



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

OPTIMALIZACE NÁVRHU ENERGETICKÉ RENOVACE ŠKOLSKÝCH BUDOV

OPTIMISATION OF ENERGY RENOVATION OF SCHOOL BUILDINGS

DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. PAVLA MOCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

PROF. ING. JITKA MOHELNÍKOVÁ, PH.D.

BRNO 2018

Bibliografická citace VŠKP

Ing. Pavla Mocová, *Optimalizace návrhu energetické renovace školských budov*. Brno, 2018. 224 s., 158 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce prof. Ing. Jitka Mohelníková, Ph.D.

Abstrakt v českém jazyce

Disertační práce se zabývá metodikou optimálního návrhu energetické renovace školských budov. Práce je zaměřena v první fázi na analýzu vybraných školských budov za posledních 100 let výstavby. V této fázi jsou zjištěny některé důležité informace, a to hlavně z hlediska energetického hodnocení obálky budovy a jejich výsledků. V neposlední řadě byly zjišťovány emise CO₂. V další části této práce je posuzována jedna vybraná škola z hlediska kvality prostředí, a to vzhledem k vyhodnocení mikrobiálního mikroklimatu na stavebních konstrukcích, koncentraci CO₂ a denního osvětlení. Koncentrace CO₂ a denní osvětlení učebny je řešeno pro původní i pro nový stav. Dalším bodem této práce je zhodnocení velikosti třídy ZŠ jak z hlediska typologických zásad, tak z hlediska průměrné velikosti místností učeben ve vybraných 23 školských zařízeních. Na těchto vybraných velikostech jsou provedena hodnocení denního osvětlení, které jsou součástí návrhového nástroje „PaMo I“. V další fázi disertační práce byl vytvořen návrhový nástroj „PaMo I“. Tento nástroj řeší vyhodnocení renovací školských budov z hlediska tepelně technického v návaznosti na ovlivnění denního osvětlení učeben školských zařízení, a to tloušťkou zateplovacího systému a výměny oken. Součástí návrhového nástroje je také finanční vyčíslení investice, doba návratnosti a dopad na životní prostředí jednotlivých variant. Při rozhodování uživatele návrhového nástroje bylo použito možností výběru variant. Výsledkem této práce je tedy vytvořený návrhový nástroj, který pomůže při rozhodování a nalezení optimální varianty energetické renovace školské budovy v návaznosti na denní osvětlení uvnitř učeben.

Abstract in English

The dissertation thesis is focused on a methodology of optimal design energy renovation of school buildings. The thesis is focused on the analysis of selected school buildings during the last 100 years of construction in the first phase. At this phase, are found some important information, especially in terms of the energy performance of the building envelope and results of this parts. Last but not least, CO₂ emissions were detected. In the next part of this work, one selected school is assessed in terms of the quality of the environment, due to the evaluation of microbial microclimate on building structures, CO₂ concentration and daylight. CO₂ concentration and classroom daylight is addressed both for the original and for the new state. Another point of this thesis is the appreciation of the size of the classrooms in the schools both in terms of typological principles and in terms of the average size of classrooms. The daylight assessment is performed on these selected sizes, which is a part of the "PaMo I" design tool. In the next phase of the dissertation was created the design tool "PaMo I". This tool solves the evaluation of the renovation of school buildings from the point of view of the thermal engineering in connection with the influence of the daylight illumination on the classrooms of the school buildings by the thickness of the insulation system and the replacement of the windows. Part of the design tool is also the financial quantification of the investment, the payback period and the impact on the environment of the individual variants. The choice of variant options has been used when making a design tool user decision. The result of this work is a design tool which will help in deciding and finding the optimal alternative to the energy renovation of a school building in connection with daylighting inside classrooms.

Klíčová slova

Školní budova, škola, rekonstrukce, energetická renovace, tepelně-technické vlastnosti, tepelně-technické vlastnosti materiálů a konstrukcí, zateplení obálky budovy, denní osvětlení učeben, ostění, rám okna.

Keywords

School building, school, reconstruction, energy renovation, thermal-technical properties, thermal and technical properties of materials and structures, thermal insulation of the building envelope, daylight of classrooms, lining, window frame.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji disertační práci na téma: „Optimalizace návrhu energetické renovace školských budov“ zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Brně dne 29. ledna 2018

.....
Ing. Pavla Mocová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své školitelce prof. Ing. Jitce Mohelníkové Ph.D., za její odborné rady, připomínky, náměty a za její neutuchající dobrou náladu a optimizmus při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Karlu Krontorádovi CSc., z Mendelovy univerzity v Brně, za jeho podporu při zpracování této disertační práce, za projevenou důvěru a za poskytnutý prostor pro dopracování práce.

Dále bych chtěla poděkovat vedoucím všech projektů, kterých jsem se zúčastnila, a to jmenovitě garantům projektu panu prof. Ing. Milanu Pavelkovi, CSc. a dále panu doc. Ing. Alešovi Rubinovi, Ph.D. a dalším kolegům.

Special thanks is to Dr. Luisa Brotas from London Metropolitan University for her valuable reviews and collaboration on the school buildings presented at the MC2014 People and Buildings.

V neposlední řadě chci poděkovat své „drahé polovičce“, celé své rodině, i celé své „druhé“ rodině, a všem svým přátelům, kteří mi byli oporou.

Obsah:

1	Úvod	11
2	Přehled o současném stavu problematiky	13
2.1	Bilance výstavby školských budov od dob Marie Terezie 1774 do roku 1950	14
2.1.1	Stavební řešení a materiály u výstavby před rokem 1950	14
2.1.2	Výstavba škol 1774-1869 v historických souvislostech	15
2.1.3	Výstavba škol 1869-1918 v historických souvislostech	17
2.1.4	Výstavba škol 1918-1948 v historických souvislostech [4]	19
2.2	Bilance výstavby školských budov od roku 1950 po současnost	23
2.2.1	Stavební řešení a materiály u výstavby po roce 1950	23
2.2.2	Výstavba škol 1948-1989 v historických souvislostech	23
2.2.3	Výstavba škol po roce 1989	25
2.3	Přehled vývoje požadavků na tepelnou ochranu obálky budovy	26
2.3.1	Vývoj v legislativě evropské unie	26
2.3.2	Vývoj v české legislativě	28
2.4	Přehled požadavků na denní osvětlení školských budov	32
2.4.1	ČSN 73 0580 – 1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky. [16]	32
2.4.2	ČSN 73 0580 – 3 Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol. [18]	32
2.5	Přehled programů pro hodnocení energetické náročnosti a denního osvětlení	33
2.5.1	Software pro energetickou náročnost – využívané v ČR	33
2.5.2	Software pro energetickou náročnost – využívané v zahraničí	35
2.5.3	Software pro hodnocení denního osvětlení – v ČR	38
2.5.4	Software pro hodnocení denního osvětlení – v zahraničí	40
2.6	Současné možnosti dotačních titulů – přehled	41
2.6.1	Operační program životního prostředí	41
2.6.2	Zelená úsporám pro budovy veřejného sektoru	42
2.6.3	Integrovaný regionální operační program – iROP	42
2.7	Cena energií	42
2.7.1	Cena plynu v ČR	42
2.7.2	Cena tepelné energie [43]	43
2.7.3	Cena uhlí a koksu	46
2.7.4	Cena elektrické energie	47
3	Cíl disertační práce	48
3.1	Dílčí cíle jsou následující:	48
4	Metoda zpracování práce	50
4.1	Analýza školských budov konstrukčně-provozních na vybraných reprezentantech výstavby za posledních výstavby 100 let	51
4.1.1	Energetické hodnocení vybraných reprezentantů školských budov	53
4.1.2	Základní údaje	57
4.1.3	Údaje o obálce budovy	60
4.1.4	Tepelné ztráty objektu	60
4.1.5	Spotřeby energií	61
4.2	Analýza současného stavu školských budov z hlediska stavebně-technického a tepelně-technického	61
4.2.1	Vznik vad – příčiny	63
4.2.2	Současný stav panelových školských budov	63
4.3	Posouzení z hlediska požadavků na vnitřní prostředí školských budov, ukázky vyhodnocení	69
4.3.1	Popis vybrané základní školy	70
4.3.2	Posouzení mikrobiálního mikroklimatu ve vybrané ZŠ	75
4.3.3	Měření koncentrace CO ₂ uvnitř vybrané učebny před a po zateplení a výměně oken	81
4.3.4	Měření denního osvětlení ve vybrané učebně před a po zateplení a výměně oken	83
4.4	Vybraná velikost třídy ZŠ pro hodnocení denního osvětlení v návrhovém nástroji	85
4.5	Zhodnocení investičních nákladů na renovaci v návrhovém nástroji	86
4.5.1	Cena zateplení fasády	86
4.5.2	Cena za výměnu oken	87
4.5.3	Cena za výměnu dveří	88

