ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

VYTÁPĚNÍ BUDOVY MATEŘSKÉ ŠKOLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: **Bc. Jan Novák**

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

2019/2020

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Novák Jméno: Jan Osobní číslo: 439145

Zadávající katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění budovy mateřské školy

Název diplomové práce anglicky: Heating system of the kindergarten building

Pokyny pro vypracování:

Projekt vytápění zadané mateřské školy

Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh trasy soustavy vytápění, návrh dimenzí rozvodů, základní energetické výpočty.
Výkresová část - půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti, funkční schéma.

Studie na téma způsoby řešení budov mateřských škol v evropských zemích

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, Modul M3-3.
ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav.
Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.

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

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020
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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 3. 1. 2020 _____

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, ochotnou pomoc a cenné rady při tvorbě diplomové práce.

OBSAH

OBSAH 1
ABSTRAKT 2
ABSTRACT 2
KLÍČOVÁ SLOVA 2
KEYWORDS 2
1. ÚVOD 4
2. SPECIFIKA MATEŘSKÝCH ŠKOL 4
VYTÁPĚNÍ 5
VĚTRÁNÍ 7
3. VLIV LOKALITY NA ŘEŠENÍ MATEŘSKÝCH ŠKOL 9
TEPELNÁ IZOLACE OBÁLKY 9
PROSKLENÍ 9
VYTÁPĚNÍ 9
CHLAZENÍ 10
4. HISTORIE A SOUČANOST PŘEDPISŮ V ČESKÉ REPUBLICE 11
5. PŘÍKLADY NOVOSTAVEB 13
MATEŘSKÁ ŠKOLA SOLHUSET – HØRSHOLM, DÁNSKO 13
MATEŘSKÁ ŠKOLA HEDLUNDA – UMEÅ, ŠVÉDSKO 16
MATEŘSKÁ ŠKOLA – HEIDENAU, NĚMECKO 18
6. PŘÍKLADY REKONSTRUKCÍ 20
MATEŘSKÁ A ZÁKLADNÍ ŠKOLA - SANKT LEONHARD BEI SIEBENBRÜNN, RAKOUSKO 20
MATEŘSKÁ ŠKOLA – HORESTI, MOLDÁVIE 22
7. ZÁVĚR 23
8. ZDROJE 24
9. POUŽITÉ OBRÁZKY 27
10. POUŽITÉ TABULKY 27
11. SEZNAM PŘÍLOH 27
12. SEZNAM VÝKRESŮ 27

ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je návrh systému vytápění pro budovu mateřské školy. Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části se zabývám obecnými kritérii návrhu mateřských škol, zejména s ohledem na vnitřní prostředí. Porovnávám v ní vstupní podmínky a přístupy k návrhu v různých částech Evropy. Tyto rozdílnosti uvádím na příkladech konkrétních budov.

V praktické části se zabývám návrhem vytápění pro již stojící budovu mateřské školy v Praze. V rámci návrhu zpracovávám výpočet tepelných ztrát budovy, návrh koncepce systému vytápění, návrh všech součásti otopné soustavy a její regulaci.

ABSTRACT

This diploma thesis is dealing with the design of heating system for a kindergarten building. This thesis is divided into theoretical and practical section.

In the theoretical section, I am dealing with general design criteria of kindergarten buildings mainly considering internal climate. I am comparing the input conditions and design approaches in various parts of Europe. These differences are then shown in examples of specific buildings.

In the practical section, I am dealing with the design of the heating system for an already built kindergarten building in Prague. The design procedure includes heat loss calculation, choice of the heating concept, design of all parts of the heating system and its regulation.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, otopná soustava, větrání, vnitřní prostředí, mateřská škola

KEYWORDS

Heating, heating system, ventilation, internal climate, kindergarten, preschool

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

STUDIE

ZPŮSOBY ŘEŠENÍ MATEŘSKÝCH ŠKOL V EVROPSKÝCH ZEMÍCH

Vypracoval: **Bc. Jan Novák**

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

2019/2020

1. ÚVOD

Problematika vnitřního prostředí v budovách pro vzdělávání a výchovu mládeže je nesmírně důležité téma. Jedná se o prostory, které přes den obývá velké množství dětí a mladistvých, jejichž komfort je pro správné fungování stěžejní. Takový komfort zajišťuje například vhodné osvětlení pro potřeby výuky, dostatečný přísun čerstvého vzduchu do učeben a společných místností, který zamezuje únavě a ztrátám koncentrace, či udržování vnitřní teploty s ohledem na aktivity provozované v jednotlivých místnostech.

Pokud se zaměříme na mateřské školy, je nutné zmíněné aspekty kvality vnitřního prostředí dodržovat o to přísněji. Děti v předškolním věku jsou náchylnější na nepříznivé klima a prevence výskytu nemocí je důležitá pro bezproblémový chod instituce. Dále je vhodné zajistit co nejlepší podmínky v prostorech, které slouží k rozvoji jejich dovedností. Na kvalitu vytápění, větrání a osvětlení by tedy při výstavbě (a s ohledem na konkrétní možnosti i při rekonstrukci) mateřské školy měly být kladeny co nejvyšší nároky.

2. SPECIFIKA MATEŘSKÝCH ŠKOL

Mateřské školy napříč Evropou mají povětšinou podobný koncept. Slouží pro děti přibližně od tří do šesti let, které jsou v rámci školy rozděleny do různě početných skupin (nejčastěji podle věku) obývajících jim přidělené prostory. Kapacita mateřských škol bývá nižší než u škol základních, což je dáno hlavně nižším věkovým rozmezím. K samotné budově často přiléhají venkovní prostory, které umožňují dětem pohyb na čerstvém vzduchu. Celý pozemek pak pro zajištění bezpečnosti bývá oddělen od veřejných prostranství.

