ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU

STUDIE NA TÉMA ENERGETICKY AKTIVNÍ BUDOVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala: Marie Vondrová

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2018/2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vondrová Jméno: Marie Osobní číslo: 458923

Zadávající katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění bytového domu

Název bakalářské práce anglicky: Heating system in the apartment building

Pokyny pro vypracování:
Projekt vytápění bytového domu.
Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, návrh systému vytápění, základní energetické výpočty.
Výkresová část - půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti, funkční schéma.

Studie na téma Energeticky aktivní budova

Seznam doporučené literatury:
Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7
ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění
ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

25.2.2019
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne ……. ……

Marie Vondrová

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této práce.

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je vytápění bytového domu. Práce se skládá z dvou částí – projektu a studie. Projektová část se zabývá návrhem systému vytápění pro zvolený objekt a obsahuje textovou a výkresovou část. Textová část zahrnuje technickou zprávu, výpočty tepelných ztrát, návrh otopných ploch a základní energetické výpočty. Výkresová část obsahuje výkresy v podrobnosti projektové dokumentace. Druhou částí práce je studie na téma energeticky aktivní domy, ve které jsou popsány způsoby řešení technického zařízení úsporných domů a základní znaky aktivních domů. V závěru jsou zmíněny některé referenční stavby, které získali certifikaci aktivního domu.

Klíčová slova

Vytápění, bytový dům, vytápění bytového domu, otopná soustava, otopná tělesa, tepelné ztráty, aktivní dům, úspora energie, obnovitelné zdroje energie

ABSTRACT

The subject of this thesis is the heating system in the apartment building. The thesis consists of two parts – a project and a study. The project part focuses on the design of a heating system for a chosen building and consists of a written part and drawings. The written part includes a technological report, a calculation of heat losses, a design of a heating area and basic energy calculations. Drawings include a project documentation. The second part of this thesis is a study, containing an introduction in the technical solution of low-energy buildings and characteristic features of active houses. Reference buildings with active house certifications are mentioned at the end of this study.

Key words

Heating, heating system in the apartment building, heating systém, heating elements, heat losses, active house, energy savings, renewable energy sources

OBSAH

1 ÚVOD 7
2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ VÝSTAVBY 8
2.1 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY 8
2.2 PASIVNÍ DOMY 8
2.3 DOMY S NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE 8
2.4 AKTIVNÍ DOMY 9
3 ENERGETICKY AKTIVNÍ DOMY 10
3.1 PRINCIPY AKTIVNÍHO DOMU 10
3.2 VYHODNOCENÍ AKTIVNÍHO DOMU 11
4 TECHNICKÁ ŘEŠENÍ AKTIVNÍHO DOMU 13
4.1 OBÁLKA BUDOVY 13
4.2 VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ 13
4.3 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY 14
4.4 VĚTRÁNÍ 14
4.5 OSVĚTLENÍ 15
5 REFERENČNÍ STAVBY 16
5.1 CENTENNIAL PARK ACTIVE HOUSE 16
5.2 OPTIMA HOUSE 18
5.3 RENOV ACTIVE 20
6 ZÁVĚR 22
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 23
8 SEZNAM OBRÁZKŮ 25

1 ÚVOD

Úspora energie je v současnosti celosvětovým trendem nevyjímaje ve stavebním průmyslu. Spotřeba energie v budovách v EU tvoří 40 % celkové energetické spotřeby, což převyšuje podíl energie v oblasti dopravy a průmyslu. [20] Spotřeba se v důsledku rozrůstání sektoru může neustále zvyšovat. Energie je v budovách nedílnou součástí a je využita především pro vytápění, větrání a klimatizaci, a to po celou dobu živnosti stavby. Snaha snížit spotřebu energie vychází jak z ekonomických důvodů, se snahou snížit náklady na vytápění budovy, tak i z důvodů ekologických na globální úrovni. Spotřeba energie má totiž negativní důsledek na životní prostředí ve spojení s produkcí emisí skleníkových plynů a spotřeby fosilních paliv.

Zvýšení energetické účinnosti budov je v současnosti potřebné i z hlediska legislativních požadavků. V rámci Evropské unie jsou kladeny požadavky na členské země v souvislosti s vydáním evropské směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Směrnice „20-20-20“ je vydaná za účelem snížení spotřeby energie do roku 2020, snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. [18]

Je kladen velký důraz na využití moderních technologií, které jsou schopny snižovat potřebné množství energie v budovách. Komplexním řešením výše zmíněných problému jsou mimo jiné energeticky aktivní budovy, které jsou spojeny s nejen nízkou spotřebu energie, ale také se zdravým vnitřním prostředím s maximálním komfortem a s ohleduplností k životnímu prostředí.

Cílem bakalářské práce je popsat energeticky aktivní budovu. Na úvod budou stručně popsány druhy energeticky úsporných domů. Následně bude definován pojem aktivní dům a s ním související základní pilíře. Dále budou stručně charakterizovány technická řešení aktivního rodinného domu. Konec práce bude zaměřen na představení referenčních staveb, které získaly certifikaci pro aktivní dům.