4.5.4	Cena za zateplení ploché střechy – tloušťky tepelné izolace 260 mm	89
4.5.5	Cena za zateplení šikmé střechy – tloušťkou tepelné izolace 260 mm	90
4.5.6	Souhrn orientačních cen zateplení obálky budovy a výměny oken	91
4.6	Návrhový nástroj „PaMo I“	92
4.6.1	Vývoj návrhového nástroje	92
4.6.2	Úvod	95
4.6.3	Verze, úvodní práce s nástrojem	95
4.6.4	Doporučený postup zadávání v nástroji	99
4.6.5	Práce s tabulkovou částí	157
4.6.6	Tisk, výstupy	158
5	Shrnutí výsledků disertace	159
5.1	Shrnutí analyzovaných budov	159
5.1.1	Výsledky srovnání analyzovaných budov	160
5.2	Dílčí závěry vybraných požadavků na vnitřní prostředí školských budov	168
5.2.1	Dílčí výsledek mikrobiálního rozboru ve vybrané učebně	168
5.2.2	Dílčí výsledek měření koncentrace CO ₂ ve vybrané učebně	169
5.2.3	Dílčí výsledek měření denního osvětlení ve vybrané učebně	189
5.3	Stanovení velikosti referenční místnosti – učebny	194
5.3.1	Výpočet ideální velikosti místnosti dle hygienických požadavků	194
5.3.2	Zjištění velikosti místností učeben v analyzovaných budovách	195
5.4	Výstup z návrhového nástroje a zjištění	196
6	Závěr	201
6.1	Hlavní výsledky disertační práce a doporučení pro praxi	201
6.2	Možnost dalšího pokračování v problematice	204
6.3	Přínos disertační práce	204
7	Seznam použitých zdrojů	206
7.1	Internetové zdroje	206
7.2	Citace	208
7.3	Použitá literatura	209
7.4	Použité normy, zákony a vyhlášky	211
7.5	Seznam obrázků	212
7.6	Seznam tabulek	217
7.7	Seznam publikovaných prací autora	218
8	Seznam použitých zkratk a symbolů	220
9	Seznam příloh	224

1 ÚVOD

Úspory energií jsou aktuálním úkolem, který zasahuje do všech oblastí současného života. To se také promítá do stavebnictví při návrhu, realizaci a údržbě budov. Tato disertační práce se zaměřuje na zhodnocení současného stavu školských budov v ČR a na posouzení potenciálu jejich renovace pro zajištění vyšší energetické efektivity. Hlavním úkolem je stanovit metodiku pro zhodnocení renovace obálky budovy, tedy zateplení a výměnu otvorových výplní.

Vliv energetických opatření (zateplení objektu a výměna oken) na denní osvětlení v místnostech školských budov, konkrétně v učebnách, je momentálně řešeno dvěma na sobě nezávislými normativními požadavky a návrhovými předpisy. Hodnotící programy jsou v podstatě také nezávislé. V jednom programu je možné hodnocení energetické náročnosti budovy, na druhé straně existuje program pro hodnocení denního osvětlení budovy včetně simulování stínění vedlejšími objekty. Celkově není dořešena otázka vlivu tloušťky zateplení a výměny okna na denní osvětlení školské budovy, resp. učebny ve školské budově.

Disertační práce se zabývá také možným vlivem tloušťky zateplení fasády objektu a výměny oken na denní osvětlení v učebnách školských budov.

Při realizaci zateplení a výměny oken dochází k protichůdným požadavkům z pohledu úspor energie a požadavků na denní osvětlení budovy. V mnohých případech se klade důraz právě na dostatečnou tloušťku zateplení a tepelně izolační kvalitu oken, ale jejich dopad na denní osvětlení v renovované budově se ve většině případů nijak zvlášť neřeší.

Nedostatečné, nebo také nesprávně vytvořené podmínky pro osvětlení místností denním světlem nepříznivě působí na vnímání člověka. Spektrální složení denního světla je totiž tak unikátní, že nelze prakticky nahradit žádným umělým zdrojem osvětlení.

Ovšem podobně jako přirozené světlo potřebuje člověk také tepelnou pohodu vnitřního prostředí. Tedy zdánlivě dvě nesouvisející části oboru stavební fyziky se prolínají v návrhu, ale i v běžném životě a je nutné je posuzovat v souvislostech.

Denní osvětlení v místnostech ovlivňuje několik faktorů, jedním z nich je velikost oken, velikost rámu a křídel vs. velikost zasklení a také v neposlední řadě tloušťka ostění, a to jak uvnitř, tak také z vnější strany to znamená, v jakém místě je okno osazeno.

Programy a pomocné nástroje k určování energetické náročnosti budov, tepelně-technických vlastností konstrukcí a denního osvětlení školských budov

vznikaly již s rozvojem osobních počítačů. Nejdříve se jednalo o programy v tabulkových procesorech, poté se rozvíjeli sofistikovanější a propracovanější programy. Hlavním úkolem těchto programů je ulehčit práci odborné veřejnosti, pedagogickým pracovníkům, energetickým auditorům, případně také projektantům. Hlavním principem software by mělo být zjednodušení práce při hledání vhodných návrhových variant. Bohužel se tyto programy ve velké většině vyvíjely odděleně, a tedy jsou využitelné jen pro dílčí úkoly, v tomto případě pro energetické a tepelně technické vyhodnocení a jiné zase pro posouzení denního osvětlení v budovách. Tato disertační práce si klade za cíl vytvoření návrhového nástroje dovolujícího zhodnocení obou těchto často protichůdných aspektů pro optimalizovaný návrh energetické renovace školských staveb.

2 PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY

Při rozvoji společnosti na úrovni všech odvětví národního hospodářství je rekonstrukce či modernizace existujících budov nutná z hlediska šetření životního prostředí pro budoucí generace. Včasnou obnovou se předchází nevyhovujícímu až havarijnímu stavu, ke kterému dochází na všech typech staveb. Tyto stavy nastávají nejen vlivem povětrnostních podmínek, ale také vlivem nepřiměřené péče o stavby, vlivem špatného technického řešení již při projektování a následně nesprávných návrzích dnešních opatření.

Každý případ renovace budov je zcela odlišný. Budovy byly odlišně dispozičně řešeny, skladby konstrukcí jsou také rozdílné a konečně většina objektů prošla individuálně provedenými stavebními úpravami. Nelze uplatnit jen jedno typizované opatření. Ke každé stavbě se musí přistupovat individuálně na základě podrobného zjištění stavu a potřebných úprav pro optimalizovaný návrh energetické renovace budovy s ohledem také na vnitřní prostředí budovy, a to na denní osvětlení školských budov a koncentraci CO₂.

Představa, že by tyto budovy měli být zbourány a nahrazeny novými nepřipadá v úvahu jak z historických, tak z ekonomických důvodů. Je tedy jasné, že starší budovy budou muset sloužit svému účelu ještě další desítky ne-li stovky let. Avšak stav, v jakém jsou školské budovy v nynější době, svědčí spíše o dožívání a nejsou výjimky, kdy jsou školské budovy již za hranic své životnosti.

Životnost budov bývá definována jako průměrná doba, po kterou součást, výrobek nebo systém plní svou funkci v rámci předepsaných provozních podmínek a parametrů a opotřebení nepřesáhne povolenou toleranci.

Jedním z mnoha společných znaků školských budov je zanedbaná údržba, která může být patrna v menším či větším rozsahu. V některých fázích životnosti objektu mohlo docházet k zanedbávání údržby budovy ať její obálky či jejího vnitřního technického vybavení. Budovy mají velice často vysoké nároky na energie pro vytápění či chlazení, nevyhovují základním hygienickým předpisům, a to ať z hlediska denního osvětlení, tak z hlediska koncentrace škodlivin ve vnitřním prostředí apod. Nejvíce poruch je patrné v oblasti obálky budovy (střecha, zdivo) můžeme se setkat se zatékáním dešťové vody do objektu. Na hranici funkčnosti se nachází stavební konstrukce oken a dveří, stínící zařízení jsou nefunkční, nebo chybí zcela. Tepelné mosty, které se nachází v objektu, mají za následek tvorbu plísni. Technické zařízení budov (rozvody vody, rozvody otopných soustav, kotle, vnitřní vedení elektroinstalace

a kanalizace) jsou taktéž v havarijním stavu. Lze říci, že se jedná o soubor opatření, které se opakují po celou dobu životnosti objektu.

Stávající a často alarmující stav některých školských budov vyžaduje zásadní rozhodnutí vlastníků budov přistoupit k rozsáhlejší regeneraci těchto staveb, a to jak z hlediska stavební rekonstrukce, tak z hlediska regenerace a rekonstrukce vnitřního technického vybavení budovy. Tato komplexní rekonstrukce by měla být nastavena tak, aby vynaložené finanční prostředky byly optimálně a efektivně využity a aby tato rekonstrukce byla přínosem také pro zlepšení vnitřního prostředí stavby. [82]; [83]; [84]

Školské budovy postavené před rokem 1950 lze rozdělit do dvou hlavních celků, a to do školských budov postavených „klasickou metodou“ vyznačujících se zděným systémem, vysokými stropy, velkými otvory v obálce budovy, prostornými třídami. Dalším typem byly ZŠ, které vznikali po roce 1950. Tyto školské budovy se vyznačovaly rychlou výstavbou, nutností okamžitě reagovat a vybavovat vznikající sídlištní komplex občanskou vybaveností. Postupně vznikaly různé konstrukční systémy. Většinou se jedná o budovy s plochou střechou, s pásovými okny, nebo s okny otočnými, s nižšími stropy. Jedná se o ŽB skelety, nebo panelové systémy.