Budova mateřské školy se nejčastěji sestává z těchto místností:

- herny – místnosti pro denní aktivity
- lehárny – prostory pro odpočinek (někdy ve stejné místnosti, jako herna)
- jídelna – místnost určená ke stravování (několikrát denně)
- hygienické zázemí – toalety, umývárny
- šatny – místnost pro převlékání (jak při příchodu, tak při návštěvách venkovních prostor) a uchovávání oblečení
- kuchyně – příprava pokrmů pro děti a personál
- administrativní místnosti – kanceláře vedení školy, zázemí personálu
- ostatní zázemí – sklady, prádelny, technické místnosti

Každá z místností (zejména pak těch, které jsou obývané dětmi) má svoje specifické nároky na vnitřní prostředí, které závisí na jejím využití a kapacitě. Takové nároky se ale mohou lišit v závislosti na geografické poloze a s ní spojeným vnějším klimatem, či na specifickém provozu instituce. Příkladem budiž šatna, jejíž parametry se budou zákonitě lišit v zemích s chladným a teplým klimatem. V severských zemích, kde se děti často pohybují venku i při nízké teplotě, jsou tedy zvýšené nároky jak z prostorového hlediska (potřeba uložit více

oblečení), tak z hlediska tepelného komfortu (příchod dětí ze zimy). Naopak v zemích na jihu Evropy není potřeba takových opatření a přechod z vnějších prostor areálu do vnitřních heren je často v přímé návaznosti.

VYTÁPĚNÍ

Systém vytápění pro mateřskou školu musí v porovnání s jinými aplikacemi splňovat jednu důležitou podmínku – děti by při styku s otopnými plochami neměly přijít k úrazu. Důležité tedy je, aby jakákoli odhalená část systému v dosahu dětí nepřesahovala teplotu, která by jim mohla způsobit popáleniny.

Takové kritérium nejsnáze splňují systémy teplovzdušného vytápění, které vypouštějí vzduch o bezpečné teplotě z vyústek umístěných pod stropem. Při jejich návrhu je však potřeba dbát zvýšené pozornosti u rozmístění a nastavení jednotlivých vyústek, jelikož nesprávně navržený systém může mít za následek nerovnoměrné rozložení teplot. Komplexní a dobře fungující systém teplovzdušného vytápění najdeme takřka výhradně v

Obrázek 1 – Teplovzdušné vytápění – MŠ Skalníkova, Mariánské Lázně [1]

objektech, u kterých se s jeho použitím počítalo již při projektování, avšak často bývá pro dostatečný tepelný komfort a kvůli omezení objemu přiváděného vzduchu kombinovaný s dalším způsobem vytápění. Navrhnout vyhovující systém do již stojící budovy je často velmi obtížné, jelikož rozvody vzduchu jsou náročné na prostor a případné stavební úpravy mohou být neekonomické. Při rekonstrukcích se tedy aplikuje spíše varianta, kdy vzduchotechnika zajišťuje pouze výměnu vzduchu.

Velkoplošné systémy vytápění (podlahové, stěnové) jsou v tomto ohledu při správně zvolené teplotě média také naprosto bezpečné, navíc v případě podlahové varianty nevzniká velký rozdíl mezi teplotou u podlahy a pod stropem místností – vytváří se příznivý

teplotní gradient vzduchu. Teplá podlaha je také vhodná pro aktivity, při kterých děti sedí na zemi, jelikož takřka nemusíme řešit pokles dotykové teploty. Na rozdíl od teplovzdušného vytápění je možné systém velkoplošného podlahového vytápění implementovat i při rekonstrukci, náklady se však mohou při nutnosti větších stavebních úprav (např. nová skladba podlahy) vyšplhat vysoko.

Obrázek 2 – Podlahové vytápění – MŠ Nehvizdy [2]

Při konvenčním způsobu vytápění pomocí sálavých otopných těles se musíme mít na pozoru. Volba systému vytápění s nízkou (bezpečnou) teplotou média může způsobit potíže při hydraulickém vyvážení, je tedy vhodné sáhnout po speciálně navržených otopných tělesech, která jsou zabezpečena proti přímému kontaktu s horkými součástmi. Otopná tělesa je také potřeba zakomponovat do místností tak, aby se minimalizovalo riziko úrazu, např. nárazem. Toho lze docílit třeba vhodným zakrytováním těles tak, aby byly zakryty jejich hrany a armatury. V moderních mateřských školách už bychom dnes takovýto systém vytápění nalezli zřídkakdy, avšak pro mnoho starších objektů je pořád nejvhodnější a nejčastěji volenou variantou, a to zejména z ekonomického hlediska.

Obrázek 3 – Otopná tělesa KORADO RADIK MATERNELLE pro mateřské školy [3]

VĚTRÁNÍ

Se zvyšujícími se nároky na kvalitu přiváděného vzduchu a klesající kvalitou ovzduší, a to hlavně ve větších městech, již dávno není přísun čerstvého vzduchu otázkou pouhého otevření oken. Nucené větrání se tak v čím dál větším počtu nově postavených budov, mateřské školy nevyjímaje.

Obrázek 4 – Dodatečná instalace nuceného větrání – MŠ U Dubu, Týniště nad Orlicí [4]

Výhody nuceného větrání jsou nesporné: Máme vysokou míru kontroly nad kvalitou, teplotou a množstvím přiváděného vzduchu, systémy pracují téměř automaticky a oproti přirozenému větrání dochází k daleko nižším tepelným ztrátám (v zimě) či nežádoucím ziskům (v létě). Správně navržený systém zajistí pro všechny místnosti odpovídající parametry přiváděného vzduchu a při jeho použití pro vytápění či chlazení zajišťuje i udržení tepelného komfortu. Při dodatečné instalaci nuceného větrání je potřeba dbát zvýšené péče při utěsnění budovy, jelikož objekt s nedostatečnou vzduchotěsností zásadně redukuje jeho účinnost.

V lokalitách, které to umožňují, je možné použít také hybridní větrání, tedy systém, který pomocí údajů z čidel v místnostech a vně budovy automaticky otevírá či zavírá okna tak, aby zajistil požadované vnitřní klima. Otevřená okna tak lze využít pro odvod vzduchu, přičemž přívod může být nucený, nebo pomocí přirozeného proudění vzduchu díky rozdílu teplot. U druhé varianty je však třeba počítat s tím, že přiváděný vzduch není nijak ošetřen a jeho kvalita záleží na venkovních podmínkách. Kombinace nuceného přívodu a přirozeného odvodu je tak vhodnější volbou. Výhodou tohoto systému jsou menší prostorové nároky na odvod vzduchu (v porovnání s odvodem potrubím), ekonomická výhodnost se však liší u konkrétních aplikací.