2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ VÝSTAVBY

Energeticky úsporné výstavby zahrnují nízkoenergetické, pasivní, nulové a aktivní domy. Výstavby se liší především podle jejich energetických nároků, tj. plošná měrná potřeba tepla na vytápění nebo způsob pokrytí spotřeby energie. Dále se liší konstrukčními kritérii, mezi které patří například tepelně izolační parametry, orientace či tvar budovy. Aktivní budovy budou podrobněji představeny v následující kapitole.

2.1 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY

Nízkoenergetická budova s vyznačuje nízkou spotřebou energie. Hodnota plošné měrné potřeby tepla na vytápění je do 50 $kWh.m^{-2}.rok^{-1}$. Klíčovým prvkem k dosažení zmíněné hodnoty je stavební řešení obálky budovy a výběr kvalitní izolace fasády a střechy, případně i izolační skel dveří a oken. U nízkoenergetických domů je nutné navrhovat konstrukční prvky na doporoučené hodnoty prostupu tepla dle ČSN 73 0540–2. Je nutné dbát na návrh a provedení detailů, aby se zamezilo vzniku tepelných mostů. Stejně tak důležitý je návrh účinné otopné soustavy v budově. [1] [2]

2.2 PASIVNÍ DOMY

U pasivních domů plošná měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 15 $kWh.m^{-2}.rok^{-1}$. Taktéž platí při návrhu konstrukcí volit doporučené ba dokonce i nižší hodnoty na prostup tepla. Velkou roli u návrhu pasivních domů hraje orientace, tvar a míra zasklených ploch. Skrze okna se snaží využít tepelné zisky ze slunečního záření. Při řešení koncepce vytápění a větrání se běžně navrhuje nucené větrání se zpětným získáváním tepla, tzv. rekuperací. Pro správné fungování nuceného větrání je nutné splnit doporučenou hodnotu intenzity výměny vzduchu pro zajištění vzduchotěsnosti obálky. Dalším kritériem je spotřeba primární energie, kterou potřebuje pro vytápění, ohřev teplé vody a elektrickou energii. Spotřeba této energie by neměla překročit hodnotu 120 $kWh.m^{-2}.rok^{-1}$. [1] [2]

2.3 DOMY S NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Pojem nulový dům již z názvu napovídá, že jeho spotřeba energie se bude blížit k nule, přesněji řečeno měrná potřeba tepla by se měla pohybovat do 5 $kWh.m^{-2}.rok^{-1}$. Nulové domy jsou velmi blízké domům pasivním. Společnými znaky jsou preciznost návrhu a provedení stavebních detailů, kvalitní tepelná izolace, vzduchotěsnost, řízená výměna vzduchu a využití solárních a vnitřních tepelných zisků. Součástí návrhu nulového domu je využití moderních technologií pro výrobu energie, která pokryje většinu spotřeby energie.

Potřebnou energii budova zajišťuje především z obnovitelných zdrojů, nejčastěji pak pomocí fotovoltaických panelů. [1] [2]

2.4 AKTIVNÍ DOMY

Aktivní dům vychází z principu pasivního domů, kdy mezi přední požadavky patří kvalitně provedená izolace, eliminace teplených mostů, perfektní vzduchotěsnost, tvar a orientace budovy. V čem se ale liší jsou energetické zisky, které nejen pokrývají, ale zároveň převyšují spotřebu energie na vytápění a provoz budovy po celou dobu její životnosti. Tento jev nazýváme aktivní energetická bilance. Energie se zpravidla získává z obnovitelných zdrojů a při výrobě nevznikají emise CO_2, dům tedy nezanechává žádnou uhlíkovou stopu a je šetrný k životnímu prostředí. [4] [5]

3 ENERGETICKY AKTIVNÍ DOMY

Koncepce aktivních domů vychází z rovnováhy mezi energetickými a uživatelskými požadavky. V současné době trávíme až 90 % času v budovách, které představují významný vliv na lidské pohodlí a zdraví. Absence čerstvého vzduchu a denního světla způsobuje mimo jiné syndrom nemocných budov (SBS), kterým trpí přes 30 % nových i rekonstruovaných budov a syndrom postihuje až 85 % populace. Komplexní řešení představují energeticky aktivní domy, jejichž samozřejmostí je minimální energetická náročnost. Prioritami jsou zdravotní nezávadnost, kvalita vnitřního prostředí, šetrnost k životnímu prostředí a neposledně i estetická hodnota stavby. [4] [19]

3.1 PRINCIPY AKTIVNÍHO DOMU

Principy aktivního domu jsou tvořeny třemi základními pilíři – komfort, energie a životní prostředí.