V níže uvedených obdobích vznikaly školské budovy postupně. Jejich vznik úzce souvisel s politickými rozhodnutími, s ekonomickými podmínkami i společenskými změnami dané doby. V textu níže je výpis nejdůležitějších mezníků ve vývoji školských staveb v ČR v návaznosti na úspory energie a hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí. Práce se soustředí na budovy základních škol s návazností na zlepšování hygieny v základních školách. Školské budovy jsou nedílnou součástí občanské vybavenosti všech měst, městysů i některých obcí.

2.1 Bilance výstavby školských budov od dob Marie Terezie 1774 do roku 1950

Prvním krajním mezníkem je rok 1774, kdy byla zavedena povinná školní docházka. Druhým mezníkem je rok 1989, resp. současnost. Tento dlouhý úsek, tj. od roku 1774-1989, je rozdělen do pěti částí a to s ohledem na dějinné proměny, které měly velký vliv na školství a legislativu pro školské budovy, a to z hlediska hygieny a z hlediska stavebních opatření na budovy škol.

2.1.1 Stavební řešení a materiály u výstavby před rokem 1950

Školské budovy, které vznikaly před rokem 1950, jsou většinou dnes viděny jako historické, nebo blížící se historickým.

K výstavbě před rokem 1950 byly použity klasické materiály, a to pálená cihla, kámen, dřevo a různé spojovací materiály jako železo, malta apod. S výskytem betonu v ČR v roce 1912 se konstrukce začaly provádět i z betonu. Obecně lze říci, že obvodové konstrukce byly z cihly plné pálené od tloušťky zdiva 1,2 m až po 0,15 m tloušťky zdi v půdních prostorech. Ve vytápěných prostorech bylo nejčastěji použito 0,45 a 0,6 m tloušťky zdiva. Stropní konstrukce byly prováděny z dřevěných trámových stropů, později se započalo s výstavbou betonových stropních konstrukcí případně I profilů s keramickými vložkami (HURDIS) a s násypem. Střešní konstrukce byla v tomto období tvořena z klasického krokevního systému s ležatou, nebo se stojatou stolicí. Byly k vidění sedlové, valbové, polovalbové a další typy klasických střech. Obvykle byl půdní prostor využit jen na občasné uskladnění např. školních lavic apod.

Materiálové složení fasádních i interiérových omítek je rozmanité. Při pohledu do minulosti lze konstatovat, že na omítky a zdící malty se do konce 19. století používaly v podstatě tři základní druhy pojiv: hlína, vápno a sádra. Teprve ve 20. letech 20. století se začaly vápenné omítky modifikovat portlandským cementem, nebo se cement uplatňoval jako samostatné pojivo v povrchové vrstvě zejména pemrlovaných betonových omítek a umělého kamene. [1]

2.1.2 Výstavba škol 1774-1869 v historických souvislostech

a) Základní popis období

První období je datováno **od roku 1774** (vydán všeobecný školní řád) a probíhá **až do roku 1869** (vydání říšského školského zákona).

Poznámka: Všeobecný školní řád určoval a popisoval, jak má budova, resp. místnosti vypadat: „*Ve školní budově má být tolik místností, kolik je učitelů.*“... „*školní místnost musí být oddělena od obytných místností učitele.*“... „*Je třeba dbát na to, aby nově přistavované školní třídy byly nejen dostatečně prostorné, ale aby v nich byl i dostatek světla.*“ [2]

Organizační struktura škol byla: triviální, hlavní a normální.

b) Školy ovlivněny politikou a zákony, financování výstavby

Další vývoj výstavby školských budov byl ovlivněn politickým zřízením obecních škol z roku 1805, kde v ustanovení XIX. oddílu je věnována právě úpravě školských budov. Např. dle §4 nemělo třídu navštěvovat více jak 80 dětí a okna měla být dvojitá. Dále se v §15 rozlišují třídy dle velikosti a počtu žáků a to 40-50 žáků – rozměr třídy 6,6 x 5,7 m a pro 50-60 žáků – 7,2 x 5,7 m, světlá výšky místnosti měla být alespoň 3,16 m. Dále byly určeny následující ustanovení: „*světlo do učebny, aby z levé strany dopadalo.*“ [3]

Poznámka: Dle dobových záznamů však tyto předpisy nebyly dodržovány, často se vyučovalo ve špatných až havarijních podmínkách a úřady tyto podmínky ignorovaly. Nejednalo se však jen o obecní školy, ale také o školy ve městech, kde opět docházelo

k výuce v malých prostorech s malými okny, vlhkým prostředím a celkově nevyhovujícím prostorem pro 40-50 žáků. Financování školských staveb bylo rozděleno mezi několik subjektů: vrchnost panství (stavební materiál); patron školy (mzdy řemeslníkům a vybavení školy); obec zajistila pěší a potažní práce (§18). [4]

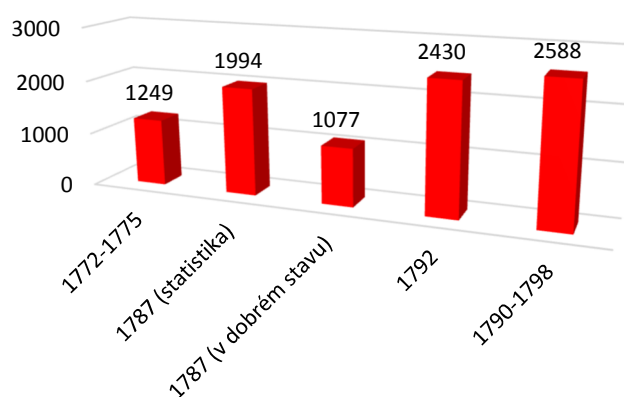
c) Školy ve statistikách

Školní statistiky z tohoto období vznikaly na základě různých dat. Nejlépe zpracovaná je statistika z roku 1787, kde se uvádí také stav budov rozdělen do 3 kategorií (k přestavění – ke zlepšení – dobrý). [5]

Tabulka 1: Vývoj počtu škol v českých krajích v letech 1772-1798 [5]

Rok	Celkem
1772-1775	1249
1787 (statistika)	1994
1787 (v dobrém stavu)	1077
1792	2430
1790-1798	2588

Počet školských budov v období 1772-1798



Obrázek 1: Graf počet školských budov v období 1772-1798 v ČR z dat předchozí tabulky [vlastní]; [5]

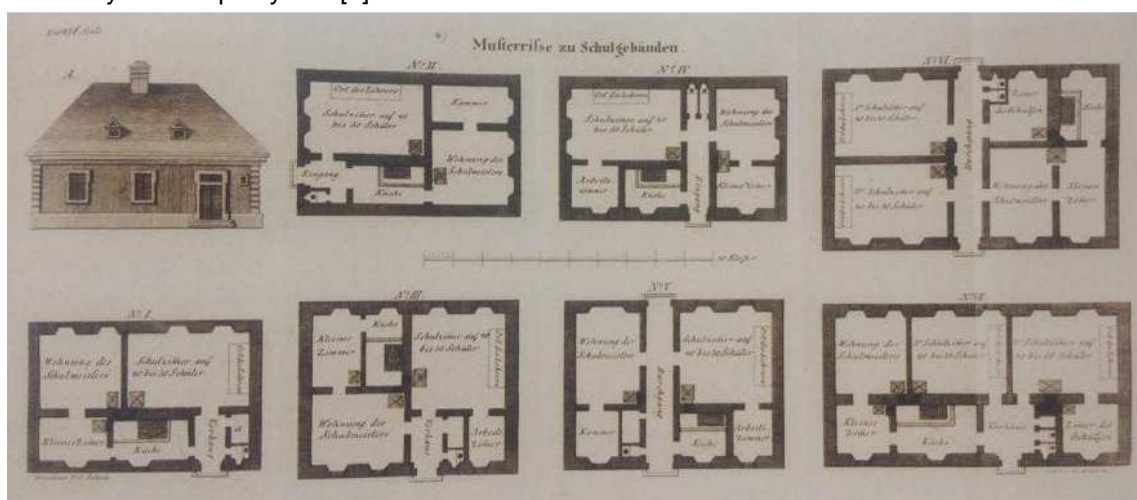
V grafu a tabulce výše je patrné jakým způsobem se vyvíjel počet školských budov pro základní výuku v tomto období. Je patrné, že dochází k nárůstu školských budov v tomto období přibližně na dvojnásobek, než bylo na počátku roku 1772. [4]

Poznámka: Celkově lze říci, že ke zvyšování počtu školských budov bylo docíleno také snahou učitelů, kteří poukazovali na skutečnost, že stávající budovy nevyhovují jak stavebním řešením, tak také hygienickým podmínkám a mnohdy omezují školní docházku, hlavně u vesnických škol. [4]

d) Stavební řešení – základy unifikace

Stavební řád se do této doby příliš v tomto období nezabýval architektonickým a dispozičním uspořádáním školských budov, avšak již roku 1786 úřady vytvořily první prototypy stavebních plánů školních budov.