Obrázek 5 – Hybridní větrání střešními okny - MŠ a ZŠ Marcey-les-Grèves, Francie [5]

Přirozené větrání je přes všechny svoje zápory stále velice rozšířené. Při rekonstrukcích (nejen) mateřských škol se dodnes hledí hlavně na finanční stránku, a výsledkem je tedy zaměření na zateplení objektu a zanedbání problematiky kvality vnitřního ovzduší. Výsledkem je objekt, který má sice menší tepelné ztráty prostupem konstrukcemi, ale stále vysoké ztráty větráním. Vlivem nedostatečné výměny vzduchu (často způsobené zvýšenou těsností obálky po výměně oken) také vznikají nové problémy, jako je například výskyt plísní a následné zhoršení kvality vnitřního ovzduší.

3. VLIV LOKALITY NA ŘEŠENÍ MATEŘSKÝCH ŠKOL

TEPELNÁ IZOLACE OBÁLKY

V dnešní době je dobře tepelně izolovaná budova základem kvalitního vnitřního prostředí a nízkých výdajů na jeho aktivní úpravu, ať se jedná o lokalitu s chladným či teplým klimatem. Evropské podnebí není v průběhu roku dostatečné stálé a výkyvy teplot jsou tak běžné jak ve Skandinávii, tak například v Řecku. Je tedy potřeba, aby byla obálka budovy co nejlépe chráněna proti prostupu tepla, ať už z budovy ven nebo naopak. Tepelné zisky radiací se však dají využít, například pomocí instalace solárních panelů na střechy. Nelze také opomenout dostatečný důraz na vzduchotěsnost objektu, která je klíčová pro správné fungování nuceného větrání. Tento odstavec samozřejmě není platný výlučně pro mateřské školy, ale pro každou novou budovu, která má být energeticky úsporná.

Při rekonstrukci je nezbytné dbát nejen na správný návrh zateplení, ale hlavně na jeho kvalitní provedení. Tepelné mosty, vzniklé vlivem nedodržení předepsaných postupů, mohou mít za následek kondenzaci vodní páry a vznik plísní, které jsou v mateřské škole velmi nebezpečným faktorem ovlivňujícím kvalitu vzduchu.

PROSKLENÍ

Vhodná míra prosklení už se s měnící se lokalitou lišit může. Čím větší severní šířka, tím je obecně kladen větší důraz na co nejvyšší využití denního světla, které je - hlavně přes zimu – často luxusem, který by se měl využít co nejefektivněji. Časté jsou tedy návrhy světlíků a obecně vysoké míry prosklení v místnostech denních aktivit, čímž dochází kromě zvýšení zrakové pohody i k úsporám za energii na umělé osvětlení. Nelze také nezmínit prokázaný vliv slunečního záření na zdraví člověka.

U staveb v jižní Evropě je zase důležité zvolit dostatečné stínění, které pasivně zabraňuje přehřívání interiéru kvůli velkým tepelným ziskům skrze prosklené plochy. Může se jednat jak o statické prvky (pergoly, přesahy stavebních konstrukcí), tak o aktivní (předokenní žaluzie, rolety, markýzy), které mohou být nastavovány tak, aby stínily vždy jen tolik, kolik je nezbytně nutné.

VYTÁPĚNÍ

Vytápění objektu je třeba řešit na většině území Evropy, jelikož i na jihu klesají venkovní teploty v zimě pod hranici, která je vyhovující pro potřeby mateřských škol. Lišit se však mohou zdroje tepla, které jsou schopné využívat lokální přírodní či umělé podmínky.

V lokalitách, které využívají centrální zásobování teplem, je nasnadě tuto možnost využít, jelikož zdroje tohoto tepla jsou od vytápěných objektů více vzdálené a účinnost výroby může být vyšší. Často je například využíváno odpadní teplo z jiných provozů, geotermální energie, nebo energie ze spalování odpadu. Vytápění pomocí geotermální energie je

v Evropě využíváno nejvíce ve Švédsku a na Islandu. [24] Systém funguje na bázi ohřívání topného média za pomoci geotermální energie Země. V české republice je největším zdrojem tepla pro centrální zásobování mělnická elektrárna, která pomocí tepelného napaječe zásobuje jižní část Prahy. [25]

Nejčastěji využívané individuální zdroje vytápění, které jsou šetrné k životnímu prostředí, jsou dnes tepelná čerpadla a solární panely. Jejich použití je vždy vázané na lokální podmínky, ale obecně se dá říct, že je tyto zdroje energie možné použít na většině území Evropy.

Častou volbou při změně zdroje vytápění bývá přechod z kotlů na pevná paliva na kotle spalující biomasu (např. peletky). Tato konverze není finančně zdaleka tak náročná, jako přechod na zdroje, které vyžadují jiný teplotní spád otopné soustavy, tudíž je využívána hlavně pro její ekonomickou výhodnost.

CHLAZENÍ

Chlazení není, narozdíl od vytápění, samozřejmou součástí ani u nově postavených objektů mateřských škol. Pokud je obálka budovy dostatečně tepelně izolována a je zamezeno přehřívání skrz prosklené plochy, nebývá často potřeba dále se přičiňovat o snížení teploty v interiéru.

V lokalitách, kde pasivní opatření proti přehřívání nejsou dost účinná, je potřeba zvolit aktivní řešení. Tím nejjednodušším a zároveň nejšetrnějším je provětrávání prostor chladným venkovním vzduchem. Takový může být třeba jen na severní straně budovy, která leží celý den ve stínu. Je také možné objekt provětrávat v noci, kdy teplota vzduchu klesne a díky neobsazenosti budovy je možné větrat s vyšší intenzitou výměny vzduchu.

