} = f_1 + f_2 \quad [-] \quad (17)$$

- Kde f_1 ... opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí a venkovní výpočtovou teplotou, výpočet dle rovnice 18, [-]
 f_2 ... opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru i a průměrnou povrchovou teplotou stavební konstrukce k , výpočet dle rovnice 19, [-]

Výpočet opravného činitele f_1 :

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (18)$$

Kde $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i , dle tab. 10, [°C]
 θ_x ... teplota sousedního prostoru nebo prostředí, dle tab. 10 nebo θ_e , [°C]
 θ_e ... venkovní výpočtová teplota, kapitola 4.5.3.1, [°C]

Výpočet opravného činitele f_2 :

$$f_2 = \frac{\theta_{int,k}^* - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (19)$$

Kde $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i , dle tab. 10, [°C]
 $\theta_{int,k}^*$... průměrná vnitřní povrchová teplota stavební konstrukce k , [°C]
výška stropu < 4m ... $\theta_{int,k}^* = \theta_{int,i} \rightarrow f_2 = 0$
výška stropu > 4m ... $\theta_{int,k}^*$ dle rovnice 20
 θ_e ... venkovní výpočtová teplota, kapitola 4.5.3.1, [°C]

Výpočet průměrné vnitřní povrchové teploty stavební konstrukce k $\theta_{int,k}^*$:

$$\theta_{int,k}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \cdot (h_k - h_{occup,i}) + \Delta\theta_{surf,k} \quad (20)$$

Kde $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i , dle tab. 10, [°C]
 $G_{\theta,air,i}$... výškový teplotní gradient vzduchu v místnosti, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B tab. B.3, [K·m⁻¹]
 h_k ... střední výška uvažované stavební části nad úrovní podlahy, [m]
 $h_{occup,i}$... výška uživatelské zóny místnosti, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B tab. B.3, [m]
 $\Delta\theta_{surf,k}$... opravná hodnota zohledňující rozdíl mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B tab. B.3, [K]

4.7.1.2 Výpočet měrného tepelného toku prostupem do venkovního prostředí

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru, respektive zóny, i přímo do venkovního prostředí e $H_{T,ie}$ [W·K⁻¹] je stanoven dle rovnice:

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}] \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (21)$$

Kde A_k ... plocha stavební části k , stanoveno dle místního zaměření, [m²]
 U_k ... součinitel prostupu tepla stavební částí k , příloha 2, [W·m⁻²·K⁻¹]
 ΔU_{TB} ... přírážka na vliv tepelných vazeb, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B tab. B.1, [W·m⁻²·K⁻¹]
 $f_{U,k}$... opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B $f_{U,k} = 1$ [-]
 $f_{ie,k}$... teplotní opravný činitel, dle ČSN EN 12831-1, dle vzorce 17, [-]

Výpočty byl proveden v tab. P3.1 v příloze 3, v následující tab. 15 je uveden výsledek, který je proveden po potřebných zónách. Měrný tepelný tok prostupem do venkovního

prostředí byl proveden dle vzorce 21 pro etapu 1, tedy bez úsporných opatření spočívající v zateplení obálky budovy, označené jako $H_{Te1,ie,z}$ a pro etapu 2, reflektující úsporná opatření v podobě zateplení obálky budovy, označené jako $H_{Te2,ie,z}$.

Tab. 15: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do venkovního prostředí.

Zóna	$H_{Te1,ie,z}$ [W.K ⁻¹]	$H_{Te2,ie,z}$ [W.K ⁻¹]
Zóna 1 - sál	871,804	228,798
Zóna 2 - vestibul a komunikace	114,237	39,599
Zóna 3 - byt	204,573	44,625
Zóna 4 - suterén	44,650	10,735
Zóna 5 - WC	145,766	25,803
Celkem	1381,029	349,560
$H_{Te1,ie,z}$... měrný tepelný tok prostupem do venkovního prostředí po 1. etapě dané zóny	
$H_{Te2,ie,z}$... měrný tepelný tok prostupem do venkovního prostředí po 2. etapě dané zóny	

*Zdroj: vlastní zpracování dle tab. P3.1 příloha 3.

4.7.1.3 Výpočet měrného tepelného toku prostupem do sousedního prostoru

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru, respektive zóny, i do sousedního vytápěné funkční části budovy či zóny $H_{T,iaBE}$ [W.K⁻¹] je možné spočítat při splnění podmínek daných normou ČSN EN 12831-1 odstavec 6.3.2.3 dle rovnice:

$$H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iaBE,k}) \text{ [W.K}^{-1}\text{]} \quad (22)$$

Kde A_k ... plocha stavební části k , stanoveno dle místního zaměření, [m²]
 U_k ... součinitel prostupu tepla stavební částí k , příloha 2 tab. P2.1, [W.m⁻².K⁻¹]
 $f_{iaBE,k}$... teplotní opravný činitel, dle ČSN EN 12831-1 kapitola 6.3.2.5, výpočet dle vzorce 17, [-]

Výpočet teplotního opravného součinitele $f_{iaBE,k}$ je proveden dle vzorce 17. Dle vzorce 18 je jako teplota sousedního prostoru θ_x použita návrhová teplota dané zóny dle tab. 10. Dle popisu vzorce 19 není žádná konstrukce na rozhraní dvou zón vyšší než 4 metry. Tady f_2 je rovno 0.

Značnou problematikou při výpočtu $H_{T,iaBE}$ je stanovení součinitele prostupu tepla U_k otvorových výplní osazených v dělicích stěnách jednotlivých zón. Tento součinitel pro potřeby výpočtů byl stanoven odhadem.

Pro výpočet byla sestavena výpočtová tab. P3.2 umístěná v příloze 3 této práce, výsledky výpočtů jsou uvedeny v následující tab. 16. Kladné hodnoty jsou tepelné toky směřovány z dané zóny do jiné, záporné hodnoty jsou tepelné zisky dané zóny.

Jakákoli úsporná opatření se ve vnitřních prostorech nepředpokládají, tedy výpočet pro etapy 1 i 2 je totožný.

Tab. 16: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do sousedního prostoru.

Zóna	$H_{T,iaBE}$ [W.K ⁻¹]
Zóna 1 - sál	3,645
Zóna 2 - vestibul a komunikace	-30,810
Zóna 3 - byt	3,699
Zóna 4 - suterén	9,885
Zóna 5 - WC	5,358

Kladné hodnoty znamenají tepelné toky směřované z dané zóny do jiné.
Záporné hodnoty jsou tepelné zisky dané zóny.

*Zdroj: vlastní zpracování dle tab. P3.2 příloha 3.

4.7.1.4 Výpočet měrného tepelného toku prostupem do zeminy

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru, respektive zóny, i do zeminy g $H_{T,ig}$ [W.K⁻¹] se po splnění podmínek vypočte pomocí normy ČSN EN 12831-1 zjednodušenou metodou uvedenou v příloze E této normy dle rovnice:

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k}) \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (23)$$

Kde $f_{\theta ann}$... opravný činitel zohledňující změny venkovní teploty v průběhu roku, dle ČSN EN 12831-1 je roven 1,45, [-]

A_k ... plocha stavební části k v přímém kontaktu se zeminou g , [m²]

$U_{equiv,k}$... ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí k v kontaktu se zeminou g , výpočet dle vzorce 24, [W.m⁻².K⁻¹]

$f_{ig,k}$... teplotní opravný činitel, dle ČSN EN 12831-1 kapitola 6.3.2.5, výpočet dle vzorce 17 [-]

$f_{GW,k}$... opravný činitel zohledňující vliv spodní vody, dle ČSN EN 12831-1, pokud je rozdíl hladiny spodní vody a základové desky:

< 1 m, pak $f_{GW,k} = 1,15$

> 1 m, pak $f_{GW,k} = 1,00$

Pro výpočet teplotního opravného činitele se použijí upravené vzorce 17 až 19 následujícím způsobem:

$$f_{ig,k} = f_1 + f_2 = f_1 \quad [-] \quad (17)$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{e,m}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (18)$$

Kde $\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i , dle tab. 10, [°C]

$\theta_{e,m}$... průměrná venkovní teplota za topné období, dle tab. NA.1 Národní přílohy normy ČSN EN 12831-1, $\theta_{e,m} = 3,9$ °C, [°C]

θ_e ... venkovní výpočtová teplota, kapitola 4.5.3.1, [°C]

$$f_2 = \frac{\theta_{int,k}^* - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = 0 \quad [-] \quad (19)$$

Výpočet ekvivalentního součinitele prostupu tepla $U_{equiv,k}$:

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + \hat{B})^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (24)$$

Kde a, b, c, d, n ... parametry uvedené v ČSN EN 12831-1, přílohy E, tab. E.1, [-]

\hat{B} ... geometrický parametr, výpočet dle rovnice 25, [m]

z ... hloubka horní hrany pod úrovní zeminy, dle ČSN EN 12831-1, [m]

U_k ... součinitel prostupu tepla stavební částí k v kontaktu se zeminou, tab. P2.1 příloha 2, [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

ΔU_{TB} ... přírážka na vliv tepelných vazeb, dle ČSN EN 12831-1 přílohy B tab. B.1, $\Delta U_{TB} = 0,02 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

Výpočet geometrického parametru \hat{B} :

$$\hat{B} = \frac{A_G}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (25)$$

Kde A_G ... plocha podlahové desky, [m^2]

P ... nechráněný obvod dle ČSN EN 12831-1 Přílohy E, [m]

Je-li podlaha nad úrovní terénu, počítá se daná konstrukce pomocí vzorce 21, tedy jako prostup tepelného toku do venkovního prostředí $H_{T,ie}$. V počítané budově je tento prostor v zóně 5 – označené jako WC. V prostoru sprch je podlaha konstrukčně řešena ve styku se zemínou, výpočet bude proveden dle vzorce 23. Prostor WC je konstrukčně řešen s podlahou nad úrovní terénu.

Na základě výše uvedených vzorců byla sestavena výpočtová tab. P3.3 umístěná v příloze 3. V následující tab. 17 je uveden výsledek, který je proveden po potřebných zónách. Měrný tepelný tok prostupem do zeminy pro etapu 2, reflektující úsporná opatření v podobě zateplení obálky budovy, je označené jako $H_{Te2,ig,z}$.

Tab. 17: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do zeminy po 2. etapě.

ZÓNA	označení konstrukce	A_k [m^2]	U_k [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	ΔU_{TB} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	$f_{ig,k}=f_1$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]	$H_{T,ig,k}$ [$W \cdot K^{-1}$]	$H_{Te2,ig,z}$ [$W \cdot K^{-1}$]
ZÓNA 1	PDL-11	239,80	0,267	0,020	0,417	1,15	31,416	45,380
	STN-7	57,05	0,214	0,020	0,417	1,15	13,964	
ZÓNA 2	PDL-13	4,45	0,376	0,020	0,396	1,15	0,857	0,857
ZÓNA 3							0,000	0,000
ZÓNA 4	PDL-12	131,24	0,418	0,020	0,488	1,00	20,285	50,353
	STN-6	39,83	0,247	0,020	0,488	1,00	9,773	
	STN-7	95,28	0,214	0,020	0,488	1,00	20,294	
ZÓNA 5	PDL-13	11,89	0,376	0,020	0,396	1,15	2,217	5,541
	STN-7	15,00	0,214	0,020	0,396	1,15	3,325	

*Zdroj: vlastní zpracování, dle tab. P3.3 příloha 3, čerpáno z ČSN EN 12831-1

Výpočet měrného tepelného toku pro 1. etapu, tedy bez úsporných opatření v podobě izolací není dle normy ČSN EN 12831-1 možný. Je tedy proveden dle normy ČSN EN ISO 13370 a oproti této normě je označen jako $H_{Te1,ig,z}$.

Výpočty pro zónu 4 – vytápěný suterén:

Výpočet celkové ekvivalentní tloušťky podlahy d_f :

$$d_f = d_{w;e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f;b} + R_{se}) \quad [m] \quad (26)$$

Kde $d_{w;e}$... plná tloušťka stěny budovy na úrovni terénu, tab. P2.1 příloha 2, [m]
 $R_{f;b}$... tepelný odpor podlahy, tab. P2.1 příloha 2, [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{si} ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{se} ... součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy $U_{fg;b}$:

$$U_{fg;b} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot \acute{B} + d_f + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot \acute{B}}{d_f + 0,5 \cdot z} + 1 \right) \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (27)$$

Kde d_f ... ekvivalentní tloušťka podlahy, dle rovnice 26 [m]
 \acute{B} ... geometrický parametr, dle rovnice 25, [m]
 z ... hloubka podlahy suterénu pod úrovní okolního terénu, [m]
 λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Výpočet celkové ekvivalentní tloušťky stěny $d_{w;b}$:

$$d_{w;b} = \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{w;b} + R_{se}) \quad [m] \quad (28)$$

Kde $R_{w;b}$... tepelný odpor stěny, tab. P2.1 příloha 2, [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{si} ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2, [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{se} ... součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2, [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Výpočet součinitele prostupu tepla stěny $U_{w;b}$:

$$U_{w;b} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_f}{d_f + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_{w;b}} + 1 \right) \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (29)$$

Kde λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
 d_f ... ekvivalentní tloušťka podlahy, dle rovnice 26, [m]
 z ... hloubka podlahy suterénu pod úrovní okolního terénu, [m]
 $d_{w;b}$... celkový ekvivalent tloušťky stěny, dle rovnice 28 [m]

Na základě těchto rovnic se vypočte měrný tepelný tok zeminou mezi vnitřním a venkovním prostředím v ČSN EN ISO 13370 označeném jako H_g , v této práci označené jako $H_{Te1,ig,z}$, dle vzorce 30:

$$H_{Te1,ig,z} = A \cdot U_{fg;b} + z \cdot P \cdot U_{w;b} + P \cdot \Psi_{w,f} \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (30)$$

Kde A ... plocha podlahové desky, $[m^2]$
 $U_{fg;b}$... součinitel prostupu tepla podlahy, dle rovnice 27, $[m]$
 z ... hloubka podlahy suterénu pod úrovní okolního terénu, $[m]$
 P ... nechráněný obvod dle ČSN EN 12831-1 Přílohy E, $[m]$
 $U_{w;b}$... součinitel prostupu tepla stěny, dle rovnice 29 $[m]$
 $\Psi_{w,f}$... lineární činitel prostupu tepla, dle ČSN EN ISO 13789, respektive ČSN EN ISO 14683 $\Psi_{w,f} = 0,8 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Výpočty pro zónu 1,2 a 5 – podlaha na terénu:

Výpočet celkové ekvivalentní tloušťky podlahy d_f :

$$d_{f,sog} = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f;sog} + R_{se}) \quad [m] \quad (31)$$

Kde $d_{w,e}$... plná tloušťka stěny budovy na úrovni terénu, tab. P2.1 příloha 2, $[m]$
 $R_{f;sog}$... tepelný odpor podlahy, tab. P2.1 příloha 2, $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
 R_{si} ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2 $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
 R_{se} ... součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce, tab. P2.1 příloha 2 $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
 λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy $U_{fg;sog}$:

$$U_{fg;sog} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot \hat{B} + d_{f,sog}} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot \hat{B}}{d_{f,sog}} + 1 \right) \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (32)$$

Kde $d_{f,sog}$... ekvivalentní tloušťka podlahy, dle rovnice 31 $[m]$
 \hat{B} ... geometrický parametr, dle rovnice 25, $[m]$
 λ_g ... tepelná vodivost zeminy, $\lambda_g = 2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Měrný tepelný tok zeminou pro zóny 1,2 a 5 se následně vypočte dle rovnice 33:

$$H_{Te1,ig,z} = A \cdot U_{fg;sog} + P \cdot \Psi_{w,f} \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (33)$$

Kde A ... plocha podlahové desky, $[m^2]$
 $U_{fg;b}$... součinitel prostupu tepla podlahy, dle rovnice 27, $[m]$
 P ... nechráněný obvod dle ČSN EN 12831-1 Přílohy E, $[m]$
 $\Psi_{w,f}$... lineární činitel prostupu tepla, dle ČSN EN ISO 13789, respektive ČSN EN ISO 14683 $\Psi_{w,f} = 0,8 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Na základě výše uvedených vzorců byla sestavena výpočtová tab. P3.4, umístěná v příloze 3. V následující tab. 18 je uveden výsledek, který je proveden po potřebných zónách.

Tab. 18: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do zeminy 1. etapy.

Zóna	$H_{Te1,ig,z}$ [W.K ⁻¹]
Zóna 1 - sál	129,037
Zóna 2 - vestibul a komunikace	5,609
Zóna 3 - byt	0,000
Zóna 4 - suterén	181,603
Zóna 5 - WC	13,547

*Zdroj: vlastní zpracování, dle tab. P3.4 příloha 3, čerpáno z ČSN EN ISO 13370

4.7.1.5 Výpočet navrhované celkové tepelných ztráty prostupem

Celková návrhová tepelná ztráta prostupem z vytápěné zóny je sumarizována v následující tab. 19. Výpočty jsou rozděleny na jednotlivé zóny, zároveň jsou rozděleny na jednotlivé etapy. Výpočet je proveden prostřednictvím vzorců 15 a 16.

Tab. 19: Výpočet tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.

θ_e	$\theta_{int,i}$ -13	$\theta_{int,i}$ [°C]	$H_{T,ie}$ [W.K ⁻¹]	$H_{T,iaBE}$ [W.K ⁻¹]	$H_{T,ig}$ [W.K ⁻¹]	$H_{T,l,z}$ [W.K ⁻¹]	$\Phi_{T,ie}$ [W]	$\Phi_{T,iaBE}$ [W]	$\Phi_{T,ig}$ [W]	$\Phi_{T,l,z}$ [W]	$\Phi_{T,l}$ [W]
1. ETAPA	ZÓNA 1	16	871,804	3,645	129,037	1004,49	25282,32	1,88	3742,07	29026,27	52456,54
	ZÓNA 2	15	114,237	-30,810	5,609	89,04	3198,64	-178,18	157,05	3177,51	
	ZÓNA 3	20	204,573	3,699	0,000	208,27	6750,91	18,50	0,00	6769,40	
	ZÓNA 4	20	44,650	9,885	181,603	236,14	1473,45	51,49	5992,90	7517,84	
	ZÓNA 5	24	145,766	5,358	13,547	164,67	5393,34	70,94	501,24	5965,52	
	Celkem			1381,030	-8,223	329,796	1702,60	42098,65	-35,38	10393,26	
2. ETAPA	ZÓNA 1	16	228,798	3,645	45,380	277,82	6635,14	1,88	1316,02	7953,04	13696,81
	ZÓNA 2	15	39,599	-30,810	0,857	9,65	1108,77	-178,18	24,00	954,59	
	ZÓNA 3	20	44,625	3,699	0,000	48,32	1472,63	18,50	0,00	1491,12	
	ZÓNA 4	20	10,735	9,885	50,353	70,97	354,26	51,49	1661,65	2067,40	
	ZÓNA 5	24	25,803	5,358	5,541	36,70	954,71	70,94	205,02	1230,67	
	Celkem			349,560	-8,223	102,131	443,47	10525,51	-35,38	3206,68	

*Zdroj: vlastní zpracování, dle příloha 3

V obou etapách je uvažováno dokončení výměny otvorových výplní obvodových konstrukcí. Po dokončení 1. etapy jsou tepelné ztráty prostupem 52,46 kW, po aplikaci zateplení v 2. etapě se tyto ztráty snížili o 73,88 % na 13,70 kW.

4.7.2 Návrhové tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru \dot{Q}_V

Vlivem uvažovaných etap a nejisté možnosti instalace klimatizačních systémů je nutné, aby navržená technologická zařízení pokryla veškeré ztráty plynoucí z hygienické nutnosti větrat daný prostor.

Výpočet celkové tepelné ztráty větráním budovy $\Phi_{V,build}$ se vypočte podle vzorce 34, výpočet tepelné ztráty větráním zóny se vypočte podle vzorce 35.

$$\Phi_{V,build} = \sum_z \Phi_{V,z} \quad [W] \quad (34)$$

Kde $\Phi_{V,z}$... tepelná ztráta větráním zóny, [W]

$$\Phi_{V,z} = \rho \cdot c_p \cdot \sum_i [f_{i-z} \cdot q_{v,min,z} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)] \quad [W] \quad (35)$$

Kde ρ ... hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$, [$kg \cdot m^{-3}$]

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$, [$Wh \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

f_{i-z} ... poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností i a objemovým průtokem vzduchu zóny z , dle ČSN EN 12831-1 je stanoven pro $i = 1 \rightarrow f_{i-z} = 1$ a pro $i \geq 2 \rightarrow f_{i-z} = 0,5$, [-]

$q_{v,min,z}$... minimální objemový průtok vzduchu, dle vzorce 36 [$m^3 \cdot h^{-1}$]

$\theta_{int,i}$... vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru i , dle tab. 10, [$^{\circ}C$]

θ_e ... venkovní výpočtová teplota, dle kapitoly 4.5.3.1, [$^{\circ}C$]

Minimální objemový průtok $q_{v,min,z}$ zóny se vypočítá z minimální intenzity větrání $n_{min,i}$ dle vzorce 36:

$$q_{v,min,z} = n_{min,z} \cdot V_z \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (36)$$

Kde V_z ... vnitřní objem vzduchu zóny z , [m^3]

$n_{min,z}$... minimální intenzita větrání zóny z , dle kapitoly 4.7.2.1, [h^{-1}]

4.7.2.1 Stanovení minimální intenzity větrání místnosti i

Minimální intenzita vzduchu je veličina určující minimální objem vzduchu obměněného v místnosti či části objektu za hodinu za účelem dodržení odpovídající kvality vnitřního mikroklimatu. Norma ČSN EN 12831-1 však tuto hodnotu neuvádí s odkazem na normu ČSN EN 15665-Z1, která se však zabývá obytnými budovami. Je v ní však uveden požadavek na minimální intenzitu větrání v době nepřítomnosti osob $I_{min} = 0,3 h^{-1}$.

Příloha č.3 k vyhlášce č.410/2005 Sb. *Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých* uvádí minimální množství přivedeného vzduchu vztahené na osobu za jednotku času, respektive 1 hodinu. Výtah těchto hodnot vztahených k tomuto typu objektu je uveden v tab. 20.

Tab. 20: Požadavky na větrání dle vyhlášky č.410/2005 Sb.

Typ prostoru	Množství vzduchu	
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20 až 30	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 žáka
Tělocvičny	20 až 90	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 žáka
Šatny	20	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 žáka
Sprchy	150 až 200	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 sprchu
WC	50	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 kabinu
	25	$m^3 \cdot h^{-1}$ na 1 pisoár

*Zdroj: vlastní zpracování, dle příloha 3

Dle stanoveného uživatelského profilu v kapitole 4.5.2 a tab.7 je možné tyto potřebné parametry dopočítat. Výpočet intenzity výměny vzduchu je proveden v tab. 21

Tab. 21: Stanovení minimální intenzity větrání $n_{min,i}$.

ZÓNA	Doba přítomnosti		intenzita	objem	$V_{t,přít}$	V_{24h}	V_{1h}	$n_{min,i}$
	Od	Do	$[h^{-1}][m^3 h^{-1}/x]$	$[m^3][jiné]$	$[m^3]$	$[m^3]$	$[m^3]$	
ZÓNA 1 - sál	0:00	7:30	$0,3 h^{-1}$	$1790,46 m^3$	4028,54	23234,95	968,12	0,47
	7:30	14:00	$50 m^3 h^{-1}/os.$	27 osob	8775,00			
	14:00	18:00	$60 m^3 h^{-1}/os.$	21 osob	5040,00			
	18:00	21:00	$90 m^3 h^{-1}/os.$	14 osob	3780,00			
	21:00	0:00	$0,3 h^{-1}$	$1790,46 m^3$	1611,41			
	Víkend		$0,3 h^{-1}$	$1790,46 m^3$	12891,31			
ZÓNA 2 - vestibul	S ohledem na povahu prostoru minimální intenzita							0,30
ZÓNA 3 - družina	0:00	11:30	$0,3 h^{-1}$	$162,91 m^3$	562,04	2928,59	122,02	0,62
	11:30	16:30	$25 m^3 h^{-1}/os.$	16 osob	2000,00			
	16:30	0:00	$0,3 h^{-1}$	$162,91 m^3$	366,55			
	Víkend		$0,3 h^{-1}$	$162,91 m^3$	1172,95			
ZÓNA 4 - suterén	0:00	15:00	$0,3 h^{-1}$	$292,90 m^3$	1318,05	4101,66	170,90	0,50
	15:00	21:00	$20 m^3 h^{-1}/os.$	21 osob	2520,00			
	21:00	0:00	$0,3 h^{-1}$	$292,90 m^3$	263,61			
	Víkend		$0,3 h^{-1}$	$292,90 m^3$	2108,88			
ZÓNA 5 - WC	0:00	7:30	$0,3 h^{-1}$	$43,2 m^3$	97,20	7561,08	315,05	5,29
	7:30	21:00	$50 m^3 h^{-1}/kab.$	4 WC kabinky	2700,00			
			$25 m^3 h^{-1}/pis.$	2 pisoáry	675,00			
			$150 m^3 h^{-1}/spr.$	2 sprchy	4050,00			
	21:00	0:00	$0,3 h^{-1}$	$43,2 m^3$	38,88			
Víkend		$0,3 h^{-1}$	$43,2 m^3$	311,04	12,96			

*Zdroj: vlastní zpracování, dle vyhlášky č.410/2005 Sb. a ČSN EN 15665-Z1

4.7.2.2 Výpočet navrhované celkové tepelných ztráty větráním

Celková návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,build}$ a návrhová tepelná ztráta větráním dané zóny z vytápěné zóny $\Phi_{V,z}$ je vypočítána v tab. 22. Výpočty jsou pro obě uvažované etapy shodné. Výpočet je proveden prostřednictvím vzorců 34, 35 a 36.

Tab. 22: Návrhové tepelné ztráty větráním.

ZÓNA	$n_{min,i}$	V_i	$q_{v,min,z}$	ρ	c_p	f_{i-z}	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\Phi_{V,z}$	$\Phi_{V,build}$
	$[h^{-1}]$	$[m^3]$	$[m^3 h^{-1}]$	$[kg.m^{-3}]$	$[Wh.kg^{-1}.K^{-1}]$	$[-]$	$[^{\circ}C]$	$[^{\circ}C]$	$[W]$	$[W]$
ZÓNA 1 - sál	0,47	1790,46	844,984	0,34	1,0	16	-13	8331,55	11535,26	
ZÓNA 2 - vestibul	0,30	260,50	78,150	0,34	0,5	15	-13	371,99		
ZÓNA 3 - družina	0,62	162,91	101,124	0,34	0,5	20	-13	567,31		
ZÓNA 4 - suterén	0,50	292,90	147,179	0,34	0,5	20	-13	825,67		
ZÓNA 5 - WC	5,29	43,20	228,735	0,34	0,5	24	-13	1438,74		

*Zdroj: vlastní zpracování, dle ČSN EN 12831-1.

Hodnoty návrhových tepelných ztrát přirozeným větráním jsou ve smyslu výpočtů idealizovány. Reálné ztráty jsou závislé na samotném uživateli. V případě řešeného objektu jsou výpočtové hodnoty vesměs nadhodnocené z důvodu nevětrání prostor jednotlivých zón.

Uživatelé objektu reálně větrají pouze v zóně 3, družina. Při porovnání celkových výpočtových hodnot s reálnou spotřebou objektu je nutné tuto skutečnost zohlednit.

4.7.3 Návrh dodatečného zátopového výkonu

Dodatečný zátopový výkon se po domluvě s investorem navrhuje pro topné systémy s přerušovaným vytápěním. Provoz objektu není celodenní a ve večerních a nočních hodinách dochází k útlumu topného systému, respektive ke snížení vnitřní teploty vytápěného prostoru. Shodně k útlumu dochází o víkendech, kdy není objekt prakticky využíván. Tento útlum je omezen na rozdíl mezi provozní a útlumovou teplotou o maximální teplotní rozdíl 5 °C.

Dodatečný zátopový výkon $\Phi_{hu,i}$ jednotlivých zón je navržen za účelem dosažení požadované vnitřní teploty po útlumu za stanovený čas. Jeho návrh se provede pomocí vzorce 37:

$$\Phi_{hu,i} = A_i \cdot \varphi_{hu,i} \quad [W] \quad (37)$$

Kde A_i ... podlahová plocha místnosti i , [m²]
 $\varphi_{hu,i}$... měrný zátopový výkon místnosti i , dle ČSN EN 12831-1, [W.m⁻²]

Návrh dodatečného zátopového výkonu je vypočten dle vzorce 37 a výsledky jsou uvedeny v tab. 23. Jeho návrh je stanoven s ohledem na obsazenost a danou aktivitu příslušné zóny.

Tab. 23: Návrhový dodatečný zátopový výkon.

ZÓNA	A_i	$\varphi_{hu,i}$	$\Phi_{hu,i}$
	[m ²]	[Wm ⁻²]	[W]
ZÓNA 1	280,58	0	0
ZÓNA 2	76,91	0	0
ZÓNA 3	71,96	12	863,52
ZÓNA 4	156,93	12	1883,16
ZÓNA 5	29,16	0	0
CELKEM	615,54		2746,68

*Zdroj: vlastní zpracování, dle ČSN EN 12831-1.

Návrhový dodatečný zátopový výkon $\Phi_{hu,i}$ byl navržen pouze pro zóny 3 a 4 z důvodu potřeby dosažení vnitřní výpočtové teploty $\theta_{int,i}$ již v době začátku denního využití dané zóny. Předpokladem využití prostoru družiny (zóna 3) je každý školní den od 11:30 a je důležité, aby již od počáteční doby užívání byl prostor vytopen. Prostor suterénu sloužící jako šatny (zóna 4) je využíván od 14:00 hodin, dle charakteru zóny je obdobně nutná vnitřní teplota zóny od počátku denní doby využívání prostor.

4.7.4 Návrhové trvalé tepelné zisky vytápěného prostoru i

Potencionální tepelné zisky se dle normy ČSN EN 12831-1 mohou zohlednit pouze v případech, kdy se vyhodnotí jako trvalé zisky. Dle normy ČSN EN ISO 52016-1 se tepelné zisky $Q_{H,gn}$ stanovují jako součet vnitřních tepelných zisků Q_{int} a solárních zisků $Q_{H,sol}$. Solární tepelné zisky $Q_{H,sol}$ jsou dány slunečním zářením a tedy se nejedná o trvalé tepelné zisky. Vnitřní tepelné zisky Q_{int} jsou dány součtem tepelných zisků od osob $Q_{int,oc}$, tepelnými zisky od spotřebičů $Q_{int,ap}$, tepelnými zisky od osvětlení $Q_{int,lt}$ a tepelnými zisky z vedlejších nevytápěných prostor $Q_{int,u}$. Výpočet vnitřních tepelných zisků je dle vzorce 38:

$$Q_{int} = Q_{int,oc} + Q_{int,ap} + Q_{int,lt} + Q_{int,u} \quad [J] \quad (38)$$

Tepelné zisky od osob $Q_{int,oc}$ jsou v uvažovaném objektu proměnlivé, je možné konstatovat přítomnost osob v daném prostoru a čase, nelze však stanovit přesný počet osob. Budou dle normy ČSN EN 12831-1 zanedbány.