Poznámka: Jednalo se o jednoduchou dvoutraktovou stavbu, plány bylo možné upravit dle počtu dětí (40-110). Další vývoj byl datován 17. 7. 1820, kdy byly plány „typizovaných“ budov přiloženy jako příloha k dekretu dvorské studijní komise. [6] Celkem zde bylo určeno např., že: „základové konstrukce mají být z kamene, zdivo z kamene a cihel, podlahy přízemí měli být min. 630 mm nad úrovní terénu (vlhkost). Dále zde byly určeny počty oken, velikosti místností, plochy a výšky pater, délky školních lavic apod.“ [4] od roku 1833 měl stavební plány provádět krajský inženýr, větší stavby mělo projektovat vrchní stavební ředitelství. Dále bylo určeno, že tyto stavby mají být zřizovány uprostřed osady, ale v místech poklidu tak, aby žáci nebyli rušeni při výuce. [6]



Obrázek 2: Vzorový plán z roku 1786 [4]

2.1.3 Výstavba škol 1869-1918 v historických souvislostech

a) Říšský zákon z roku 1869 a úpravy školských staveb

Z organizačního hlediska byla zrušena předchozí rozdělení škol a přešlo se na nové: škola obecná, škola měšťanská. Dále se tzv. „Hasnerův zákon“ (ministr školství 1818-1891) projevil v délce povinné školní docházky, kdy se prodloužila z šesti na osm let.

Poznámka: Nejdříve byl tento zákon kritizován a to všemi, tedy i učiteli, školní radou apod., avšak časem se tento zákon i po úpravě v roce 1883 dostal do povědomí všech zúčastněných. Tento zákon také definoval některé stavební úpravy ve školách. [4]

b) Financování výstavby

Rok 1864 byl významným hlavně tím, že materiální povinnost vůči školám padla na obce. V roce 1869 byl umožněn vznik školních obcí, tedy sdružení několika obcí, které společně financovali školy a bylo tedy možné společnými financemi zřizovat také větší školy – víceleté. [4]

Poznámka: Přesné rozdělení nákladů bylo určeno zákonem z 24. 2. 1873, náklady měla nést podle tohoto zákona: Obec – zřídit a vydržovat školní budovy, platit nájem, osvětlení, úklid, opatřit byt pro ředitele školy apod. Školní obec měla zajistit zahradu, tělocvičnu,

ovocnou školku apod. Školní okres hradil platy učitelů a náklady na pomůcky, knihovny, učitelské konference apod. Zemská podpora obcím, které si nemohly dovolit výstavby z vlastních nákladů, poskytovala bezúročnou či úročnou půjčku. [4]

c) Školy ve statistikách

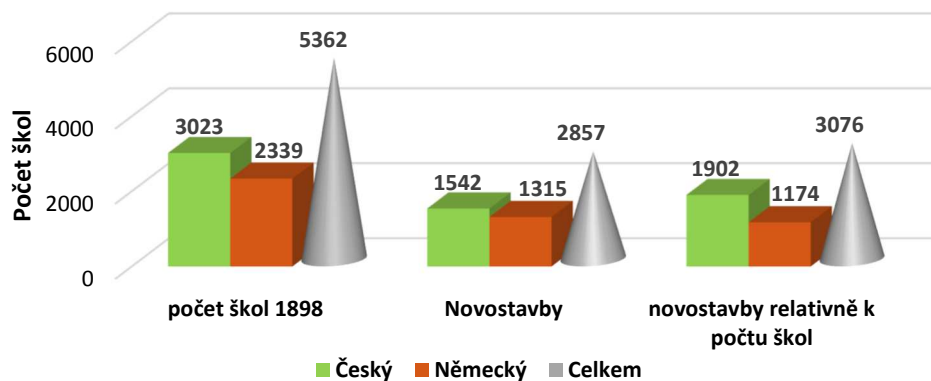
V období 1869-1898 bylo postaveno celkem 2857 novostaveb, a to jak v českých, tak v německých okresech. Dále bylo provedeno 3076 přestaveb. Celkový počet škol k roku 1898 činil 5362. [4]

Poznámka: Celkově v tomto období bylo vynaloženo na výstavbu 64 455 223 zlatých (v přepočtu 128 910 446 korun) tj. na 1 obyvatele částka 11 zlatých 59 krejcarů. Průměrný náklad na školu byl 12 021 zlatých. Naprostá většina byla financována z obcí. Na zemské připadlo jen cca 6,3 % z celkové částky. [4]

Tabulka 2: Počet škol a jejich stavebních úprav v českých a německých školních okresech v letech 1869-1898 [4]

Školní okres	počet škol 1898	Novostavby	novostavby relativně k počtu škol	Přestavby	Přestavby v relativně k počtu škol
Český	3023	1542	51,00 %	1902	63,00 %
Německý	2339	1315	56,00 %	1174	50,00 %
Celkem	5362	2857	53,00 %	3076	57,00 %

Počet základních škol 1869-1898



Obrázek 3: Graf počet školských budov v období 1869-1898 dle předchozí tabulky [vlastní]; [4]

d) Stavební řešení

Pro stavby obecně byly platné stavební zákony, dříve stavební řády vydávány ve formě zemských zákonů. Jedním z nich je zákon z roku 1870. V první části je podobné znění jako politické zřízení zemského, tj. o výšce budovy od terénu, postavení budovy na suchém vyvýšeném místě apod. V dalších paragrafech určují budovu stavebně, a to kladenými požadavky na učebny – světlá výška 320-380 cm, velikost učebny dle počtu žáků, přičemž na 1 dítě mělo připadnout 0,6 m² podlahové plochy. Třídy měly maximálně

80 žáků. Světlo do lavic mělo dopadat z levé strany, světlé a větratelné měly být také chodby. Ke každé budově měla být zřízena také tělocvična a zdroj pitné vody. Projekt měl počítat s tím, aby do budoucna bylo možné objekt přistavět, nebo nadstavět. Okna tříd měla být orientována na jihovýchod. Okna měla být snadno otvíratelná, měla mít možnost ventilace, opatřena záclonami, spodní část oken bylo doporučeno zneprůhlednit např. zinkovou bělobou. Umělé svícení bylo pomocí plynu nebo petrolejovými lampami, elektrifikace přišla až od druhé poloviny 19. století. Plocha oken byla definována jako 1/6 až 1/4 podlahové plochy učebny. Teplota učebny neměla přesahovat 19 °C. [4]

Koncem 19. století se začalo uplatňovat několika traktové řešení s tím, že chodbový trakt byl umístěn na okraj budovy tak, aby okna byla po celé jeho délce.

Poznámka: Nová dispozice a způsob členění vznikal různým uspořádáním křídel do tvaru U, H, L, E. Typickým rysem školských budov, které vznikaly ke konci 19. století, je monumentalita a stavební sloh nejčastěji neorenesance. Celkově se na školství začalo nahlížet jako na nezbytný předpoklad rozvoje obce a města, a to i celé společnosti.

Projektanti obecních nebo venkovských školských budov byli místní stavitelé, proto byla potřeba návrhy školských budov kontrolovat.

Poznámka: Kontrolním orgánem byla okresní školská rada, která kontrolovala stavby nejen z hlediska stavebně-technického, ale také pedagogicko-hygienického. Vzhledem k velkému počtu projektových chyb v tehdejších projektech byly vydávány vzorové plány školních budov. Vzorová rakouská venkovská škola byla prezentována na světové výstavě ve Vídni, a to již v roce 1873. [4] Vytváření návrhů „vzorových škol“ vydala roku 1895 Moravská Zemská Rada soubor 19 půdorysů 1-4 třídních škol. [4] „Unifikace“ ale vznikala také tím, že někteří architekti a stavitelé opakovali své projekty ve více městech, obcích nebo vesnicích.

Další vývoj škol do roku 1918 zbrzdily jiné zájmy politické, a to hlavně první světová válka.

2.1.4 Výstavba škol 1918-1948 v historických souvislostech [4]

a) Základní popis období

Z politického hlediska byla zásadní změna v tom, že došlo díky první světové válce k rozpadu Rakouska-Uherska a mohl tak vzniknout samostatný stát Československo. Avšak touto politickou změnou nebyl ohrožen právní řád, ten zůstal platný. Jedinou nucenou změnou bylo sjednocení Českého, Slovenského a Podkarpatského řádu, který se řídil jiným ustanovením. [7]

Během protektorátu Čechy a Morava, tedy za druhé světové války, bylo cílem opatření nacistické okupační moci omezení českých škol, resp. jejich postupná likvidace. [7]

Poznámka: Proto se během těchto let nediskutovalo, ani nerozvíjela možná uspořádání nových škol, ani se budovy nestavěly. Naopak budovy byly využívány k jiným účelům, nebo pro školy německé. [7]

b) Předpisy pro školní budovy [4]

Stejně tak jako se nezměnila zásadně organizační složka a školské zákony, tak se také nezměnily normy z hlediska stavebního. Stále tedy byly určující ty, které vznikly za Rakouska-Uherska. [4]

Ve 20-30. letech byl na vzestupu architektonický sloh funkcionalismus, který vycházel z předpokladu že „forma následuje funkci“. [4]