V případech, kde by i výše zmíněné chlazení nebylo dostačující, je nutné přistoupit k aktivní úpravě vnitřní teploty za pomoci dodané energie. Nejčastějším řešením je strojní chlazení, které na principu tepelného čerpadla ochlazuje vzduch pomocí chladícího média. Ve velmi specifických případech může být chladícím médiem například vodní zdroj s trvale nízkou teplotou, či lze ochlazovat vzduch prouděním přes chladný zemní masiv. Dále je možné využít také energeticky nenáročnou metodu adiabatického chlazení, které ochlazuje a zvlhčuje vzduch pomocí vstřikování kapiček vody. [27]

4. HISTORIE A SOUČANOST PŘEDPISŮ V ČESKÉ REPUBLICE

První předpis, který definoval požadavky na větrání vzdělávacích zařízení na území tehdejšího Rakouska-Uherska, se datuje k roku 1888 [6]. Nedisponuje konkrétními hodnotami, které by měly být dodržovány, říká však, že prostory školy by měly mít zajištěn přísun čerstvého vzduchu. Toho mělo být docíleno nejen nárazovým větráním po skončení vyučování, ale také konstantním přísunem čerstvého vzduchu, který měl být v chladném období ohříván, a odvodem vzduchu odpadního. Již před 130 lety si tedy naši předkové uvědomovali důležitost větrání a souvislosti kvality vzduchu s komfortem, pozorností i zdravím žáků.

Konkrétní hodnoty objemu přiváděného vzduchu uváděl tehdejší profesor hygieny na Lékařské fakultě Univerzity Karlovy Gustav Kabrhel. Ve svém spisu z roku 1903 [7] stanovil střední hodnotu přiváděného vzduchu 20 m^3 na jednoho žáka za hodinu s tím, že hodnota se může mírně lišit v závislosti na jejich věku. Uváděl také symptomy, které mohou plynout z nedostatečné výměny vzduchu: Nevolnost, blednutí, dávení, či v krajním případě omdlení.

Po vzniku samostatného Československého státu byly další změny nastoleny takzvaným malým školským zákonem, který byl uveden v platnost roku 1922 [8]. Ten hovořil mimo jiné o snižování počtu žáků v učebnách, dbání na dostatečně prostorné učebny při projektování nových škol a jejich správné větrání a vytápění.

Obrázek 6 – historická kamna dříve používaná k vytápění učeben [9]

Z novodobých předpisů lze jako první uvést vyhlášku č. 108/2001 Sb. [10], která stanovovala hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení. Ta upravovala podmínky pro tepelnou pohodu, vnitřní mikroklima a osvětlení, měla však mnoho sporných součástí a byla ze strany odborné veřejnosti kritizována.

Aktualizované znění vyhlášky č. 268/2009 Sb. [11], o technických požadavcích na stavby přineslo limitní hodnoty výměny vzduchu v místnosti činící 25 m^3/h na osobu a maximální koncentrace CO_2 1500ppm v pobytových místnostech.

V současnosti platná vyhláška č. 343/2009 Sb. [12], kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, určuje rozmezí množství přiváděného vzduchu, rychlosti jeho proudění a výsledné teploty a relativní vlhkosti pro jednotlivé typy školních prostor.

Tabulka 1 - množství přiváděného vzduchu dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [12]

Typ prostoru	Množství vzduchu [m^3/hod]
Učebny	20-30 na žáka
Tělocvičny	20-90 na žáka (s ohledem na konkrétní využití)
Šatny	20 na žáka
Umývárny	30 na umyvadlo
Sprchy	150-200 na sprchu
Záchody	50 na kabinu, 25 na pisoár

Tabulka 2 - Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [12]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění v_a [m/s]	Relativní vlhkost rh [%]
	$t_{g\ min}$ [°C]	$t_{g\ opt}$ [°C]	$t_{g\ max}$ [°C]		
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22 ±2	28	0,1 – 0,2	30 – 65
Tělocvičny	18	20 ±2	28	0,1 – 0,2	30 – 65
Šatny	20	22 ±2	28	0,1 – 0,2	30 – 65
Sprchy	24	-	-	-	-
Záchody	18	-	-	0,1 – 0,2	30 – 65
Chodby	18	-	-	0,1 – 0,2	30 – 65