Tepelné zisky od spotřebičů $Q_{int,ap}$ nejsou v uvažovaném objektu předpokládány.

V objektu jsou instalovány starší typy světelných zdrojů. Tepelné zisky od osvětlení $Q_{int,lt}$ jsou s ohledem na jejich charakter značné, avšak v doporučení dalších možností snížení energetické náročnosti uvedené v této práci bude doporučena jejich výměna za moderní zdroje a v rámci těchto výpočtů budou v souladu s normou ČSN EN 12831-1 zanedbány.

Řešený objekt nedisponuje vedlejšími nevytápěnými prostory, tepelné zisky z vedlejších nevytápěných prostor $Q_{int,u}$ jsou tedy nulové.

Trvalé tepelné zisky $\sum_i(\Phi_{gain,i})$ dle rovnice 13 jsou pro výpočet návrhového tepelného výkonu $\Phi_{HL,build}$ zanedbány v souladu s normou ČSN EN 12831-1.

4.7.5 Výpočet návrhového tepelného výkonu objektu

Výpočet celkového návrhového tepelného výkonu i jeho dílčích částí dle definovaných zón je proveden podle vzorce 13 na základě předešlých výpočtů. Jednotlivé výpočty jsou uvedeny v tab. 24.

Tab. 24: Návrh tepelného výkonu objektu.

ETAPA	ZÓNA	$\Phi_{T,ie}$ [W]	$\Phi_{T,iaBE}$ [W]	$\Phi_{T,ig}$ [W]	$\Phi_{T,l,z}$ [W]	$\Phi_{V,z}$ [W]	$\Phi_{hu,i}$ [W]	$\Phi_{gain,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]	$\Phi_{HL,build}$ [W]
1. ETAPA	ZÓNA 1	25282,32	1,88	3742,07	29026,27	8331,55	0,00	0,00	37357,81	66738,48
	ZÓNA 2	3198,64	-178,18	157,05	3177,51	371,99	0,00	0,00	3549,50	
	ZÓNA 3	6750,91	18,50	0,00	6769,40	567,31	863,52	0,00	8200,23	
	ZÓNA 4	1473,45	51,49	5992,90	7517,84	825,67	1883,16	0,00	10226,68	
	ZÓNA 5	5393,34	70,94	501,24	5965,52	1438,74	0,00	0,00	7404,26	
	Celkem	42098,65	-35,38	10393,26		11535,26	2746,68	0,00		
2. ETAPA	ZÓNA 1	6635,14	1,88	1316,02	7953,04	8331,55	0,00	0,00	16284,59	27978,75
	ZÓNA 2	1108,77	-178,18	24,00	954,59	371,99	0,00	0,00	1326,58	
	ZÓNA 3	1472,63	18,50	0,00	1491,12	567,31	863,52	0,00	2921,95	
	ZÓNA 4	354,26	51,49	1661,65	2067,40	825,67	1883,16	0,00	4776,23	
	ZÓNA 5	954,71	70,94	205,02	1230,67	1438,74	0,00	0,00	2669,41	
	Celkem	10525,51	-35,38	3206,68		11535,26	2746,68	0,00		

*Zdroj: vlastní zpracování.

Vypočtené hodnoty celkového návrhového tepelného výkonu objektu jsou pro 1. etapu 66,74 kW a po dokončení zateplení objektu v 2. etapě 27,98 kW.

Pokud by byla promítnuta skutečnost reálného využívání a uživatelského nastavení objektu, odhadovaná hodnota návrhového tepelného výkonu pro 1. etapu by byl 44,94 kW. Tato ovlivnění jsou v podobě:

- Nevyužívání zóny 4: porušená hydroizolace spodní stavby, prostor šaten v suterénu není využíván z důvodu průsaků spodní vody v případě objemných srážkových období.
- Snížená vnitřní teplota v prostoru zóny 5: ve výpočtovém návrhu je tato hodnota stanovena na 24 °C, reálnou teplotou v prostoru sociálního zázemí objektu je v současnosti 15 °C, shodně se zónou 2, tedy vestibulem. Zařízení sprch není užíváno, ač je v dobrém stavu.
- Větrání objektu: jakékoli větrání objektu je minimální s výjimkou zóny 3.

Tyto skutečnosti je možné brát v úvahu při přechodném období mezi 1. a 2. etapou.

4.8 Návrh nízkoteplotní otopné soustavy a zdroje tepla

Standardní posloupností úsporných opatření je nejprve snížení ztrát objektu instalací tepelně izolačních prvků obálky budovy. Následně, většinou v souběhu, úprava stávající otopné soustavy nebo její výměna.

Návrh v této práci je proveden dle kapitoly 4.1 s ohledem na finanční možnosti investora uvedené v kapitole 4.3. Návrh zohledňuje nutnou výměnu současných zdrojů, přímotopných plynových jednotek Robur F41, které jsou v kritickém stavu. V prosinci 2022 přestala fungovat jedna přímotopná jednotka, zakreslená v příloze 4, výkres 1, na pozici 2. Z tohoto důvodu je oproti standardnímu postupu 1. etapy volena výměna těchto jednotek. Jsou vyhotoveny 2 varianty z důvodu finančních možností investora a jeho závislosti na získání finančních prostředků z dotačních výzev Národní sportovní agentury. V takovém případě bude volena varianta A. V opačném případě je nutná výměna současných jednotek dle varianty B do začátku topného období 2023/2024.

4.8.1 Návrh pro zónu 1 – sál

Návrhový tepelný výkon zóny 1 je stanoven v kapitole 4.7.5. Pro 1. etapu je stanoven potřebný výkon 37,36 kW. Po aplikaci úsporných opatření obsažených v 2. etapě, dle kapitoly 4.3, je pak potřebný výkon 16,28 kW. Výkon po dokončení 3. etapy je navržen shodný s etapou 2., je však nutné zohlednit minimální výkony navržených jednotek, případně topného systému. V 3. etapě jsou zamýšlenými úspornými opatřeními instalace klimatizačních systémů se zpětným získáváním tepla. Dle kapitoly 4.9 jsou tyto systémy velice účinné a tepelné ztráty vlivem větrání objektu se, pro potřebu této kapitoly větrání zóny 1, účinně snižují. Potřebný výkon po instalaci těchto systémů je pak snížen na hodnotu 7,95 kW, za předpokladu instalace všech opatření uvedených v kapitole 4.6.

4.8.1.1 Varianta A

Preferovanou variantou A je výměna stávajícího zdroje energie, přímotopné jednotky Robur, za zdroj využívající obnovitelné energie. Primárním zdrojem jsou navrženy 2 jednotky tepelného čerpadla De Dietrich HPI S 22 TR S/E. Technické parametry těchto jednotek jsou uvedeny v příloze P4 části De Dietrich. (BDR Thermea s.r.o., © 2023)

Jedná se o tepelná čerpadla systému vzduch/voda o jmenovitém výkonu 19,4 kW zapojena do kaskády. Pro akumulaci získaného tepla je navržen akumulční zásobník Regulus 300 ZT. Jako záložní zdroj bude využit stávající kotel BUDERUS Logomax plus GB062-24 H V2.

Tyto zdroje budou instalovány v 1.PP v místnosti strojovny označené 0.04. Akumulační zásobník bude instalován do vedlejší technické místnosti označené 0.03, kde je uvažováno umístění rozdělovače distribuční topné soustavy v případě realizace návrhu uvedeného v kapitole 4.8.2. Venkovní jednotky tepelných čerpadel budou instalovány u severozápadní stěny objektu, za místností 0.05, šatnou 2, na samostatných podstavcích.

Pro zónu 1 jsou navrženy 4 jednotky teplovodního ohříváče vzduchu Lersen Zeta ECO, jejich umístění v prostoru je uvedeno v příloze 4, výkres 1. Parametry jednotek Lersen Zeta ECO jsou uvedeny v tab. 25. (Lersen CZ, s.r.o., © 2023)

Tab. 25: Parametry Lersen Zeta ECO.

Model		ZEE1230	ZEE1235	ZEE3240	ZEE3245	ZEE3340
Výměník	řady	2	2	2	2	3
Výkon 80/60/10 °C	[kW]	8,4	10,1	16,8	18,7	23,3
Výkon 80/60/15 °C	[kW]	7,6	9,2	15,2	16,9	21
Výkon 55/40/10 °C	[kW]	5	6,1	9,9	11	13,8
Výkon 55/40/15 °C	[kW]	4,3	5,2	8,4	9,3	11,7
dT 80/60/10 °C	[°C]	18	14	15	13	23
dT 55/40/10 °C	[°C]	11	9	9	9	1
Ventilátor	[mm]	300	350	400	450	400
Příkon/napětí	[W/V]	72/230	153/230	189/230	286/230	189/230
Průtok vzduchu	[m ³ .h ⁻¹]	1360	2040	3310	4180	3080
Rychlost vzduchu	[m.s ⁻¹]	2,9	4,4	3,9	5	3,5
Průtok vody	[m ³ .h ⁻¹]	0,37	0,45	0,74	0,83	1,03
Tlak. ztráta vody	[kPa]	10	13,9	10,9	13,3	9,2
Model		ZEE3345	ZEE4345	ZEE4350	ZEE4445	ZEE4450
Výměník	řady	3	3	3	4	4
Výkon 80/60/10 °C	[kW]	25,9	38,9	43,6	46,7	52,5
Výkon 80/60/15 °C	[kW]	23,4	35,2	39,6	42,4	47,6
Výkon 55/40/10 °C	[kW]	15,4	19,8	26,2	28,3	31,7
Výkon 55/40/15 °C	[kW]	12,9	13,4	22,2	24,1	27
dT 80/60/10 °C	[°C]	20	24	22	31	29
dT 55/40/10 °C	[°C]	11	15	14	19	17
Ventilátor	[mm]	450	450	500	450	500
Příkon/napětí	[W/V]	286/230	286/230	461/230	286/230	461/230
Průtok vzduchu	[m ³ .h ⁻¹]	3760	4790	5910	4580	5570
Rychlost vzduchu	[m.s ⁻¹]	4,3	3,3	4,1	3,1	3,8
Průtok vody	[m ³ .h ⁻¹]	1,14	1,72	1,93	2,06	2,32
Tlak. ztráta vody	[kPa]	11,2	13,9	17,2	13,6	16,8

*Zdroj: (Lersen CZ, s.r.o., © 2023)

Předpokladem je napojení zbylých topných soustav jednotlivých zón po dokončení 2. etapy. S ohledem na navrhované zdroje a jednotky je volen teplotní spád topného okruhu 55/40 °C.

4.8.1.1.1 Varianta A 1. etapa

Dle potřeby teplotního ohříváče vzduchu Lersen Zeta ECO je teplotní spád otopné soustavy pro zónu 1 v obou etapách volen nízkoteplotní 55/40 °C. Návrhový tepelný výkon zóny 1 je stanoven 37,36 kW v kapitole 4.7.5. Jsou tedy zvoleny, dle tab. 25, celkem 4 jednotky ZEE3240. Jejich celkový výkon je 39,6 kW. Jejich souhrnný průtok topné vody je 2,96 m³.h⁻¹ a tlaková ztráta 43,6 kPa. Jednotky budou instalovány pod stropní konstrukcí ve výšce 5,5 m nad podlahou. Tím se zamezí tvorbě tzv. tepelného polštáře, při kterém dochází k akumulaci tepla pod střešním pláštěm.

Zdrojem jsou navrženy 2 jednotky tepelného čerpadla De Dietrich HPI S 22 TR S/E o celkovém jmenovitém výkonu 38,8 kW zapojené do kaskády. Dále oběhové čerpadlo Willo Stratos bronz 25/1-6 230V a expanzní nádoba RR Net 35l.

Zároveň je zde jako záložní zdroj energie implementován stávající kotel BUDERUS Logomax plus GB062-24 H V2, který je uvažován pro pokrytí potřeby tepla v případě výkyvů venkovních teplot v zimním období.

Rozmístění těchto jednotek a zdrojů je uvedeno v příloze 4, výkres 1.

4.8.1.1.2 Varianta A 2. etapa

Pro 2. etapu je stanoven potřebný výkon 16,28 kW. Po dokončení úsporných opatření je návrh varianty A, tedy 4 jednotky ZEE3240 s celkovým výkonem 39,6 kW, značně předdimenzovaný. V rámci regulace bude možné spínat jednotlivé jednotky v rámci dvou sekcí. Výkon každé sekce o 2 jednotkách Lersen Zeta ECO ZEE3240 je 19,8 kW, průtok topné vody 1,48 m³.h⁻¹ a tlaková ztráta 21,8 kPa.

Po dokončení druhé etapy je navrženo napojení zbylých zón na zdroje stanovené v 1. etapě. Dle kapitoly 4.7.5 je celkový návrhový tepelný výkon objektu 27,88 kW. Navržené zdroje jsou tak pro centrální topný systém dostatečné.

4.8.1.2 Varianta B

Alternativní variantou vytápění prostoru sálu je výměna současných přímotopných plynových jednotek Robur F41 o celkovém výkonu 67,6 kW za nové, kondenzační jednotky. Zároveň je uvažováno o centrálním systému regulace namísto současného, kde je každá jednotka regulována samostatně pomocí lokálního termostatu. Od prosince 2022 je jednotka na pozici 2 nefunkční.

Je však nezbytně nutné zachování funkčnosti prostoru v zimním období mezi jednotlivými etapami. Jednotky jsou navrženy na potřebný výkon 37,46 kW s předpokladem předimenzování po provedení úsporných opatření ve 2. etapě.

Návrh počítá pouze s výměnou původních jednotek za nové se sloučením regulačního systému. Návrhem je instalace dvou kondenzačních jednotek ROBUR NEXT G20 EC o jmenovitém výkonu 19 kW a minimálním výkonu 8,5 kW. Umístění těchto jednotek je shodné s původními, jejichž umístění a natočení do prostoru je uvedeno v příloze 4, výkres 1. Technické parametry jsou uvedeny v tab. 26.

Tab. 26: Technické parametry jednotek ROBUR NEXT G.

PARAMETRY		ROBUR NEXT G20 EC	ROBUR NEXT G30 EC	
Tepelný příkon (nom./min.)		[kW]	19,5/8,1	28/9,3
Tepelný výkon (nom./min.)		[kW]	19/8,5	27,4/9,9
Účinnost (nom./min.)		[%]	97,5/105,5	97,8/106,8
Tepelná ztráta	spalování v provozu	[%]	2,5	2,2
	v provozu	[%]		0,5
	režim OFF	[%]		0,1
Teplotní skok (nom./min.)		[K]	24,5/15,8	33,1/16,8
Délka proudu vzduchu		[m]	15	18
Venkovní teplota vzduchu suchá (max./min.)		[°C]		40/0
Napájení			230 V 50 Hz	
Elektrický příkon		[W]	190	
Stupeň krytí (motor ventilátoru/zařízení)		[IP]	54/20	
Spotřeba plynu	G20 zemní plyn (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,07	2,97
	G25 (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,4	3,45
	G25.1 (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,4	3,43
	G25.3 (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,34	3,33
	G27 (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,51	3,61
	G2.350 (nominální)	[m ³ .h ⁻¹]	2,86	4,1
	G30 (nominální)	[kg.h ⁻¹]	1,52	2,18
	G31 (nominální)	[kg.h ⁻¹]	1,5	2,17
Průtok vzduchu jmenovitý		[m ³ .h ⁻¹]	2300	2450
Doporučená výška instalace		[m]	3 ÷ 3,5	
Akustický výkon Lw (max)		[dB (A)]	78	75
Akustický tlak ve vzdálenosti 5 metrů (max)		[dB (A)]	56	53
Rozměry (šxhxv)		[mm]	678x579x480	735x689x777
Váha		[kg]	35	56
počet tepelných výměníků		[-]	1	2
typ tepelných výměníků		[-]	potrubí	věž
počet ventilátorů vzduchu		[-]	1	

*Zdroj: vlastní zpracování dle (ROBUR s.r.o., © 2023)

Kondenzační jednotka ROBUR NEXT G20 EC pro pozici 1 je současně uvažována s instalací směšovací komory, která zajistí přívod čerstvého vzduchu do prostoru zóny 1.

Regulace je volena jako centrální, pomocí centrálního ovládání GENIUS v nabízené variantě B, tedy pomocí software Robur GENIUS OSWR000.

Z důvodu doporučené výšky instalace jednotek 3,5 m nad podlahou vzniká nad prostorem těchto jednotek tzv. tepelný polštář pod stropním pláštěm. Měřením bylo zjištěno, že při současné instalaci je rozdíl teplot mezi sálem a galerií 2 °C. Měření proběhlo pomocí rtuťových teploměrů umístěných ve výšce 150 cm nad podlahou sálu a shodně nahoře v galerii. Tento jev je zohledněn při návrhu VZT v kapitole 4.9.1. Avšak z časových prodlev mezi jednotlivými etapami je vhodné zvážit instalaci destratifikátoru k zajištění cirkulace vzduchu.

4.8.2 Návrh otopné soustavy a zdroje tepla zóny 2 až 5

V 1. etapě návrh nepočítá s úpravou topných systémů těchto zón. Je však nutné, aby tyto prostory byly funkční po ukončení prvních úsporných opatření.

Dále navržené úpravy stávajících otopných soustav mohou být realizovány, za předpokladu realizace varianty A, po dokončení úsporných opatření obálky budovy, tedy po snížení tepelných toků, snížení topného výkonu na úroveň po dokončení 2. etapy vypočítané v kapitole 4.7. Výsledky jsou shrnuty v tab. 24. Z tohoto důvodu se stanovuje shodný teplotní spád otopné soustavy 55/40 °C.

Následující návrh včetně výpočtů byl proveden prostřednictvím programu CADCON+ 2023 s podporou sady programů PROTECH verze 682.

V tab. 27 je proveden výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností rozdělených do jednotlivých zón, následně je proveden návrh otopných těles o výkonu Q_{Tn} [W] a přepočet jejich výkonu pro aplikaci do navrhované otopné soustavy s teplotním spádem 55/40 °C, tedy Q_{Tr} [W].

Tab. 27: Návrh otopných těles dle tepelných ztrát místností.

č. m.	název	$\Phi_{T,i,z}$ [W]	$\Phi_{V,z}$ [W]	$\Phi_{hu,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]	označení	KORADO RADIK VK	Q_{Tn} [W]	Q_{Tr} [W]
ZÓNA 2									
1.01	Vestibul	489,12	166,64	0,00	655,76	1.01-1	11-060070-60	701	373
						1.01-3	11-060070-60	701	373
1.02	Komunikace	487,68	148,58	0,00	636,26	1.02-4	11-060120-60	1202	640
1.03	Sklad nářadí	-22,22	56,78	0,00	34,55	1.03-2	10-030050-60	165	87
Σ		954,59	371,99	0,00	1326,58				1473
ZÓNA 3									
1.04	Zádvěří	132,90	37,21	71,36	241,48	1.04-5	11-060050-60	501	267
1.05	Družina	1254,07	517,91	743,35	2515,33	1.05-3	11-060160-60	1603	853
						1.05-2	11-060160-60	1603	853
						1.05-1	11-060180-60	1804	960
1.06	Sklad	104,15	12,19	48,80	165,14	1.06-4	10-030050-60	165	87
Σ		1491,12	567,31	863,52	2921,95				3020

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty CADCON+ 2023 a PROTECH 682

Tab. 27: pokračování

č. m.	název	$\Phi_{T,i,z}$ [W]	$\Phi_{V,z}$ [W]	$\Phi_{hu,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]	označení	KORADO RADIK VK	Q_{Tn} [W]	Q_{Tr} [W]
ZÓNA 4									
0.01	Chodba	319,09	129,66	425,73	874,48	0.01-a	11-060180-60	1804	960
0.02	Šatna 1	361,39	88,02	320,75	770,15	0.02-b	11-060160-60	1603	853
0.03	Tech. m.	415,68	142,44	0,00	558,13	0.03-c	11-060110-60	1102	586
0.04	Strojovna	78,62	40,18	0,00	118,80	0.04-d	10-060040-60	242	130
0.05	Šatna 2	458,19	221,67	655,58	1335,44	0.05-e	11-060260-60	2605	1386
0.06	Šatna 3	222,07	172,27	481,11	875,45	0.06-f	11-060180-60	1804	864
0.07	Úklid	212,35	31,42	0,00	243,78	0.07-g	11-060050-60	501	240
Σ		2067,40	825,67	1883,16	4776,23				5019
ZÓNA 5									
1.07	WC chlapci	453,02	400,68	0,00	853,70	1.07-1	11-090120-60	1673,00	886,00
1.08	WC dívky	215,06	261,76	0,00	476,82	1.08-2	11-090080-60	1115,00	531,00
1.09	Sprchy 1	272,68	397,93	0,00	670,61	1.09-3	11-090100-60	1394,00	701,00
1.10	Sprchy 2	289,91	378,37	0,00	668,28	1.10.-4	11-090100-60	1394,00	701,00
Σ		1230,67	1438,74	0,00	2669,41				2819

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty CADCON+ 2023 a PROTECH 682

Grafické vyobrazení návrhu je uvedeno v příloze 4, výkres 1.

4.8.3 Stanovení roční dodané energie na vytápění a porovnání variant

Roční spotřeba energie na vytápění EP_H [kWh] se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na vytápění $EP_{H,j}$ každé zóny. Výpočet roční dodané energie je proveden pomocí programu PROTECH s následujícím zadáním:

- a) Varianta A po etapě 1, kdy je zamýšlená instalace tepelných čerpadel do systému vytápění zóny 1, pro zóny 2 až 5 je zdrojem již instalovaný zdroj BUDERUS Logomax plus GB062-24 H V2 bez vlivu tepelných zisků dle ČSN EN ISO 12 831-1. Výsledek výpočtu je uveden v tab. 28.

Tab. 28: Roční spotřeba tepla dle zadání a).

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Σ
zóna 1	$Q_{h,dis,z1,j}$ [kWh]	25 299,14	20 552,99	16 960,32	9 300,82	2 826,72	0,00	0,00	0,00	2 461,98	9 469,51	16 549,99	22 613,76	126 035,24
	$Q_{h,hp,z1,t}$ [kWh]	17 019,42	13 826,56	11 409,67	6 256,92	1 901,61	0,00	0,00	0,00	1 656,24	6 370,40	11 133,63	15 212,89	84 787,34
	$EP_{H,z1,j}$ [kWh]	25 930,78	21 174,94	17 574,93	9 899,80	3 412,49	0,00	0,00	0,00	3 047,01	10 068,84	17 163,77	23 239,91	131 512,46
z2 - z5	$Q_{h,dis,z2-5,j}$ [kWh]	19 320,31	16 040,88	14 204,49	9 382,88	5 533,62	2 835,21	1 948,05	2 174,59	5 187,29	9 608,93	13 830,19	17 672,84	110 781,43
	$EP_{H,z2-5,j}$ [kWh]	19 779,60	16 433,25	14 559,38	9 639,36	5 711,55	2 958,08	2 052,80	2 283,97	5 358,16	9 870,03	14 177,44	18 098,51	113 627,28
Roční spotřeba energie na vytápění						245 139,73	kWh/Rok							
Roční energie získaná z prostředí						84 787,34	kWh/Rok							

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty PROTECH 682

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že roční spotřeba energie objektu na vytápění je 245,14 MWh, přičemž instalovaná tepelná čerpadla získají 84,79 MWh energie z venkovního prostředí. Zadání nepočítá se solárními zisky dle normy ČSN EN ISO 12831-1. Lze tedy předpokládat, že celková roční spotřeba objektu bude nižší. Lze

také předpokládat, že prostřednictvím solárních zisků bude v zóně 1 – sálu přebytek tepelné energie, sál by bylo vhodné chladit prostřednictvím chladícího zařízení, čímž by byla zaručena vnitřní návrhová teplota.

- b) Varianta A po etapě 2, kdy je předpoklad implementace topných okruhů celého objektu do jednoho celku, primárním zdrojem jsou uvažována tepelná čerpadla, provoz instalovaného zdroje BUDERUS Logomax plus GB062-24 H V2 se nepředpokládá. Výpočet je proveden bez vlivu tepelných zisků dle ČSN EN ISO 12 831-1. Výsledek výpočtu je uveden v tab. 29.

Tab. 29: Roční spotřeba tepla dle zadání b).

			Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Σ
zona 1	Q _{h,dis,z1,j}	[kWh]	8 995,95	7 308,30	6 030,80	3 307,22	1 005,13	0,00	0,00	0,00	875,44	3 367,20	5 884,90	8 041,07	44 816,01
	Q _{h,hp,z1,t}	[kWh]	6 051,82	4 916,49	4 057,09	2 224,85	676,18	0,00	0,00	0,00	588,93	2 265,21	3 958,93	5 409,45	30 148,95
	EP _{H,z1,j}	[kWh]	9 594,31	7 903,21	6 623,11	3 893,96	1 587,19	0,00	0,00	0,00	1 457,23	3 954,07	6 476,91	8 637,48	50 127,47
z2 - z5	Q _{h,dis,z2-5,j}	[kWh]	5 231,19	4 348,99	3 866,84	2 578,42	1 554,39	811,15	564,08	627,33	1 459,49	2 641,24	3 764,49	4 791,83	32 239,44
	Q _{h,hp,z2-5,t}	[kWh]	3 519,17	2 925,68	2 601,33	1 734,57	1 045,68	545,68	379,47	422,02	981,84	1 776,84	2 532,47	3 223,59	21 688,35
	EP _{H,z2-5,j}	[kWh]	5 306,87	4 422,86	3 939,74	2 648,68	1 622,56	877,80	630,23	693,61	1 527,47	2 711,63	3 837,17	4 866,61	33 085,23
Roční spotřeba energie na vytápění celkem							83 212,70	kWh/Rok							
Roční energie získaná z prostředí							51 837,30	kWh/Rok							

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty PROTECH 682

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že roční spotřeba energie objektu na vytápění je 83,21 MWh, přičemž instalovaná tepelná čerpadla získají 51,84 MWh energie z venkovního prostředí. Obdobně jako u předešlého zadání se nepočítá s vlivem solárních zisků dle normy ČSN EN ISO 12831-1. Předpokládaná nižší roční spotřeba objektu a přebytek tepelné energie v zóně 1 je shodný.

Při porovnání výsledků obou zadání, tedy tab. 28 a tab.29 je patrná účinnost úsporných opatření zateplení objektu a jejich kladný efekt na spotřebu energie. Zatím co roční spotřeba energie nezatepleného objektu na vytápění je 245,14 MWh, po 2. etapě je roční spotřeba o 161,93 MWh nižší.

c) Varianta A po etapě 2 je shodná s výpočty b). Ve výpočtu jsou uvažovány solární tepelné zisky dle programu PROTECH. Výsledek výpočtu je uveden v tab. 30.

Tab. 30: Roční spotřeba tepla dle zadání c).

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Σ
Objekt	Q _{h,gn,j} [kWh]	1 468,44	1 934,89	2 516,75	3 912,69	5 099,37	6 648,94	6 188,34	4 862,19	3 589,66	2 651,94	1 468,77	1 089,08	41 431,05
	Q _{h,dis,j} [kWh]	12 758,70	9 722,40	7 380,90	1 972,95	-2 539,85	-5 837,80	-5 624,26	-4 234,86	-1 254,73	3 356,50	8 180,61	11 743,82	55 115,88
	Q _{h,hp,t} [kWh]	8 583,13	6 540,52	4 965,33	1 327,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 258,01	5 503,32	7 900,39	37 077,95
	EP _{H,j} [kWh]	12 212,67	9 527,59	7 479,62	2 754,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3 871,46	8 092,43	11 260,57	55 199,25
Roční Solární zisky celkem							41 431,05	kWh/Rok						
Roční Solární zisky využitelné celkem							21 939,56	kWh/Rok						
Roční spotřeba tepla celkem							55 199,25	kWh/Rok						
Roční energie získaná z prostředí							37 077,95	kWh/Rok						

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty PROTECH 682

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že roční spotřeba energie zatepleného objektu na vytápění při úvaze oproti normě ČNS EN ISO 12831-1 je 55,20 MWh, přičemž instalovaná tepelná čerpadla získají 37,08 MWh energie z venkovního prostředí. Oproti předešlému výpočtovému zadání v tab. 29 jsou zde uvažovány solární zisky objektu, hodnota využitelných tepelných zisků je 21,94 kWh.

Z výše uvedených hodnot vyplývá, že se zkrátilo období, ve kterém je třeba dodávat energii na vytápění celému objektu.

Z uvedeného výpočtového modelu je také patrné, že v období od května do září jsou solární zisky objektu přebytkem a povedou tak k přehřívání. Je tedy vhodné aplikovat opatření vedoucí ke snížení těchto zisků uvedených v kapitole 3.2.2.4, případně instalace systémů chlazení dle kapitoly 3.3.3.

d) Varianta B, kdy se předpokládá provedení pouze 1. etapa, výměna současných jednotek Robur za nové, kondenzační jednotky dle kapitoly 4.8.1.2. Výsledek výpočtu je uveden v tab. 31.

Tab. 31: Roční spotřeba tepla dle zadání d).

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Σ
zona 1	Q _{h,dis,z1,j} [kWh]	25 299,14	20 552,99	16 960,32	9 300,82	2 826,72	0,00	0,00	0,00	2 461,98	9 469,51	16 549,99	22 613,76	126 035,24
	EP _{H,z1,j} [kWh]	25 718,69	20 924,60	17 295,64	9 558,77	3 019,27	0,00	0,00	0,00	2 650,85	9 729,16	16 881,16	23 006,18	128 784,32
z2 - z5	Q _{h,dis,z2-5,j} [kWh]	19 320,31	16 040,88	14 204,49	9 382,88	5 533,62	2 835,21	1 948,05	2 174,59	5 187,29	9 608,93	13 830,19	17 672,84	110 781,43
	EP _{H,z2-5,j} [kWh]	19 779,60	16 433,25	14 559,38	9 639,36	5 711,55	2 958,08	2 052,80	2 283,97	5 358,16	9 870,03	14 177,44	18 098,51	113 627,28
Roční spotřeba energie na vytápění celkem						242 411,60	kWh/Rok							

*Zdroj: vlastní zpracování, výpočty PROTECH 682

Návrh řešení dle kapitoly 4.8.1.2 a následný výpočet, jehož výsledek je uveden v tab. 31, je pojat jako náhradní řešení výměny systému topení zóny 1 v případě, kdy Sokolu Luštěnice, z.s. bude zamítnuta žádost o dotace z Národní sportovní

agentury dle kapitoly 4.3. Následná úsporná opatření a realizace následné etapy je pak nejistá.