Obrázek 1 - Základní pilíře aktivního domu [4]

1) KOMFORT

První pilíř se zaměřuje na zajištění pohodlí uživatele budovy. Budova by měla vytvářet zdravější a pohodlnější způsob života. K maximálnímu komfortu přispívá přívod dostatku denního světla, přívod čerstvého vzduchu k vytvoření příjemného vnitřního klimatu a zajištění tepelné pohody uvnitř objektu. [4] [5]

1) ENERGIE

Druhý pilíř představuje myšlenku energeticky úsporného bydlení, kdy nastává rovnováha mezi spotřebou a produkcí energie potřebnou k provozu budovy po celou dobu její životnosti. Ideálním stavem je aktivní tepelná bilance, kdy výroba energie převyšuje spotřebu energie. Energie je získávaná z obnovitelných zdrojů v blízkosti budovy a je možné prodávat přebytky vyrobené energie do sítě a tím částečně snížit náklady na provoz systému. Vzhledem k vysokým nákladům za energie se aktivní domy snaží pomocí moderních technologií snížit potřebu energie a tím i její finální spotřebu. [4] [5]

2) ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Poslední pilíř pak klade důraz na to, aby budova neměla negativní vliv na životní prostředí. Výroba energie z obnovitelných zdrojů probíhá bez vzniku emisí CO_2, tedy látek, které znečišťují ovzduší. Dbá se i na volbu materiálu jednotlivých konstrukcí, využití recyklovatelných surovin a eliminaci vzniku odpadu během stavby a provozu objektu. Snaží se o omezení plýtvání a sleduje se spotřeba pitné vody a ekologický dopad. To vše směřuje k ideálu udržitelné výstavby.

Na základě interakce zmíněných pilířů lze aktivní domy certifikovat, což přináší záruku mezinárodně uznávané kvality udržitelných budov. [4] [5]

Obrázek 2 - Označení certifikovaných aktivních domů [4]

3.2 VYHODNOCENÍ AKTIVNÍHO DOMU

Celková efektivita aktivních domů je hodnocena na základě tzv. aktivního radaru, který zahrnuje již zmíněné parametry, a to dosah na životní prostředí, vnitřního prostředí a spotřeby energie v budově. Jedná se tedy o vyobrazení výkonu aktivní budovy na základě vypočtených a naměřených dat. Energetické výpočty vycházejí z norem jednotlivých zemí, kde jsou stavby postaveny. Výsledek měření může vypadat obdobně jako na Obrázku č.3. [3][4].

Specifikace aktivních domů obsahuje následující parametry, které jsou sledovány:

- Roční energetická bilance
- Potřeba energie
- Výroba energie
- Světlo a výhled
- Teplota v interiéru
- Kvalitu vzduchu uvnitř domu
- Hluk a akustika
- Spotřeba neobnovitelných zdrojů energie
- Vliv na životní prostředí – emise do ovzduší, půdy a vody
- Spotřeba pitné vody a úprava odpadních vod. [12]

Obrázek 3 - Radar aktivního domu [4]

4 TECHNICKÁ ŘEŠENÍ AKTIVNÍHO DOMU

4.1 OBÁLKA BUDOVY

Energetická náročnost budovy úzce souvisí s obálkou budovy. Nejvlivnějšími faktory energetické náročnosti je prostup tepla obálkou budovy, tepelné zisky slunečním zářením a průvzdušnost obálkou. [11] Jak již bylo zmíněno v definici pojmu v podkapitole 2.4., hlavním požadavkem je kvalitně provedená izolace, eliminace teplených mostů a perfektní vzduchotěsnost.

4.2 VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ

Návrh systému vytápění závisí potřebě tepla. Je možné využít více zdrojů energie nebo kombinovat různé systémy TZB. Jednou z možností je vytápět pomocí elektřiny, např.: elektrické topné kabely nebo rohože, přímotopné konvektory atd. Tato varianta patří však k finančně nákladnějším. Jiným řešením je návrh otopné soustavy, jejíž teplonosným médiem je voda. Výhodnější variantu vytápění představují teplovzdušné systémy vytápění s rekuperací, neboť zároveň řeší i větrání vzduchu. [14]

Aktivní domy musí zajistit tepelnou pohodu i v letních měsících, tudíž je nutné navrhnout v řadě případů systém chlazení. Z hlediska velké energetické náročnosti běžné klimatizace se často využívá pasivního (např.: stínění, zeleň, orientace budovy, aj.) a aktivního chlazení. Snižovat teplotu vzduchu aktivním způsobem lze pomocí adiabatického nebo solárního chlazení. V případě, že je pro vytápění navrhnuto tepelné čerpadlo, je možné zařízení použít i k opačnému efektu. Tepelné čerpadlo lze využít jako chladící jednotku ve dvou režimech – aktivním a pasivním. Jiný způsob chlazení v aktivním režimu je chlazení pomocí tzv. fan-coilů. [13]

Aktivní dům je založen na výrobě dostatku energie pro svou vlastní potřebu díky využití především obnovitelných zdrojů energie v blízkém okolí stavby.

Nejčastěji dochází k výrobě energie pomocí solárních kolektorů, které zachycují sluneční paprsky a přeměňují je na tepelnou energii. Nejčastější typem jsou kolektory kapalinové využívající kapalinu jako teplonosnou látku.

Další možností je instalace střešních fotovoltaických panelů přeměňující sluneční záření na elektřinu přímým způsobem. Panely zajišťují dostatek elektrické energie na pokrytí potřeby energie celoročního provozu systému větrání, vytápění, ohřevu teplé vody a běžný provoz v domácnosti (osvětlení, spotřebiče, elektrická zařízení atd.). Výhodou je možnost sdílení přebytku energie do veřejných sítí.