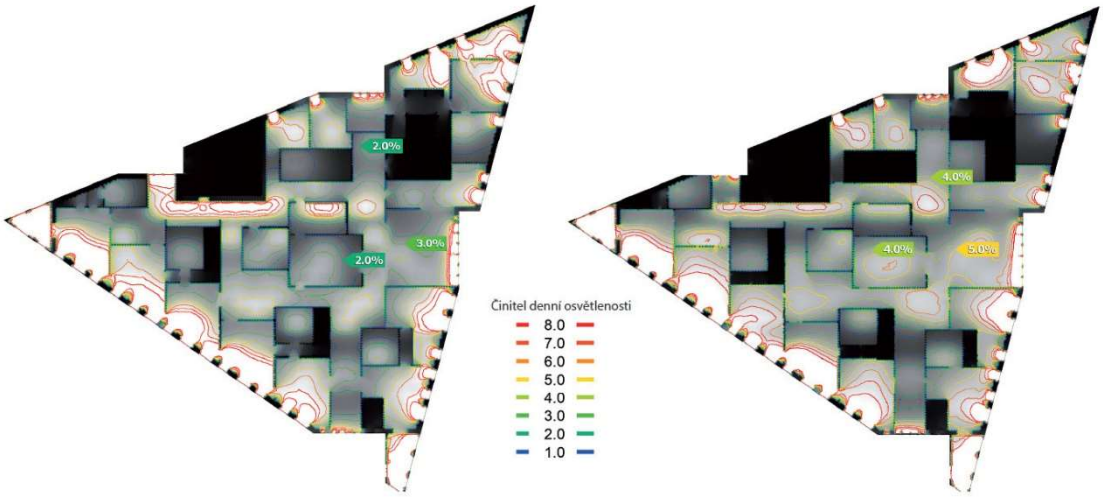
5. PŘÍKLADY NOVOSTAVEB

MATEŘSKÁ ŠKOLA SOLHUSET – HØRSHOLM, DÁNSKO

Pomyslným etalonem v oblasti zajištění ideálního vnitřního prostředí je mateřská škola Solhuset (v překladu Slunečný dům), která se nachází v městečku Hørsholm severně od hlavního města Dánska, Kodaně. Byla postavena v roce 2011 s cílem naplnit podstaty vize belgické neziskové organizace Active House Alliance, jenž má za cíl podporovat budovy, které přispívají ke zdravějšímu a komfortnějšímu životu a zároveň nepůsobí negativně na životní prostředí. Takové budovy jsou hodnoceny ve třech kritériích: Prostředí (místní kontext, dopad na životní prostředí), vnitřní klima (kvalita vnitřního ovzduší, tepelná pohoda, kvalita osvětlení) a energie (důraz na ekologii energetických zdrojů). Velký důraz při její výstavbě byl kladen na co nejoptimálnější využití přirozeného osvětlení a ventilace. Budova v běžném provozu splňuje podmínky aktivního domu, tj. produkuje více energie, než sama spotřebovává.

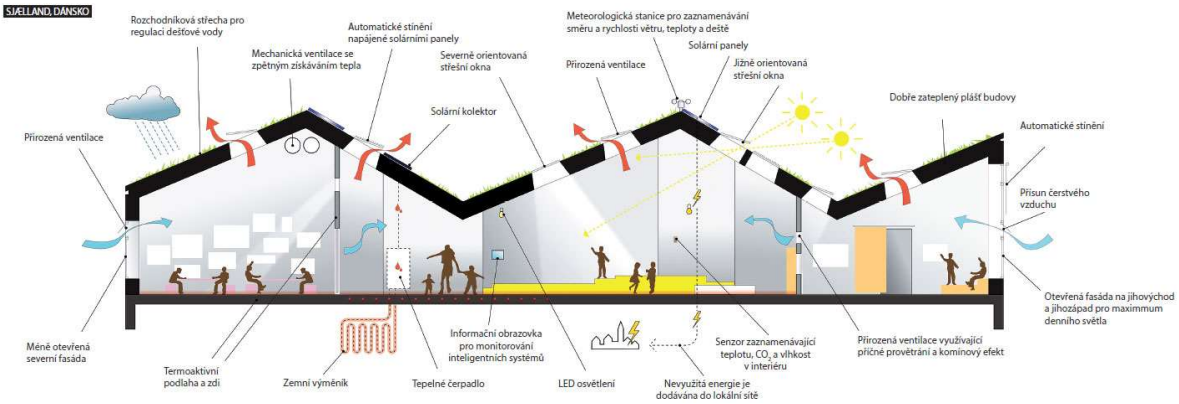
Obrázek 7 – Mateřská škola Solhuset, Dánsko [13]

Budova o podlahové ploše 1300 m^2 má půdorysný tvar trojúhelníku, má jedno nadzemní podlaží a šikmou střechu skládající se ze čtyř paralelních hřebenů. Střecha je z velké části pokryta solárními panely a ve zbývající ploše je koncipována jako zelená s extenzivním porostem, který zadržuje dešťovou vodu a slouží jako zvuková a tepelná izolace. Mateřská škola pojme celkem 100 dětí a 30 zaměstnanců. Její vnitřní uspořádání má připomínat malou vesnici s ulicemi a náměstíčky. Je rozdělena do tří vnitřních zón – vstupní prostory, místnosti pro denní aktivity a venkovní prostory. Denní místnosti (herny) jsou umístěny po obvodu objektu tak, aby využily co největší prosklené plochy pro přísun denního světla, jehož hodnoty jsou 3,5× vyšší, než požaduje současná stavební norma v Dánsku. Každá z denních místností má okna alespoň ze dvou stran a vysoký strop.



Obrázek 8 – Mateřská škola Solhuset, Dánsko – činitel denní osvětlenosti [13]

Tepelná pohoda objektu je zajištěna pomocí kombinace přirozeného a mechanického větrání, které je řízeno pomocí čidel v každé místnosti a meteorologické stanice na střeše objektu. Přehřívání v letním období je zamezeno pomocí automatického systému venkovního stínění prosklených ploch. Automaticky otevíraná střešní okna zajišťují odvod vzduchu, kombinace automaticky otevíraných oken po obvodu budovy a mechanického větrání jeho přívod. Tepelnou pohodu v zimě zajišťuje jednak kvalitně izolovaná obálka budovy tvořená prefabrikovanými dřevěnými panely, tak masivní konstrukce vnitřních stěn, které akumulují teplo ze slunečního záření a zajišťují až polovinu potřebné energie pro pokrytí tepelných ztrát v zimním období. Zbytek tepelných ztrát je pokrýván ze solárních panelů na střeše a tepelného čerpadla. Fototermické kolektory o ploše 50 m^2 zajišťují vytápění a přípravu teplé vody, fotovoltaické panely o ploše 250 m^2 dodávají elektrickou energii pro provoz budovy.



Obrázek 9 – Mateřská škola Solhuset, Dánsko – schéma větrání a vytápění [13]

Od uvedení do provozu je objekt monitorován a veškerá data z jeho provozu jsou zaznamenávána. Již v prvních dvou měsících (březen – duben 2011) vygenerovaly solární panely 3× více energie, než bylo potřeba na provoz, což činí zhruba 8 kWh/m^2 za rok. Pro co nejrychlejší řešení možných problémů se vedení mateřské školy každý měsíc setkává se stavebními inženýry z dodavatelské firmy.

Zdroje: [13], [14], [15]

MATEŘSKÁ ŠKOLA HEDLUNDA – UMEÅ, ŠVÉDSKO

Mateřská škola Hedlunda se nachází ve městě Umeå, které leží u pobřeží Baltského moře v severní části Švédska. Budova mateřské školy má 2 nadzemní podlaží a její půdorys je obdélníkového tvaru. Na ní navazuje jednopodlažní budova jídelny a restaurace. Celý region Umeå má ambice stát se od roku 2020 leaderem udržitelné výstavby v chladném klimatu, bylo proto ve spolupráci s iniciativou e-Lighthouse rozhodnuto o výstavbě nejseverněji položeného certifikovaného pasivního domu. Od začátku návrhu bylo tedy počítáno se splněním příslušných kritérií (spotřeba energie na vytápění ≤ 15 kWh/m^2×rok, celková spotřeba primárních energií ≤ 120 kWh/m^2×rok).