Poznámka: Pro toto období je charakteristické, že zdobené fasády nebylo tak důležité, a proto vznikaly budovy účelové, jednoduchých tvarů. Vznikly tedy některé funkční prvky, které se dobře osvědčily, a to pásová okna, která řešila dřívější nevhodné denní osvětlení učeben nebo ploché střechy, které mohly být využity jako pochůzí pro relaxaci žáků. [4]

Hlavním rozdílem výstavby před rokem 1918 a po roce 1918 je pohled architektů na stavbu jako takovou. Před rokem 1918 je možné říci, že byly stavěny školy jako reprezentativní stavby => tedy nebral se zřetel na funkčnost, ale na reprezentativnost, okázalost. Naopak po roce 1918 je brán zřetel hlavně na funkčnost, učitelé se dožadují konzultace s projektanty, je kritizována unifikace ze strany stavebních úřadů. Tedy hlavním údělem nové výstavby byla funkčnost a zajištění potřeb k výuce, ne ke vzhledu. Avšak jeden faktor byl zmiňován nejčastěji a byl nadřazený potřebám výuky, a to byly hygienicko-zdravotní podmínky výuky. [4]

c) Zdravotní a hygienické řešení budov [4]

Ze zdravotně-hygienického hlediska se nejvíce řešilo **denní osvětlení** učeben a **zdravý vzduch** v nich. Tato řešení se spíše týkala stávajících budov než novostaveb. Nejčastějším problémem bylo u starších budov převlékání a ponechávání svrchního šatstva v učebnách během výuky. Proto byla nařízena změna a šatny byly dodatečně zřizovány na chodbách, v novostavbách byly šatny již samozřejmostí.

Poznámka: Tím, jak zavlhlé svršky a boty schly, se v místnosti tvořilo nevhodné mikroklima, které nebylo řešitelné ani přidáním ventilací do oken.

d) Stavební řešení [4]

Během první republiky se objevily pokusy opět stavby unifikovat, tyto pokusy se ale setkaly s nevolí architektů.

Doporučení ke školským budovám dle pedagogů: Plocha pozemku 7000-10000 m²; budova min. 70 cm nad terénem, v suterénu umístěno technické zázemí a maximálně dílny (z učeben); stavět z cihel, nebo železobetonu; železobeton umožňuje vytvoření větších oken; V případě ŽB je potřeba vyřešit tepelnou a zvukovou vodivost izolací; materiál musí být kvalitní, proto je třeba stavby zadávat odborníkům a neřít se jen levnou nabídkou; maximální počet žáků 60/1 učebnu; platil předpis 0,6 m² / 1 žák podlahové plochy => nově se doporučuje 1 m² a 3,8-4 m³ vzdušného prostoru, z tohoto důvodu se doporučovala pro učebny velikost min. 50 m² a objem 190-200 m³. Světlná výška učeben měla být 4 m, šířka max. 6 m => kvůli osvětlení, max. délka 9 m

=> kvůli dobré viditelnosti na tabuli; plocha oken 1/5 podlahové plochy učebny, meziokenní pilíře max. 1,3 m. Okna dělená, v horní část sklápěcí, kvůli větrání, doporučena okna dvojítá. Osvětlení učeben bylo v roce 1930 normalizováno, na desce lavice nesmělo klesnout pod 50 lx, v aule pod 20 lx. Přirozené, ani umělé světlo nemělo oslňovat, proto bylo nařízeno instalování záclon a žaluzií, odraznost byla řešena také výmalbou, kde byla doporučována světle šedá, nebo světle žlutá barva, stropy bílé. Náslapná vrstva měla být linoleum, nebo parkety, v chodbách teraco; ve třídě nemělo chybět umývadlo s pitnou vodou. [4]

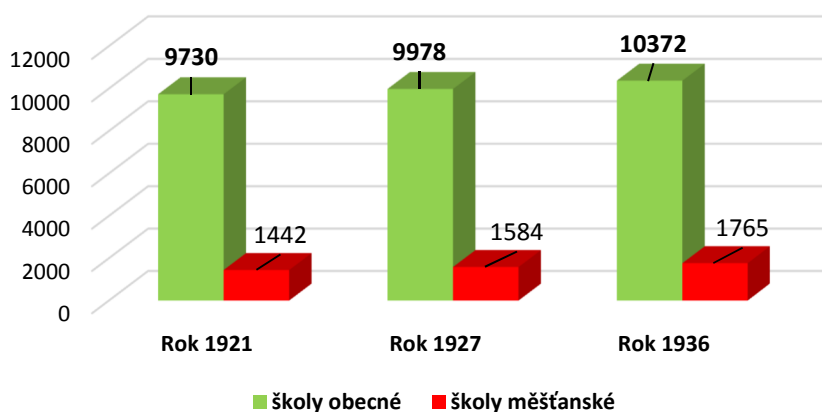
e) Školy ve statistikách, financování [4]

Statistiky byly vedeny pro instituce škol, ne přímo pro školské budovy, proto níže uvedená tabulka vyjadřuje stavy škol v několika letech. Na tabulce je přehledně zobrazené, jak dílčí světové události ovlivnily také počty žáků. V tabulce je zobrazen poměrně velký pokles počtu žáků mezi lety 1921–1927, to souvisí s nižší porodností v letech 1. světové války, dále také docházelo k nižším přírůstkům populace v období hospodářské krize kolem roku 1930. Ani po roce 1936 tedy 6 let po krizi, resp. 18 let po 1. světové válce ale nedošlo k velkému nárůstu porodnosti a tak, i když vznikaly nové budovy škol, žáků výrazně ubylo, tím došlo ke zlepšení hygienických podmínek uvnitř budov, lepší mikroklima. [4]

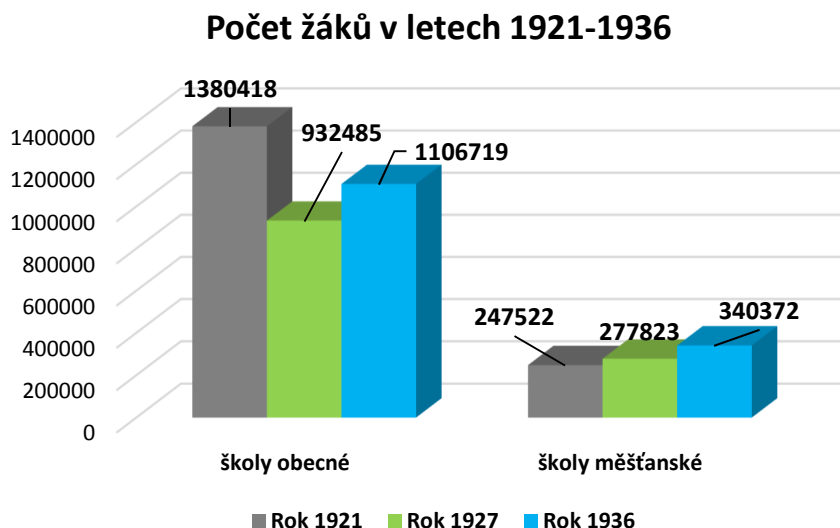
Tabulka 3: Počet škol obecných a měšťanských [4]

	školy obecné	počet žáků	školy měšťanské	počet žáků
Rok 1921	9730	1380418	1442	247522
Rok 1927	9978	932485	1584	277823
Rok 1936	10372	1106719	1765	340372

Počty škol v jednotlivých letech 1921-1936



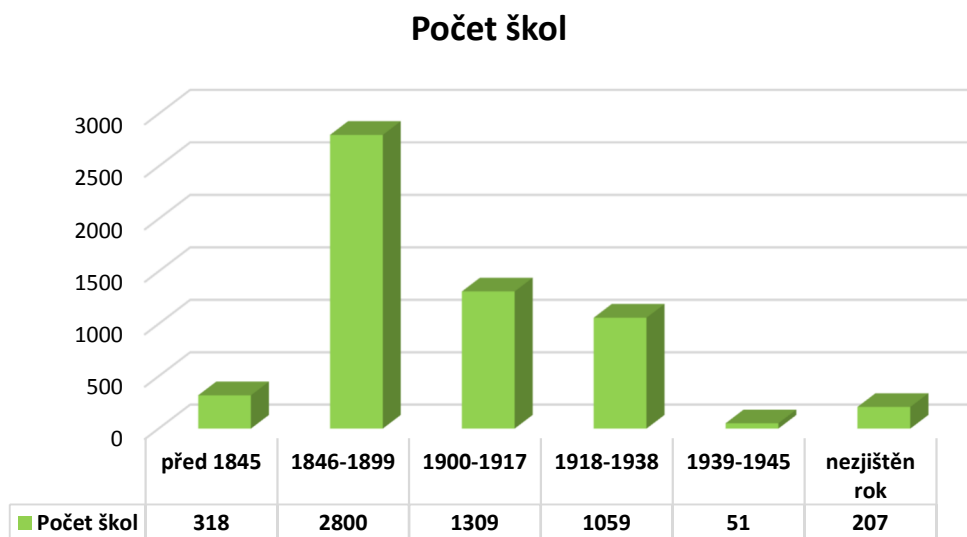
Obrázek 4: Graf porovnání počtu škol měšťanských a obecných [vlastní]; [4]



Obrázek 5: Graf porovnání počtu žáků ve školách měšťanských a obecných [vlastní]; [4]

Poznámka: Po 2. světové válce bylo dotazníkovým způsobem zjišťováno stáří školských budov, a zda a jak splňují platné hygienické a stavební předpisy. Zde se např. ukázalo, že 20 % škol má nesprávnou orientaci vůči SS, 40 % je postaveno při rušných a celých 52 % při prašných ulicích. Při tom předpisy ohledně umístění školních budov byly jasně definovány již v 18. století. Z uvedeného vyplývá, že větší část škol nesplňovala ani základní hygienické požadavky. Obtížná hospodářská situace po druhé světové válce ale masivní výstavbu škol neumožňovala, rozsáhlejší obnova začala až od 50. let 20. století. [4]

Níže na grafu je znázorněno zjištěné stáří škol. Celkově nejvíce škol vzniklo a bylo dochováno z let 1846-1899, nejméně pak mezi lety 1939-1945.