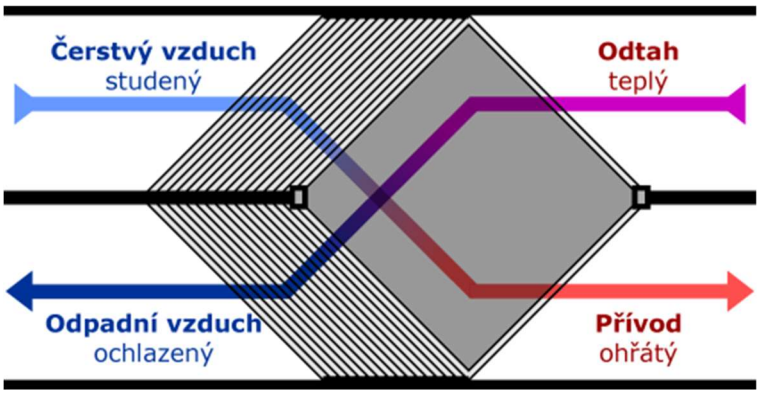
Mezi další způsoby, jak využít obnovitelné zdroje, patří vodní či větrné elektrárny, geotermální vrt nebo využití biomasy v podobě biopaliv.

4.3 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Příprava teplé vody úzce souvisí se zdrojem tepla po vytápění. Pokud je dům vybaven tepelným čerpadlem pro vytápění, potom by mělo čerpadlo sloužit i k ohřevu teplé vody. V případě využití obnovitelných zdrojů energie, lze tepelné čerpadlo napojit na solární kolektory či panely. Pokud zmíněné zdroje tepla nepokrývají celkovou potřebu teplé vody, je nutné doplnit další zdroj, např.: elektrický boiler s vysokou účinností. V případě, že je v objektu nutný návrh chladicího systému, je výhodné tepelné čerpadlo voda – země, kdy z vrtů odebíráme chlad do domu. Čerpadla fungují na základě dodávání tepla z domu do vrtů a současně odebírání tepla z vrtů pro TV. [14]

4.4 VĚTRÁNÍ

Energeticky úsporným řešením je vzduchotechnická jednotka s možností rekuperace tepla, schéma principu fungovaní lze vidět na Obrázku č. 4. Jedná se o jednotku se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu, která slouží k úspornému větrání jednotlivých místností v budově. Tepelné ztráty způsobené chladným čerstvým přívodním vzduchem jsou podstatně omezeny díky regeneračnímu výměníku jednotky. Potřebu tepla na vytápění případně větrání a ohřev teplé vody lze pokrýt tepelnými čerpadly na principu vzduch – voda. V případě, že není nutné chlazení, je možné využít i další zdroje energie. [15] [21]



Obrázek 4 - Princip fungování křížového výměníku tepla [21]

4.5 OSVĚTLENÍ

Nedílnou součástí celého konceptu aktivních domů je zajistit dostatek přístupu denního světla. Aktivní budovy jsou zpravidla světlejší a vzdušnější oproti běžným výstavbám. Plocha zasklených otvorů dosahuje až 40 % podlahové plochy domu. V místnostech jako jsou chodby, kde není možné osadit okenní otvory, je možné umístit světlovody. Důležitým faktorem je orientace fasádních a střešních oken, a to na jih. V zimě pak okna přivádí ze slunečních paprsků více tepelné energie, než kolik tepla unikne z domu ven. Pasivní solární zisky jsou schopny pokrýt až 50 % potřeby energie na vytápění. V létě je naopak nutné zabránit přehřívání vnitřních prostor, a to pomocí stínících prvků optimálně světlých barev. Existují i speciální okna, která jsou vhodná k instalaci do aktivních domů. Vybrat lze například ze tří druhů zasklení – nízkoenergetické trojsklo, pasivní zasklení nebo speciální protihlukové zasklení. Okna se liší součinitelem prostupu tepla *U*, propustností slunečního záření *g* a vzduchovou neprůzvučností *Rw*. [16] [17]

Obrázek 5- Typy izolačních střešních oken [16]

5 REFERENČNÍ STAVBY

Aktivní domy jsou trendem zejména poslední dekády. Vůbec první dům tohoto typu byl postaven v roce 2009 v Dánsku. Od té doby jejich hustota výskytu narůstá, a to především v Evropě, např.: ve Skandinávii, Velké Británii, Itálii, Belgii a v dalších evropských zemí. Mimo Evropu lze nalézt energeticky aktivní domy v Kanadě a Číně.

5.1 CENTENNIAL PARK ACTIVE HOUSE

První certifikovaný aktivní dům na světě se nachází v Kanadě na předměstí Toronta. Stavba byla dokončena v roce 2016 a byla navržena v Evropě ve spolupráci kanadských a dánských odborníků.

Obrázek 6 - Aktivní dům Centennial Park v Kanadě [6]

Využitím nejrůznějších moderních technologií bylo dosaženo takových technických parametrů, které zaručují významné úspory energií. Ve spojení s moderní designem interiéru pak objekt poskytuje maximální komfort pro uživatele.