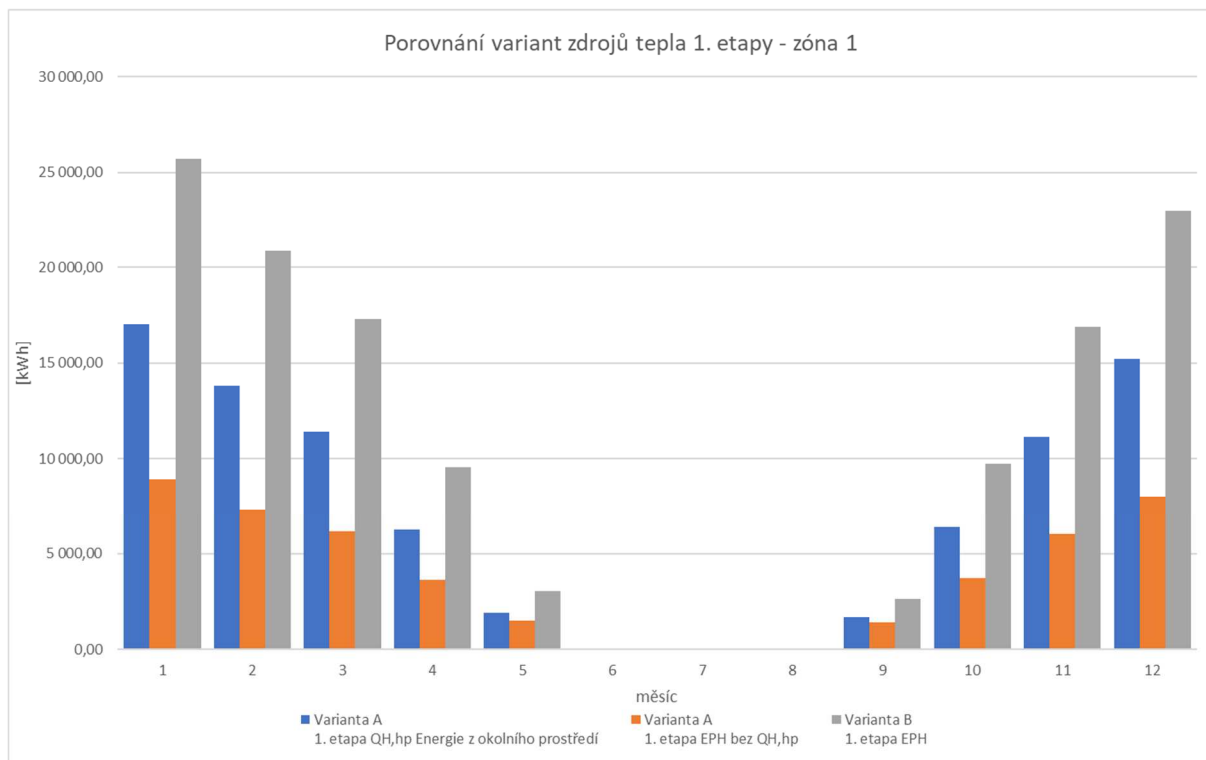
Zadání d) nepočítá se solárními zisky dle normy ČSN EN ISO 12831-1. Lze tedy předpokládat, že celková roční spotřeba objektu bude nižší. Lze také předpokládat, že prostřednictvím solárních zisků bude v zóně 1 – sálu přebytek tepelné energie, sál by bylo vhodné chladit prostřednictvím chladícího zařízení, čímž by byla zaručena vnitřní návrhová teplota.

4.8.4 Vyhodnocení navržených zdrojů energie a systému vytápění

Vyhodnocení zdrojů tepla a otopných soustav, vzhledem k uvažovaným etapám, je provedeno dle zhodnocení ročních spotřeb, uvedených v kapitole 4.8.3 na základě výsledků výpočtů provedených v programu PROTECH dle zadání *a)* až *d)*, uvedeného rovněž v této kapitole.

Na základě podobnosti zadání je možné porovnat zadání *a)* se zadáním *d)*. Obě zadání předpokládají provedení pouze 1. etapy, kdy první uvedené zadání předpokládá výměnu zdroje za 2 jednotky tepelných čerpadel De Dietrich a instalaci ohřivačů vzduchu značky Lersen Zeta ECO dle kapitoly 4.8.1.1 *Varianta A*. Druhé porovnávané zadání předpokládá výměnu stávajících jednotek za nové jednotky ROBUR NEXT G dle kapitoly 4.8.1.2 *Varianta B*.

Na základě výsledků kapitoly 4.8.3 je sestaven graf 10 pro zadání *a)* a *d)* s výsledky spotřeby energie na topení pouze 1. zóny, která je těmito variantami přímo ovlivněna. Zbylé zóny jsou v grafu zanedbány.

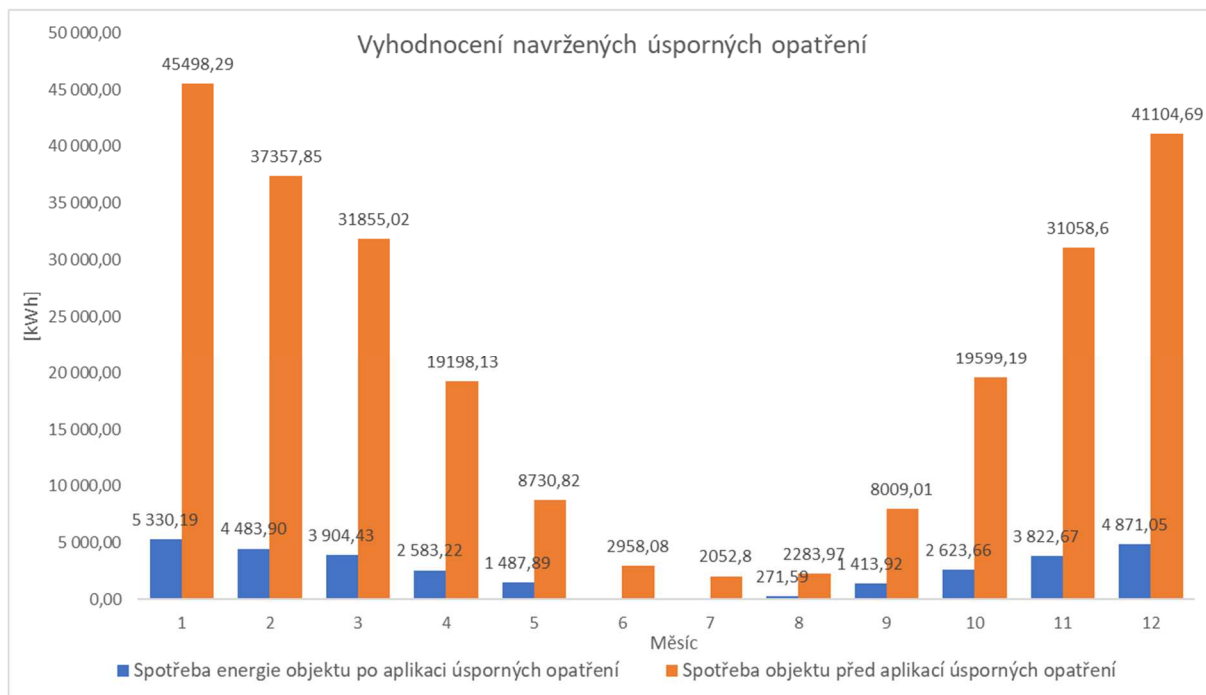


Graf 10: Porovnání variant zdrojů tepla 1. etapy – zóny 1.

Při porovnání obou variant zjistíme z tab. 28 a tab. 31, že spotřeba tepla jako celku je mírně vyšší v neprospěch varianty A s tepelnými čerpadly, což je ovlivněno pomocnou energií daných zdrojů. Množství získané energie z venkovního prostředí $Q_{H,hp}$ je značné (modrý sloupec) a ze své povahy nebude mít vliv na energie dodané do objektu prostřednictvím energonositele, plynu nebo elektrické energie.

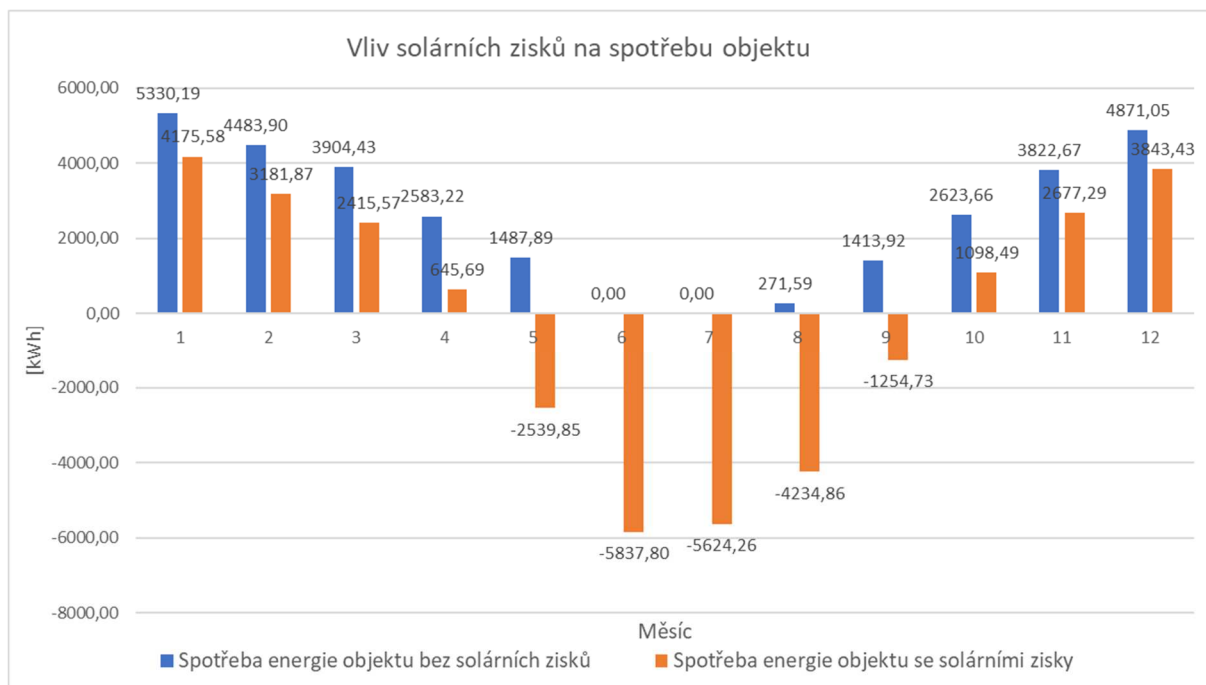
Z výše uvedeného důvodu je z grafu 10 patrné, že provozní náklady na vytápění zóny 1 po dokončení 1. etapy budou nižší v případě varianty A, kdy je třeba dodat do systému 46,73 MWh energie prostřednictvím bivalentního zdroje tepelného čerpadla. V případě varianty B je spotřeba objektu 128,78 MWh.

K celkovému vyhodnocení úsporných opatření 1. i 2. etapy je provedeno porovnání zadání *b)* se zadáním *d)*, které je nejvíce podobné současnému stavu s předpokladem využití všech navržených zón. Ze zadání *b)* je pro zhodnocení vyňata energie získaná z okolního prostředí. Vyhodnocení je provedeno v grafu 11.



Graf 11: Vyhodnocení navržených úsporných opatření.

Solární pasivní zisky jsou v zimních případech značným zdrojem energie, porovnáním zadání *b)* se zadním *c)*, kde jsou tyto zisky uvažovány. Jejich vliv na spotřebu objektu je zobrazen v grafu 12.



Graf 12: Porovnání vlivu solárních pasivních zisků na spotřebě objektu.

Z výsledků uvedených v kapitole 4.8.3 a jejich variant porovnání provedených v grafech je patrné, že návrhová úsporná opatření s implementací navržených systémů topení jednoznačně vedou ke snížení spotřeby primární energie. Zároveň jsou zisky z okolního prostředí získané prostřednictvím tepelných čerpadel značné.

Při aplikaci úsporných opatření v celém rozsahu obou etap dojde ke snížení spotřeby energie z 242,4 MWh/rok na 83,2 MWh/rok. Přičemž navrhované zdroje tepelných čerpadel získají v průběhu roku 53,84 MWh energie z venkovního prostředí. Avšak tyto hodnoty nereflektují energii v podobě solárních pasivních zisků, které jsou značným zdrojem vnitřní tepelné energie. Při jejich úvaze ve výpočtech pak spotřeba objektu klesne na 55,20 MWh, z toho pak energie získaná z okolního prostředí na 37,08 MWh.

Současně však tyto solární zisky ovlivní vnitřní návrhovou teplotu v letních měsících, kdy jsou nežádoucí, jak je patrné z grafu 12. Je třeba instalace stínící techniky alespoň v prostoru zóny 1 – sálu, kde jsou instalovány velké otvorové výplně, jak je patrné z vizualizací umístěných v příloze 6.

4.9 Návrh větrání objektu

Instalace systémů větrání objektu je uvažována dle kapitoly 4.3 ve třetí etapě aplikací úsporných opatření. Při návrhu daných systémů se vycházelo z kapitoly 3.3.2. S ohledem na značné ztráty vlivem větrání objektu vypočtené v kapitole 4.7.2 je voleným návrhem instalace nuceného rovnotlakého systému větrání se zpětným získáváním tepla. Tyto systémy jsou uvedeny v kapitole 3.3.2.2.

Z důvodu omezených finančních možností investora, Sokola Luštěnice, byl systém větrání rozdělen do samostatných funkčních celků jednotlivých zón, přičemž instalace je primárně uvažována v zónách 1, 3, 4 a 5. Tím je umožněna instalace jednotlivých větracích systémů samostatně, tedy postupně v závislosti na aktuálních finančních možnostech investora.

Samotné návrhy těchto systémů vychází z potřeby výměny vzduchu stanovené v kapitole 4.7.2.1 tab.21. Intenzita výměny vzduchu je uvažována vždy jako maximální možný průtok vzduchu dané zóny, při aktivním odvětrávání všech místností bez ohledu na aktuální využitelnost. Tím je zaručena dostatečná dimenze těchto systémů při zcela plném obsazení dané zóny.

Výsledné možné úspory tepla vyplývající z instalace těchto systémů následně zohledňují předpokládanou obsazenost uživatelského profilu objektu sestaveného v kapitole 4.5.2.

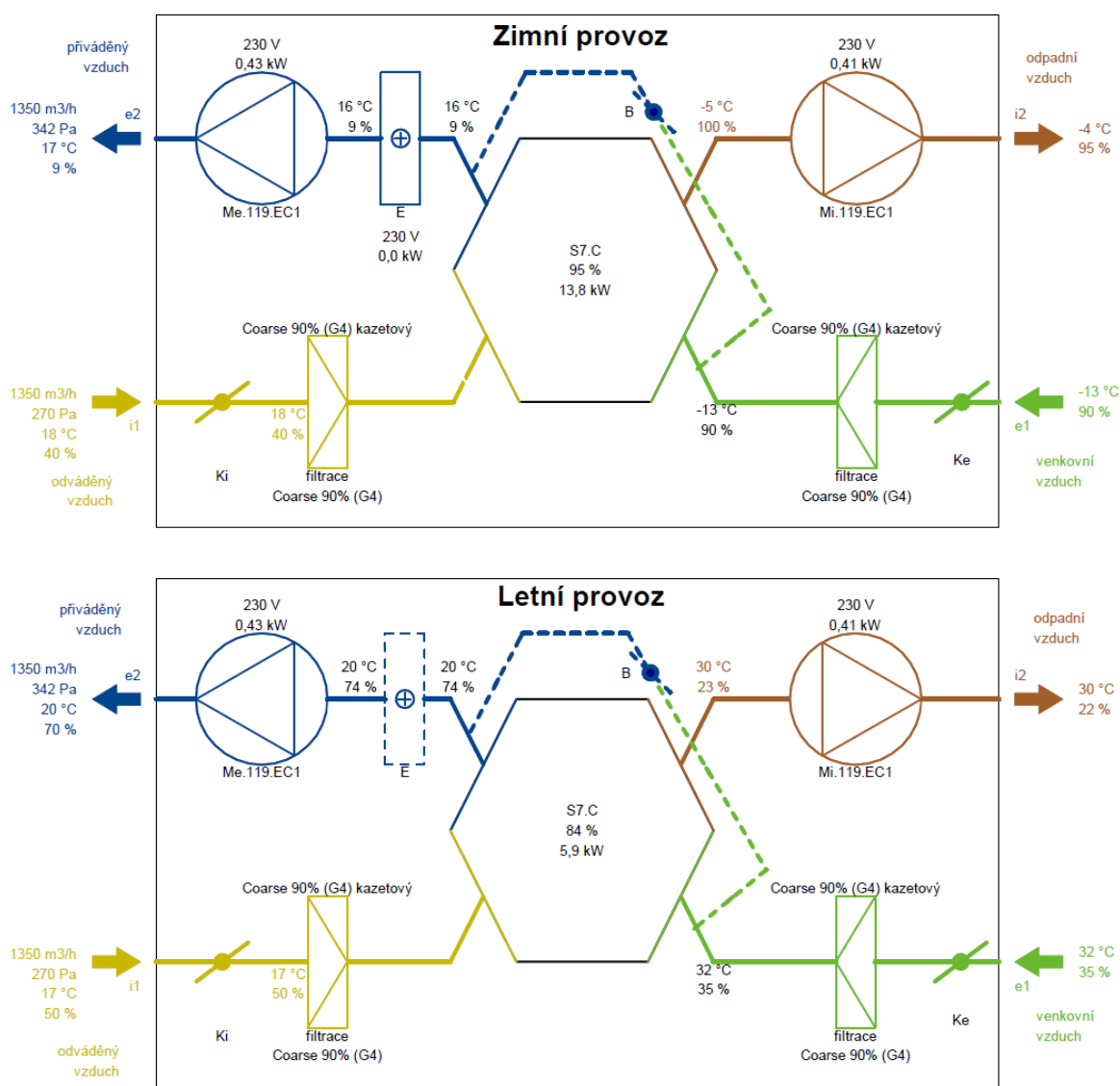
Návrh vzduchotechnické jednotky je proveden prostřednictvím software ATREA DUPLEX 9.31, vyvinutého společností Atrea, s.r.o. Z tohoto důvodu je výběr jednotek omezen pouze na tohoto výrobce.

Návrh rozvodů vzduchu byl proveden v programu CADKON+ 2023.

4.9.1 Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 1

Prostor sálu je vzhledem ke svému využití a obsazenosti zdrojem největších tepelných ztrát vlivem normou stanovené výměny vzduchu. K nejvyšší potřebě výměny vzduchu dochází při obsazení prostoru mezi 7:30 a 14:00 v době školního dne, kdy je třeba přivést $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ čerstvého vzduchu pro každou z 27 předpokládaných přítomných osob. Navrhovaný průtok přírodního vzduchu je tedy $1350 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Pomocí programu společnosti ATREA DUPLEX 9.31 byla navržena podstropní jednotka DUPLEX 1500 Multi Eco v provedení 30, detailní konfigurace a h-x diagramy jsou uvedeny v příloze P5 části Zóna 1.



Obr. 28: Schéma provozu jednotky DUPLEX 1500 Multi Eco. (ATREA DUPLEX 9.31)

Jednotka je umístěna v prostoru nad galerií u severozápadní stěny. Schéma jednotky je uvedeno na obr. 28. Rozvod přívodního vzduchu je jednovětвовý s dvěma vyústkami o průměru 200 mm nad prostorem sálu. Vzduch ze zóny je odváděn do jednotky jednovětвовým potrubím prostřednictvím 4 vyústek o průměru 160 mm umístěných nad galerií. Odpadní vzduch je odváděn nad střešní konstrukci prostřednictvím výfukové hlavice. Přívod čerstvého vzduchu do jednotky je řešen skrze severozápadní stěnu. Návrh potrubí byl proveden prostřednictvím programu CADCON+. Návrh je umístěn v příloze P5 části zóna 1, obr. P5.1.

Měřením bylo zjištěno, že rozdíl teplot mezi sálem a galerií je 2°C. Měření proběhlo pomocí rtuťových teploměrů umístěných ve výšce 150 cm nad podlahou sálu a shodně nahoře v galerii. Tato zjištění bylo využito k návrhu distribučních prvků.

V systému není instalováno zařízení zajišťující chlazení v letních měsících ačkoli se provoz systému v tomto období předpokládá.

Účinnost tohoto systému je pro zimní provoz 95 %, zbylé teplo bude systému dodáno prostřednictvím instalovaného elektrického ohřívače E.2100.

4.9.2 Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 3

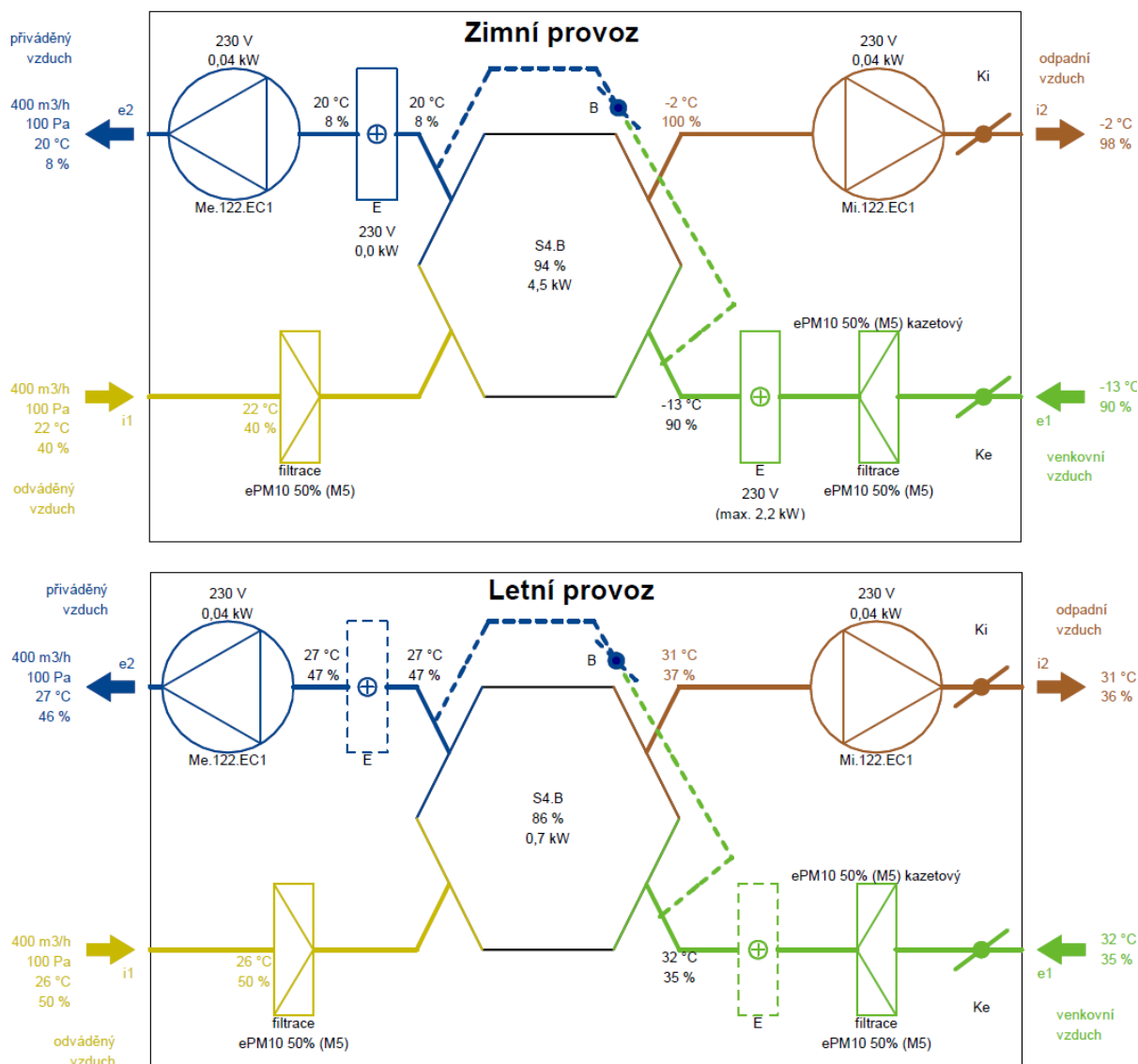
Prostor zóny 3 využívající školní družinou je stavebně řešen jako otevřený prostor o podlahové ploše 54,5 m², dále zádveřím a skladem. K nejvyšší potřebě výměny vzduchu dochází při obsazení prostoru mezi 11:30 a 16:30 v době školního dne, kdy je třeba přivést 25 m³.h⁻¹ čerstvého vzduchu pro každou z 16 předpokládaných přítomných osob. Navrhovaný průtok přírodního vzduchu je tedy 400 m³.h⁻¹.

Pomocí programu společnosti ATREA DUPLEX 9.31 byla navržena interiérová jednotka DUPLEX 1000 Inter-H s konfigurací hrdel 0, detailní konfigurace a h-x diagramy jsou uvedeny v příloze P5 části Zóna 3. Provozní schéma jednotky pro letní i zimní provoz je uvedeno na obr. 29.

Jednotka je umístěna ve střední části pobytového prostoru. Přírodní vzduchu i odváděný vzduch je řešen prostřednictvím samotné jednotky, distribuční komponenty jsou instalovány na konstrukci jednotky. Odpadní vzduch je odváděn nad střešní konstrukcí prostřednictvím výfukové hlavice. Přívod čerstvého vzduchu do jednotky je řešen skrze severozápadní stěnu. Návrh potrubí byl proveden prostřednictvím programu CADCON+. Návrh je umístěn v příloze P5 části zóna 3, obr. P5.2.

V systému není instalováno zařízení zajišťující chlazení v letních měsících, ačkoli se provoz systému v tomto období předpokládá.

Účinnost tohoto systému je pro zimní provoz 94 %, zbylé teplo bude systému dodáno prostřednictvím instalovaného elektrického ohřívače EDO.INT-2,2 aMotion.



Obr. 29: Schéma provozu jednotky DUPLEX 1000 Inter-H. (ATREA DUPLEX 9.31)

4.9.3 Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 4

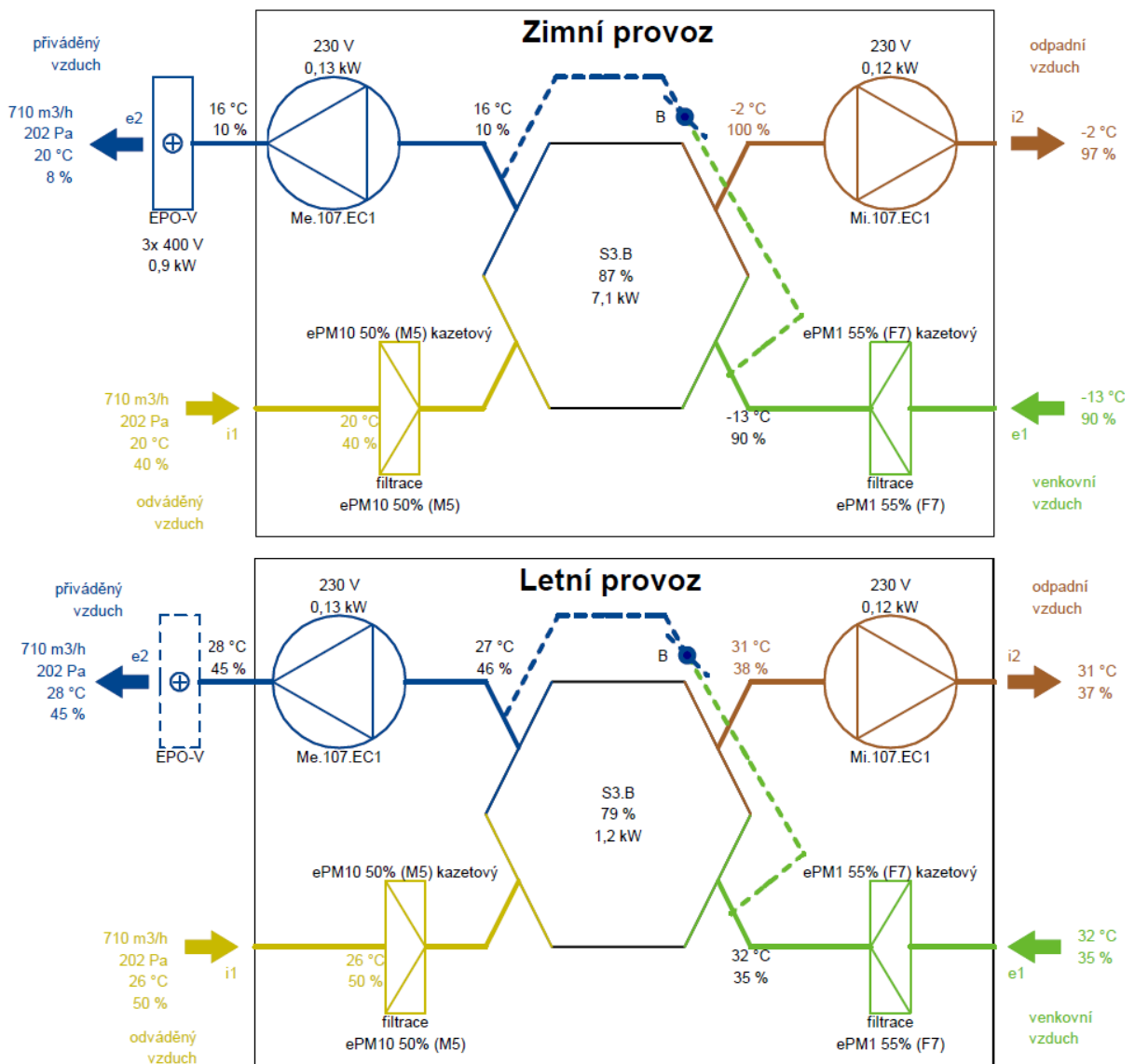
Prostor zóny 4 je stanoven v kapitole 4.5.1 jako prostor šaten a technického zázemí objektu. Nejvyšší potřeba výměny vzduchu byla stanovena v době od 15:00 do 21:00 pracovního dne dle tab. 32, kdy je třeba přivést 703,5 m³.h⁻¹ čerstvého vzduchu. Navrhovaný průtok přívodního vzduchu byl zaokrouhlen na 710 m³.h⁻¹.

Pomocí programu společnosti ATREA DUPLEX 9.31 byla navržena interiérová parapetní jednotka DUPLEX 1100 Flexi (3G) RD5 s externím elektrickým ohříváčem EPO-V 315/3,0, detailní konfigurace a h-x diagramy jsou uvedeny v příloze P5 části Zóna 4. Provozní schéma jednotky pro letní i zimní provoz je uvedeno na obr. 30.

Tab. 32: Stanovení nejvyšší potřeby průtoku vzduchu zóny 4.