Obrázek 6: Graf stáří škol k roku 1946 [4]

V poválečných letech, po 2. světové válce, bylo vynaloženo 180 mil Kč na opravu školních budov zničených ve válce. První novostavby byly zahájeny až v období 1947-1948.

2.2 Bilance výstavby školských budov od roku 1950 po současnost

2.2.1 Stavební řešení a materiály u výstavby po roce 1950

Po roce 1950 vznikl státní typizační ústav (STÚ) Praha, ten vydal typizační sborník se studiiemi všech typových škol.

Poznámka: V letech 1954–1970 se uplatňovali opakované projekty. Materiály byly prefabrikované ŽB konstrukční prvky vytvářející skeletovou nosnou soustavu s obvodovými pláštěmi z cihel, později pak prefabrikované panely sendvičové nebo pórobetonové. [1]

V letech 1965–1967 se vývojem školských staveb zabýval Ústav pro vývoj projektování školských a kulturních staveb v Bratislavě a v letech 1968–1978 IPO SŠ. V tomto období se realizovali spíše montované ŽB skelety s plynosilikátovým obvodovým pláštěm tloušťky 250 mm, cihlovým tloušťky 375 mm anebo 120 mm tlustým kovoplastickým pláštěm. Jako střešní pláště byly používány ploché střechy jednoplášťové nebo dvouplášťové s krytinou z asfaltových pásů, případně s plechovou krytinou. Od 50. let byly vápenocementové omítky hlavním druhem aplikovaným na většině staveb. [1]

Celkově lze říci, že se postupně rozvíjela panelová výstavba, a to ŽB montovaných skeletů o rozponech v základním modulu 6 m, případně 7,2 m. Z nejznámějších skeletových montovaných ŽB systémů jsou to MS 71, MSOB, MS-KO, S1.2, S1.3, UMS, AD a další. [1]

2.2.2 Výstavba škol 1948-1989 v historických souvislostech

a) Základní popis období [4]

V roce 1945 byly zrušeny všechny německé školy. Významnou změnu přineslo přijetí zákona o jednotné škole z roku 1948. Tzv. období socialistické školy. [4]

Poznámka: Vedle organizačního sjednocení škol došlo také k zestátnění veškerého školství. Dále došlo ke snížení maximálního počtu žáků v učebnách a to na 40 a u jednotřídních škol na 30. Dále byly určeny také mimoškolní výchovy a to družiny, pro které bylo potřeba také nových prostor. V roce 1960 byly školy rozděleny na základní, střední školy a další typy škol. [4]

b) Typizace školních budov, financování [4]

Tím, že došlo k zestátnění všech škol, na sebe stát převzal také finanční odpovědnost při výstavbě. V roce 1949 vyšla nová vyhláška, která komplexně upravovala podobu školních budov => typizované plány školních budov různých velikostí.

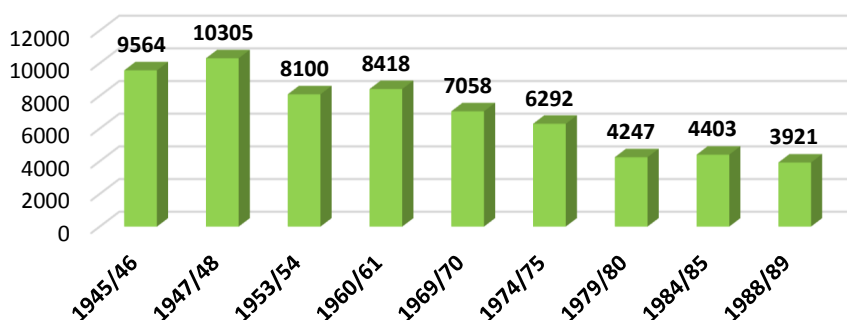
Poznámka: Obecně lze typizaci rozdělit na objemovou, sekční a konstrukční. V případě škol se jednalo o typizaci celých objektů, tím došlo ke zrychlení výstavby, snížení nákladů i pracností a možnou hromadnou výrobu. Touto typizací mělo dojít k nahrazení starých školních budov vystavěných ještě za dob monarchie. Typizace za celou dobu své existence dostala změny a plány a konstrukce byly průběžně vyvíjeny, přepracovávány dle aktuálních změn ve výuce. Změny byly dispoziční, ve velikostech učeben, vznik odborných učeben, přecházelo se z monobloku na několik vzájemně propojených pavilonů. Přes nespočet výhod typizace ale typizace nesla také některé významné nevýhody. Tím byly hlavně mechanické přenášení

stanovených typů staveb bez ohledu na místní podmínky, dále vzhledem k tlaku na finanční úspory docházelo již při projektování k poddimenzování počtu učeben, případně jejich ploch, docházelo také k nesprávným technologickým procesům (tlak na rychlost) apod. [4]

c) Školy ve statistikách [4]

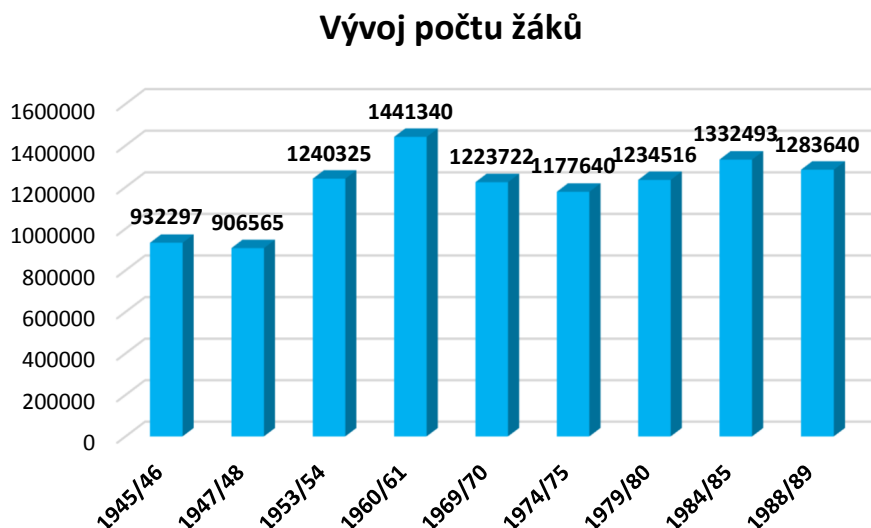
Celkově byly budovy již v nevyhovujících podmínkách z hlediska hygienického a technického, nejvíce takových budov bylo na Slovensku. Proto se začaly stavět nové typizované budovy. Šetřením z roku 1962 bylo zjištěno, že se do nových budov podařilo umístit 18,5 % škol z Čech a 44,5 % ze Slovenska. Jednotřídky byly v nejhorším stavu ze všech škol a připadalo na ně 28% žáků. Byla zpracována demografická studie, podle které byly voleny výstavby škol v různých lokalitách. Tím mělo být dosaženo plošného vzdělávání na stejné úrovni ve stejných, nebo podobných podmínkách. Navzdory tomu, že výstavba škol rostla, problém směnného vyučování přetrvával např. na Slovensku, Praze => rychlý nárůst populace. V 70. letech byla porodnost vysoká, jelikož byla lepší sociální situace než po druhé světové válce. Stavebnictví však reagovalo pomalu. [4]

Počet škol od roku 1945 do roku 1989



Obrázek 7: Graf počet školských budov v průřezu let 1945-1989 [4]

Na obrázku 7 je patrné jakým způsobem se vyvíjel počet škol. Nejdříve je patrný nárůst počtu škol po roce 1945. Poté je velký pokles v roce 1953 a to přijetím nových opatření na školské budovy. Poté je patrný nárůst škol v 60. letech, kdy ještě paralelně fungovaly jak staré budovy, tak nové budovy. Další pokles je způsoben výstavbou nových budov s mnohem větší kapacitou a rušením výuky ve zcela nevyhovujících starších zástavbách.



Obrázek 8: Graf vývoj počtu žáků ve stejných obdobích [vlastní]; [4]

Na tomto obrázku výše je patrné, že od roku 1945 resp. 1948 byl pozvolný nárůst populace, a to až do roku 1960, poté opět drobný pokles kolem roku 1968 a opětovný nárůst.

Srovnáním obrázku počtu škol s obrázkem vývoje počtu dětí je patrné, že i když populace dětí rostla, škol naopak ubývalo. Toto je dáno tím, že školy byly mnohonásobně větší a dokázaly pojmout mnohem více školou povinných dětí.