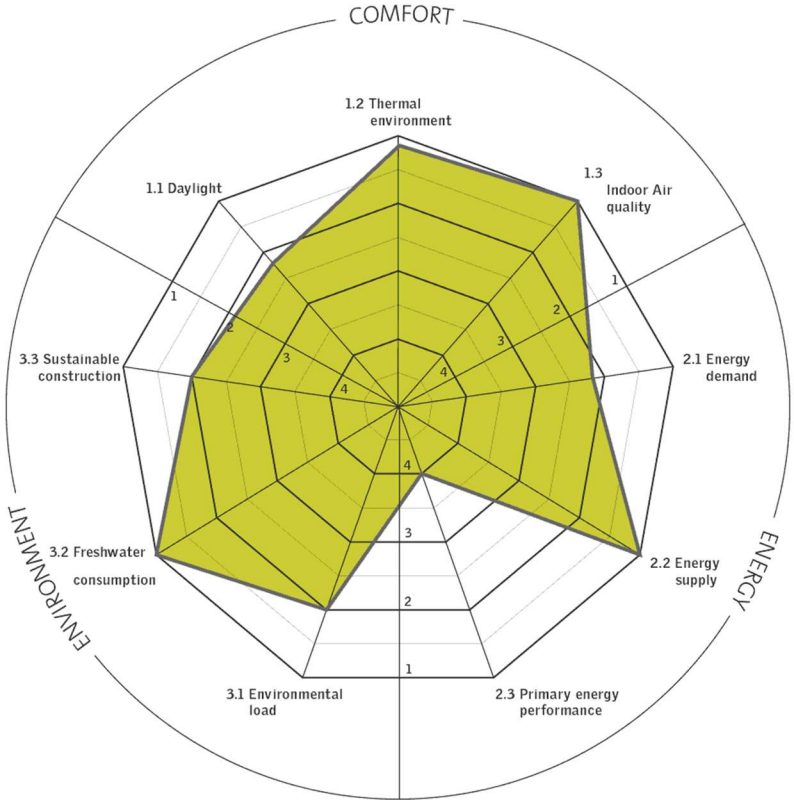
Po celý den je zajištěn přístup denního světla, který vytváří dojem prostornosti. Instalovány jsou okna s trojskly eliminující tepelné ztráty. Jsou umístěny po obvodě budovy tak, aby bylo možno využít komínového efektu a zároveň principu křížového větrání. Zásluhou zmíněných efektů se snižují požadavky na klimatizaci. Pro maximální přístup světla jsou kromě oken umístěných na vodorovných konstrukcích po obvodě instalována i střešní okna a světlíky.

Samozřejmostí domu je inteligentní ovládací systém, kterým je možné regulovat a kontrolovat různé technické parametry budovy. Dále je dům vybaven Wi-Fi termostaty,

bezdrátovým ovládáním světla a mimo jiné technologií Powerwall od společnosti Tesla. Jedná se o dobíjecí baterii řízenou systémem, která napomáhá k lepšímu hospodaření s energií. Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo a třífázová pec.

Pro využití maximálního potenciálu aktivních domů v praxi je nutné dodržet základní dva předpoklady, a to finanční dostupnost pro klienty a zároveň realizovatelnost projektu, aby projekt na trhu obstál a byl konkurenceschopný. Budova navržená v Evropě byla nejprve zkušebně postavena ve výrobní hale, kde byla vystavena simulacím testující chování budovy. Vzhledem k tomu bylo možné eliminovat tepelné ztráty budovy a poté došlo k jejím reálnému postavení. Budova je složena z montovaných dílců, u nichž je výstavba šetrnější k životnímu prostředí než u výstavby zděných budov.

Vyhodnocení efektivnosti budovy je viditelné na Obrázku č. 7 pomocí aktivního radaru.[6] [7]



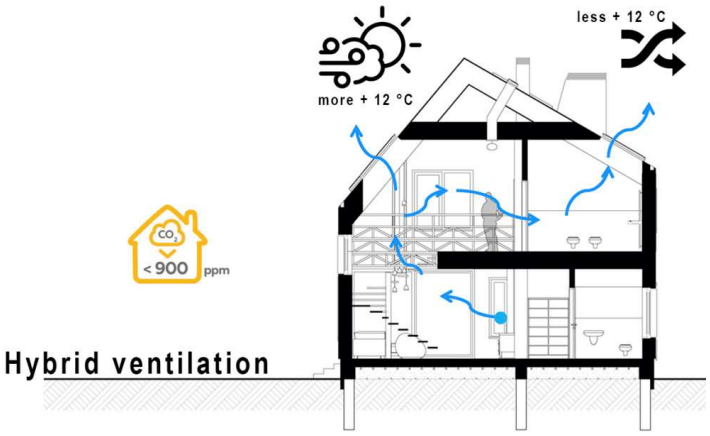
Obrázek 7 - Aktivní radar domu Centennial Park [6]

5.2 **OPTIMA HOUSE**

Optima house je prvním projektem energeticky úsporného rodinného domu založeným na principu aktivního domu na Ukrajině. Projekt navrhl ukrajinský architekt Alexander Kucheravy a stavba byla dokončena v roce 2015.