Označení	Místnost	Norma	Počet [ks]	Okamžitý průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Okamžitý průtok vzduchu maximální zónou 4
0.01	Chodba	$0,3 \text{ h}^{-1}$	$41,14 \text{ m}^3$	$12,34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$703,48 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
0.02	Sklad	$20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{os.}$	8	$160 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
0.03	Tech. M.	$0,3 \text{ h}^{-1}$	$49,98 \text{ m}^3$	$5,29 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
0.04	Strojovna	$0,3 \text{ h}^{-1}$	$14,17 \text{ m}^3$	$4,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
0.05	Šatna 2	$20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{os.}$	14	$280 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
0.06	Šatna 3	$20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{os.}$	12	$240 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
0.07	Úklid	$0,3 \text{ h}^{-1}$	$5,31 \text{ m}^3$	$1,59 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	

*Zdroj: vlastní zpracování.



Obr. 30: Schéma provozu jednotky DUPLEX 1100 Flexi (3G) RD5. (ATREA DUPLEX

9.31)

Jednotka je umístěna v dané zóně v místnosti 0.03 – Technická místnost. Návrh potrubí byl proveden prostřednictvím programu CADCON+. Návrh je umístěn v příloze P5 části zóna 4, obr. P5.3. Přívod čerstvého vzduchu do jednotky je řešen skrze severozápadní stěnu. Odvod odpadního vzduchu z jednotky je řešen skrze severovýchodní stěnu. Distribuce vzduchu je prostřednictvím kruhového potrubí pomocí anemostatů a ventilů.

Distribuční systém je rozdělen na několik úseků, které jsou osazeny regulačními klapkami s elektrickým servopohonem sloužícím k řízení systému v závislosti na přítomnosti daných místností, respektive šaten.

V systému není instalováno zařízení zajišťující chlazení v letních měsících, ačkoli se provoz systému v tomto období předpokládá.

Účinnost tohoto systému je pro zimní provoz 87 %, zbylé teplo bude systému dodáno prostřednictvím instalovaného externího elektrického ohřívače EPO-V.

4.9.4 Návrh rovnotlakého systému klimatizace zóny 5

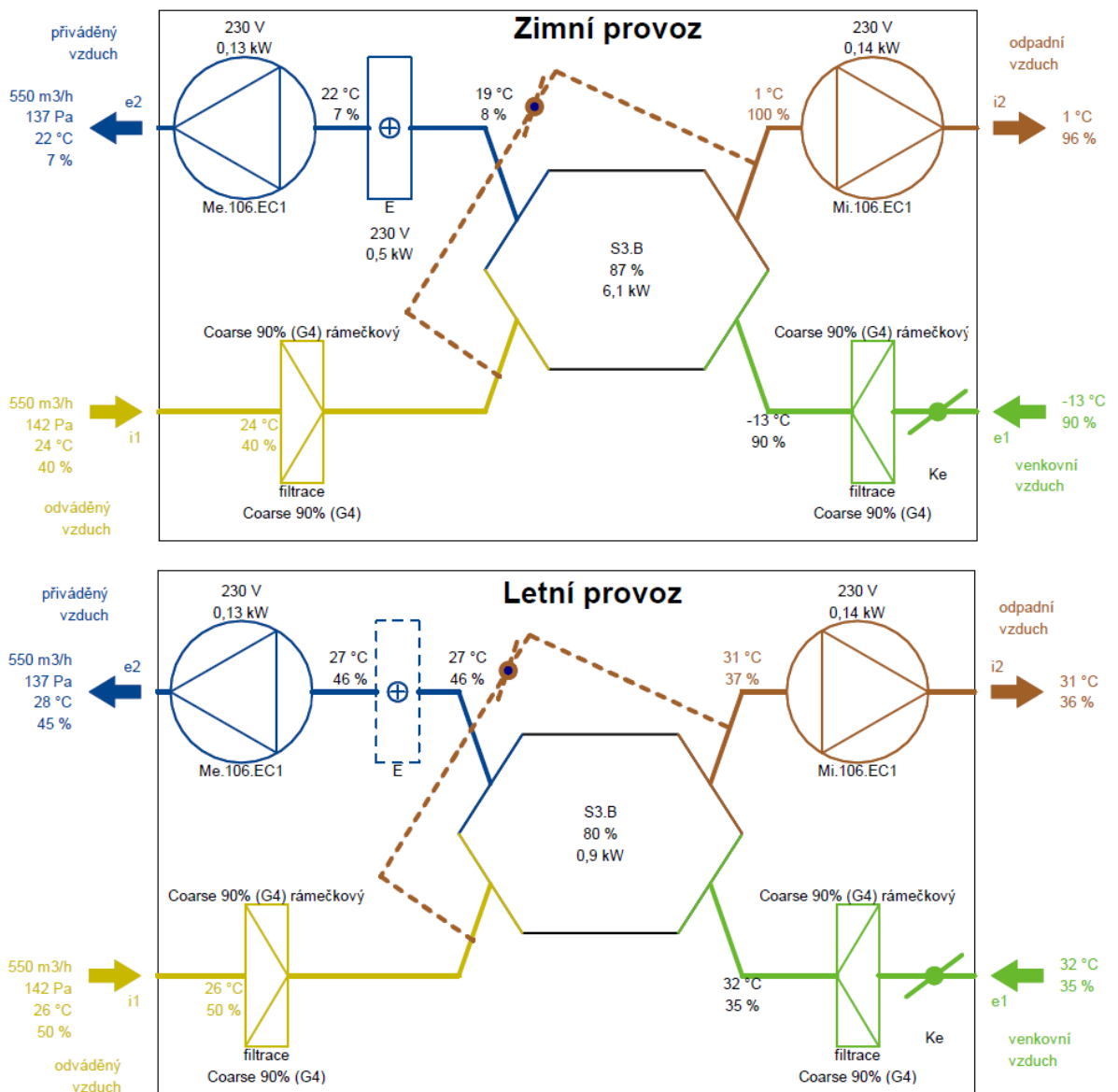
Jedná se o prostor sociálního zařízení objektu sokolovny, který je tvořen 4 místnostmi v podobě WC chlapani, WC dívky a dvěma prostory sprch. Nejvyšší potřeba výměny vzduchu byla stanovena v době od 07:30 do 21:00 pracovního dne dle tab. 33, kdy je třeba přivést $550 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ čerstvého vzduchu.

Tab. 33: Stanovení nejvyšší potřeby průtoku vzduchu zóny 5.

Označení	Místnost	Norma	Počet [ks]	Okamžitý průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Okamžitý průtok vzduchu maximální zónou 5
1.07	WC chlapani	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{kab.}$	2	$100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$550,00 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
		$25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{pis.}$	2	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
1.08	WC dívky	$50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{kab.}$	2	$100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
1.09	Sprchy 1	$150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{spr.}$	1	$150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	
1.10	Sprchy 2	$150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{spr.}$	1	$150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	

*Zdroj: vlastní zpracování.

Pomocí programu společnosti ATREA DUPLEX 9.31 byla navržena interiérová podstropní jednotka DUPLEX 570 EC5 s instalovaným elektrickým ohřívačem EDO5-0,50-RD5, detailní konfigurace a h-x diagramy jsou uvedeny v příloze P5 části Zóna 5. Provozní schéma jednotky pro letní i zimní provoz je uvedeno na obr. 31.



Obr. 31: Vzduchotechnické schéma jednotky DUPLEX 570 EC5.CP. Zdroj: ATREA
DUPLEX 9.31

Jednotka je umístěna v dané zóně v místnosti 1.07 – WC chlapeci. Návrh potrubí byl proveden prostřednictvím programu CADCON+. Návrh je umístěn v příloze P5 části zóna 5, obr. P5.4. Odpadní vzduch je odváděn skrze jihovýchodní stěnu prostřednictvím výfukové hlavice. Přívod čerstvého vzduchu do jednotky je řešen skrze severovýchodní stěnu. Distribuce vzduchu je prostřednictvím kruhového potrubí pomocí ventilů.

Distribuční systém je rozdělen na 2 části od sebe oddělené pomocí dvojice regulačních klapek s elektrickým servopohonem. Ty umožňují omezit či odstavit místnosti 1.09 a 1.10,

prostory sprch, a snížit tak množství distribuovaného vzduchu v případě nevyužívání těchto prostor.

V systému není instalováno zařízení zajišťující chlazení v letních měsících ačkoli se provoz systému v tomto období předpokládá.

Účinnost tohoto systému je pro zimní provoz 87 %, zbylé teplo bude systému dodáno prostřednictvím instalovaného elektrického ohřívače EDO-0,50-RD5.

4.9.5 Vyhodnocení systémů klimatizace

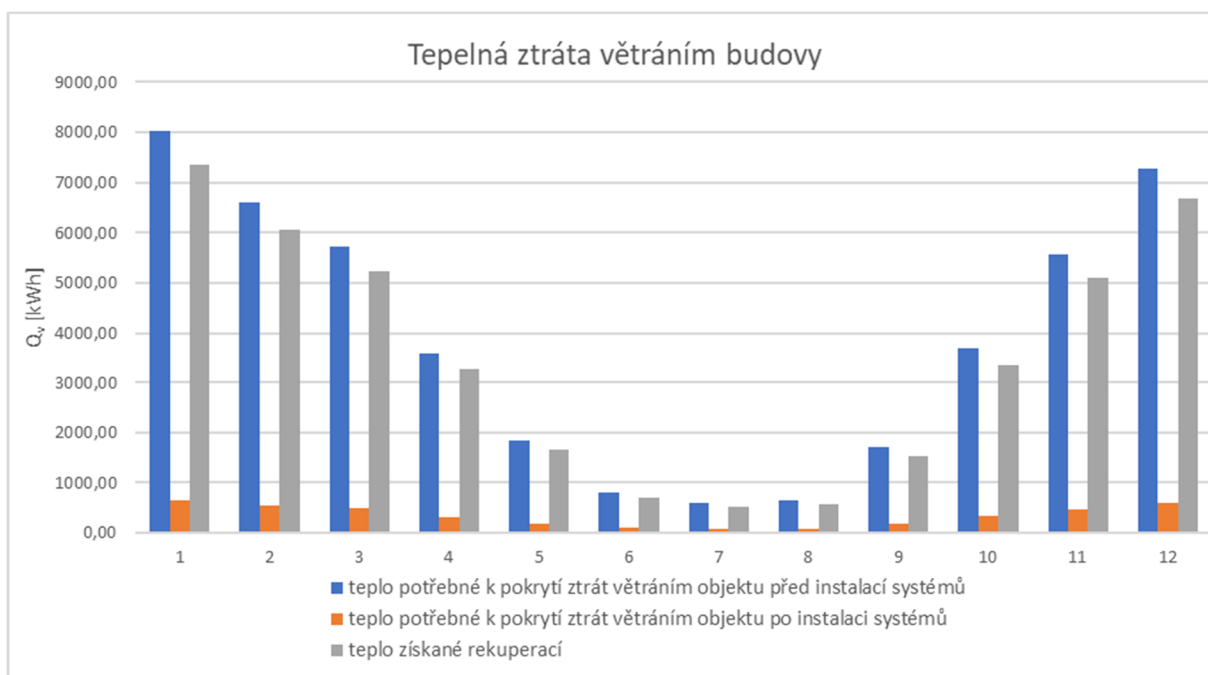
Vzduchotechnické systémy byly navrženy jako samostatné centrální systémy každé zóny. Navržené jednotky dosahují vysoké účinnosti zpětného získávání tepla, což kladně ovlivní ztráty tepla vlivem větrání zón a zajistí přísun čerstvého vzduchu do objektu.

Všechny navržené jednotky jsou osazeny elektrickým ohřívačem, vestavěným či externím, sloužícím k dohřevu rekuperovaného vzduchu. Porovnání jednotlivých systémů je provedeno prostřednictvím výpočtů tepla potřebného pro krytí tepelných ztrát větráním. Vstupní klimatické údaje jsou uvedeny v kapitole 4.5.3.3 tab. 11. Výsledky v měsíčním kroku pro jednotlivé zóny a celý objekt jsou uvedeny v tab. 34. Jednotlivé měsíční hodnoty jsou pak graficky zpracovány v grafu 13.

Tab. 34: Tepelné ztráty větráním při aplikaci VZT systémů.

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem	
n	[den]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		
$\theta_{e,m}$	[°C]	-1,9	-0,1	4	9,2	14	17,3	18,6	18,3	14,2	9,3	3,9	0		
Zóna 1	$Q_{V,z1,e1}$	[kWh]	3810,37	3095,54	2554,44	1400,82	425,74	0,00	0,00	0,00	370,81	1426,23	2492,64	3405,92	18982,51
	$Q_{V,z1,e3}$	[kWh]	152,41	123,82	102,18	56,03	17,03	0,00	0,00	0,00	14,83	57,05	99,71	136,24	759,30
	$Q_{z1,r}$	[kWh]	3657,96	2971,72	2452,26	1344,79	408,71	0,00	0,00	0,00	355,97	1369,18	2392,93	3269,68	18223,20
Zóna 3	$Q_{V,z3,e1}$	[kWh]	559,55	463,86	408,80	267,04	153,30	66,76	35,77	43,44	143,41	273,39	398,09	511,00	3324,39
	$Q_{V,z3,e3}$	[kWh]	33,57	27,83	24,53	16,02	9,20	4,01	2,15	2,61	8,60	16,40	23,89	30,66	199,46
	$Q_{z3,r}$	[kWh]	525,97	436,03	384,27	251,02	144,10	62,75	33,62	40,83	134,81	256,98	374,20	480,34	3124,92
Zóna 4	$Q_{V,z4,e1}$	[kWh]	1314,32	1089,55	960,23	627,25	360,09	156,81	84,02	102,02	336,86	642,16	935,06	1200,29	7808,66
	$Q_{V,z4,e3}$	[kWh]	170,86	141,64	124,83	81,54	46,81	20,39	10,92	13,26	43,79	83,48	121,56	156,04	1015,13
	$Q_{z4,r}$	[kWh]	1143,46	947,91	835,40	545,71	313,28	136,43	73,10	88,76	293,06	558,68	813,51	1044,25	6793,54
Zóna 5	$Q_{V,z5,e1}$	[kWh]	2335,01	1962,47	1803,10	1291,25	901,55	584,55	486,84	513,88	855,02	1325,28	1753,66	2163,72	15976,33
	$Q_{V,z5,e3}$	[kWh]	303,55	255,12	234,40	167,86	117,20	75,99	63,29	66,80	111,15	172,29	227,98	281,28	2076,92
	$Q_{z5,r}$	[kWh]	2031,46	1707,35	1568,70	1123,39	784,35	508,56	423,55	447,08	743,87	1152,99	1525,68	1882,44	13899,41
Objekt	$Q_{V,e1}$	teplo potřebné k pokrytí ztrát větráním objektu před instalací systémů										46091,88	kWh/rok		
	$Q_{V,e3}$	teplo potřebné k pokrytí ztrát větráním objektu po instalaci systémů										4050,81	kWh/rok		
	Q_{rekup}	teplo získané rekuperací										42041,07	kWh/rok		

*Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 13: Porovnání měsíční potřeby tepla pro krytí ztrát větrání.

Všechny navržené jednotky splňují nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.

Jednotka zóny 3, DUPLEX 1000 Inter-H, je však značně předimenzována. Alternativou, i finančně méně náročnou variantou, je možnost spojení systému zóny 4 a napojení zóny 3 pomocí nových distribučních vzduchovodů. Toto spojení by pravděpodobně znamenalo i výměnu jednotky zóny 4 za jednotku DUPLEX 1700 Flexi (3G) RD5.

V žádném navrženém systému se nepočítá s možností chlazení v letních měsících, předpokladem je dle kapitoly 3.3.3.3 chlazení pomocí nočního provětrávání objektu. V prostoru zóny 1, sálu, je předpokládáno v případě potřeby využití otopného systému v letních měsících k chlazení prostřednictvím tepelných čerpadel a teplovodních jednotek Lersen Zeta Eco.

5 Závěr a diskuse

Cílem práce bylo shrnutí souvislostí vedoucích ke snížení spotřeby energie a navržení možných úsporných opatření objektu sokolovny s ohledem na finanční možnosti majitele tohoto objektu, Sokola Luštěnice, z.s.

V první části této práce se zabývám současnými metodami a trendy úsporných opatření v podobě zateplení obálky budovy včetně porovnání izolačních materiálů, vyhodnocení možných zdrojů tepla, systémů větrání, klimatizace a systémů chlazení.

Následně byla v druhé části této práce provedena analýza současného stavu objektu a vyhodnocení finančních možností investora, které jsou limitující při návrhu účinných opatření. Sokol Luštěnice je zájmová organizace a je závislá na finanční podpoře obce Luštěnice, příspěvcích vlastních členů a finančních darů drobných dárců. Současně je Sokol úspěšný v získávání finančních prostředků v nesoutěžních dotačních výzvách Národní sportovní agentury. Prostřednictvím těchto finančních toků bylo možné pokrýt náklady související s provozem řešeného objektu sokolovny, které se vlivem událostí a energetických změn roku 2022 skokově navýšily o 280 %. Celkové roční náklady na provoz objektu za rok 2022 byly 306.905,02,- Kč. I přes tento skokový nárůst nákladů se povedlo uspořít část financí pro podání žádosti o soutěžní dotaci z programu Regiony SK/TJ 2022 v celkové výši 1.561.638,00,- Kč, je však podmíněna 20 % spoluúčastí, která pro Sokol Luštěnice představuje finanční zátěž v hodnotě 468.492,00,- Kč. Tato práce, příprava a podání žádosti o dotaci probíhalo současně.

V procesu komplexního projektování byla budova rozdělena do 5 zón s ohledem na svůj potenciál současného či budoucího využití daných prostor. Byla provedena analýza nosných konstrukcí a technologických zařízení budovy a stanoveny možná úsporná opatření, která byla rozdělena do 3 etap s ohledem na aktuální nutné opravy pro nadcházející topnou sezonu 2023/2024.

V první etapě byla volena nutná výměna zdrojů tepla v sále, zóně 1, kde jsou instalované topné jednotky ve velmi špatném technickém stavu, případně nefunkční. Zásadním požadavkem byla nutnost návrhu systému zdroje tepla a otopné soustavy, která dostatečným způsobem zajistí vnitřní mikroklima prostoru v delším časovém horizontu za předpokladu provádění úsporných opatření v dalších etapách. V této práci byly provedeny dva následující návrhy.

Preferovanou variantou je návrh dvou jednotek tepelných čerpadel De Dietrich HPI S 22 TR S/E, kde jsou vnitřní jednotky zapojeny do kaskády a umístěny v suterénu, zóna 4. Venkovní jednotky jsou umístěny při severní straně objektu. Je navržen akumulční zásobník Regulus 300 ZT a 4 jednotky teplovodního ohříváče vzduchu značky Lersen Zeta ECO. Stanovená roční spotřeba této varianty je v případě 1. etapy pro prostor sálu 131,51 MWh, přičemž 84,79 MWh je teplo získané z okolního prostředí prostřednictvím tepelných čerpadel. Z důvodu požadavku na minimální výši 1.000.000,00,- Kč dotace z výzvy Regiony TJ/SK 2022 bylo do této etapy nutné zařadit i dokončení výměny otvorových výplní, která probíhá kontinuálně řadu let v závislosti na aktuálních volných finančních prostředcích. Cena této navrhované varianty je 1.561.638,00 Kč, přičemž 1.093.146,00,- Kč je případná dotační podpora. Návratnost tohoto opatření je při současných cenách dodavatele přibližně 3,5 roku v případě poskytnutých dotací.

Alternativní variantou je výměna současných přímotopných jednotek Robur F41 za dvě nové kondenzační jednotky ROBUR NEXT G20 EC. Předpokladem je shodné umístění nových jednotek namísto původních z důvodu stávajících rozvodů plynu. Navržená jednotka umístěna v pozici 1 je instalována se směšovací komorou a přívodem ohřátého čerstvého vzduchu. Instalace těchto jednotek je doporučena do výšky 3,5 metru nad podlahou sálu. Je vhodné do tohoto prostoru instalovat i destratifikátor, který zamezí tvorbě tepelného polštáře pod stropem a přehřívání galerie. Cena této navržené varianty je 264.000,00,- společně s centrální regulací. Nezahrnuje však náklady spojené s instalací jednotek a případnou úpravou rozvodů plynu a elektřiny.

Obě varianty jsou navrženy tak, aby byly schopné funkce a zajištění vnitřní návrhové teploty i po provedení úsporných opatření v 2. etapě. Je navržena kombinace vnějšího kontaktního zateplovacího systému ve standardu ETICS, severozápadní a severovýchodní strana objektu, a provětrávanou fasádou na jihovýchodní a jihozápadní straně. Do provětrávané fasády jsou při návrhu implementovány purenitové boxy pro budoucí instalaci stínící techniky. Návrh zateplení obvodových stěn je proveden s předpokladem dílčího zateplení objektu v závislosti na finančních možnostech investora. Na vnějších rozích objektu je navržena zesílená izolace, je tak možné vždy zateplit konkrétní stěnu. Hodnoceným parametrem obálky budovy je průměrný součinitel prostupu tepla budovou U_{em} . Současná vypočtená hodnota tohoto součinitele je $1,141 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a očekávaně spadá

do klasifikační třídy G. Aplikací navržených úsporných opatření se sníží na hodnotu $0,253 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, tedy do klasifikační třídy A – velmi úsporná budova.

Při realizaci obou navržených etap preferované varianty s tepelnými čerpadly bude možné napojit zbylé zóny do systému vytápění zóny 1, zároveň bude možná instalace otopné soustavy do suterénu, která v současnosti není funkční. Spotřeba energie při tomto návrhu klesne z vypočtené hodnoty 242,41 MWh/rok na spotřebu 83,21 MWh/rok, z toho získaná energie tepelnými čerpadly z venkovního prostředí činí 51,84 MWh/rok. Při zahrnutí solárních tepelných zisků do výpočtu je pak vypočtena roční spotřeba objektu 55,20 MWh, přičemž teplo získané z tepelných čerpadel je 37,08 MWh/rok. Úspora opatření pak tedy činí 84,7 % energie.

Výpočty však bylo zjištěno, že při aplikaci těchto opatření bude docházet k přehřívání sálu v letních měsících vlivem přebytku tepla ze solárních zisků. Počáteční úvaha o potřebě stínící techniky umístěné nad otvorovými výplněmi na jihovýchodní straně objektu je nutná a návrhová příprava purenitových boxů pro stínící techniku byla správná.

Energetickým auditem v roce 2012 byla stanovena spotřeba energie určené k vytápění objektu na 398 GJ/rok, což je 110,56 MWh za rok. Rozdíl vypočtených hodnot je dán rozdílným návrhem samotného objektu v počátku této práce a z toho vyplívajících vstupních hodnot, například vnitřní návrhové teploty. Návrhová teplota byla stanovena na $16 \text{ }^\circ\text{C}$ v celém objektu. V energetickém auditu není uvažováno s využitím zóny 3 pro potřeby družiny a zóny 4 jako prostor šaten.

V první variantě úsporných opatření navržených auditorem je izolace obálky budovy. Zateplení vertikálních i horizontálních obvodových konstrukcí běžnými izolanty té doby. Dále byla doporučena výměna otvorových výplní. Součinitel prostupu tepla U_{em} byl v auditu stanoven $0,38 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Úsporná opatření v podobě zateplení obálky budovy navržené v této práci je obdobného charakteru, avšak dimenze izolantu je větší a při srovnání součinitele tepelné vodivosti izolantů před 10 let se současnými zjistíme, že současné izolanty mají lepší tepelné technické vlastnosti.

V poslední části této práce byly navrženy systémy nuceného rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla. Návrh byl proveden pro prostory sálu, pro prostor využívající školní družinou, suterén s šatnami a sociální zařízení. Vzhledem k finančním možnostem investora a za předpokladu instalace pouze části těchto systémů, byl navržen pro každou ze 4

uvažovaných zón samostatný systém. Navržené jednotky dosahují vysoké účinnosti zpětného získávání tepla a výrobcem těchto jednotek je společnost Atrea, s.r.o. Návrh byl proveden dle intenzity výměny vzduchu stanovené v příloze č.3 vyhlášky č. 410/2005 Sb.

Celkové ztráty vlivem normou stanovené intenzity větrání byly stanoveny na 46,09 MWh/rok. Instalací navržených jednotek a rozvodů vzduchu je celková vypočtená roční ztráta větráním 4,05 MWh/rok a teplo získané rekuperací z odváděného vzduchu 42,04 MWh/rok za předpokladu instalace všech 4 systémů. Jednotky jsou navrženy s interním či externím elektrickým ohřívačem vzduchu. Jejich návrhové umístění však umožňuje při instalaci po dokončení 2. etapy osadit namísto elektrického vodním ohřívačem a napojit je do systému vytápění.

Samostatný chladicí systém není navržen, větrací jednotky v letním provozu částečně ochlazují přírodní vzduch a solární zisky v zónách 3, 4 a 5 jsou zanedbatelné. V prostoru sálu je však potenciální nebezpečí přehřívání interiéru velké. Systém vytápění v tomto prostoru je schopen chladit tento prostor prostřednictvím tepelných čerpadel a teplovodních jednotek Lersen.

Alternativou navrženým jednotkám s elektrickým ohřevem vzduchu je možnost instalace vodního ohřívače do těchto jednotek. Jednotky jsou umístěny v dosahu topného systému každé zóny a výkon zdroje tepla, tepelných čerpadel, je po dokončení druhé etapy více než dostatečný. Tuto alternativu je však nutné zvážit před rekonstrukcí stávajících rozvodů tepla z důvodu dostatečné dimenze rozvodů a čerpadel topné vody. V případě instalace větracích systémů s vodním chladičem je také možná distribuce chladu i do klimatizačních jednotek.

Velmi důležitou otázkou se v poslední době zdá být umístění regulačního prvku všech navržených systémů. Tady bych rád zdůraznil, že je velmi důležité při instalaci uvažovat o neoprávněném zásahu do řídicích systémů cizí či neškolenou osobou. Spotřeba energie je závislá na nastavení regulačních prvků a systémů, nejen že by mohlo dojít ke zvýšení spotřeby, ale mohla by tím vzniknout situace, kdy dojde k přetížení jednoho či několika instalovaných systémů a jejich následné poškození.

6 Bibliografie

- KABELE, Karel, 2018. *Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3)* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>
- KOTZIAN, Petr, 2018. *Průměrné rozdělení spotřeby energie v domácnostech*. In: *ELC - emise lidské činnosti* [online]. 30.03.2018 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <http://emise.unas.cz/uhlikova-stopa.html>
- DANIELS, Klaus, 2003. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty*. 3. Bratislava: Jaga group. ISBN 80-889-0563-X.
- BONDOJA, Juraj, 2011. *Chcete ušetřit na bydlení? Vše o úsporách energie: Renovujeme, stavíme, zařizujeme*. Bratislava: JAGA GROUP, 2011(1), 4-5. ISSN 1335-9177.
- HORÁK, Petr, ©2022. *TZB-info: Struktura právních předpisů včetně norem a jejich charakteristiky k výpočtu ENB* [online]. Praha: TZB-info, 2022-01-21 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://m.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/21828-struktura-pravnich-predpisu-vcetne-norem-a-jejich-charakteristiky-k-vypoctu-enb>
- STEMPEL, Ulrich E., 2014. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. 2014. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.
- HLAVÁČKOVÁ, Petra, 2012. *Izolační materiály 1. díl – požadavky a vlastnosti. Dřevostavitel* [online]. 26.01.2012, [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-1-dil>
- TYWONIAK, Jan a kolektiv, 2008. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 2008. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- SMOLA, Josef, 2011. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- TZB-info: Izolace PUR, PIR a fenolická pěna* [online], ©2022a. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
- TZB-info: Pěnové sklo* [online], ©2022b. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>
- PROPASIV* [online], ©2022. Brno: PROPASIV [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.propasiv.cz>
- TZB-info: Izolace z obnovitelných surovin* [online], ©2022c. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>

TZB-info: Výpočet prostupu tepla vícevrstvou konstrukcí a průběhu teplot v konstrukci [online], ©2001-2022. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-vypocet-prostupu-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubehu-teplot-v-konstrukci>

MAIA, J., et al. 2015. *Energy Procedia: Laboratory Tests and Potential of Thermal Insulation Plasters* [online], Vol. 78, pages 2724-2729, ISSN 1876-6102 [cit. 2023-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.613>. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215023450>

Xella: omítky [online], 2023. Česká republika [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/omitky

ŠUBRT, Roman a kolektiv, 2011. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy: 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. 1. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-4059-1.

HAZUCHA, Juraj, 2016. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. 1. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4551-0.

ŠTEFFEK, Libor, Jiří KALÁNEK a Milan OSTRÝ, 2021. *Roční energetická bilance oken: případová studie* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zaskleni/22019-rocni-energeticka-bilance-oken-pripadova-studie>

TYWONIAK, Jan, 2005. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.

HAZUCHA, Juraj, © 2013. *Zasklení*. 05. Brno, 6 s. Dostupné také z: <https://www.pasivnidomy.cz/webove-infolisty-05-zaskleni/f2525>

DAFE – PLAST JIHLAVA, 2020. *Okna s infratopným sklem ovlivní tepelnou pohodu interiéru* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zaskleni/20644-okna-s-infratopnym-sklem-ovlivni-tepelnou-pohodu-interieru>

BERANOVSKÝ, Jiří, Karel SRDEČNÝ a Petr VOGEL, 2011. *Pasivní panelák? A to myslíte vážně?* Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. ISBN 978-80-87333-07-5.

ŠUBRT, Roman a Zdeněk PETR TYL, 2013a. *Kupujeme okna a dveře 1. část - okna a dveře z plastu* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/fasadni-okna/10412-kupujeme-okna-a-dvere-1-cast-okna-a-dvere-z-plastu>

ŠUBRT, Roman a Zdeněk PETR TYL, 2013b. *Kupujeme okna a dveře 2. část - okna a dveře ze dřeva* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/fasadni-okna/10481-kupujeme-okna-a-dvere-2-cast-okna-a-dvere-ze-dreva>

ŠUBRT, Roman a Zdeněk PETR TYL, [cca 2013c]. *Hliníková okna* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/238-hlinikova-okna>

RAMCHANDRA, K. P., TRIPATHI, B., SADASHIV, R. P., 2013. *Journal of Advances in Science and Technology: A Analysis on Design and Efficiency of Window Frames* [online], Vol. V, ISSN 2230-9659 [cit. 2023-03-01]. Dostupné také z: <http://ipublisher.in/a/2224>

ŽIDEK, Ondřej, 2018. *Řešení osazení oken z tepelně-technického a ekonomického pohledu* [online]. Brno: DEK Atelier, 38 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/clanky/0081-predsazena-montaz-oken/osazeni-oken-zidek.pdf

BRANDEJSKÝ, Petr a Petra ŠENKOVÁ, 2020a. *TEPELNÁ STABILITA BUDOV: STÍNÍCÍ TECHNIKA (2. DÍL)* [online]. LABONA S.R.O. Rosice, 12.05.2020 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.labona.cz/blog/tepelna-stabilita-budov-stinici-technika-2-dil>

PROPASIV CZ, © 2017. *Kotvení žaluziového boxu - PROPASIV® Block ZH* [online]. Brno [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://eshop.propasiv.cz/product/107-kotveni-zaluzioveho-boxu-propasiv-r-block-zh>

BRANDEJSKÝ, Petr a Petra ŠENKOVÁ, 2020b. *TEPELNÁ STABILITA BUDOV: STÍNĚNÍ A ORIENTACE STAVBY (4. DÍL)* [online]. LABONA S.R.O. Rosice, [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.labona.cz/blog/tepelna-stabilita-budov-stineni-a-orientace-stavby-4-dil>

ZMRHAL, Vladimír, 2014. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4573-2.