Obrázek 10 – Mateřská škola Hedlunda, Švédsko [16]

Obrázek 11 – Mateřská škola Hedlunda, Švédsko [16]

Při návrhu a výstavbě byl kladen velký důraz na dodržení přísných podmínek použití udržitelných a netoxických materiálů. Všechny použité materiály tak musí mít průkaz, který zaručuje jejich udržitelnost a udává množství emisí spojené s jejich výrobou. Z mnoha konkrétních podmínek lze uvést například zákaz použití odpadního potrubí z PVC, či použití velkoplošných koberců, místo kterých je použito linoleum nebo dřevěné parkety.

Celý komplex o podlahové ploše 1407 m^2 je podlahově vytápěn, jako zdroj tepla slouží vratná voda centrálního zásobování teplem (CZT) z obnovitelných zdrojů (48% biomasa, 38% spalovna odpadu – údaje z roku 2012). Pro ohřev teplé vody je použita kombinace CZT a odpadního tepla z chladících a mrazících jednotek používaných k uchovávání jídla v místní kuchyni. Větrání v budově je řešeno centrálními vzduchotechnickými jednotkami s účinností rekuperace 86 %. V budově nejsou žádné požadavky na aktivní chlazení, jelikož je chlazena pomocí nočního větrání, nasávání chladnějšího vzduchu ze severní fasády v průběhu dne. Budova je dále vybavena aktivními prvky předokenního stínění, které eliminují solární zisky v letních měsících. Celková roční spotřeba energie činí 34 MWh/rok.

Zdroje: [16], [17], [18]

MATEŘSKÁ ŠKOLA – HEIDENAU, NĚMECKO

V roce 1995 byla v německém městě Heidenau z důvodu nevyhovující statiky zdemolována původní budova mateřské školy. Na jejím místě byl vybudován park a dětské hřiště, přičemž děti předškolního věku dočasně obývaly několik místností přilehlé střední školy.

Obrázek 12 – Mateřská škola Heidenau, Německo [20]

V roce 2007 bylo rozhodnuto o výstavbě nové mateřské školy s kapacitou 72 dětí v jednom z cípů místního parku. Namísto srovnání terénu bylo zvoleno řešení, které integruje budovu do terénní vlny. Budova má nepravidelný tvar a jedno nadzemní podlaží, které umožňuje přímý kontakt s venkovním prostředím. Jižní část budovy je prosklená a zajišťuje dostatek přirozeného osvětlení.

Obrázek 13 – Mateřská škola Heidenau, Německo - půdorys [19]

Celý objekt mateřské školy splňuje podmínky pasivního domu. Obálka budovy má výborné tepelně-izolační vlastnosti a je tvořena výhradně materiály schválenými německým ministerstvem životního prostředí. Obvodové stěny jsou tvořeny dutými cihelnými tvárnicemi vyplněnými prelitem, izolací z minerální vlny a provětrávanou dřevěnou fasádou. Plochá střecha je tvořena dřevěnými nosníky, dřevovláknitou izolací a porostem z extenzivní zeleně.

Vytápění objektu je z velké části zajištěno pomocí vzduchotechniky. Některé místnosti jsou dále v případě potřeby dovytápěny podlahovým či stěnovým vytápěním. Rekuperace tepla ve VZT systému dosahuje 90 %. Pro ohřev vody je k dispozici solární panel o ploše 12 m^2, který pokrývá 70% potřeby teplé vody. Ta je ohřívána v zásobníku o objemu 750 l.

Obrázek 14 – Mateřská škola Heidenau, Německo -technická místnost [20]

Zdroje: [19], [20], [26]

6. PŘÍKLADY REKONSTRUKCÍ

MATEŘSKÁ A ZÁKLADNÍ ŠKOLA - SANKT LEONHARD BEI SIEBENBRÜNN, RAKOUSKO

Město Sankt Leonhard bei Siebenbrünn leží v na jihu Rakouska, přibližně 3 km od hranic se Slovinskem. Budova základní školy, postavená v roce 1964, po přelomu tisíciletí již přestávala kapacitně stačit, a proto bylo rozhodnuto o její rekonstrukci a rozšíření, v rámci nějž se do prostor objektu měla nastěhovat i mateřská škola.

Obrázek 15 – Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – stav před rekonstrukcí [21]

Rekonstrukce byla provedena v roce 2010. Jedná se o budovu se dvěma nadzemními podlažími a částečným podzemním podlažím, která obsahuje prostory základní školy v 2NP, knihovnu a mateřskou školu v 1NP a zázemí v 1PP. Prostory v částečném podzemním podlaží byly dříve okupované tělocvičnou, která byla v roce 2005 přemístěna do samostatného jednopodlažního přístavku. Na její místo se přestěhovala kuchyň, klubovna pro mimoškolní aktivity a místnosti potřebné pro chod budovy.

Obrázek 16 – Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – stav po rekonstrukci [21]

Cílem rekonstrukce bylo mimo jiné dosažení standardu pasivního domu. Toho bylo dosaženo pomocí několika opatření. Obálka budovy byla zaizolována a bylo dosaženo součinitele prostupu tepla u obvodových stěn i střechy pod hodnotou U = 0,1 W/m^{2}K. Zdroj tepla pro vytápění byl nahrazen z původního kotle na topné oleje na kombinaci kotle na biomasu a fotovoltaických panelů. Vytápění budovy zajišťuje centrální vzduchotechnický systém, který rozvádí ohřátý vzduch do jednotlivých místností. Systém je vybavený rekuperací o účinnosti 80 % a dohřevem vzduchu pomocí zmíněného tepelného zdroje.