Obrázek 8 - Optima House na Ukrajině [8]

Plocha zasklení budovy dosahuje 31,5 % a poskytuje tak dostatek přístupu světla a tím vytváří solární zisky v chladném období. Teplota v interiéru v letním období nepřesahuje 24 °C a v letním období neklesne pod 21 °C, což je zajištěno navrženým hybridním větráním. Jedná se o přirozené křížové větrání, kdy dochází k úspoře energie během vytápění a větrání zásluhou výměníku s rekuperací tepla a účinností 83 %. Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo vzduch-vzduch a v jednotlivých obytných místnostech je umístěno zónové podlahové vytápění.



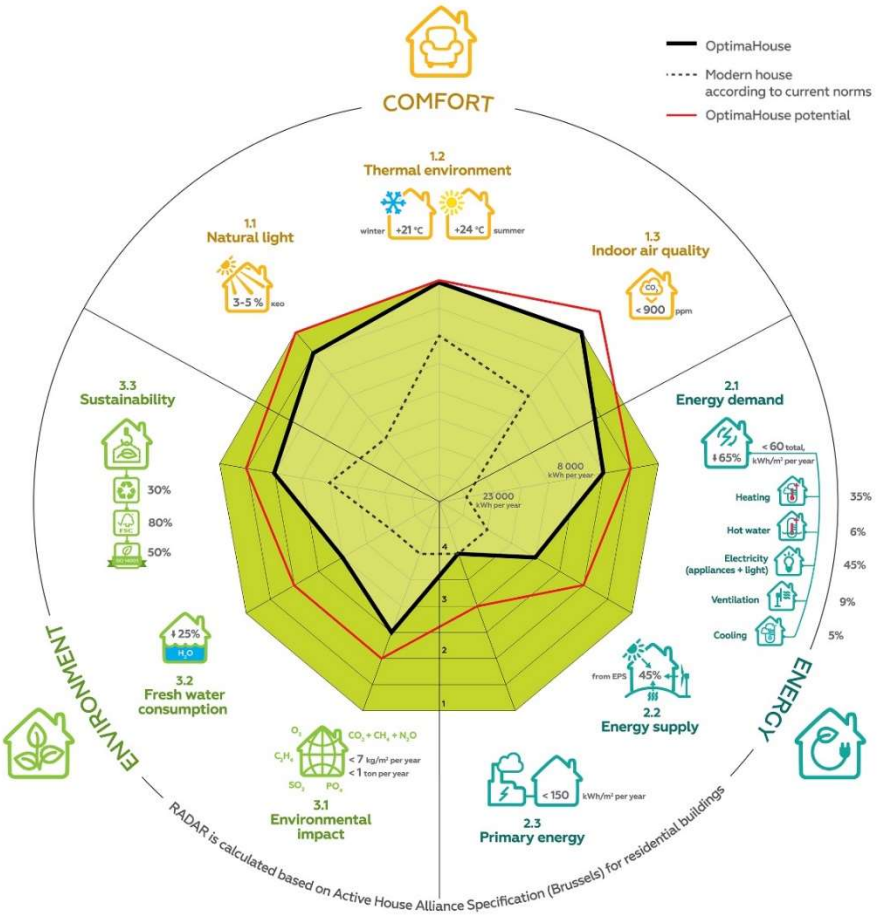
Obrázek 9 - Schéma hybridního systému větrání domu [8]

Hybridní větrání zajištuje, že koncentrace CO_2 uvnitř budovy bude menší než 900 ppm. Kvalita vzduchu je monitorována snímači, které měří vnitřní teplotu, vlhkost a koncentraci CO_2 . Regulace větracího systému je umožněna pomocí ovládání střešních oken, regulace rychlosti mechanického větrání s rekuperací tepla nebo poskytnutí informací uživatelům domu o stavu kvality vzduchu.

Zdroje energie v domě jsou ze 45 % obnovitelné. Na střeše rodinného domu jsou umístěny solární kolektory, které zajišťují přípravu teplé vody a z části i podlahové vytápění v budově. Na střeše jsou instalovány rovněž fotovoltaické panely, které pokrývají spotřebu elektrické energie v domácnosti.

Budova je z více než 30 % z recyklovatelných materiálů a dřevo použité v budově je z převážné většiny z místního lesa, které je certifikované ochrannou známkou FSC. Certifikace definuje pravidla pro obhospodařování lesů, aby bylo ekologicky přijatelné, ekonomicky životaschopné a zároveň sociálně přínosné.

Vyhodnocení efektivnosti budovy je detailněji patrné z Obrázku č. 10 pomocí aktivního radaru. [8] [9]



Obrázek 10 - Aktivní radar domu Optima House [8]

5.3 **RENOV ACTIVE**

Rodinný dům RenovActive se nachází na předměstí Anderlechtu v Bruselu. Jak již vyplývá z názvu, projekt je příkladem rekonstrukce již stávající budovy z počátku 20. století s cílem vytvořit vhodné vnitřní klima s dobrým energetickým výkonem podle zásad aktivního domu.

Obrázek 11 – RenovActive před a po rekonstrukci [10]

Jedním z hlavních kritérií projektu byla cenová dostupnost renovace sociálního bydlení. Koncepce rekonstrukce je založena na principu aktivního domu a vzhledem k danému rámci finančního rozpočtu došlo v porovnání s původním stavem budovy ke zvýšení přístupu denního světla, návrhu vhodného systému větrání, posílit obálku budovy a rozšířit prostor uvnitř budovy.