TYWONIAK, Jan a kolektiv, 2012. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

KUBÍN, Milan a Jiří HIRŠ, 4/2014. *Teplotní spády otopné vody ve vytápěcích soustavách stavebních objektů. Topenářství, instalace: Časopis pro vytápění, instalace, vzduchotechniku a ekologii*. Praha: Topin Media, 2014(3), 30-37. ISSN ISSN 1211-0906. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/teplotni-spady-otopne-vody-ve-vytapecich-soustavach-stavebnich-objektu-detail-5917>

KORADO, A.S., 2013. *Nízkoteplotní vytápění a úsporné konvektory*. Tzb-info [online]. Praha, 9.4.2013, 2001-2023 [cit. 2023-03-04]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/9748-nizkoteplotni-vytapani-a-uspornе-konvektory>

PETRÁŠ, Dušan a Miroslav KOTRBATÝ, 2006. *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. Bratislava: Jaga. Vytápění. ISBN 80-807-6040-3.

ŽERAVÍK, Antonín, 2003. *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]*. Přerov: Antonín Žeravík. ISBN 80-239-0275-X.

NEUBERGER, Pavel and ADAMOVSKEÝ, Radomír. *Analysis of the Potential of Low-Temperature Heat Pump Energy Sources*. *Energies* [online]. 21 November 2017. Vol. 10, no. 11, p. 1922. DOI 10.3390/en10111922. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/en10111922>

Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii - TZB-info: Výpočet provozních a investičních nákladů u rodinných domů, 2022. Tzb-info [online]. Praha, ?2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>

DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL, 2018. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-06378-1.

ADAMOVSKEÝ, Daniel, 2021. *Nucené větrání, proudění vzduchu v potrubí, teplovzdušné vytápění. Bytové větrání*. [online]. Praha [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf?dt=1616107383>.

LOM, Michal a Václav MATZ, 2013. *Model řízení vzduchotechnické jednotky* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>

STUDECKÁ, Petra, 04/2012. *Energetický audit: Sokolovna Luštěnice*. A11112. Praha, 75 s.

BDR Thermea (Czech republic) s.r.o., © 2023. *Projekční podklady HPI S 2020 (CZ)*. [online]. Praha [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.dedietrich-vytapeni.cz/tepelna-cerpadla/vzduch-voda-split/hpi-s-vzduch-voda-split-inverter/>

Lersen CZ, s.r.o., © 2023. *Návod k použití, projekční podklady, pokyny k montáži, provozu a údržbě*. [online]. Hrádek nad Nisou [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://lersen.cz/produkty/zeta-eco/?gl=1*w140fp*up*MQ.&gclid=CjwKCAjw5pShBhBEiwAvmnNV8HbZrutSIotpgYK5TUYz5G1rlU2gVxxgaCSI2NxmVFRVJFRSp0RoCaQIQAvD_BwE

ROBUR s.r.o., © 2023. *Manuál pro instalaci, užívání a údržbu ROBUR NEXT G*. [online]. Černošice [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.robur.cz/produkty/prumyslove-vytapeni-hal/teplovzduzna-plynova-jednotka-robur-next-g>

ČSN 76 0331-1, 2020. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet: Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data*. Praha, Česká republika: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN ISO 13789, 2019. *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 73 0540-2, 2011. *Tepelná ochrana budov: Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 73 0540-3, 2005. *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 73 0540-4, 2005. *Tepelná ochrana budov: Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN ISO 52016-1, 2019. *Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony: Část 1: Výpočtové postupy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN 73 0331-1, 10/2020. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet: Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data*. 730331. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN 12831-1, 09/2018. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu: Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*. 060206. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN ISO 6946, 09/2020. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtové metody*. 730558. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Čsn en iso 13370

ČSN EN 15665, 11/2009. *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. 127021. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN ISO 52016-1, 09/2019. *Energetická náročnost budov - Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony: Část 1: Výpočtové postupy*. 730336. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

7 Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Ekologický kruh u budov a technologických zařízení.</i>	3
Obrázek 2: <i>Princip výpočtu energetické náročnosti dle Vyhlášky 264/2020 Sb.</i>	7
Obrázek 3: <i>Základní prvky účinných opatření při rekonstrukci.</i>	13
Obrázek 4: <i>Srovnání izolací a tloušťek potřebných k dosažení shodného efektu.</i>	19
Obrázek 5: <i>Zateplení volně loženým izolantem s modelací průběhu teploty konstrukcí.</i>	27
Obrázek 6: <i>Nadkroevní systém izolace s modelací průběhu teploty konstrukcí.</i>	28
Obrázek 7: <i>Zateplení mezi a pod krokve mi minerální izolací a modelace průběhu teploty konstrukcí.</i>	29
Obrázek 8: <i>Zateplení dvouplášťové střešní konstrukce a modelace průběhu teploty konstrukcí.</i>	30
Obrázek 9: <i>Zateplení střešní konstrukce s nosnou železobetonovým stropem a modelace průběhu teploty konstrukcí.</i>	31
Obrázek 10: <i>Rekonstruovaná střecha s železobetonovým stropem s prvky zelené střechy.</i>	31
Obrázek 11: <i>Zateplení základových konstrukcí pomocí XPS izolace.</i>	32
Obrázek 12: <i>Metoda osazení okna a změny v tepelném toku.</i>	39
Obrázek 13: <i>Změna roviny instalace otvorových výplní a její vliv na pasivní zisky...</i>	39
Obrázek 14: <i>Modelový případ zastínění jižně orientovaného okna.</i>	40
Obrázek 15: <i>Druhy stínící techniky a jejich vliv na sluneční záření.</i>	42
Obrázek 16: <i>Ukázka z realizace firmy PROPASIV, detail izolace nadpraží okna.</i> ...	43
Obrázek 17: <i>princip montáže a detailní řez purenitového boxu Labona s.r.o.</i>	44
Obrázek 18: <i>TČ interiérové s informativní závislostí výkonu na teplotě vzduchu.</i> ...	50
Obrázek 19: <i>TČ voda - voda.</i>	50
Obrázek 20: <i>Princip systému nuceného podtlakového odvádění vzduchu.</i>	55
Obrázek 21: <i>Princip systému nuceného přetlakového odvádění vzduchu.</i>	56
Obrázek 22: <i>Princip centrálního systému nuceného rovnotlakého větrání.</i>	57
Obrázek 23: <i>Princip teplovzdušného vytápění a větrání.</i>	57
Obrázek 24: <i>Schéma modelu vzduchotechnické jednotky.</i>	58
Obrázek 25: <i>Tok chladného nočního vzduchu při nočním větrání.</i>	62

Obrázek 26: <i>Schéma adiabatického chlazení přímého a nepřímého.</i>	62
Obrázek 27: <i>Areál Sokol Luštěnice.</i>	64
Obrázek 28: <i>Schéma provozu jednotky DUPLEX 1500 Multi Eco.</i>	108
Obrázek 29: <i>Schéma provozu jednotky DUPLEX 1000 Inter-H.</i>	110
Obrázek 30: <i>Schéma provozu jednotky DUPLEX 1100 Flexi (3G) RD5.</i>	111
Obrázek 31: <i>Vzduchotechnické schéma jednotky DUPLEX 570 EC5.CP.</i>	113

8 Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba energie určené k provozu typického rodinného domu.	1
Graf 2: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce jeho změny aplikací provětrávané fasády.	21
Graf 3: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a jeho změny kombinací zateplovací metody a flóry.	22
Graf 4: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace VKZS.	23
Graf 5: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace tepelně-izolační omítky YTONG.	24
Graf 6: Porovnání tepelného průběhu současného stavu konstrukce a aplikace vnitřní izolace YTONG Multipor.	25
Graf 7: Energie dopadajícího slunečního záření při stínění v jednotlivých měsících.	41
Graf 8: Porovnání nákladů na vytápění rodinného domu.	53
Graf 9: Porovnání ročních provozních nákladů různých variant větrání.	60
Graf 10: Porovnání variant zdroje tepla 1. etapy - zóny 1.	104
Graf 11: Vyhodnocení navržených úsporných opatření.	105
Graf 12: Porovnání vlivu solárních pasivních zisků na spotřebě objektu.	105
Graf 13: Porovnání měsíční potřeby tepla pro krytí ztrát větrání.	115

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadované a doporučené hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{REC,20}$ dle ČSN 73 0540-2.	14
Tabulka 2: Vlastnosti běžných izolantů.	18
Tabulka 3: Porovnání druhů zasklení z hlediska celkové roční energetické bilance.	35
Tabulka 4: Výsledky analýzy otvorových rámců.	37
Tabulka 5: Výsledky aplikovaných doporučených opatření auditorem.	68
Tabulka 6: Objemové parametry hodnocené budovy.	71
Tabulka 7: Výsledek analýzy uživatelského profilu užívání.	72
Tabulka 8: Teplotní oblasti v zimním období a zatížení větrem v krajině pro vybrané obce v ČR – výtah z normy ČSN 73 0540-3.	73
Tabulka 9: Průměrná měsíční venkovní teplota vzduchu.	73
Tabulka 10: Vypočtené hodnoty návrhových teplot a vlhkostí.	74
Tabulka 11: Měsíční teplotní parametry hodnocené budovy.	75
Tabulka 12: Výsledek výpočtů měrných ztrát prostupem jednotlivých zón $H_{T,zóny}$ a průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} .	77
Tabulka 13: Výsledek výpočtů měrných ztrát prostupem jednotlivých zón $H_{T,ref,zóny}$ a průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ referenční budovy.	78
Tabulka 14: Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.	80
Tabulka 15: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do venkovního prostředí.	84
Tabulka 16: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do sousedního prostoru.	85
Tabulka 17: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do zeminy po 2. etapě.	86
Tabulka 18: Výsledky výpočtů tepelného toku prostupem do zeminy 1. etapy.	89
Tabulka 19: Výpočet tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.	89
Tabulka 20: Požadavky na větrání dle vyhlášky č.410/2005 Sb.	90
Tabulka 21: Stanovení minimální intenzity větrání $n_{min,i}$.	91
Tabulka 22: Návrhové tepelné ztráty větráním.	91
Tabulka 23: Návrhový dodatečný zátopový výkon.	92
Tabulka 24: Návrh tepelného výkonu objektu.	94
Tabulka 25: Parametry Lersen Zeta ECO.	96
Tabulka 26: Technické parametry jednotek ROBUR NEXT G.	98
Tabulka 27: Návrh otopných těles dle tepelných ztrát místností.	99
Tabulka 28: Roční spotřeba tepla dle zadání a).	100

Tabulka 29: <i>Roční spotřeba tepla dle zadání b).</i>	101
Tabulka 30: <i>Roční spotřeba tepla dle zadání c).</i>	102
Tabulka 31: <i>Roční spotřeba tepla dle zadání d).</i>	102
Tabulka 32: <i>Stanovení nejvyšší potřeby průtoku vzduchu zóny 4.</i>	110
Tabulka 33: <i>Stanovení nejvyšší potřeby průtoku vzduchu zóny 5.</i>	112
Tabulka 34: <i>Tepelné ztráty větráním při aplikaci VZT systémů.</i>	114

10 Přílohy

Příloha 1: Grafické znázornění zón

Příloha 2: Výpočty obálky budovy

Příloha 3: Výpočty tepelných toků dle ČSN EN 12831-1

Příloha 4: Otopná soustava a zdroje tepla

Příloha 5: VZT

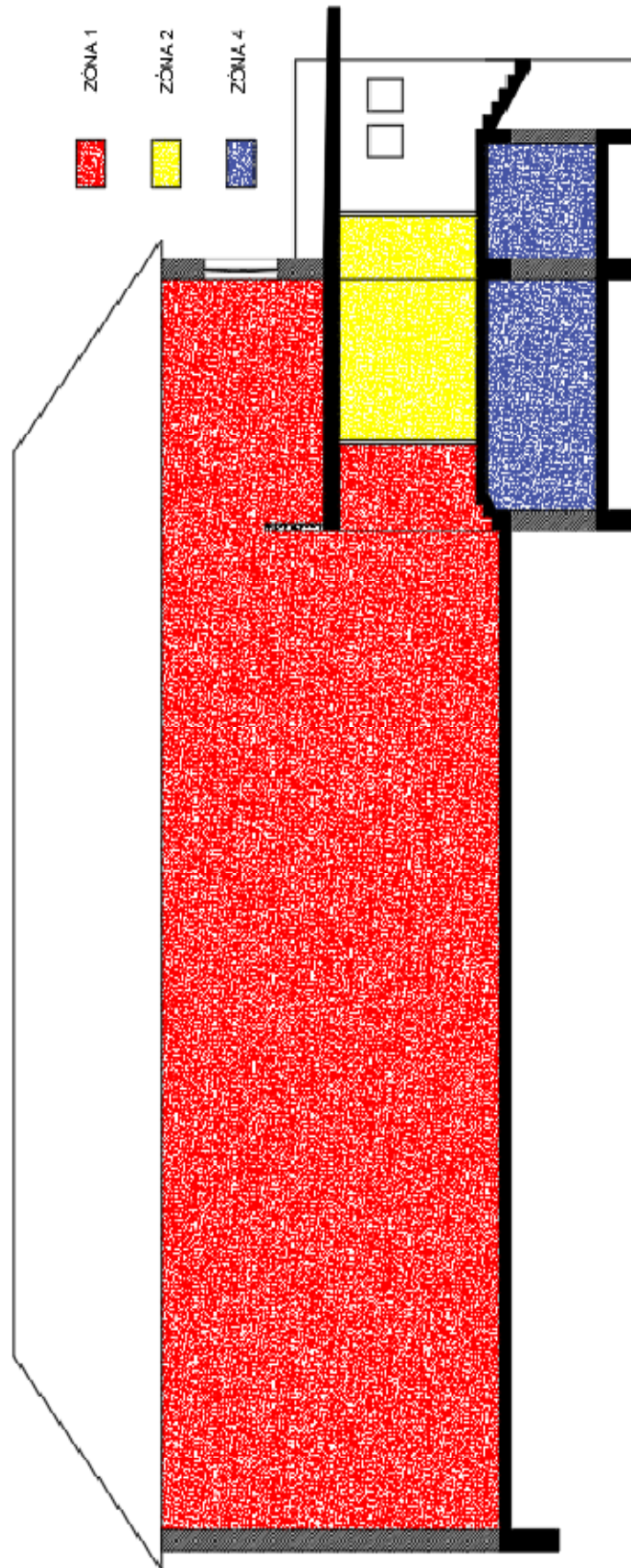
Příloha 6: Vizualizace objektu

Příloha 1 – Grafické znázornění zón

Schéma 1: Půdorys 1.NP se znázorněním zón.



Schéma 2: Bokorys se znázorněním zón.



Příloha 2 – Výpočty obálky budovy

Tab. P2.1: výpočet tepelného odporu R_j [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$] a součinitele prostupu tepla U_j [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] jednotlivých konstrukcí

	Současný sta	Návrh	d	λ	R_{si}	R_{se}	R_j	ΔU_{tbm}	$U_{rec,20,j}$	U_j	Hodnocení	
	Název vrstvy	Název vrstvy	[m]	[$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	[$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	[$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	[$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	[$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	[$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	[$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]		
STN-1 Skeletová konstrukce 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,04	5,743	0,05	0,25	0,2241	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	1,580							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,990							
	4		Minerální izolace ISOVER UNI	0,200	0,038							
	5		Weber tmel	0,003	0,800							
	6		Weber.pas	0,002	0,750							
STN-2 Výplňová konstrukce 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,04	5,464	0,05	0,25	0,2330	VYHOVUJE
	2	Zdivo CP 1	Zdivo CP 1	0,400	0,800							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,990							
	4		Minerál ISOVER UNI	0,180	0,038							
	5		Weber tmel	0,003	0,800							
	6		Weber.pas	0,002	0,750							
STN-3 Výplňová konstrukce 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	Návrh proveden pomocí Online software FSVM 1.0	5,380	0,05	0,25	0,2359	VYHOVUJE	
	2	Zdivo CP 1	Zdivo CP 1	0,400	0,820							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							
	4		Minerální izolace ISOVER UNI	0,180	0,035							
	5		Vzduchová mezera									
	6		Dřevěný obklad	0,028	0,130							
STN-4 Skeletová konstrukce 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	Návrh proveden pomocí Online software FSVM 1.0	5,180	0,05	0,25	0,2431	VYHOVUJE	
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	2,500							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							
	4		Minerální izolace ISOVER UNI	0,180	0,035							
	5		Vzduchová mezera									
	6		Dřevěný obklad	0,028	0,130							
STN-4žk Skeletová konstrukce	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,04	5,241	0,05	0,25	0,2408	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	1,430							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							
	4		Vakuová izolace VakuPRO PIR	0,020	0,007							
	5		součást	0,030	0,022							

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4 a FSVM 1.0

Příloha 2 – Výpočty obálky budovy

Tab. P2.1: pokračování

		Současný stav	Návrh	d	λ	R_{si}	R_{se}	R_j	$\Delta U_{t,bm}$	$U_{rec,20,j}$	U_j	Hodnocení
		Název vrstvy	Název vrstvy	[m]	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	$[m^2 \cdot KW^{-1}]$	$[m^2 \cdot KW^{-1}]$	$[m^2 \cdot KW^{-1}]$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	
STN-5 Nosná konstrukce 300 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,04	5,276	0,05	0,25	0,2395	VYHOVUJE
	2	Zdivo CP 1	Zdivo CP 1	0,250	0,800							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,990							
	4		Minerální izolace ISOVER UNI	0,180	0,038							
	5		Weber tmel	0,003	0,800							
	6		Weber.pas	0,002	0,750							
STN-6 Konstrukce v kontaktu se zeminou 300 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0	5,067	0,05	0,25	0,2473	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,250	1,580							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,990							
	4		DEK XPS	0,160	0,034							
	5		Weber tmel	0,003	0,800							
	6		Hydroizolace	0,004	0,210							
STN-7 Konstrukce v kontaktu se zeminou 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0	5,162	0,02	0,3	0,2137	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	1,580							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,990							
	4		DEK XPS	0,160	0,034							
	5		Weber tmel	0,003	0,800							
	6		Hydroizolace	0,004	0,210							
STK-8 Střešní konstrukce sál Izolace mezi kci a nad kci	1	OSB podhled	OSB podhled	0,015	0,075	0,10	0,10	7,431	0,02	0,20	0,1546	VYHOVUJE
	2	Vzduchová mezera	Vzduchová mezera	0,050	0,294							
	3	Minerální izolace	Minerální izolace	0,160	0,039							
	4	Prkenný záklop	Minerální ISOVER	0,100	0,038							
	5		Prkenný záklop	0,028	0,220							
	6		Odvětrávání a půda		-							
STK-9 Střešní konstrukce byt Izolace mezi a pod krokve	1	VC omítka	SDK a kce	0,013	0,210	0,10	0,04	6,188	0,02	0,16	0,1816	VYHOVUJE POŽADOVANOU 0,24 Malý prostor
	2	Prkenný záklop	Jutafol	0,002	0,390							
	2	Izolace	Minerální ISOVER	0,160	0,038							
	3	Prkenný záklop	Minerální izol. +	0,140	0,079							
	4	krytina plechová	parotěs	Vlivem dimenze zanedbatelné								
5		kce střechy		-								

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4 a FSVM 1.0

Příloha 2 – Výpočty obálky budovy

Tab. P2.1: pokračování

	Současný stav		Návrh		d [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R _{si} [m ² .KW ⁻¹]	R _{se} [m ² .KW ⁻¹]	R _j [m ² .KW ⁻¹]	$\Delta U_{t,bm}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,20,j} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Hodnocení
	Název vrstvy	Název vrstvy	d	λ									
STK-10 Střešní konstrukce terasa	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,10	0,04	8,838	0,02	0,16	0,1331	VYHOVUJE	
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,250	1,580								
	3	EPS izolace	PIR izolace TOP DEK Sky	0,140	0,024								
	4	Střešní fólie	EPS 100 DEK klíny	0,100	0,039								
	5		Střešní fólie	0,018	0,160								
PDL-11 Konstrukce podlahy sál	1	Gumostěrka	Sportovní PVC povrch	0,018	0,170	0,17	0	4,604	0,05	0,30	0,2672	VYHOVUJE	
	2	betonová deska	CemFlow vystužený	0,120	1,200								
	3	Asfalt	EPS 200 DEK EPS	0,140	0,034								
	4	betonová deska	Hydroizolace	0,004	0,210								
	5		betonová deska	0,150	1,360								
PDL-12 Konstrukce podlahy suterén	1	Nátěr	Keramická dlažba	0,012	1,010	0,17	0	2,719	0,05	0,30	0,4178	VYHOVUJE POŽADOVANOU 0,45 - Malý prostor	
	2	betonová deska	CemLevel	0,060	1,100								
	3	Asfalt	EPS 200 DEK EPS	0,080	0,034								
	4	betonová deska	Hydroizolace	0,004	0,210								
	5		betonová deska	0,150	1,360								
PDL-13 Konstrukce podlahy schodiště a WC	1	Keramická dlažba	Keramická dlažba	0,012	1,010	0,17	0	3,068	0,05	0,30	0,3759	VYHOVUJE POŽADOVANOU 0,45	
	2	betonová deska	CemLevel	0,060	1,100								
	3	Asfalt	EPS 100 DEK EPS	0,100	0,037								
	4	betonová deska	Hydroizolace	0,004	0,210								
	5		betonová deska	0,150	1,360								
Kontrola: požadavek vnitřních stěn a stropů s rozdílem teplot do 5 °C a 10°C													
S-1 Výplňová konstrukce 450 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,13	1,319	0,05	1,8	0,8084	VYHOVUJE	
	2	Keramické dutinové tvarovky CP	Keramické dutinové tvarovky CP	0,400	0,820								
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037								

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4 a FSVM 1.0

Příloha 2 – Výpočty obálky budovy

Tab. P2.1: pokračování

		Současný stav	Návrh	d	λ	R_{si}	R_{se}	R_j	ΔU_{tbm}	$U_{rec,20,j}$	U_j	Hodnocení
		Název vrstvy	Název vrstvy	[m]	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{m}^2\cdot\text{KW}^{-1}]$	$[\text{m}^2\cdot\text{KW}^{-1}]$	$[\text{m}^2\cdot\text{KW}^{-1}]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$	
S-2 Výplňová konstrukce 300 mm	1	VC omítka	VC omítka	0,030	0,990	0,13	0,13	1,136	0,05	1,8	0,9305	VYHOVUJE
	2	Keramické dutinové tvarovky CP	Keramické dutinové tvarovky CP	0,250	0,820							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							
S-3 Stropní konstrukce suterén	1	Keramická dlažba	Keramická dlažba	0,012	1,010	0,13	0,13	0,972	0,05	1,8	1,0784	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	2,500							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							
S-3 Stropní konstrukce galerie	1	Parkety	Keramická dlažba	0,012	1,010	0,13	0,13	0,972	0,05	1,8	1,0784	VYHOVUJE
	2	ŽB monolit	ŽB monolit	0,400	2,500							
	3	VC omítka	VC omítka	0,020	0,037							

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4 a FSVM 1.0

Příloha 2 – Výpočty obálky budovy

Tab. P2.2: výpočet součinitelů tepelných toků H_{Tj} [W.K⁻¹] jednotlivých konstrukcí.

Konstrukce	A _j [m ²]	R _j [m ² .KW ⁻¹]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	b _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	H _{Tj} [W.K ⁻¹]	Konstrukce	A _j [m ²]	R _j [m ² .KW ⁻¹]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	b _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	H _{Tj} [W.K ⁻¹]		
Zóna 1 - sál						Zóna 4 - suterén							
STN-1	26,373	5,743	0,224	1,00	5,910	STN-1	9,000	5,743	0,224	1,00	2,017		
STN-2	149,629	5,464	0,233	1,00	34,864	STN-2	9,000	5,464	0,233	1,00	2,097		
STN-3	128,576	5,380	0,236	1,00	30,331	STN-5	2,190	5,276	0,240	1,00	0,525		
STN-4	32,588	5,180	0,243	1,00	7,922	STN-6	39,825	5,067	0,247	0,66	6,500		
STN-4žk	2,933	5,241	0,241	1,00	0,706	STN-7	95,275	5,162	0,214	0,66	13,438		
STN-7	57,050	5,162	0,214	0,66	8,046	PDL-12	131,235	2,719	0,418	0,52	28,512		
STK-8	355,880	7,431	0,155	0,57	31,361	OTV-8.1	0,490	-	0,870	1,15	0,490		
PDL-11	239,800	4,604	0,267	0,51	32,678	OTV-8.2	0,490	-	0,870	1,15	0,490		
OTV-1.1	11,730	-	0,980	1,15	13,220	OTV-8.3	0,490	-	0,870	1,15	0,490		
OTV-1.2	11,730	-	0,980	1,15	13,220	OTV-9.1	1,470	-	0,830	1,15	1,403		
OTV-1.3	11,730	-	0,980	1,15	13,220	OTV-9.2	1,470	-	0,830	1,15	1,403		
OTV-2.1	3,910	-	0,790	1,15	3,552	OTV-10	1,960	-	0,850	1,15	1,916		
OTV-2.2	3,910	-	0,790	1,15	3,552								
OTV-3	11,730	-	0,980	1,15	13,220								
OTV-4.1	3,750	-	1,030	1,15	4,442								
OTV-4.2	3,750	-	1,030	1,15	4,442								
OTV-4.3	3,750	-	1,030	1,15	4,442								
Přirážka tepelné vazby	-	-	0,020	1	21,176	Přirážka tepelné vazby	-	-	0,020	1	5,858		
Celkem zóna 1					246,304	W.K⁻¹	Celkem zóna 4					65,139	W.K⁻¹
Zóna 3 - byt						Zóna 5 - WC							
STN-5	77,950	5,276	0,240	1,00	18,669	STN-2	44,950	5,464	0,233	1,00	10,473		
STK-9	69,640	6,188	0,182	1,00	12,647	STN-7	15,000	5,162	0,214	0,66	2,119		
OTV-5	3,240	-	1,040	1,15	3,875	STK-10	29,160	8,838	0,133	1,00	3,881		
OTV-6.1	2,700	-	1,050	1,15	3,260	PDL-13	24,786	3,068	0,376	0,63	5,870		
OTV-6.2	2,700	-	1,050	1,15	3,260	OTV-12	3,570	-	1,040	1,15	4,270		
OTV-7.1	0,490	-	1,080	1,15	0,609	OTV-13.1	0,490	-	1,080	1,15	0,609		
OTV-7.2	0,490	-	1,080	1,15	0,609	OTV-13.2	0,490	-	1,080	1,15	0,609		
Přirážka tepelné vazby	-	-	0,020	1	3,144	Přirážka tepelné vazby	-	-	0,020	1	2,369		
Celkem zóna 3					46,073	W.K⁻¹	Celkem zóna 5					30,199	W.K⁻¹
Zóna 2 - Vestibul a komunikace													
STN-2	41,210	5,464	0,233	1,00	9,602								
PDL-13	4,454	3,068	0,376	0,63	1,055								
OTV-11	7,440	-	1,060	1,15	9,069								
OTV-14	2,300	-	1,000	1,15	2,645								
OTV-15	14,490	-	1,030	1,15	17,163								
STN-5	10,620	5,276	0,240	1,00	2,549								
Přirážka tepelné vazby	-	-	0,020	1	1,610								
Celkem zóna 2					43,694	W.K⁻¹							
Celkem										431,407	W.K⁻¹		
Zóna 1 - sál										246,304	W.K⁻¹		
Zóna 2 - vestibul a komunikace										43,694	W.K⁻¹		
Zóna 3 - byt										46,073	W.K⁻¹		
Zóna 4 - suterén										65,139	W.K⁻¹		
Zóna 5 - WC										30,199	W.K⁻¹		

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4, ČSN 73 0540-3

Tab. P2.3: výpočet součinitelů tepelných toků H_{Tj} [$W.K^{-1}$] původních konstrukcí.

Konstrukce	A_j [m^2]	U_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	b_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	H_{Tj} [$W.K^{-1}$]	Konstrukce	A_j [m^2]	U_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	b_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	H_{Tj} [$W.K^{-1}$]
STN-1	35,373	2,161	1,00	76,448	OTV-4.1	3,750	2,200	1,15	9,488
STN-2	244,789	1,438	1,00	351,982	OTV-4.2	3,750	2,200	1,15	9,488
STN-3	128,576	1,462	1,00	187,952	OTV-4.3	3,750	2,200	1,15	9,488
STN-4	32,588	2,678	1,00	87,274	OTV-5	3,240	2,200	1,15	8,197
STN-4žk	2,933	1,030	1,00	3,021	OTV-6.1	2,700	2,200	1,15	6,831
STN-5	90,760	1,926	1,00	174,822	OTV-6.2	2,700	2,200	1,15	6,831
STN-6	39,825	3,002	0,66	78,911	OTV-7.1	0,490	2,200	1,15	1,240
STN-7	167,325	2,326	0,66	256,860	OTV-7.2	0,490	2,200	1,15	1,240
STK-8	355,880	0,362	0,57	73,453	OTV-8.1	0,490	2,200	1,15	1,240
STK-9	69,640	0,411	1,00	28,615	OTV-8.2	0,490	2,200	1,15	1,240
STK-10	29,160	0,439	1,00	12,798	OTV-8.3	0,490	2,200	1,15	1,240
PDL-11	239,800	2,431	0,51	297,306	OTV-9.1	1,470	2,200	1,15	3,719
PDL-12	131,235	3,754	0,52	256,161	OTV-9.2	1,470	2,200	1,15	3,719
PDL-13	29,240	4,217	0,63	77,677	OTV-10	1,960	2,200	1,15	4,959
OTV-1.1	11,730	2,200	1,15	29,677	OTV-11	7,440	2,200	1,15	18,823
OTV-1.2	11,730	2,200	1,15	29,677	OTV-12	3,570	2,200	1,15	9,032
OTV-1.3	11,730	2,200	1,15	29,677	OTV-13.1	0,490	2,200	1,15	1,240
OTV-2.1	3,910	2,200	1,15	9,892	OTV-13.2	0,490	2,200	1,15	1,240
OTV-2.2	3,910	2,200	1,15	9,892	OTV-14	2,300	2,200	1,15	5,819
OTV-3	11,730	2,200	1,15	29,677	OTV-15	14,490	2,200	1,15	36,660
Přirážka tepelné vazby	-	0,100	1	170,788					
Celkem							2414,291		$W.K^{-1}$

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4, ČSN 73 0540-3

Tab. P2.4: výpočet součinitelů tepelných toků $H_{T,ref,j}$ [$W.K^{-1}$] referenčních konstrukcí.