Obrázek 17 – Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – před/po rozšíření [21]

Po roce používání budovy byl zjištěn pokles nákladů na energie o 81 % v ekvivalentní části základní školy. Původní spotřeba energie 207 kWh/rok potom klesla na 63 kWh/rok včetně nových vytápěných prostor po rozšíření objektu. Projekt obdržel v roce 2011 cenu ISOVER Energy Efficiency Best Award.

Zdroje: [21], [22]

MATEŘSKÁ ŠKOLA – HORESTI, MOLDÁVIE

Mateřská škola se nachází v městečku Horești, přibližně 30 km od hlavního města Moldávie Chișinău. V roce 2018 v ní proběhla rozsáhlá úprava systému vytápění. Původním zdrojem byla soustava kotlů na zemní plyn s výkonem 100 kW, která nedokázala pokrýt tepelné ztráty prostor o podlahové ploše téměř 2000 m2. Při největších mrazech teplota uvnitř dosahovala nejvýše 16 °C a bylo zapotřebí používat dodatečné vytápění pomocí elektrických přímotopů. Zdroj teplé vody byl v zimě zajištěn pomocí pěti elektrických zásobníků a celkové náklady na elektřinu byly neúměrně vysoké, přestože dodávka teplé vody nepokrývala potřeby mateřské školy.

Obrázek 18 – Mateřská škola Horesti, Moldávie – nově instalovená fototermické kolektory [23]

Místní samospráva se proto rozhodla požádat o evropskou dotaci. Přidělená částka 60 tisíc Eur byla investována do výměny systému vytápění, které je nově založeno na kombinaci fototermických panelů a kotlů na biomasu. Solární energie je použita na ohřev užitkové vody, přičemž v chladném období je možné vodu dohřívat z kotlů na biomasu. Peníze ušetřené za energii na vytápění je do budoucna plánováno využít na další rekonstrukce objektu mateřské školy.

Zdroj: [23]

7. ZÁVĚR

Problematika vnitřního prostředí mateřských škol se, jak jsem při psaní studie zjistil, neliší od moderních budov obecně tak, jak jsem si myslel. Kromě neopomenutelných (a legislativně ukotvených) rozdílů v požadavcích na konkrétní kvality vnitřního klimatu se totiž dostáváme zpět k obecným zásadám návrhu energeticky úsporné budovy s důrazem na kvalitu vnitřního prostředí. Tento fakt pramení z čím dál přísnějších požadavků, které regulují kvalitu vzduchu, zrakovou a akustickou pohodu.

Většina nově postavených mateřských škol, o kterých jsem získal dostatečné informace, je tedy v zásadě z hlediska použitých technologií postavena tak, jako by byly postaveny školy obecně, potažmo i jakékoli administrativní či veřejné budovy. Tento fakt nás podle mě může jen těšit, jelikož kvalitní vnitřní prostředí by nemělo být výsadou konkrétních skupin.

Bohužel, na rozdíl od zmíněných administrativních budov se nové objekty mateřských škol nestaví zdaleka v takovém měřítku, a naši nejmladší spoluobčané tak často tráví mnoho času v budovách, které jsou ve více či méně nevyhovujícím stavu. Při rekonstrukcích mateřských škol (a škol obecně) hraje pořád největší roli výsledná cena, a tak se v mnoha případech setkáváme s nesystémovými řešeními, která mají pochybný výsledný vliv na kvalitu pobytu uvnitř.

Čest však patří výjimkám, kde se sejdou všechny strany se společným cílem. U dánské mateřské školy Solhuset tomu tak očividně bylo – investor (s pomocí finančních prostředků z odpovídajících fondů) chtěl mít školku, o které se bude psát a zhotovitel si chtěl upevnit svoji dobrou pověst. Vznikla tak budova, na kterou bude ještě po několik let nahlíženo jako na etalon ve své třídě. Je pochopitelné, že ne všude je k dispozici takový finanční rozpočet, ale příklad rekonstrukce rakouské MŠ v Sankt Leonhardu ukazuje, že i bez zásadních změn v koncepci budovy se dá docílit kvalitních výsledků a rychlé ekonomické návratnosti.

Z mého pátrání si odnáším domněnku, že důraz na energetickou úspornost v rámci Evropy pořád převažuje v zemích s chladnějším klimatem, kde je nátlak na snížení nákladů vyšší než v zemích s klimatem teplým. Tato skutečnost se však v budoucnu může s postupným globálním oteplováním měnit, a i země jižní Evropy se budou muset začít přizpůsobovat.

8. ZDROJE

[1] Mateřská školka Nehvizdy – podlahové vytápění. Aton centrum s.r.o. [online]. [cit. 23.12.2019]
Dostupnné z:
http://www.aton.cz/image/122

[2] Mateřská škola Skalníkova. Masák & Partner s.r.o. [online]. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:
https://www.masak-partner.com/pict/content_cz/main/msml_7.jpg

[3] Příklad instalace. KORADO, a.s. [online] © 2019. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:
https://www.korado.cz/common/images/content/news//4016/radik-maternelle-vk.jpg

[4] Realizace řízeného větrání MŠ U Dubu. TZB-info [online]. © 2001-2019. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:
https://vetrani.tzb-info.cz/docu/clanky/0137/013728o6.jpg

[5] Máme ověřené řešení problému s kvalitou ovzduší ve školách. TZB-info [online]. © 2001-2019. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:
https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/16787-mame-overene-reseni-problemu-s-kvalitou-ovzdusi-ve-skolach

[6] ZMRHAL, Vladimír. Historie, současnost a budoucnost požadavků na větrání škol. TZB-info [online]. © 2001-2019. [cit. 25.12.2019]
Dostupné z:
https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/14981-historie-soucasnost-a-budoucnost-pozadavku-na-vetrani-skol

[7] KABRHEL, G. Větrání a vytápění škol. 1903. Vídeň: Nákladem Josefa Šafáře

[8] Zákon č. 226/1922 Sb., jímž se mění a doplňují zákony o školách obecných a občanských.

[9] Historická kamna. Turistika.cz [online]. © Turistika.cz s.r.o. 2007 – 2019 [cit. 25.12.2019]
Dostupné z:
https://www.turistika.cz/mista/hermanky-na-rozcesti/detail

[10] Vyhláška č. 108/2001 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení.