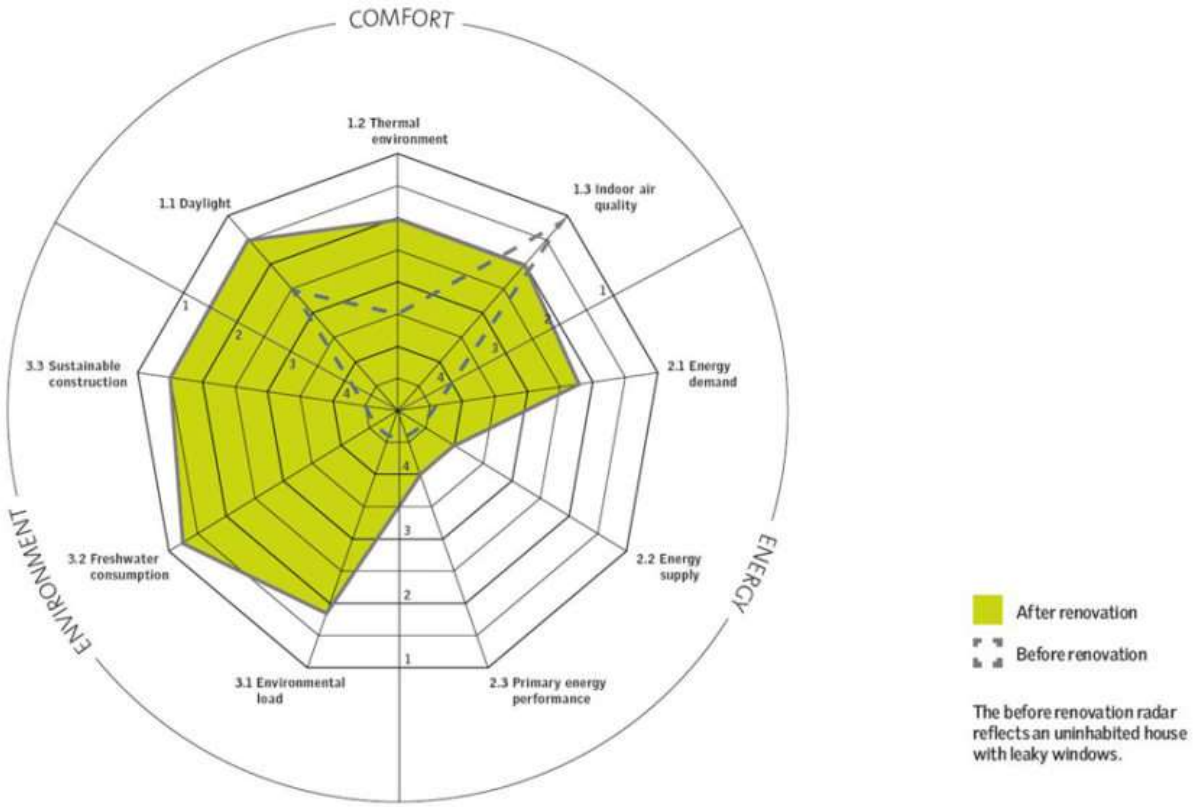
Na střeše byla instalována střešní okna Velux, která jsou dalším zdrojem přirozeného denního světla. Prosklené plochy poskytují zároveň solární zisky v zimním období, je však nutné přebytečné teplo regulovat zejména v létě, a to pomocí venkovních žaluzií. Jsou to automatické stínící prvky, které se otevírají nebo zavíraje podle venkovní teploty nebo podle slunečního svitu. Stínícími prvky v podobně žaluzií nebo rolet budou okna vybaveny i v interiéru.

Čerstvý vzduch je zajištěn přirozeným větráním ve spolupráci s firmou Renson. V případě přesáhnutí venkovní teploty hranice 14°C, dojde k spuštění systému automatického otevírání a zavírání oken. Spuštění systému závisí na snímaných hodnotách teploty, vlhkosti a koncentrace CO_2. V zimě je pak vzduch přiváděn ventilačními klapkami, které jsou integrované přímo v oknech.

Omezený rozpočet pro sociální bydlení v tomto případě omezoval využití modernějších zařízení pro zisk energie jako například solární kolektory. Navržen byl plynový kondenzační kotel napojený na stávající síť.

Dešťová voda je shromažďována v nádržích a znovu použita za účelem splachování toalet, praní nebo využití vody vně budovy na zahradě.

Na aktivním radaru na Obrázku č. 12 lze vidět porovnání efektivnosti budovy před a po rekonstrukci. V grafu můžeme pozorovat rozdíly především v oblasti komfortu a životního prostředí. Konkrétně ve zvýšení přístupu denního světla, udržitelnosti porovnávaných staveb a efektivního využití vody a regulace její spotřeby. V oblasti energie není využit plně potenciál aktivního domů, protože to nedovolil omezený rozpočet na rekonstrukci budovy. [10]



Obrázek 12 - Aktivní radar domu RenovActive [10]

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo popsat energeticky aktivní rodinné domy. V rámci vypracování byly na úvod představeny energeticky úsporné budovy a následně byly popsány hlavní zásady aktivních rodinných domů. Bylo vysvětleno, jakým technickým řešením jsou tyto zásady dosaženy a nadále byly zmíněny některé referenční stavby.