2.2.3 Výstavba škol po roce 1989

a) Základní popis období [4]

Po roce 1989 se děly také rozsáhlé změny ve školství. Od roku 1990 přicházely drobné změny, například již byla ustanovena 9 letá povinná docházka, vznikaly soukromé školy, církevní školy apod. Od roku 2003 jsou za zajištění podmínek odpovědné obce.

b) Výstavba, typizace [4]

Typizace přestala být závazná. Pomůcka investorům přišla koncem 90. let z MŠMT, a to ve formě technických podkladů pro zpracování stavebních programů k rekonstrukci a modernizaci škol.

Vznikla také vyhláška, která přesně vymezuje hygienické požadavky na školy a to 410/2005 Sb. ze dne 4. 10. 2005, o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro tělovýchovu a vzdělávání dětí a mladistvých [54], dále pak ČSN 73 0580–3 Denní osvětlení budov, část 3: Denní osvětlení škol [18] a také např. ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny [63]. V rámci těchto předpisů je ale podoba a uspořádání stavby věcí investora a architekta (projektanta).

Poznámka: Lze říci, že podobu budov je možné plně přizpůsobit lokálním požadavkům. Vznik novostaveb je však velice ojedinělou záležitostí. V první polovině 90. let sice přibylo škol, avšak jednalo se spíše o školy, které byly před rokem 1989 využívány k jiným účelům, a bylo možné je opět navrátit k původnímu účelu. Od té doby opět počet škol klesá. Z hlediska stavebního spíše dochází k různým rekonstrukcím, modernizacím, opravám, stavebním úpravám, vestavbám apod. Starší malotřídky, případně zrušené základní školy a jejich budovy nyní spíše slouží jako muzea, pohostinství, nebo jako knihovny. [85]; [86]

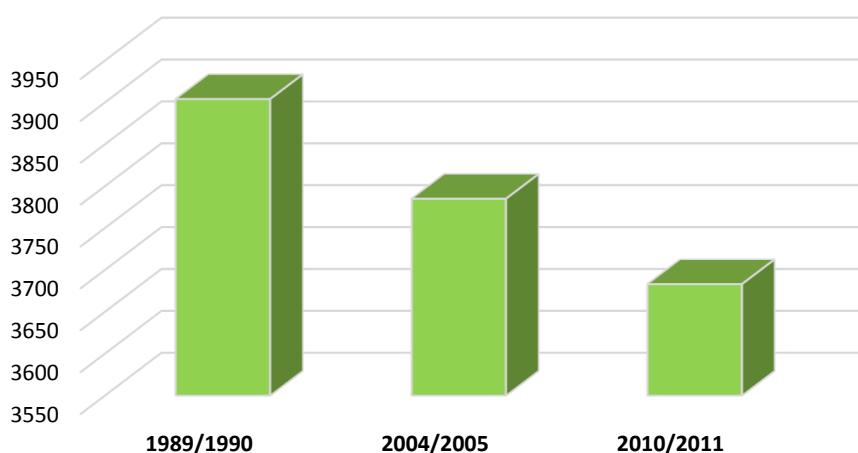
c) Školy ve statistikách

V tabulce níže můžeme vidět počet školských zařízení k určitým letům na území České republiky. Je patrné, že celkově školských zařízení ubývá, nicméně budovy jsou jistě využity na jiné účely. V poslední desetiletí se počet školských zařízení pohybuje kolem 3683.

Tabulka 4: Počet jednotlivých škol v České republice v období 1989-2011. Údaje převzaty z Českého statistického úřadu České republiky [vlastní]; [64]

Druh školské budovy	1989/1990	2004/2005	2010/2011
Základní škola	3904	3785	3683

Základní školy



Obrázek 9: Graf počet školských budov v grafickém zobrazení dle hodnot Českého statistického úřadu k roku 2012 [vlastní]; [64]

2.3 Přehled vývoje požadavků na tepelnou ochranu obálky budovy

2.3.1 Vývoj v legislativě evropské unie

Evropská směrnice 2002/91/ES O energetické náročnosti budov:

Snížování energetické náročnosti budov je cíl, který si Evropské společenství dalo již na počátku tohoto tisíciletí. V současnosti platná

legislativa je založena na zákonech a vyhláškách vycházejících ze Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov. [8]

Směrnice 2002/91/ES (EPBD) [6] promítnutá do národní legislativy vešla v plném rozsahu v ČR v platnost dne 1. 1. 2009, kdy se naplno rozeběhlo vydávání průkazů energetické náročnosti budov na nové budovy na základě Zákona 406/2006 o hospodaření energií [9] a Vyhlášky 148/2007 o energetické náročnosti budov. [10] V souladu s EPBD se v ČR zákonem předepisuje certifikace budov metodou hodnocení energetické náročnosti budov. [8]

Energetickou náročností budovy se rozumí vypočtená celková roční dodaná energie v GJ potřebná na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Energetická náročnost se počítá při standardizovaném užívání budovy bilančním hodnocením, tj. výpočtem na modelu budovy pro projektované i stávající budovy. Bilanční hodnocení se provádí intervalovou metodou, nejlépe měsíční. V případě budov s nízkou tepelnou setrvačností se časový krok intervalové metody zkracuje až na hodinu. [8]; [72]

Výsledkem vlastního výpočtu energetické náročnosti budovy je pak roční spotřeba energie rozdělená na jednotlivé subsystémy a energonositele a v součtu pak celková spotřeba energie v budově. Takto spočítaná energie je porovnána s referenční hodnotou a na základě porovnání hodnot roční spotřeby energie je vypočten klasifikační ukazatel a budova je zařazena do jedné z klasifikačních tříd energetické náročnosti. Výsledkem je průkaz energetické náročnosti, který je tvořen protokolem obsahujícím textový popis a hodnocení budovy a systémů TZB a grafickým znázorněním průkazu energetické náročnosti budovy ve formě štítku. Kromě zatřídění navrhovaného řešení budovy je možné v průkazu energetické náročnosti vyhodnotit i důsledek energeticky úsporného opatření. V tomto případě se v grafickém znázornění zobrazí druhá hodnota hodnocení budovy, vyjadřující předpokládaný stav po aplikaci energeticky úsporného opatření. [8]

Evropská směrnice, která byla zapracovávána do české legislativy, požaduje několik různých skupin opatření k dosažení rozumné spotřeby energetických zdrojů a snížení dopadů užití energie na životní prostředí.

Opatření se uvažují pro nové i stávající budovy. Uplatňují se nástroje:

- minimální požadavky na energetickou náročnost nových a rozlehlejších stávajících budov při modernizaci;
- energetická certifikace budov;
- inspekce kotlů a klimatizačních zařízení.

Evropská směrnice 2010/31/EU O energetické náročnosti budov:

V roce 2010 schválila Evropská rada na půdě Evropského parlamentu revizi směrnice 2002/91/ES s názvem Směrnice o energetické náročnosti budov (přepracování) z 19. 5. 2010 pod číslem 2010/31/EU. [65] Revidovaná směrnice vytyčuje cíle evropského společenství v oblasti energetiky do roku 2020 rozpracováním a úpravou kroků vedoucích ke snížení energetické spotřeby energie v Evropě. Tato směrnice ruší a nahrazuje směrnici 91/2002/ES v plném rozsahu a upřesňuje a v některých bodech zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Mottem revidované směrnice je cíl 20-20-20, vyjadřující cíl v roce 2020 dosáhnout snížení spotřeby energie o 20 %, snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990. [8]

Při stanovování požadavků je kladen důraz nejen na dopad na energetickou náročnost ale i optimální nákladovou úroveň, pro jejíž stanovení vydá Evropská komise do 30. 6. 2011 srovnávací metodický rámec pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov. Proces stanovení minimálních požadavků bude vycházet z technicko-ekonomické analýzy referenčních budov v jednotlivých zemích.

Požadavky ze strany evropské unie jsou v nynější době zapracovány do české legislativy. [8]

2.3.2 Vývoj v české legislativě

Důležité vzorce a postupy jsou uvedeny v příloze č. 2 – přehled normativních požadavků a výpočtů.

Vývoj tepelně technický požadovaných a doporučených hodnot je v příloze č. 1 – Vývoj součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$].