Konstrukce	A_j [m^2]	$U_{rec,20,j}$ [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	b_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	$H_{T,ref,j}$ [$W.K^{-1}$]	Konstrukce	A_j [m^2]	$U_{rec,20,j}$ [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	b_j [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	$H_{T,ref,j}$ [$W.K^{-1}$]
Zóna 1 - sál					Zóna 4 - suterén				
STN-1	26,373	0,300	1,00	7,912	STN-1	9,000	0,300	1,00	2,700
STN-2	149,629	0,300	1,00	44,889	STN-2	9,000	0,300	1,00	2,700
STN-3	128,576	0,300	1,00	38,573	STN-5	2,190	0,300	1,00	0,657
STN-4	32,588	0,300	1,00	9,776	STN-6	39,825	0,300	0,66	7,885
STN-4žk	2,933	0,300	1,00	0,880	STN-7	95,275	0,300	0,66	18,864
STN-7	57,050	0,300	0,66	11,296	PDL-12	131,235	0,450	0,52	30,709
STK-8	355,880	0,300	0,57	60,855	OTV-8.1	0,490	1,500	1,00	0,735
PDL-11	239,800	0,450	0,51	55,034	OTV-8.2	0,490	1,500	1,00	0,735
OTV-1.1	11,730	1,500	1,15	20,234	OTV-8.3	0,490	1,500	1,00	0,735
OTV-1.2	11,730	1,500	1,15	20,234	OTV-9.1	1,470	1,500	1,00	2,205
OTV-1.3	11,730	1,500	1,15	20,234	OTV-9.2	1,470	1,500	1,00	2,205
OTV-2.1	3,910	1,500	1,15	6,745	OTV-10	1,960	1,500	1,00	2,940
OTV-2.2	3,910	1,500	1,15	6,745					
OTV-3	11,730	1,500	1,15	20,234					
OTV-4.1	3,750	1,500	1,15	6,469					
OTV-4.2	3,750	1,500	1,15	6,469					
OTV-4.3	3,750	1,500	1,15	6,469					
Přirážka tepelné vazby	-	0,020	1	21,176	Přirážka tepelné vazby	-	0,020	1	5,858
Celkem zóna 1			364,224	$W.K^{-1}$	Celkem zóna 4			78,929	$W.K^{-1}$
Zóna 3 - byt					Zóna 5 - WC				
STN-5	77,950	0,300	1,00	23,385	STN-2	44,950	0,300	1,00	13,485
STK-9	69,640	0,240	1,00	16,714	STN-7	15,000	0,300	0,66	2,970
OTV-5	3,240	1,500	1,00	4,860	STK-10	29,160	0,240	1,00	6,998
OTV-6.1	2,700	1,500	1,00	4,050	PDL-13	24,786	0,450	0,63	7,027
OTV-6.2	2,700	1,500	1,00	4,050	OTV-12	3,570	1,500	1,00	5,355
OTV-7.1	0,490	1,500	1,00	0,735	OTV-13.1	0,490	1,500	1,00	0,735
OTV-7.2	0,490	1,500	1,00	0,735	OTV-13.2	0,490	1,500	1,00	0,735
Přirážka tepelné vazby	-	0,020	1	3,144	Přirážka tepelné vazby	-	0,020	1	2,369
Celkem zóna 3			57,673	$W.K^{-1}$	Celkem zóna 5			39,674	$W.K^{-1}$
Zóna 2 - Vestibul a komunikace									
STN-2	41,210	0,300	1,00	12,363					
PDL-13	4,454	0,450	0,63	1,263					
OTV-11	7,440	1,700	1,00	12,648					
OTV-14	2,300	1,500	1,00	3,450					
OTV-15	14,490	1,700	1,00	24,633					
STN-5	10,620	0,300	1,00	3,186					
Přirážka tepelné vazby	-	0,020	1	1,610					
Celkem zóna 2			57,543	$W.K^{-1}$					
Celkem									
Zóna 1 - sál								364,224	$W.K^{-1}$
Zóna 2 - vestibul a komunikace								57,543	$W.K^{-1}$
Zóna 3 - byt								57,673	$W.K^{-1}$
Zóna 4 - suterén								78,929	$W.K^{-1}$
Zóna 5 - WC								39,674	$W.K^{-1}$

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-2, ČSN 73 0540-4 a FSVM 1.0

Příloha 3 – Výpočty tepelných toků dle ČSN EN 12831-1

Tab. P3.1: výpočet měrného tepelného toku $H_{T,ie}$ [$W.K^{-1}$]

ZÓNA	typ konstrukce	A_k [m^2]	1. etapa		2. etapa		$f_{U,k}$ [-]	f_1 [-]	f_2 [-]	$f_{ie,k}$ [-]	1. etapa	2. etapa
			U_k [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	ΔU_{TB} [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	U_k [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	ΔU_{TB} [$W.m^{-2}.K^{-1}$]					$H_{Tn,ie,k}$ [$W.K^{-1}$]	$H_{Tp,ie,k}$ [$W.K^{-1}$]
ZÓNA 1	STN-1	26,37	2,161	0,1	0,224	0,02	1	1	0,05	1,05	62,611	6,757
	STN-2	149,63	1,438	0,1	0,233	0,02	1	1	0,05	1,05	241,636	39,749
	STN-3	128,58	1,462	0,1	0,236	0,02	1	1	0,05	1,05	210,877	34,561
	STN-4	32,59	2,678	0,1	0,243	0,02	1	1	0,05	1,05	95,056	8,999
	STN-4řk	2,93	1,030	0,1	0,241	0,02	1	1	0,10	1,10	3,646	0,842
	STK-8	355,88	0,362	0,1	0,155	0,02	1	1	0,12	1,12	184,512	69,891
	OTV-1.1	11,73	0,980	0,1	0,980	0,02	1	1	0,07	1,07	13,513	12,512
	OTV-1.2	11,73	0,980	0,1	0,980	0,02	1	1	0,07	1,07	13,513	12,512
	OTV-1.3	11,73	0,980	0,1	0,980	0,02	1	1	0,07	1,07	13,513	12,512
	OTV-2.1	3,91	0,790	0,1	0,790	0,02	1	1	0,00	1,00	3,480	3,167
	OTV-2.2	3,91	0,790	0,1	0,790	0,02	1	1	0,00	1,00	3,480	3,167
	OTV-3	11,73	1,030	0,1	1,030	0,02	1	1	0,00	1,00	13,255	12,317
	OTV-4.1	3,75	1,030	0,1	1,030	0,02	1	1	0,00	1,00	4,238	3,938
	OTV-4.2	3,75	1,030	0,1	1,030	0,02	1	1	0,00	1,00	4,238	3,938
OTV-4.3	3,75	1,030	0,1	1,030	0,02	1	1	0,00	1,00	4,238	3,938	
Celkem			871,804		228,798					$W.K^{-1}$		
ZÓNA 2	STN-2	41,21	1,438	0,1	0,233	0,02	1	1	0,00	1,00	63,381	10,426
	STN-5	10,62	1,926	0,1	0,24	0,02	1	1	0,05	1,05	22,592	2,899
	OTV-11	7,44	1,060	0,1	1,06	0,02	1	1	0,00	1,00	8,630	8,035
	OTV-14	2,30	1,000	0,1	1	0,02	1	1	0,00	1,00	2,530	2,346
	OTV-15	14,19	1,030	0,1	1,03	0,02	1	1	0,07	1,07	17,104	15,893
Celkem			114,237		39,599					$W.K^{-1}$		
ZÓNA 3	STN-5	77,95	1,926	0,1	0,24	0,02	1	1	0,00	1,00	157,927	20,267
	STK-9	69,64	0,411	0,1	0,182	0,02	1	1	0,00	1,00	35,586	14,067
	OTV-5	3,24	1,040	0,1	1,04	0,02	1	1	0,00	1,00	3,694	3,434
	OTV-6.1	2,70	1,050	0,1	1,05	0,02	1	1	0,00	1,00	3,105	2,889
	OTV-6.2	2,70	1,050	0,1	1,05	0,02	1	1	0,00	1,00	3,105	2,889
	OTV-7.1	0,49	1,080	0,1	1,08	0,02	1	1	0,00	1,00	0,578	0,539
	OTV-7.2	0,49	1,080	0,1	1,08	0,02	1	1	0,00	1,00	0,578	0,539
Celkem			204,573		44,625					$W.K^{-1}$		
ZÓNA 4	STN-1	9,00	2,161	0,1	0,244	0,02	1	1	0,00	1,00	20,349	2,376
	STN-2	9,00	1,438	0,1	0,233	0,02	1	1	0,00	1,00	13,842	2,277
	STN-5	2,19	1,926	0,1	0,24	0,02	1	1	0,00	1,00	4,437	0,569
	OTV-8.1	0,49	0,870	0,1	0,87	0,02	1	1	0,00	1,00	0,475	0,436
	OTV-8.2	0,49	0,870	0,1	0,87	0,02	1	1	0,00	1,00	0,475	0,436
	OTV-8.3	0,49	0,870	0,1	0,87	0,02	1	1	0,00	1,00	0,475	0,436
	OTV-9.1	1,47	0,830	0,1	0,83	0,02	1	1	0,00	1,00	1,367	1,250
	OTV-9.2	1,47	0,830	0,1	0,83	0,02	1	1	0,00	1,00	1,367	1,250
	OTV-10	1,96	0,850	0,1	0,85	0,02	1	1	0,00	1,00	1,862	1,705
Celkem			44,650		10,735					$W.K^{-1}$		
ZÓNA 5	STN-2	44,95	1,438	0,1	0,233	0,02	1	1	0,00	1,00	69,133	11,372
	STK-10	29,16	0,439	0,1	0,133	0,02	1	1	0,00	1,00	15,717	4,461
	OTV-12	3,57	1,040	0,1	1,04	0,02	1	1	0,00	1,00	4,070	3,784
	OTV-13.1	0,49	1,080	0,1	1,08	0,02	1	1	0,00	1,00	0,578	0,539
	OTV-13.2	0,49	1,080	0,1	1,08	0,02	1	1	0,00	1,00	0,578	0,539
	PDL-13	12,90	4,217	0,1	0,3759	0,02	1	1	0,00	1,00	55,689	5,107
Celkem			145,766		25,803					$W.K^{-1}$		
Celkem					$H_{Te1,ie,z}$					$H_{Te2,ie,z}$		
Zóna 1 - sál					871,804					228,798		$W.K^{-1}$
Zóna 2 - vestibul a komunikace					114,237					39,599		$W.K^{-1}$
Zóna 3 - byt					204,573					44,625		$W.K^{-1}$
Zóna 4 - suterén					44,650					10,735		$W.K^{-1}$
Zóna 5 - WC					145,766					25,803		$W.K^{-1}$
$H_{Te1,ie,z}$... měrný tepelný tok prostupem do venkovního prostředí po 1. etapě dané zóny											
$H_{Te2,ie,z}$... měrný tepelný tok prostupem do venkovního prostředí po 2. etapě dané zóny											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN EN 12831-1

Tab. P3.2: Výpočet měrného tepelného toku $H_{T,iaBE}$ [$W.K^{-1}$]

ZÓNA	typ konstrukce	A_k [m^2]	U_k [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	$\theta_{int,i}$ [°C]	θ_x [°C]	θ_e [°C]	$f_1=f_{iaBE,k}$ [-]	$H_{T,iaBE,k}$ [$W.K^{-1}$]	
ZÓNA 1	ZÓNA 2	S-1	49,25	0,808	16	15	-13	0,03	1,373
		S-3	55,00	1,078	16	15	-13	0,03	2,045
		OTV-20	6,24	2,200	16	15	-13	0,03	0,473
		OTV-21	2,46	2,200	16	15	-13	0,03	0,187
		OTV-23	2,05	2,200	16	15	-13	0,03	0,156
	ZÓNA 4	S-1	5,28	0,808	16	20	-13	-0,14	-0,589
Celkem ztráty (+) / zisky (-) zóny 1								3,645 $W.K^{-1}$	
ZÓNA 2	ZÓNA 1	S-1	49,25	0,808	15	16	-13	-0,04	-1,422
		S-3	55,00	1,078	15	16	-13	-0,04	-2,118
		OTV-20	6,24	2,200	15	16	-13	-0,04	-0,490
		OTV-21	2,46	2,200	15	16	-13	-0,04	-0,193
		OTV-23	2,05	2,200	15	16	-13	-0,04	-0,161
	ZÓNA 3	S-1	25,20	0,808	15	20	-13	-0,18	-3,635
		OTV-24	1,85	2,200	15	20	-13	-0,18	-0,725
	ZÓNA 4	S-3	60,50	1,078	15	20	-13	-0,18	-11,651
	ZÓNA 5	S-2	20,28	0,931	15	24	-13	-0,32	-6,066
		OTV-25	1,64	2,200	15	24	-13	-0,32	-1,160
		OTV-26	1,64	2,200	15	24	-13	-0,32	-1,160
		OTV-27	1,44	2,200	15	24	-13	-0,32	-1,015
		OTV-28	1,44	2,200	15	24	-13	-0,32	-1,015
Celkem ztráty (+) / zisky (-) zóny 2								-30,810 $W.K^{-1}$	
ZÓNA 3	ZÓNA 2	S-1	25,20	0,808	20	15	-13	0,15	3,084
		OTV-24	1,85	2,200	20	15	-13	0,15	0,615
	ZÓNA 4	S-3	59,45	1,078	20	20	-13	0,00	0,000
Celkem ztráty (+) / zisky (-) zóny 2								3,699 $W.K^{-1}$	
ZÓNA 4	ZÓNA 1	S-1	5,28	0,808	20	16	-13	0,12	0,517
	ZÓNA 2	S-3	60,50	1,078	20	15	-13	0,15	9,885
ZÓNA 3	S-3	59,45	1,078	20	20	-13	0,00	0,000	
Celkem ztráty (+) / zisky (-) zóny 2								9,885 $W.K^{-1}$	
ZÓNA 5	ZÓNA 2	S-2	20,28	0,931	24	15	-13	0,24	4,590
		OTV-25	1,64	2,200	24	15	-13	0,24	0,878
		OTV-26	1,64	2,200	24	15	-13	0,24	0,878
		OTV-27	1,44	2,200	24	15	-13	0,24	0,768
	OTV-28	1,44	2,200	24	15	-13	0,24	0,768	
Celkem ztráty (+) / zisky (-) zóny 2								5,358 $W.K^{-1}$	
Celkem									
Zóna 1 - sál							3,645	$W.K^{-1}$	
Zóna 2 - vestibul a komunikace							-30,810	$W.K^{-1}$	
Zóna 3 - byt							3,699	$W.K^{-1}$	
Zóna 4 - suterén							9,885	$W.K^{-1}$	
Zóna 5 - WC							5,358	$W.K^{-1}$	
Kladné hodnoty znamenají tepelné toky směřované z dané zóny do jiné. Záporné hodnoty jsou tepelné zisky dané zóny.									

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN EN 12831-1

Tab. P3.3: Výpočet měrného tepelného toku prostupem do zeminy $H_{Te2,ig,z}$ [$W.K^{-1}$]

ZÓNA	označení konstrukce	A_k [m ²]	P [m]	a [-]	b [-]	c_1 [-]	c_2 [-]	c_3 [-]	n_1 [-]	n_2 [-]	n_3 [-]	z [m]	d [-]	U_k [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	ΔU_{TB} [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{e,m}$ [°C]	θ_e [°C]	$f_{ig,k}=f_1$ [-]	$f_{GW,k}$ [-]	$H_{T,ig,k}$ [$W.K^{-1}$]	$H_{T,ig}$ [$W.K^{-1}$]
ZÓNA 1	PDL-11	239,80	54,60	0,967	-7,455	10,760	9,773	0,027	0,553	0,603	-0,930	0,10	-0,020	0,267	0,020	16,0	3,9	-13,0	0,417	1,15	31,416	45,380
	STN-7	57,05	-	0,933	-2,155	0,001	1,466	0,101	0,001	0,453	-1,007	0,50	-0,069	0,214	0,020	16,0	3,9	-13,0	0,417	1,15	13,964	
ZÓNA 2	PDL-13	4,45	2,50	0,967	-7,455	10,760	9,773	0,027	0,553	0,603	-0,930	0,10	-0,020	0,376	0,020	15,0	3,9	-13,0	0,396	1,15	0,857	0,000
ZÓNA 3																						
ZÓNA 4	PDL-12	131,24	30,90	0,967	-7,455	10,760	9,773	0,027	0,553	0,603	-0,930	1,60	-0,020	0,418	0,020	20,0	3,9	-13,0	0,488	1,00	20,285	50,353
	STN-6	39,83	-	0,933	-2,155	0,001	1,466	0,101	0,001	0,453	-1,007	1,60	-0,069	0,247	0,020	20,0	3,9	-13,0	0,488	1,00	9,773	
	STN-7	95,28	-	0,933	-2,155	0,001	1,466	0,101	0,001	0,453	-1,007	1,60	-0,069	0,214	0,020	20,0	3,9	-13,0	0,488	1,00	20,294	
ZÓNA 5	PDL-13	11,89	5,80	0,967	-7,455	10,760	9,773	0,027	0,553	0,603	-0,930	0,10	-0,020	0,376	0,020	15,0	3,9	-13,0	0,396	1,15	2,217	5,541
	STN-7	15,00	-	0,933	-2,155	0,001	1,466	0,101	0,001	0,453	-1,007	0,80	-0,069	0,214	0,020	15,0	3,9	-13,0	0,396	1,15	3,325	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN EN 12831-1

Tab. P3.4: Výpočet měrného tepelného toku prostupem do zeminy $H_{Te1,ig,z}$ [$W.K^{-1}$]

ZÓNA	typ konstrukce	A_k [m ²]	d_{wre} [m]	λ_g [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	R_{sj} [$m^2.K.W^{-1}$]	$R_{f,sog}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	R_{se} [$m^2.K.W^{-1}$]	$d_{f,sog}$ [m]	$d_{w,b}$ [m]	z [m]	P [m]	$U_{fig,sog}$ [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	$H_{Te1,ig,z}$ [$W.K^{-1}$]
ZÓNA 1	PDL-11	239,80	0,27	2,00	0,17	0,75	0,00	2,11			54,60	0,36	129,037
ZÓNA 2	PDL-13	4,45	0,27	2,00	0,17	0,21	0,00	1,03			2,50	0,81	5,609
ZÓNA 3													0,000
ZÓNA 5	PDL-13	11,89	0,27	2,00	0,17	0,21	0,00	1,03			5,80	0,75	13,547
ZÓNA 4													
ZÓNA 4	PDL-12	131,24	0,26	2,00	0,17	0,20	0,00	0,99	1,60	1,60	30,90	0,39	181,603
	STN-6	39,83		2,00	0,13	0,21	0,00	0,68	1,60	1,60	-	0,99	1,15
	STN-7	95,28		2,00	0,13	0,30	0,00	0,87	1,60	1,60	-	0,99	0,99

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN EN ISO 13370

Příloha 4 – Otopná soustava a zdroje tepla

De Dietrich

CHARAKTERISTIKA PRODUKTOVÉ ŘADY

HPI S

Teplná čerpadla HPI S jsou vždy v provedení SPLIT a skládají se z venkovní jednotky AWHP a vnitřního modulu MIT-S, které jsou propojeny chladícím potrubím.

VENKOVNÍ JEDNOTKY AWHP...

Venkovní jednotky AWHP 4,5 až 27 kW jsou stejné pro všechna provedení tepelných čerpadel HPI S. Pracují na principu vzduch/voda a používají se pro instalace v konfiguraci Split.

hlavní části

- Kompresor Twin Rotary nebo Scroll s frekvenčním měničem pro modulaci otáček
- Hliníkový lamelový výměník - výparník
- 1 nebo 2 helikoidní ventilátory (podle modelu) s proměnnými otáčkami
- Nádoba chladiva (Power Receiver) pro ochranu kompresoru a zvýšení účinnosti
- 4-cestný ventil pro přepínání topení/chlazení (defrost)
- 2 elektronické expanzní ventily, presostat HP
- Elektronika pro řízení chodu venkovní jednotky

MODEL	NAPÁJENÍ	VÝKONY	
		TOPENÍ KW (1)	CHLAZENÍ KW (2)
AWHP 4,5 MR	230V/1 fáze	4,6	3,8
AWHP 6 MR	230V/1 fáze	5,82	4,69
AWHP 8 MR	230V/1 fáze	7,9	7,9
AWHP 11 TR	400V/3 fáze	11,39	11,16
AWHP 16 TR	400V/3 fáze	14,65	14,46
AWHP 22 TR	400V/3 fáze	19,4	17,7
AWHP 27 TR	400V/3 fáze	24,4	22,2

(1) Při parametru +7/35°C
(2) Při parametru +18/35°C

VNITŘNÍ MODUL MIT-S (E/H)

Závěsná varianta vnitřního modulu i pro velmi složité otopné/chladicí soustavy. Velice variabilní řešení v kombinaci s různými zásobníky TV vhodné pro novostavby i rekonstrukce, které lze použít jako samostatný zdroj tepla i v kaskádě až 8-mi strojů. Integrovaná akumulací nádrž pro snazší řešení hydrauliky systémů.

hlavní části

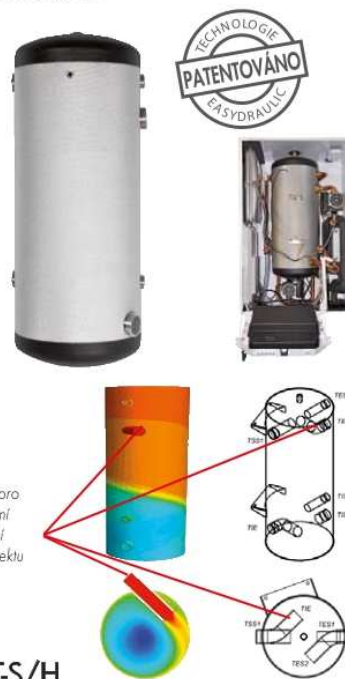
- Ekvitermní regulace Diematic Evolution pro řízení jednoho přímého a až tří smíšených topných okruhů
- Možnost přípravy TV v jednom nebo dvou nezávislých externích zásobnících (pomocí přepínacího ventilu, nabíjecího čerpadla, čerpadla topného okruhu)
- Kondenzátor tvořený nerezovým deskovým výměníkem
- Oddělovací zásobník 40l, expanzní nádoba topné vody 10 litrů
- Elektronický manometr, elektronický průtokoměr
- Oběhová čerpadla EEI-Q,23 (přímá s PWM regulací otáček)
- Pojistný ventil 3bar, automatické odvzdušnění, uzavírací kohouty
- Magnetický filtr na vstupu do kondenzátoru
- Provedení E: s vestavěným elektrokotlem a H pro připojení externího kotle (bez dohřevu)

Integrovaná patentovaná oddělovací nádrž 40 litrů

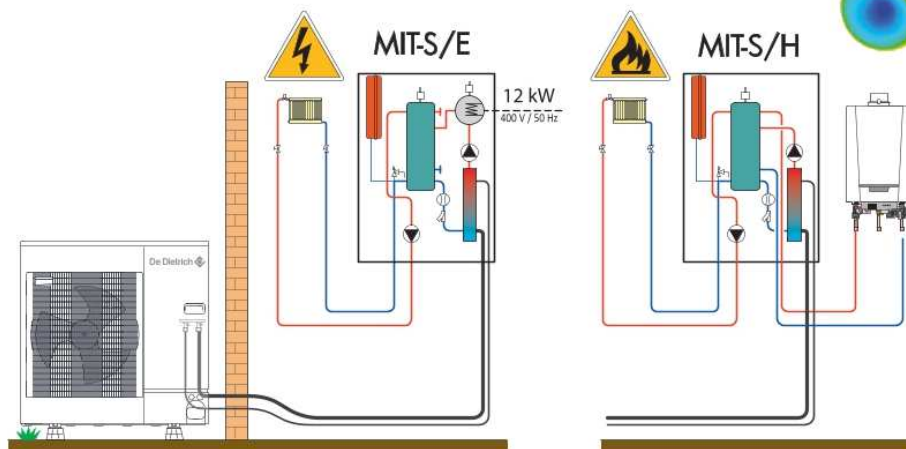
- Hydraulické oddělení tlaků existujících rozvodů
- Hydraulické oddělení tlaků víceokruhových otopných/chladicích soustav (vytápění, teplá voda, chlazení, bazén atd.)
- Přidaný objem vody omezuje riziko krátkého cyklu kompresoru
- Prolužuje životnost instalace v případě uzavírání systému nadřazenou regulací
- Energetická rezerva v případě odmrazování (neodebírá teplo ze systému)
- Parotěsná tepelná izolace pro topení i chlazení
- Umožňuje připojení externího kotle jako dohřevu (provedení H)
- Patentovaná technologie pro vytvoření efektu Vortex umožňuje vytvořit a udržet teplotní vrstvení v zásobníku
- Snižuje teplotní ztráty na výstupu

Možnosti bivalentního dohřevu

- Provedení E: vestavěný elektrokotel 12 kW (400V/3 fáze)
- Provedení H: vývody pro připojení externího kotle (plyn, tuhá paliva atd.)



Trubice pro usměrnění proudění (vznik efektu Vortex)



TECHNICKÉ ÚDAJE TEPELNÝCH ČERPADEL

HPI S

Hodnoty certifikované dle EN 14 511. Pro správný návrh výkonu použijte hodnoty **MAX** na straně 6.

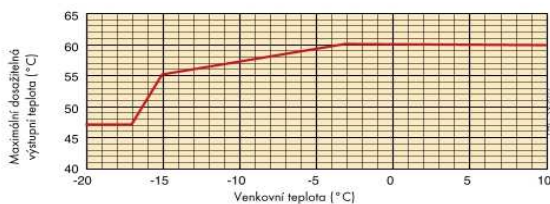
Model	HPI S	4,5 MR	6 MR	8 MR	11 TR	16 TR	22 TR	27 TR
Energetická účinnost vytápění ERP 3,5 °C		A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A++	A+
Topný výkon při +7 °C/+35 °C	kW	4,60	5,87	8,26	10,56	14,19	21,7	24,4
COP při +7 °C/+35 °C		5,11	4,18	4,27	4,18	4,22	3,96	3,80
Topný výkon při +2 °C/+35 °C	kW	3,47	3,74	5,93	10,19	11,38	16,11	14,7
COP při +2 °C/+35 °C		3,97	3,3	3,12	3,2	3,22	3,13	3,13
Topný výkon při -7 °C/+35 °C	kW	2,79	4,02	5,6	8,09	10,32	13,81	13,8
COP při -7 °C/+35 °C		3,07	2,56	2,7	2,88	2,89	2,59	2,26
Příkon +7 °C/+35 °C	kWe	0,9	1,41	1,93	2,53	3,36	5,48	6,42
Chladicí výkon +35 °C/+18 °C	kW	3,8	4,69	7,9	11,16	14,46	17,65	22,2
COP chlazení +35 °C/+18 °C		4,28	4,09	3,99	4,68	4,43	3,8	3,8
Chladicí výkon +35 °C/+7 °C	kW	4,0	3,13	4,98	7,43	7,19	9,3	11,7
COP chlazení +35 °C/+7 °C		2,73	3,14	2,7	3,34	3,58	2,9	2,9
Příkon +35 °C/+18 °C	kWe	0,89	1,15	2,0	2,35	3,65	4,65	5,84
Jmenovitý průtok vody $\Delta t = 5$ K	m ³ /h	0,79	1,01	1,42	1,82	2,45	3,3	4,2
Dispoziční tlak při jmenovitém průtoku $\Delta t = 10$ K	kPa	82	81	80	77	74	67	55
Jmenovitý průtok vzduchu	m ³ /h	2680	2700	3000	6000	6000	8400	8400
Napájecí napětí venkovní jednotky	V	230 V mono	230 V mono	230 V mono	400 V tri	400 V tri	400 V tri	400 V tri
Akustický výkon - vnitřní [1]	dB(A)	43	43	51	51	51	43	43
Akustický výkon - vnější [2]	dB(A)	58	65	65	69	69	77	77
Max. délka potrubí bez doplnění chladiva	m	7	10	10	10	10	30	30

TEPLOTA VÝSTUPNÍ VODY

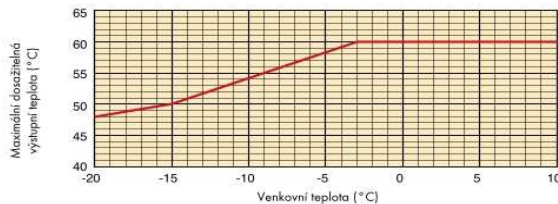
Teplná čerpadla HPI S mohou ohřívat topnou vodu až 60 °C

Graf znázorňuje průběh maximální výstupní teploty v závislosti na venkovní teplotě.

HPI S 11 a 16 TR



HPI S 22 a 27 TR



*Zdroj: De Dietrich – Projekční podklady HPI S

Příloha 4 – Otopná soustava a zdroje tepla

Výkres č.1 je uložen v zadní straně desek diplomové práce.

Příloha 5 –VZT

VZT zóny 1

Jednotka	DUPLEX 1500 Multi Eco	Specifikace:	DUPLEX 1500 Multi Eco / 30/8 - Me.119.EC1 - Mi.119.EC1 - S7.C - Fe.K4 - Fi.K4 - B.LM24A - E.2100 - Ke.LF24 - Ki.LF24 - H.D315- aM-CL - CF.1000 - aM-XCF - PFe - PFi - SW - EXTCM.6.s - aDot (W) - ANS 110 - ErP 2016, 2018
----------	------------------------------	--------------	---

Typ jednotky

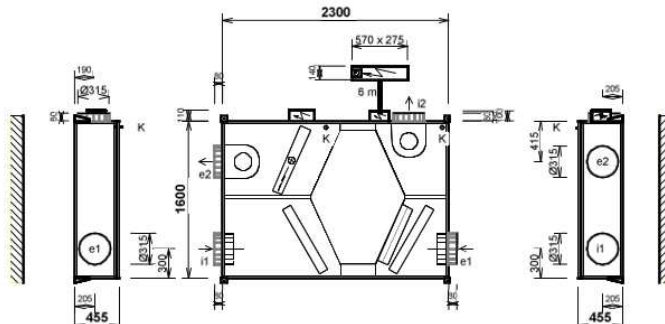
- Vnitřní s protiproudým rekuperátorem
- Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.