Závěrem je, že existují různé způsoby k vytvoření energeticky aktivního bydlení, ale hlavní cíl zůstává vždy stejný, a to zajistit: [10]

1. Vnitřního klima podporující zdraví, pohodlí a celkový pocit pohody.
2. Dostatečnou kvalitu vzduchu a tepelnou pohodu v domě a jejich snadnou regulaci a ovládání.
3. Energetickou efektivnost domu.
4. Využití obnovitelných zdrojů a recyklovatelných materiálů s minimální dopadem na životní prostředí.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. ISBN 987-80-247-3832-1

[2] Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy. TZB info [online]. 2016 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/3001-pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy

[3] Možnosti dosažení zdravého vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. In: *TZB info* [online]. 2013 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/9666-moznosti-dosazeni-zdraveho-vnitrniho-prostredi-v-budovach-s-temer-nulovou-spotrebou-energie

[4] Active House - creating value for you: GUIDE FOR BUILDERS / DEVELOPERS. In: *Aktiv Hus* [online]. Denmark [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://aktivhusdanmark.dk/media/33471/active-houses_final.pdf

[5] Active House. *About active house* [online]. Belgium [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.activehouse.info/about/about-active-house/

[6] Active House Centennial Park. *Active House* [online]. Belgium [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.activehouse.info/cases/active-house-centennial-park/

[7] Active House Centennial Park. *Velux* [online]. Denmark [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.velux.cz/inspirace/referencni-stavby/active-house-centennial-park

[8] OptimaHouse in Ukraine. *Active House* [online]. Belgium [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.activehouse.info/cases/optimahouse-in-ukraine/

[9] Pravidla užívání značky FSC. *FSC* [online]. Brno: Fairwood, 2009 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.czechfsc.cz/fsc-certifikace/pravidla-uzivani-znacky-fsc.html

[10] RenovActive. *Active House* [online]. Belgium [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.activehouse.info/cases/renovactive/?fbclid=IwAR1ukC_oFYYgid6c1eGm1JtqogQQrOfdhKPDZjCD3ogAjBPG68kjUty4yBg

[11] Kvalita obálky referenční budovy. TZB info [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/4804-kvalita-obalky-referencni-budovy

[12] Architektonická budoucnost v současnosti: koncept aktivního domu ve Francii. TZB info [online]. 2012 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/9067-architektonicka-budoucnost-v-soucasnosti-koncept-aktivniho-domu-ve-francii

[13] Aktivní a pasivní chlazení pomocí tepelného čerpadla. VIESSMANN [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/aktivni-pasivni-chlazeni-tepelna-cerpdla.html

[14] Optimální volba zdroje pro nízkoenergetické domy. TZB info [online]. 2013 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9635-optimalni-volba-zdroje-pro-nizkoenergeticke-domy

[15] Větrání s rekuperací: Malá rekuperační jednotka RESPIRO. TZB info [online]. 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/17314-mala-rekuperacni-jednotka-respiro-novinka-2018

[16]Střešní okna. VELUX [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.velux.cz/?_ga=2.23161779.82800908.1557389061-1845235773.1557389061

[17] Zdraví, slunce a vzduch, to je aktivní dům. Stavebnictví 3000 [online]. 2010 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zdravi-slunce-a-vzduch-to-je-aktivni-dum

[18] Energetická náročnost budovy: Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov. TZB info [online]. 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3

[19] Sick building syndrome. Worl Health Organization [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.wondermakers.com/Portals/0/docs/Sick%20building%20syndrome%20by%20WHO.pdf

[20] Budovy s téměř nulovou spotřebou energie: Pohled na budovy s téměř nulovou spotřebou energie v kontextu současných legislativních požadavků v ČR. TZB info [online]. 2017 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15179-pohled-na-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-v-kontextu-soucasnych-legislativnich-pozadavku-v-cr

[21] Vše, co potřebujete vědět o větrání s rekuperací tepla. Nazeleno [online]. 2014 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/stavba/rekuperace/vse-co-potrebujete-vedet-o-vetrani-s-rekuperaci-tepla.aspx

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Základní pilíře aktivního domu [4] 10
Obrázek 2 - Označení certifikovaných aktivních domů [4] 11
Obrázek 3 - Radar aktivního domu [4] 12
Obrázek 4 - Princip fungování křížového výměníku tepla [21] 14
Obrázek 5- Typy izolačních střešních oken VELUX [16] 15
Obrázek 6 - Aktivní dům Centennial Park v Kanadě [6] 16
Obrázek 7 - Aktivní radar domu Centennial Park [6] 17
Obrázek 8 - Optima House na Ukrajině [8] 18
Obrázek 9 - Schéma hybridního systému větrání domu [8] 18
Obrázek 10 - Aktivní radar domu Optima House [8] 19
Obrázek 11 – RenovActive před a po rekonstrukci [10] 20
Obrázek 12 - Aktivní radar domu RenovActive [10] 21