[11] Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.

[12] 4. Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

[13] Aktivní dům: Nejekologičtější mateřská škola. ASB-portal [online]. © JAGA GROUP, s.r.o. [cit. 22.12.2019]
Dostupné z:
https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/pasivni-domy/aktivni-dum-nejekologictejsi-materska-skola

[14] Triangle of sustainability. Detail Online [online]. © DETAIL Business Information GmbH. [cit. 22.12.2019]
Dostupné z:
https://www.detail-online.com/article/triangle-of-sustainability-13883/

[15] FOLDBJERG, Peter & ASMUSSEN, Thorbjørn & CHRISTOFFERSEN, Jens. (2014). Indoor Climate in a Danish Kindergarten built according to Active House Principles: Measured Thermal Comfort and use of Electrical Light [online].
Dostupné z: [cit. 22.12.2019]
https://www.researchgate.net/publication/268740777_Indoor_Climate_in_a_Danish_Kindergarten_built_according_to_Active_House_Principles_Measured_Thermal_Comfort_and_use_of_Electrical_Light

[16] Hedlunda Preschool Umeå. Sweco [online]. © Sweco AB 2019. [cit. 22.12.2019]
Dostupné z:
https://www.sweco.se/en/our-offer/architecture/education/hedlunda-preschool-umea/

[17] Ecologic and sustainable kindergarten/preschool Hedlunda. MountEE [online]. © MountEE 2012. [cit. 22.12.2019]
Dostupné z:
http://www.mountee.eu/pilot-buildings/construction/8_hedlunda/

[18] e-Lighthouse project meeting in Umeå. e-Lighthouse [online]. © e-Lighthouse 2016. [cit. 22.12.2019]
Dostupné z:
http://www.elighthouse.eu/blog-item/e-lighthouse-project-meeting-ume%C3%A5

[19] Playing on the Passive House hill - the new kindergarten in the Heidenau city park. Passipedia [online]. Passivhaus Institut GmbH. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:
https://passipedia.org/examples/non-residential_buildings/passive_house_kindergartens/central_europe/new_kindergarten_in_the_heidenau_city_park_germany

[20] Kindergarten Heidenau. Reiter-architektur [online]. © Reiter Architekten GmbH 2018. [cit. 23.12.2019]
Dostupné z:

http://www.reiter-architektur.de/start.php?lang=_cz&content=projekte&sub=kitas&sub2=ki-heidenau&menu=true

[21] St. Leonhard Primary School and Kindergarten: Municipal renovation in Austria. BUILD UP [online]. Part of Intelligent Energy Europe. [cit. 25.12.2019]
Dostupné z:
https://www.buildup.eu/en/practices/cases/st-leonhard-primary-school-and-kindergarten-municipal-renovation-austria

[22] St. Leonhard primary school and kindergarten. Renew School [online]. © RENEW SCHOOL 2019. [cit. 25.12.2019]
Dostupné z:
https://www.renew-school.eu/wp-content/uploads/2015/01/11_St.Leonard_folder.pdf

[23] European support: a modern biomass heating system was installed at the kindergarten in Horesti, Ialoveni. UNDP Moldova [online]. © United Nations Development Programme 2019. [cit. 21.12.2019]
Dostupné z:
https://www.md.undp.org/content/moldova/en/home/presscenter/pressreleases/2018/sprijin-european--un-sistem-modern-de-inclzire-pe-biomas-a-fost-.html

[24] Geothermal heating. Wikipedie [online]. [cit. 28.12.2019]
Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_heating

[25] Tepelný napáječ Mělník – Praha. Wikipedie [online]. [cit. 28.12.2019]
Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD_nap%C3%A1je%C4%8D_M%C4%9Bln%C3%ADk_%E2%80%93_Praha

[26] TYWONIAK, Jan a kolektiv. Nízkoenergetické domy 3. Praha: Grafa Publishing, a.s., 2012.
ISBN: 978-80-247-3832-1

[27] ADAMOVSKÝ, Daniel. Systémy chlazení ve vzduchotechnice. ČVUT FSv [online]. [cit. 2.1.2020]
Dostupné z:
http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u5-chlazeni_ve_vzduchutechnice.pdf

9. POUŽITÉ OBRÁZKY

1) Teplovzdušné vytápění – MŠ Skalníkova, Mariánské Lázně [1]
2) Podlahové vytápění – MŠ Nehvizdy [2]
3) Otopná tělesa KORADO RADIK MATERNELLE pro mateřské školy [3]
4) Dodatečná instalace nuceného větrání – MŠ U Dubu, Týniště nad Orlicí [4]
5) Hybridní větrání střešními okny - MŠ a ZŠ Marcey-les-Grèves, Francie [5]
6) historická kamna dříve používaná k vytápění učeben [9]
7) Mateřská škola Solhuset, Dánsko [13]
8) Mateřská škola Solhuset, Dánsko – činitel denní osvětlenosti [13]
9) Mateřská škola Solhuset, Dánsko – schéma větrání a vytápění [13]
10) Mateřská škola Hedlunda, Švédsko [16]
11) Mateřská škola Hedlunda, Švédsko [16]
12) Mateřská škola Heidenau, Německo [20]
13) Mateřská škola Heidenau, Německo - půdorys [19]
14) Mateřská škola Heidenau, Německo -technická místnost [20]
15) Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – stav před rekonstrukcí [21]
16) Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – stav po rekonstrukci [21]
17) Mateřská škola Sankt Leonhard im Pitztal, Rakousko – před/po rozšíření [21]
18) Mateřská škola Horesti, Moldávie – nově instalovená fototermické kolektory [23]

10. POUŽITÉ TABULKY

1) Množství přiváděného vzduchu dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [12]
2) Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [12]

11. SEZNAM PŘÍLOH

1) Technická zpráva
2) Výstupy z výpočetních programů
3) Technické listy

12. SEZNAM VÝKRESŮ

1) Půdorys 1NP
2) Půdorys 2NP
3) Půdorys 1PP
4) Schéma otopné soustavy
5) Půdorys technické místnosti
6) Schéma zapojení technické místnosti