Provedení **30/8** podstropní

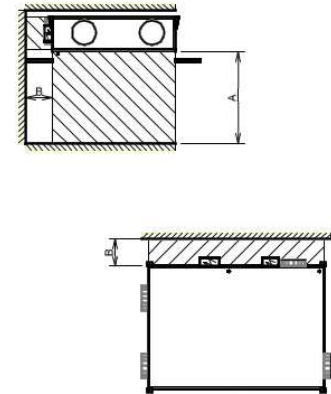
Hmotnost: cca 288 kg, Dodávka jednotky vcelku

pohled shora (ze zadní strany)



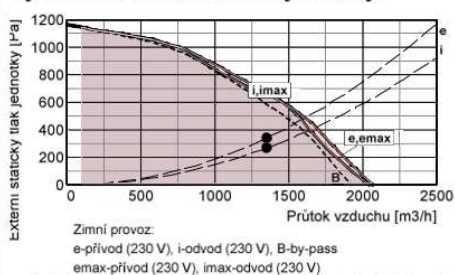
hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (OD)	Ø 315 mm	uzavírací klapka
e2	e2 - přiváděný vzduch (SU)	Ø 315 mm	
i1	i1 - odváděný vzduch (ET)	Ø 315 mm	uzavírací klapka
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	Ø 315 mm	
K	výstup kondenzátu	2x Ø 32/40 mm	

Manipulační prostor



A	otvírání dveří pod jednotkou, odvod kondenzátu	min. 1200 mm
B	regulační modul	min. 350 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



Jednotka obsahuje ventilátory vybavené EC technologií s funkcí regulace na konstantní průtok. Tyto ventilátory jsou plynule regulovatelné v celé vyznačené oblasti.

Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu L_{wA} (dB)

Frekvence [Hz]	Total dB (A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1	60	49	53	56	49	53	48	41	27
výtlač e2	85	65	72	82	77	78	76	70	63
sání i1	59	46	49	57	51	48	41	34	<25
výtlač i2	84	67	76	80	77	77	75	69	61
plášť do okolí	63	47	53	59	58	53	49	35	<25

Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provozovou ventilátorů je změněn podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hrdlech je změněn podle normy ISO 5136.

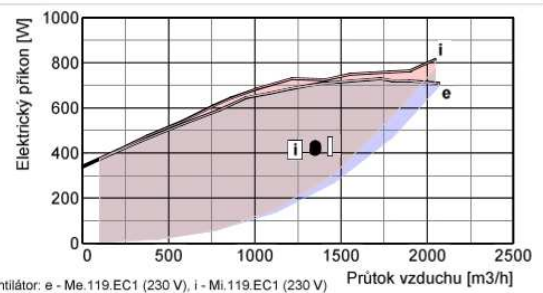
Hladina akustického tlaku L_{pA} (dB)

plášť do okolí	43	26	32	39	38	33	28	<25	<25
----------------	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provozovou ventilátorů je změněna podle normy ISO 3744.

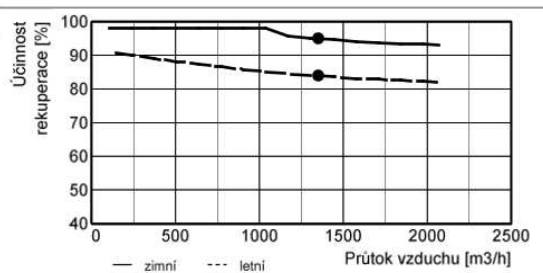
Ventilátory

	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	1350	1350
Externí statický tlak jednotky	Pa	342	270
Napětí (jmenovité)	V	230	230
Příkon (v pracovním bodě)	kW	0,43	0,41
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2509	2424
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	0,78	0,78
Max. proud (pro dimenzování)	A	3,9	3,9
SFP	W.h/m ³	0,318	0,307
Typ ventilátorů	Me.119	Mi.119	
Druh ventilátorů (s proměnlivými otáčkami)	EC1	EC1	



Rekupační výměník

	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	1350	1350
Vstupní teplota	°C	-13	18
Výstupní teplota	°C	16	-5
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	9	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	95 (84)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	13,8 (5,9)	
Tvorba kondenzátu	l/h	4,4	
Typ rekupačního výměníku		S7.C rekupační	



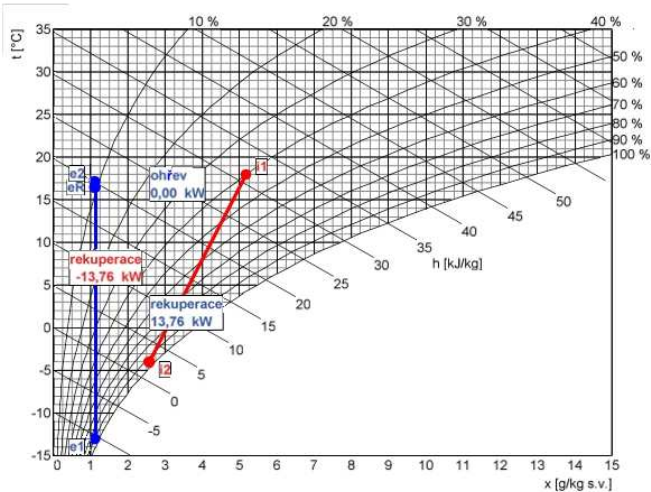
Příloha 5 - VZT

Elektrický ohřivač		přívod		
Vzduchové množství	m ³ /h	1350		
Vstupní teplota (před ohřivačem)	°C	16		
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	16		
Topný výkon	kW	0,0		
Max. topný výkon	kW	2,0		
Napětí	V	230		
Typ ohřivače		E.2100 vestavěný		

Filtrace		přívod	odvod	Příslušenství (součástí dodávky)
Typ		kazetový	kazetový	Manostat PFe pro signalizaci zanesení přívodního filtru
Třída filtrace		Coarse 90% (G4)	Coarse 90% (G4)	Manostat PFi pro signalizaci zanesení odvodního filtru
Počet filtrů	ks	1	1	
Rozměr kazety	mm	600x380x96	600x380x96	

Regulace: Digitální regulace			Čidla (součástí dodávky)
Základní funkce jednotky		aM-CL 230V-EC / 230V-EC	Čidlo teploty venkovního vzduchu (ODA)
Umístění regulačního modulu		externí rozvodnice na kabelu délky 6 m	Čidlo teploty venkovního vzduchu (ODA)
Celkový příkon (v pracovním bodě)		0,84 kW	Čidlo teploty odváděného vzduchu (ETA)
Expandery		aM-XCF	Čidlo teploty odpadního vzduchu (EHA)
Ovládání		aDot (W)	Čidlo teploty přiváděného vzduchu (SUP)
Hlavní vypínač (externí)		SW	Plynulé řízení podle průtoku (funkce konstantní průtok)
			ANS 110
			ANS T1
			ANS T2
			ANS TM2
			ANS TM1
			CF.1000

Zimní provoz



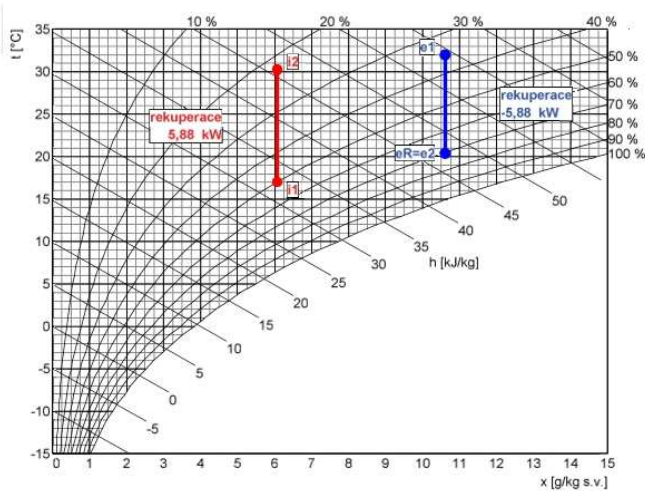
Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	-13,0	90
eR	rekuperace	16,5	9
e2	ohřev	17,2	9

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	18,0	40
i2	rekuperace	-4,0	95

Letní provoz

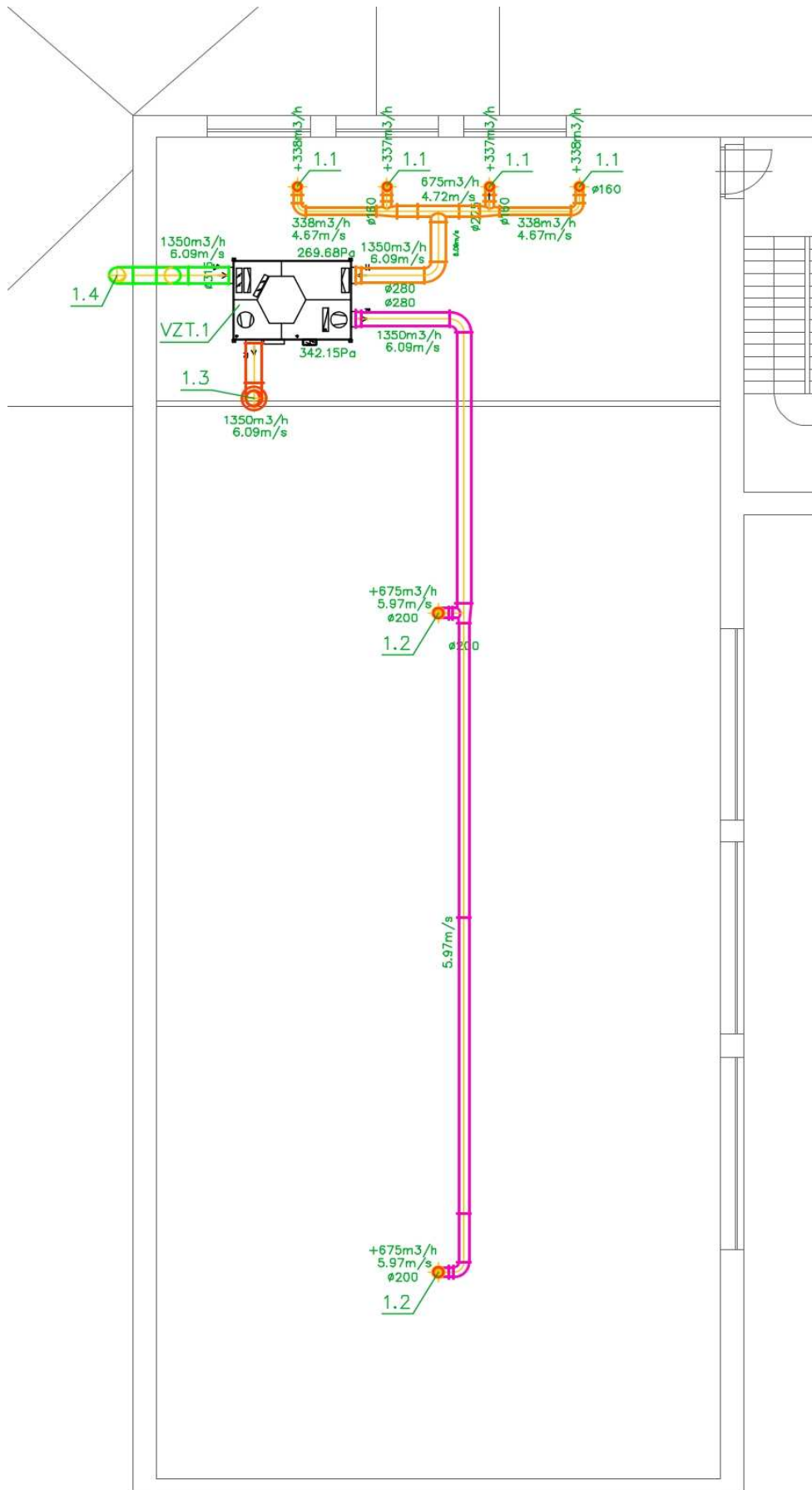


Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	32,0	35
eR	rekuperace	20,4	70

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	17,0	50
i2	rekuperace	30,3	22



Obr. P5.1: Dispozice VZT 1. zóny. Zdroj: CADCON+
3/12

Tab. P5.1: Výpis komponentů VZT 1.zóny

Pozice	Výrobce	Typ	Název	Rozměry	Označení	KS
1.1	JOSTA Vsetín	kulatá	Krycí mřížka kruhová	Ø160		4
1.2	JOSTA Vsetín	kulatá	Krycí mřížka kruhová	Ø200		2
1.3	JOSTA Vsetín		Výfuková hlavice	Ø315 JO120301.0		1
1.4		kulatá	Krycí mřížka kruhová	Ø315		1
VZT.1	ATREA	DUPLEX	1500 Multi ECO	2300x1600x475		1
			Vnitřní podstropní konstrukce 30			
		ventilátor přívodní	ventilátor přívodní		Me.119.EC1 (260V, EC)	1
		ventilátor odvodní	ventilátor odvodní		Mi.119.EC1 (260V, EC)	1
		Rekuperační výměník	Rekuperační výměník		protiproudý S7.C	1
		filtry	filtry		Coarse 90% (G4) kazetové	2
		Elektrický ohřívač	Elektrický ohřívač		E.2100	1

*Zdroj: vlastní zpracování, CADCON+

VZT zóny 3

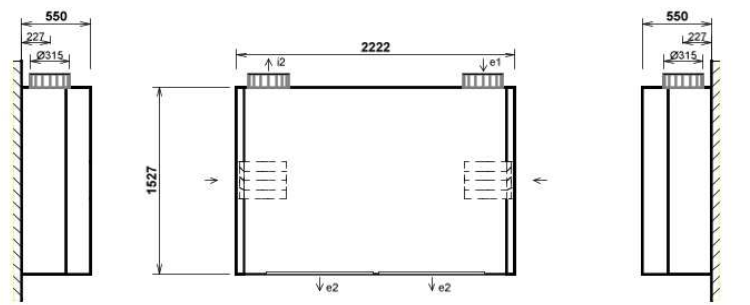
Jednotka **DUPLEX 1000 Inter-H** Specifikace: DUPLEX 1000 Inter-H - Fe.K5 - Fi.K5 + EDO-2.2 - aDot (W) - MS - UC.W.0 - UC.W.L0 - UC.W.R0 - ErP 2016, 2018

- Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.

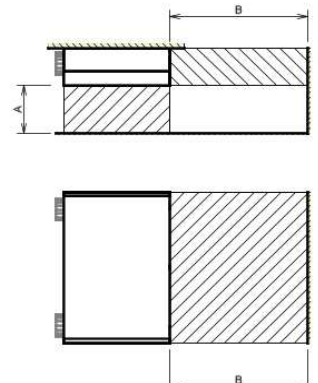


Provedení: podstropní
Hmotnost: cca 280 kg, Dodávka jednotky vcelku

Pohled shora (půdorys)



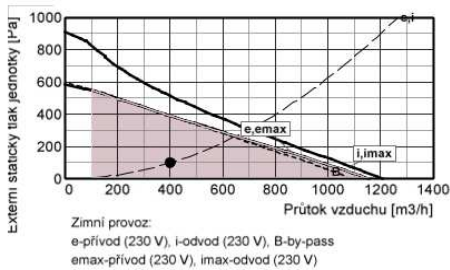
Manipulační prostor



hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (OD)	Ø 315 mm	zpětná klapka
e2	e2 - přiváděný vzduch (SU)	2x 844 x 75 mm	
i1	i1 - odváděný vzduch (ET)	2x 340 x 300 mm	
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	Ø 315 mm	zpětná klapka

A	dolní prostor	min. 700 mm
B	přední prostor	min. 2000 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu L_{wA} (dB)

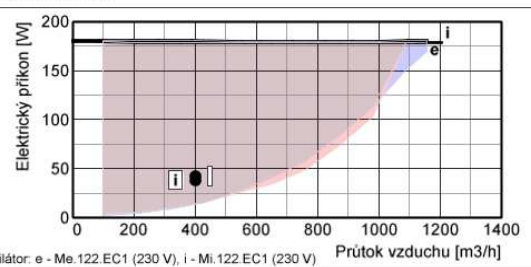
Frekvence [Hz]	Total	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
	dB (A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
sání e1	49	30	37	38	38	43	44	43	32
výtlač i2	57	<25	40	44	46	49	55	49	37
plášť do okolí	33	<25	31	28	<25	<25	<25	<25	<25

Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provozovou ventilátorů je změn podle normy ISO 3744.
Akustický výkon na hrdlech je změn podle normy ISO 5136.
Hladina akustického tlaku L_{pA} (dB)

plášť do okolí	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provozovou ventilátorů je změnena podle normy ISO 3744.

Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	400	400
Externí statický tlak jednotky	Pa	100	100
Napětí (jmenovité)	V	230	230
Příkon (v pracovním bodě)	W	43	38
Max. příkon (pro dimenzování)	W	170	170
Max. proud (pro dimenzování)	A	1,65	1,65
SFP	W.h/m ³	0,107	0,096
Typ ventilátorů	e.122, E	i.122, EC	
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC	EC	



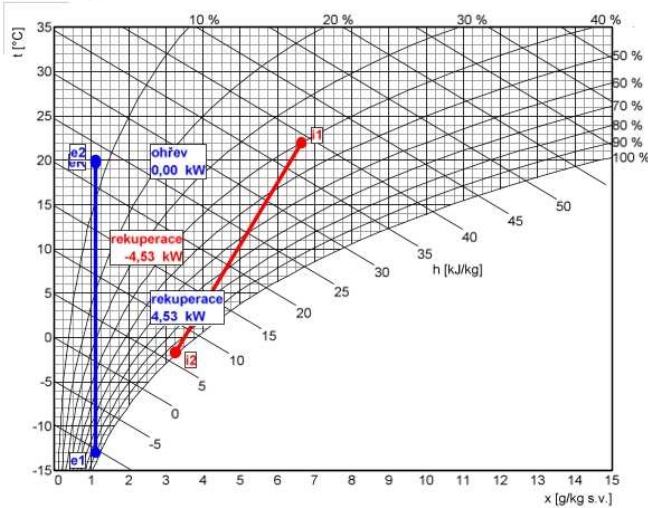
Příloha 5 - VZT

Rekupační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	400	400
Vstupní teplota	°C	-13	22
Výstupní teplota	°C	20	-2
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	8	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	94 (86)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	4,5 (0,7)	
Tvorba kondenzátu	l/h	1,7	
Typ rekupačního výměníku		S4.B rekupační	

Elektrický ohřivač		přívod
Vzduchové množství	m ³ /h	400
Vstupní teplota (před ohřivačem)	°C	20
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	20
Topný výkon	kW	0,0
Max. topný výkon	kW	2,2
Napětí	V	230
Typ ohřivače		EDO.INT-2,2-aMotion vestavěný

Filtrace		přívod	odvod	Příslušenství (součásti dodávky)
Typ		kazetový	kazetový	Manostat PFi pro signalizaci zanesení odvodního filtru
Třída filtrace		M5	M5	
Počet filtrů	ks	1	2	
Rozměr kazety	mm	740x450x48	340x300x48	

Zimní provoz



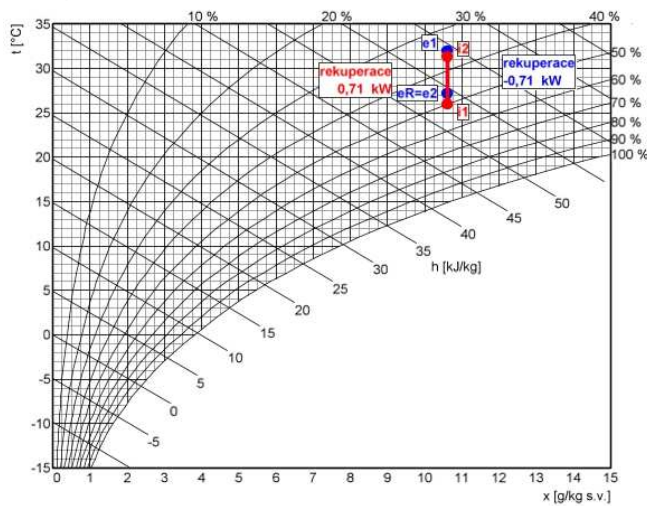
Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	-13,0	90
eR	rekuperace	19,8	8
e2	ohřev	20,0	8

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	22,0	40
i2	rekuperace	-1,7	98

Letní provoz



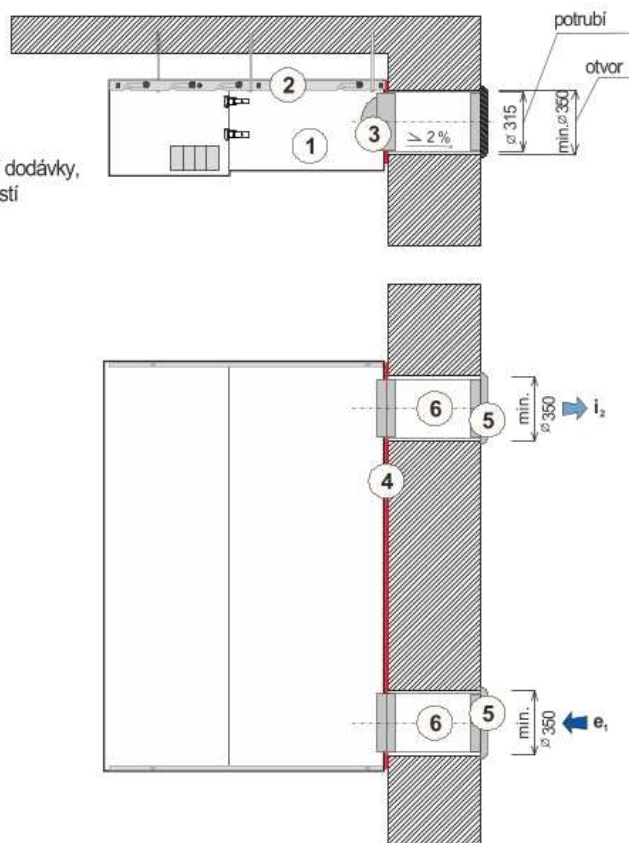
Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	32,0	35
eR	rekuperace	27,2	46

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	26,0	50
i2	rekuperace	31,3	36

- 1 VZT jednotka
DUPLEX 1000 Inter-H
- 2 Závěsná lišta
spojovací materiál pro osazení závěsné lišty není součástí dodávky, jednotku je možné zavěsit ke stropu s libovolnou vzdáleností mezi stropem a jednotkou
- 3 Zpětné klapky
slouží zároveň jako vnitřní spojka mezi hrdlem jednotky a potrubní průchočkou, součástí dodávky
- 4 Montážní plechová šablona
- 5 Fasádní vyústka
není součástí dodávky
- 6 Potrubní průchočka obvodovou stěnou
délka 700 mm, Ø315 mm, při montáži zkrátit na požadovanou délku, osadit ve spádu 2 % směrem do exteriéru, fixovat nízko-expanzní PU pěnou, min. průměr otvoru v obvodové stěně 350 mm



Obr. P5.2: Dispozice VZT 3. zóny. Zdroj: ATREA DUPLEX 9.31

VZT zóny 4

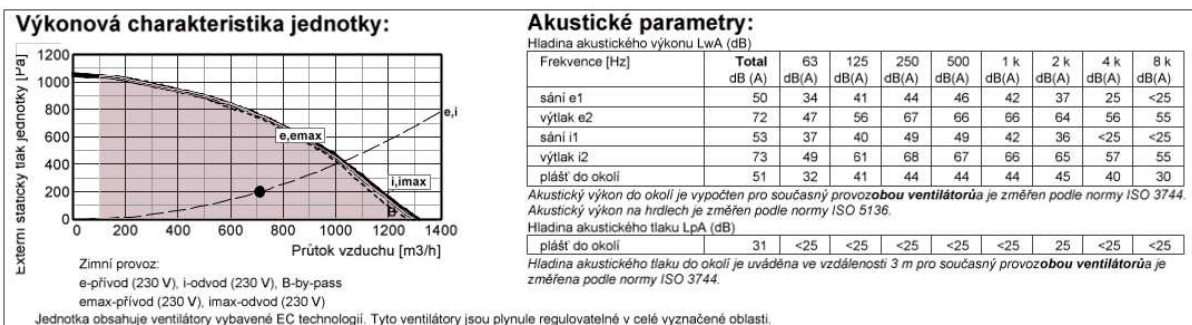
Jednotka	DUPLEX 1100 Flexi (3G) RD5	Specifikace:	EPO-V 315/3,0 - ADS 120
----------	-----------------------------------	--------------	-------------------------

<p>Typ jednotky - Vnitřní s protiproudým rekuperátorem - Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.</p>	
--	--

<p>Montážní poloha univerzální (parapetní) Hmotnost: cca 169 kg</p>	<p>Manipulační prostor</p>
---	-----------------------------------

hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (OD)	355 x 200 mm	
e2	e2 - přiváděný vzduch (SU)	355 x 200 mm	
i1	i1 - odváděný vzduch (ET)	355 x 200 mm	
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	355 x 200 mm	
K	výstup kondenzátu	Ø 32/40 mm	

A	otvírání dveří	min. 500 mm
B	regulační modul	min. 720 mm
C	odvod kondenzátu	min. 150 mm



Ventilátory	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h 710	710
Externí statický tlak jednotky	Pa 202	202
Napětí (jmenovité)	V 230	230
Příkon (v pracovním bodě)	kW 0,13	0,12
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min 2386	2386
Max. příkon (pro dimenzování)	kW 0,39	0,39
Max. proud (pro dimenzování)	A 2,5	2,5
SFP	W.h/m3 0,180	0,175
Typ ventilátorů	Me.107	Mi.107
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC1	EC1

Ventilátor: e - Me.107.EC1 (230 V), i - Mi.107.EC1 (230 V)

Rekupační výměník	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h 710	710
Vstupní teplota	°C -13	20
Výstupní teplota	°C 16	-2
Vstupní vlhkost	% r.h. 90	40
Výstupní vlhkost	% r.h. 10	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	% 87 (79)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW 7,1 (1,2)	
Tvorba kondenzátu	l/h 2,3	
Typ rekupačního výměníku	S3.B rekupační	

— zimní --- letní

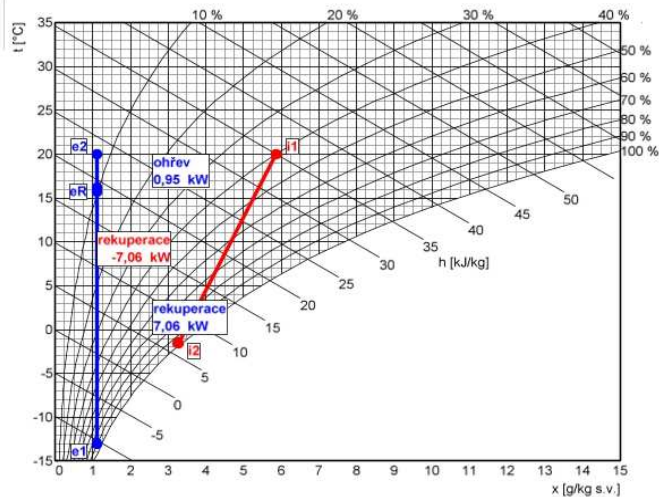
Elektrický ohřivač	přívod	odvod	Rozměrový náčrt
Vzduchové množství	m3/h 710		<p>Hmotnost: cca 6 kg</p>
Vstupní teplota (před ohřivačem)	°C 16		
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C 20		
Topný výkon	kW 0,9		
Max. topný výkon	kW 3,0		
Napětí	V 400		
Připojovací hrdla	mm Ø 315		
Typ ohřivače	EPO-V 315/3,0 samostatný		

Filtrace	přívod	odvod	Příslušenství (součásti dodávky)
Typ	kazetový	kazetový	Manostat PFe pro signalizaci zanesení přívodního filtru
Třída filtrace	ePM1 55% (F7)	ePM10 50% (M5)	Manostat PFi pro signalizaci zanesení odvodního filtru
Počet filtrů	ks 1	1	
Rozměr kazety	mm 440x310x96	440x310x96	

Regulace: Digitální regulace	Čidla (součásti dodávky)	
Základní funkce jednotky	RD5 230V-EC / 230V-EC (1100, 1600, 2600)	Čidlo teploty venkovního vzduchu (ODA) ADS TEa
Umístění regulačního modulu	na jednotce standardní poloha	Čidlo teploty odváděného vzduchu (ETA) ADS TEb
Celkový příkon (v pracovním bodě)	0,26 kW	Čidlo teploty odpadního vzduchu (EHA) ADS TU2
Ovládání	CP Touch barva bílá	Čidlo teploty vzduchu před ohřivačem ADS TU1
Hlavní vypínač	SW	Čidlo teploty přiváděného vzduchu (SUP) ADS 120

Příloha 5 - VZT

Zimní provoz



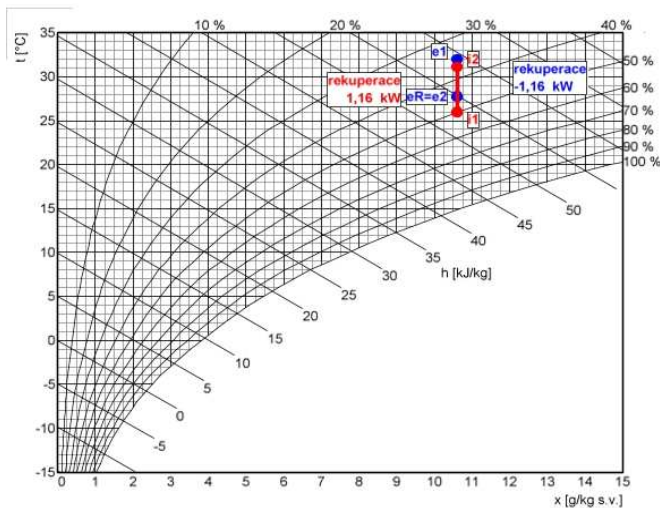
Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	-13,0	90
eR	rekuperace	15,7	10
e2	ohřev	20,0	8

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	20,0	40
i2	rekuperace	-1,5	97

Letní provoz



Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	32,0	35
eR	rekuperace	27,8	45

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	26,0	50
i2	rekuperace	31,1	37

Tab. P5.1: Výpis komponentů VZT 1.zóny

Pozice	Výrobce	Typ	Název	Rozměry	Označení	KS
0.1			Anemostat přívod 300/8	ø300		3
0.2			Anemostat odvod 300/8	ø300		3
0.3			Ventil přívod 100	ø100		3
0.4			Ventil odvod 125	ø125		1
0.5			Regulační klapka kruhová-servo	ø140		1
0.6			Regulační klapka kruhová-servo	ø160		1
0.7			Regulační klapka kruhová-servo	ø180		1
0.8			Regulační klapka kruhová-servo	ø250		1
0.9			Krycí mřížka čtyřhranná	200x355		1
0.10			Protidešťová žaluzie	200x355		1
EPO-V			externí elektrický ohřivač	EPO-V 315/3,0		1
VZT 1.PP	ATREA	DUPLEX	1100 Flexi (3G) RD5	1700x1250x390		1
			Parapetní konstrukce			
			Ventilátor přívodní		Me.107.EC1 (230 V,EC)	1
			ventilátor odvodní		Mi.107.EC1 (230 V,EC)	1
			Rekuperační výměník		S3.B	1
			filtr přívodní		ePM1 55% (F7) kazetový	1
			filtr odvodní		ePM10 50% (M5) kazetový	1

*Zdroj: vlastní zpracování, CADCON+

VZT zóny 5

Jednotka **DUPLEX 570 EC5.RD5** Specifikace: DUPLEX 570 EC5.RD5 - Fe.4 - Fi.4 + EDO-0.50 - CP Touch barva bílá - ErP A+

- Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014 a 1254/2014, platné od 1.1.2018. A+

Hmotnost: cca 98 kg, Dodávka jednotky vcelku

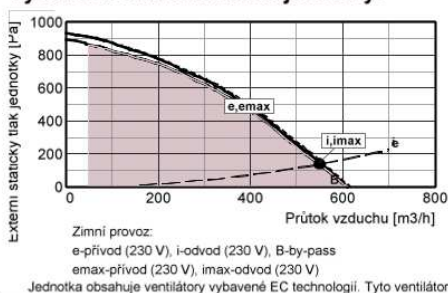
Pohled shora (púdorys)

Manipulační prostor

hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (OD)	Ø 250 mm	uzavírací klapka
e2	e2 - přiváděný vzduch (SU)	Ø 250 mm	
i1	i1 - odváděný vzduch (ET)	Ø 250 mm	
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	Ø 250 mm	
K	výstup kondenzátu	2x Ø 16/22 mm	

A - otevírání dveří min. 900 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu LwA (dB)

Frekvence [Hz]	Total dB(A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1	54	41	43	37	51	48	43	29	<25
výtlač e2	82	54	60	66	81	71	69	64	55
sání i1	56	43	43	37	54	49	45	32	<25
výtlač i2	81	52	59	64	79	70	69	62	54
plášť do okolí	53	39	38	36	52	35	36	30	<25

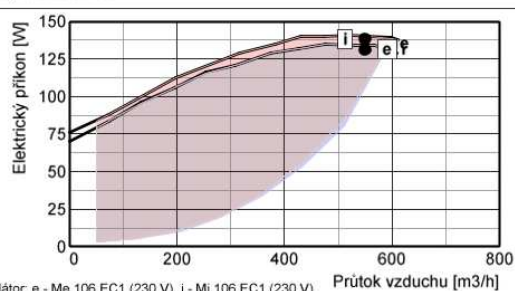
Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provozovou ventilátorů a je změněn podle normy ISO 3744.
 Akustický výkon na hrdlech je změněn podle normy ISO 5136.
 Hladina akustického tlaku LpA (dB)

plášť do okolí	32	<25	<25	<25	31	<25	<25	<25	<25
----------------	----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provozovou ventilátorů a je změněna podle normy ISO 3744.

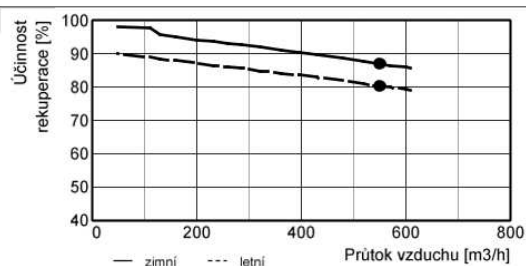
Ventilátory

	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h 550	550
Externí statický tlak jednotky	Pa 137	142
Napětí (jmenovité)	V 230	230
Příkon (v pracovním bodě)	W 132	138
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min 3737	3737
Max. příkon (pro dimenzování)	W 170	170
Max. proud (pro dimenzování)	A 1,4	1,4
SFP	W.h/m3 0,239	0,252
Typ ventilátorů	Me.106	Mi.106
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC1	EC1



Rekupační výměník

	přívod	odvod
Vzduchové množství	m3/h 550	550
Vstupní teplota	°C -13	24
Výstupní teplota	°C 19	1
Vstupní vlhkost	% r.h. 90	40
Výstupní vlhkost	% r.h. 8	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	87 (80)
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	6,1 (0,9)
Tvorba kondenzátu	l/h	2,4
Typ rekupačního výměníku	S3.B rekupační	

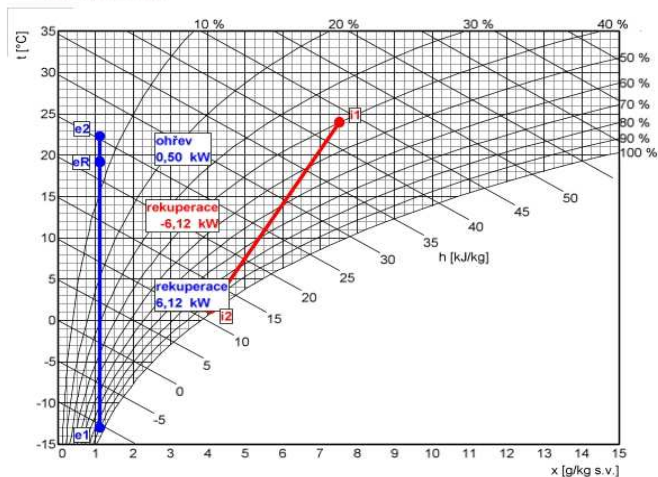


Příloha 5 - VZT

Elektrický ohřivač		přívod		
Vzduchové množství	m ³ /h	550		
Vstupní teplota (před ohřivačem)	°C	19		
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	22		
Topný výkon	kW	0,5		
Max. topný výkon	kW	0,5		
Napětí	V	230		
Typ ohřivače		EDO5-0,50-RD5 vestavěný		

Filtrace		přívod	odvod	Příslušenství (součásti dodávky)
Typ		rámečkový	rámečkový	
Třída filtrace		G4	G4	
Počet filtrů	ks	1	1	
Rozměry filtru	mm	335x560x10	335x560x10	

Zimní provoz



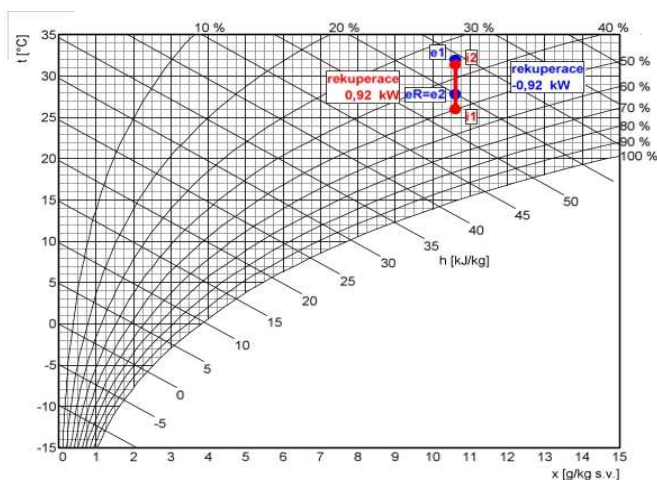
Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	-13,0	90
eR	rekuperace	19,2	8
e2	ohřev	22,3	7

Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	24,0	40
i2	rekuperace	1,4	96

Letní provoz



Přívod

	popis	t [°C]	rh [%]
e1	venkovní vzduch	32,0	35
eR	rekuperace	27,8	45

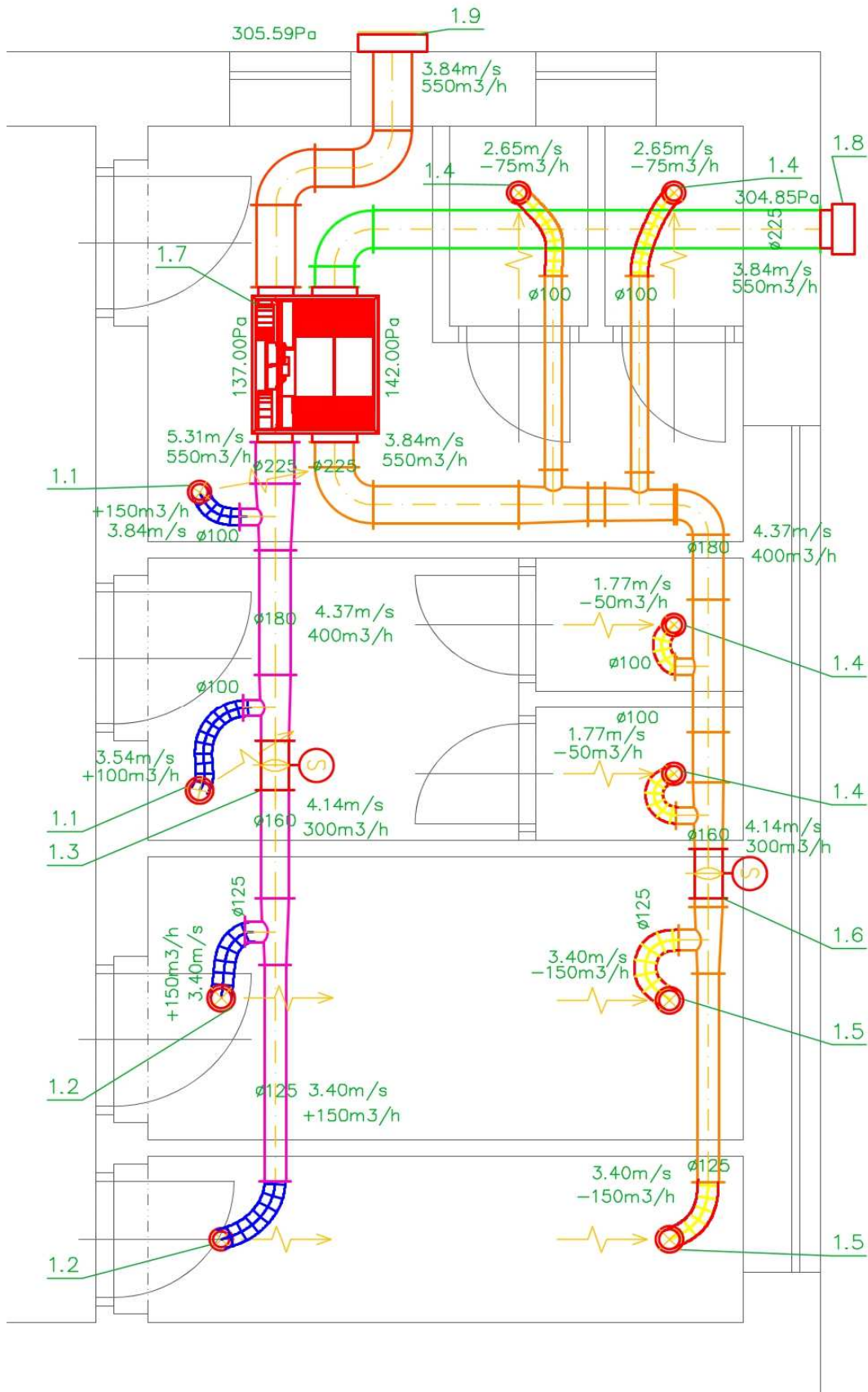
Odvod

	popis	t [°C]	rh [%]
i1	odváděný vzduch	26,0	50
i2	rekuperace	31,4	36

Tab. P5.2: Výpis komponentů VZT 5.zóny

Pozice	Výrobce	Typ	Název	Rozměry	KS
1.1			Ventil přívod 100	ø100	2
1.2			Ventil přívod 125	ø125	2
1.3			Zpětná klapka kruhová-servopohon	ø160	1
1.4			Ventil odvod 100	ø100	2
1.5			Ventil odvod 125	ø125	2
1.6			Zpětná klapka kruhová-servopohon	ø160	1
1.7	ATREA	DUPLEX	DUPLEX 500 EC5	1290x930x370	1
1.8	Proclima SVAMP	Velikost 80	Hlavice		1
1.9	Multivac	FS-12-02	Samočinná žaluzie		1

*Zdroj: vlastní zpracování, CADCON+



Obr. P5.4: Dispozice VZT 5. zóny. Zdroj: CADCON+

Příloha 6 – Vizualizace objektu

Vizuální zpracování návrhu je umístěno v zadní straně desek diplomové práce.

SCHÉMA 1.PP

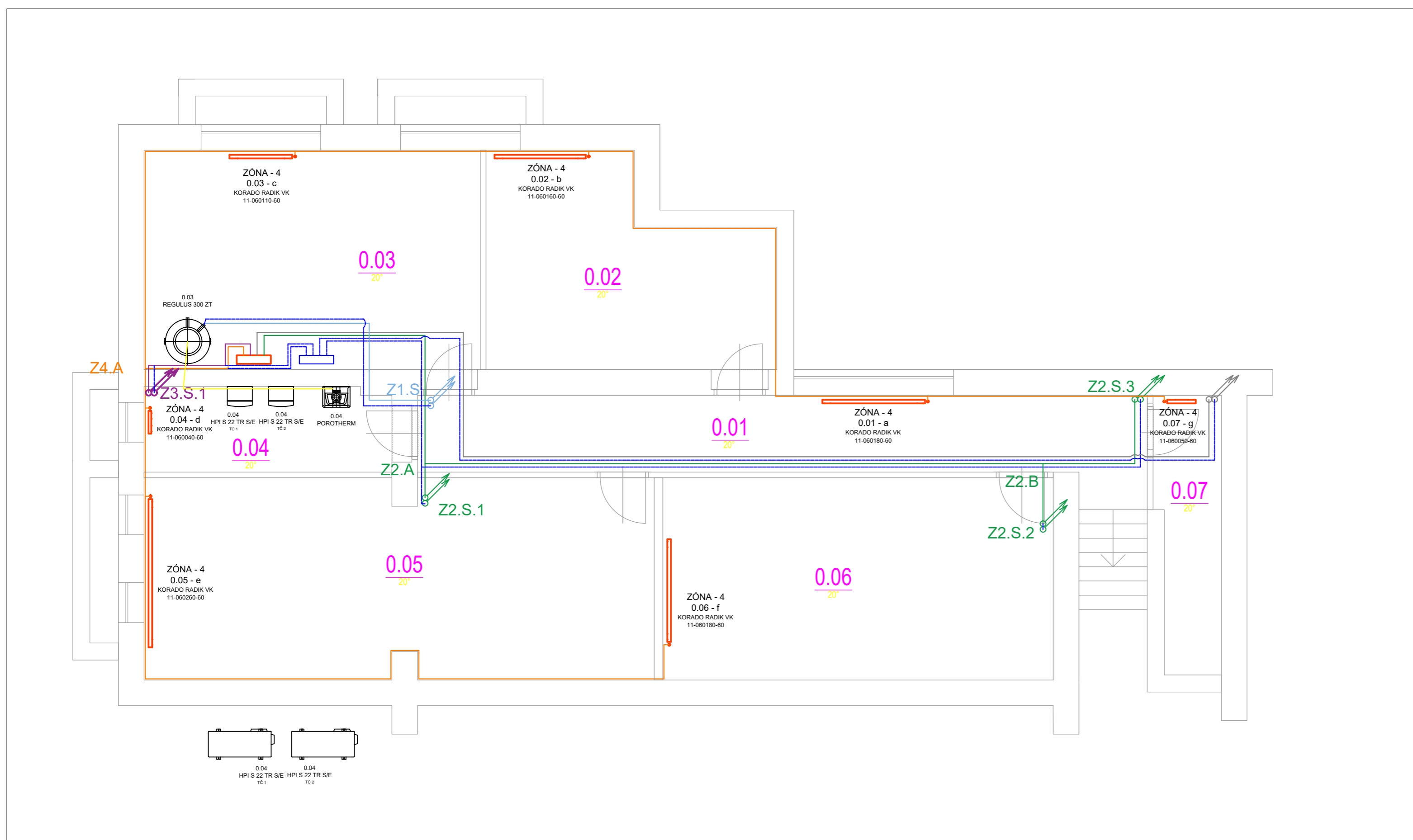


SCHÉMA 1.NP

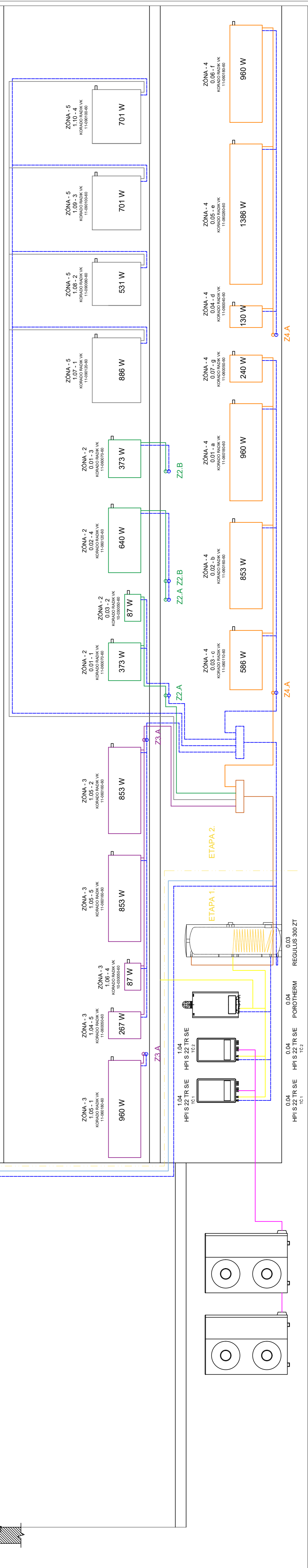
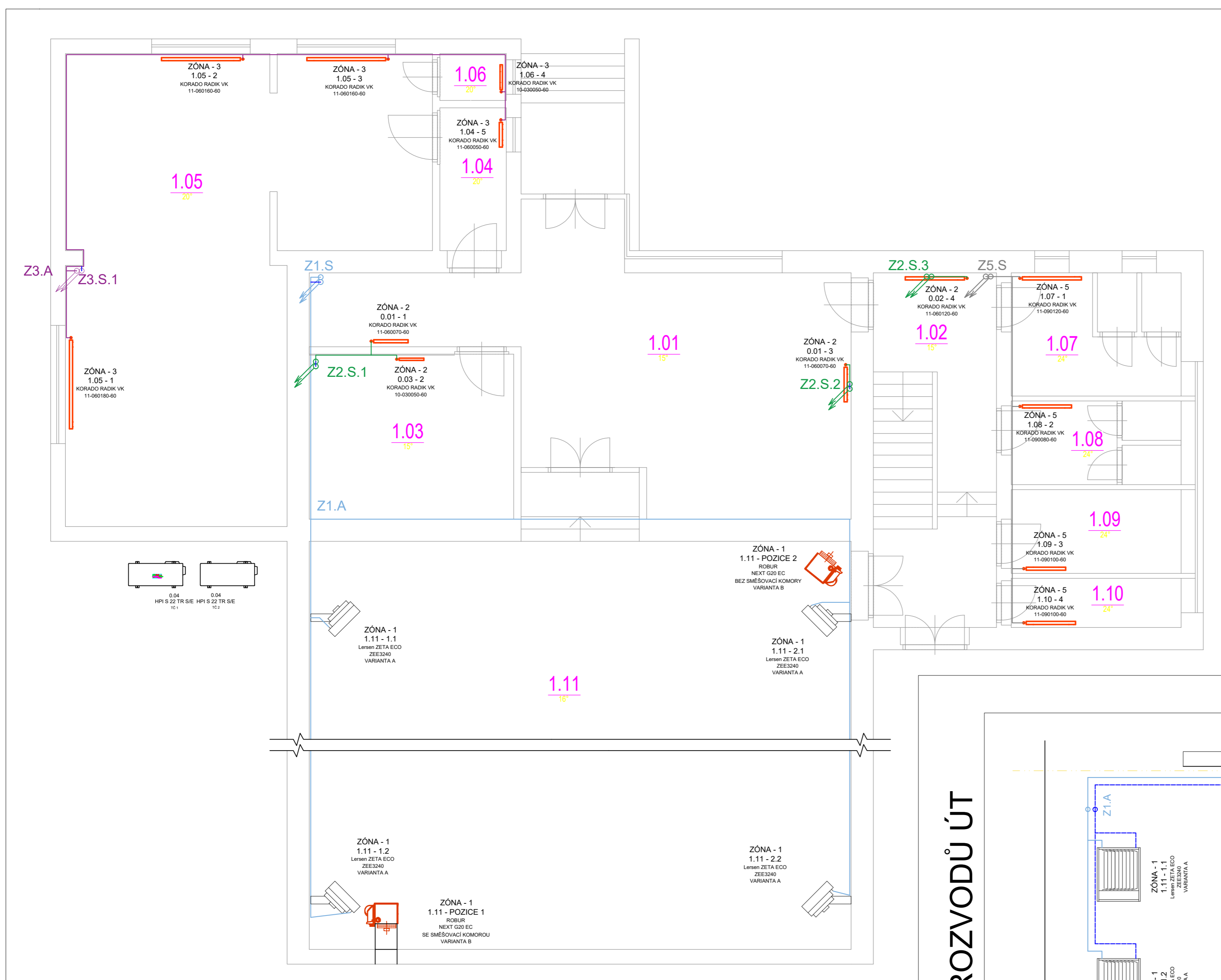
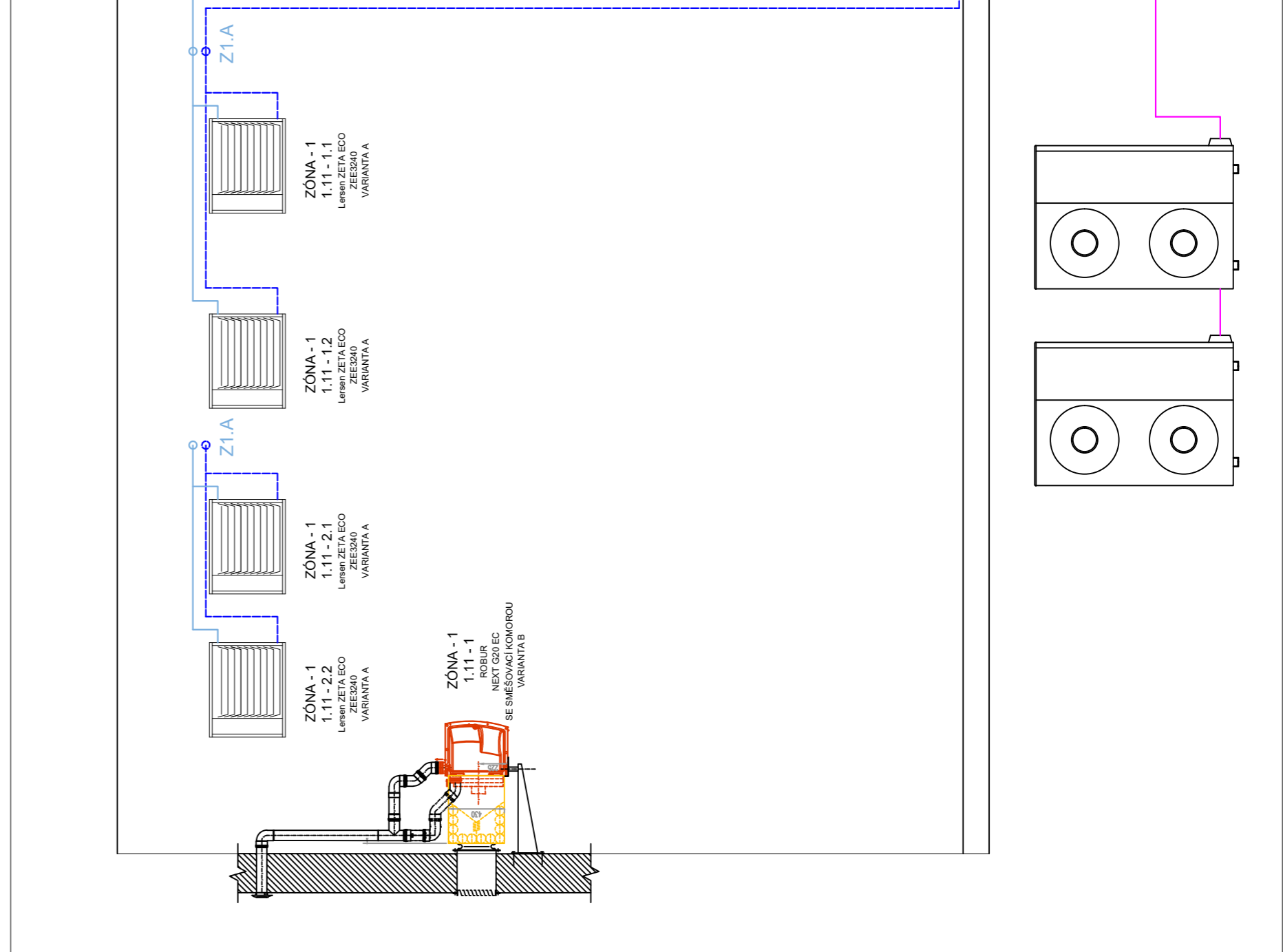


SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZVODŮ ÚT



č. m.	název	Φ _{v,2} [W]	Φ _{v,1} [W]	Φ _{h,1} [W]	Φ _{h,2} [W]	označení	KORADO RADIK VK	Q _{tr} [W]	Q _{tr} [W]
ZÓNA 2									
1.01	Vestibul	489,12	166,64	0,00	655,76	1.01-1	11-060070-60	701	373
1.02	Komunikace	487,68	148,58	0,00	636,26	1.01-3	11-060070-60	701	373
1.03	Sklad nářadí	-22,22	56,78	0,00	34,55	1.03-2	10-030050-60	165	87
Σ		954,59	371,99	0,00	1326,58				1473
ZÓNA 3									
1.04	Zadvěřil	132,90	37,21	71,36	241,48	1.04-5	11-060050-60	501	267
1.05	Družina	1254,07	517,91	743,35	2515,33	1.05-3	11-060160-60	1603	853
						1.05-2	11-060160-60	1603	853
1.06	Sklad	104,15	12,19	48,80	165,14	1.06-4	10-030050-60	165	87
Σ		1491,12	567,31	863,52	2921,95				3020
ZÓNA 4									
0.01	Chodba	319,09	129,66	425,73	874,48	0.01-a	11-060180-60	1804	960
0.02	Šatna 1	361,39	88,02	320,75	770,15	0.02-b	11-060160-60	1603	853
0.03	Tech. m.	415,68	142,44	0,00	558,13	0.03-c	11-060110-60	1102	586
0.04	Strojovna	78,62	40,18	0,00	118,80	0.04-d	10-060040-60	242	130
0.05	Šatna 2	458,19	221,67	655,58	1335,44	0.05-e	11-060260-60	2605	1386
0.06	Šatna 3	222,07	172,27	481,11	875,45	0.06-f	11-060180-60	1804	864
0.07	Úklid	212,35	31,42	0,00	243,78	0.07-g	11-060050-60	501	240
Σ		2067,40	825,67	1883,16	4776,23				5019
ZÓNA 5									
1.07	WC chlapci	453,02	400,68	0,00	853,70	1.07-1	11-090120-60	1673,00	886,00
1.08	WC dívky	215,06	261,76	0,00	476,82	1.08-2	11-090080-60	1115,00	531,00
1.09	Sprchy 1	272,68	397,93	0,00	670,61	1.09-3	11-090100-60	1394,00	701,00
1.10	Sprchy 2	289,91	378,37	0,00	668,28	1.10-4	11-090100-60	1394,00	701,00
Σ		1230,67	1438,74	0,00	2669,41				2819

Vypracoval P. Pavlíček	Zodp. projektant	Tech. kontrola
Kreslil P. Pavlíček		
Investor Sokol Luštěnice, z.s.		
Akce		
		formát A1
		datum 29.03.2023
		účel DIPLOMOVÁ PRÁCE
		č. zakázky
		č. kopie
		archivní č.
Obsah výkresu		Měřítko
		Č. výkresu
		1

SCHÉMA kapitoly 4.8

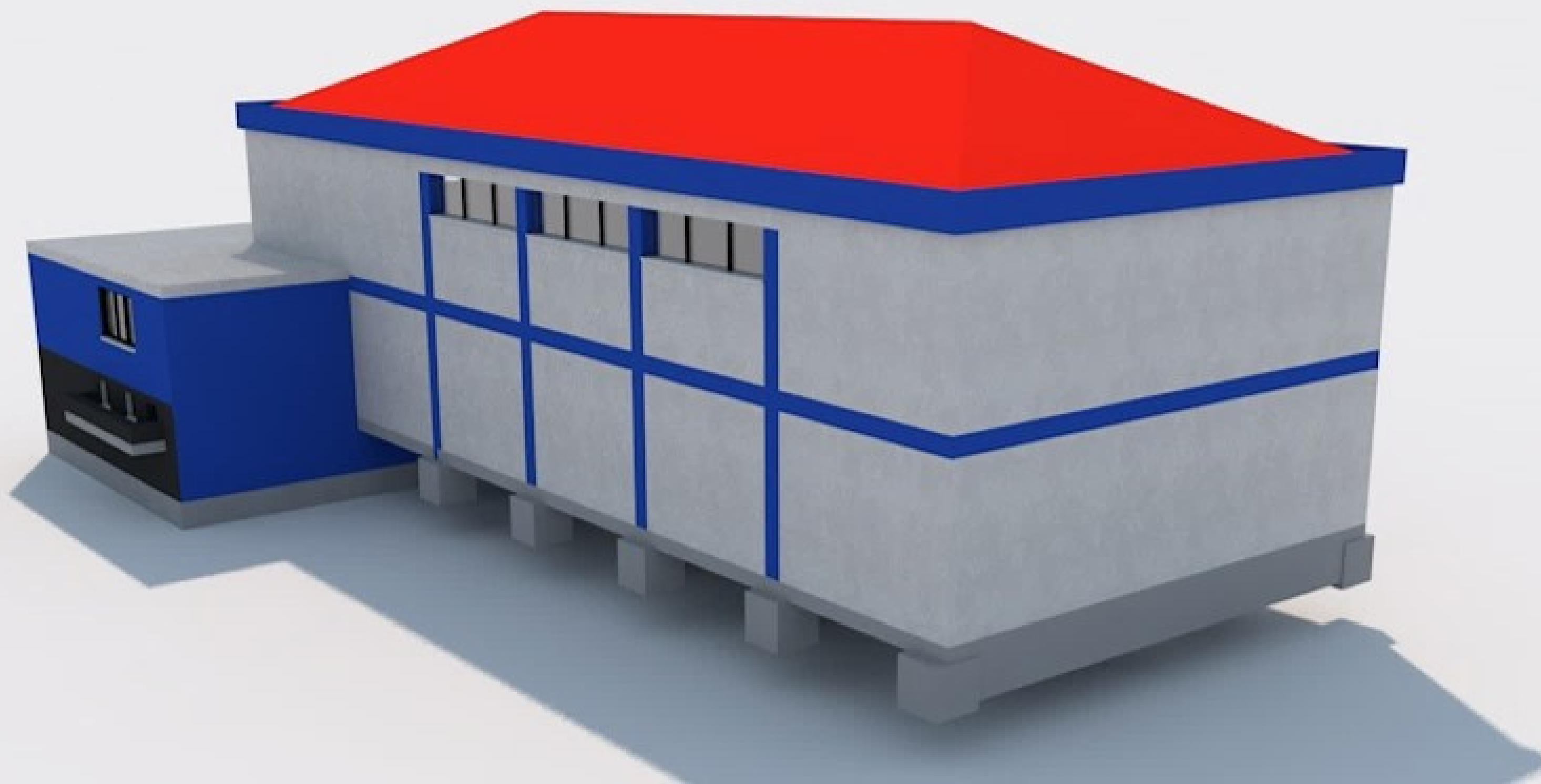
Příloha 6: pohled Východ



Příloha 6: pohled Jih



Příloha 6: Pohled Severozápad



Příloha 6: pohled Sál