První tepelně technické požadavky na stavební konstrukce ve 20. století byly odvozovány od stěny vyzděné z plných pálených cihel tloušťky 450 mm. Toto kritérium bylo poprvé uvedeno i v normě pro výpočet tepelných ztrát **z roku 1949** a bylo v platnosti i po její revizi v roce **1954** avšak již s drobnými úpravami, a to hlavně u výplní otvorů. Tepelně technické vlastnosti byly stanoveny pro venkovní stěny a pro stropy (včetně plochých střech) a také pro výplně otvorů. [11] Dále zde byla zpracována první norma speciálně pro tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Rozdělení stavebních konstrukcí v této normě zůstalo zachováno (venkovní stěny, ploché střechy, výplně otvorů), ale jejich tepelně-technické požadavky byly navíc rozděleny do dvou teplotních oblastí, do a pod -15°C . Norma se zmiňuje rovněž o tepelných mostech, průvzdušnosti, difúzi a kondenzaci par na úrovni slovních pokynů a doporučení. [11]

Další revize tepelně-technické normy proběhla již za dva roky, tj. v roce **1964**. U objektů realizovaných v panelové technologii v tomto období s obvodovým pláštěm z lehkého betonu se ve větším měřítku objevily vady (kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukcí a posléze vznik plísní a hub). Revize byla provedena zejména z důvodu definování reálnějších stavebně-fyzikálních vlastností lehkých betonů pro navrhování tlouštěk obvodových panelů. Byl definován jednoznačný požadavek v problematice difúze a kondenzace vodní páry včetně bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v konstrukci v průběhu roku. [11]

V nově revidované normě z roku **1977** byly tepelně technické vlastnosti konstrukcí rozděleny do tří teplotních oblastí (-15°C , -18°C , -21°C). Tepelně-technické požadavky na obvodové konstrukce byly radikálně zpřísněny. V normě byly zakotveny i úlevy pro hodnoty tepelných odporů u objektů postavených do roku 1983 (respektive do 1985). V normě se poprvé objevují přísnější požadavky na tepelně-technické vlastnosti oken a dveří a tepelná jímavost podlah, podle které byly podlahy rozděleny do čtyř kategorií. [11]

V roce **1992** byla s ohledem na zvýšení nároků na hodnoty tepelných odporů vnějších konstrukcí provedena změna normy. [11]

Další revize normy byla provedena v roce **1994**. Hodnoty tepelných odporů jednotlivých konstrukcí, které byly podrobně rozčleněny podle umístění

v objektu, byly rozděleny do tří kategorií na požadované, doporučené a přípustné. Požadované tepelně-technické parametry výplní byly vyjádřeny třemi hodnotami podle rozdílů mezi teplotou v interiéru a exteriéru. [11] [12]

Vyhláška MPO č.291/2001 Sb. [66] byla zadávána s cílem nalézt jednoduchý výpočetní nástroj pro stanovení tepelně technických a energetických vlastností stavebních konstrukcí a budov ve vazbě na obecné požadavky na výstavbu. Měrná spotřeba tepla na vytápění byla pro některé budovy závazná.

V roce **2002** se uskutečnila další revize tepelně-technické normy ČSN 73 0540: 2002. Došlo ke zpřísnění požadavků na obvodové konstrukce. Bylo částečně zjednodušeno rozdělení konstrukcí dle polohy objektu. Stavebně-fyzikální vlastnosti konstrukcí byly rozděleny na požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W.m^{-2}K^{-1}$], který se stal základní veličinou pro jejich posuzování. Norma dále definuje požadavky s ohledem na průvzdušnost spár, obvodového pláště, místnosti s nuceným větráním a na intenzitu výměny vzduchu v neužívané a v užívané místnosti. V neposlední řadě jsou zde uvedeny případy, kdy je požadováno nebo doporučeno osazení zařízení pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. [13] [14]

K další revizi došlo v roce **2004** a to v části 4.

V roce **2007** byla vydána norma ČSN 73 0540: 2007 [12] Hodnocení budov se provádí pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} [$W.m^{-2}K^{-1}$]. Ten je závislý na měrné ztrátě prostupem tepla a na ploše obálky budovy.

ČSN 73 0540-2 (2011) [15] je nyní platná norma v ČR. Podle této normy je hodnotícím kritériem průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [$W.m^{-2}K^{-1}$]. Tato norma zpřísňuje požadavky na jednotlivé konstrukce a jejich součinitele prostupu tepla U , přidává doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy, a to rozpětím hodnot. Dále zpřísňuje také vazby mezi konstrukcemi. Je zde dále definována referenční budova – metoda zatřídění budov ve štítcích do klasifikačních tříd podle U_{em} [$W.m^{-2}K^{-1}$]. Je zde definice pasivních budov. [15]

Postupné zpříšňování normových požadavků na tepelně technické parametry je nutné. Tímto zpříšňováním požadavků je zabezpečeno eliminování vad, které pramení nesprávného návrhu konstrukcí a jejich detailů, což má za následek řadu tepelně technických problémů, jako jsou tepelné mosty, kondenzace a růst plísní. Také dochází k zlepšování vnitřního prostředí a tím ke zvyšování komfortu uvnitř budov. Zároveň jsou tyto požadavky ovlivňovány evropskými směrnici a požadavky ze strany Evropské Unie.

Zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií

Zákon stanovuje opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, dále pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie a požadavky na ekodesign energetických spotřebičů.

Zákon 318/2012 Sb. o změně zákona č.406/2000 Sb. [67]

Zákon upravuje oblasti: účinnost užití energie zdrojů a rozvodů energie, kontrola provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů, snižování energetické náročnosti budov, průkaz energetické náročnosti, energetický audit, energetický specialista, odborná zkouška, průběžné vzdělávání a přezkušování energetických specialistů apod.

Zákon 458/2000 Sb. energetický zákon [68]

Zákon upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a nediskriminační regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Tabulka hodnot vývoje tepelně-technických parametrů, resp. součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcích je uvedena jak v příloze č. 1 tak také v „návrhovém nástroji“ v záložce „POMŮCKY“.

Vyhláška 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov [69]

Návrh vyhlášky o energetické náročnosti budov upravuje současnou vyhlášku č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Současná vyhláška má platnost od 1. dubna 2013 a byla reakcí na přijetí zákona č. 318/2012 Sb.,

kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Touto právní normou se do českého právního řádu implementovala směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov.

2.4 Přehled požadavků na denní osvětlení školských budov

Požadované vlastnosti, které jsou kladeny na světelně-technické vlastnosti místností školských budov, vychází z daných požadavků následující legislativy:

2.4.1 ČSN 73 0580 – 1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky. [16]

Tato norma, již dle názvu – základní ustanovení, platí pro navrhování a posuzování denního osvětlení vnitřních místností, resp. prostorů budov a dále také pro posuzování návrhu stavebních objektů z hlediska jejich vlivu na denní osvětlení okolních budov. V případě školských budov však tato norma platí jen v případech, kdy se specializovaná norma (myšleno přímo norma pro školské budovy) na základní požadavky odvolává.

2.4.2 ČSN 73 0580 – 3 Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol. [18]

Tato norma je platná pro návrh a posouzení denního osvětlení všech typů školských budov a to: mateřských, základních, středních, středních odborných, vyšších a vysokých škol a dále poté také zvláštních škol. V případě výukových prostor v jiných zařízeních je tato norma také platná.

Norma navazuje na ČSN 73 0580-1 – Základní požadavky. Dodržení těchto požadavků dává předpoklady pro zajištění vhodných světelných podmínek v budovách. Požadovaný stav vnitřního prostředí pro technologické činnosti, nízkou spotřebu energie tepelné, nízkou spotřebu elektrické energie vynaložené na osvětlování prostorů, a naopak zvýšenou spotřebu energie při umělém osvětlení osvětlovací soustavou.

Pro práci i pro odpočinek existují funkční požadavky, které zajišťují a zohledňují kvantitu a kvalitu osvětlení, a to distribucí světleného toku, resp.

jasových poměrů v zorném poli osob. Zraková pohoda je dodržena v takových prostorech, které dodržují předepsané hygienické požadavky a architektonické vlastnosti prostoru (barvy, tvary apod.).

2.5 Přehled programů pro hodnocení energetické náročnosti a denního osvětlení

2.5.1 Software pro energetickou náročnost – využívané v ČR

Svoboda Software [19]

Program ENERGIE [19] je určen pro komplexní hodnocení energetické náročnosti budov. Umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy, měrných tepelných toků, potřeby tepla na vytápění, dílčích dodaných energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení), produkcí energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie (celkové i neobnovitelné) a emisí CO₂. Při výpočtu se zohledňují postupy a požadavky ČSN 730540, TNI 730329, TNI 730330, STN 730540, EN ISO 13790, EN ISO 13370, EN ISO 13789 a dalších evropských norem. Program zpracovává energetický průkaz podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. a energetický štítek podle ČSN 730540-2 (2011). [19]

Program TEPLO je určen pro výpočet tepelného odporu, součinitele prostupu tepla dle EN ISO 6946 se zohledněním spousty možností tepelných mostů, výpočet zkondenzované a vypařitelné vodní páry, vyhodnocení požadavků dle platných norem, pomocné výpočty, grafy apod. [20]

Program PROTECH – Průkaz

Modul Průkaz je určen ke zpracování průkazů ENB podle nové vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Modul Průkaz je napojen na ostatní moduly a je možné z nich načíst připravené zóny. [21]

Program OPTIMALIZACE BUDOVI

Tento výpočetní nástroj je určen pro optimalizaci architektonického návrhu budovy, rodinných nebo bytových domů z hlediska energetické náročnosti. Pomůcka poskytuje možnost parametrického zadání geometrie

objektu, vlastností konstrukcí, prosklení a provozu budovy. Objekt je popsán pomocí rozsahu jednotlivých vstupních hodnot a výstupem je popis chování celého definovaného souboru objektů. Nástroj poskytne dále kontrolu splnění deklarativních požadavků a hodnocení citlivosti výsledků pro jednotlivé vstupní parametry. [22]

Program DEKSOFT – ENERGETIKA

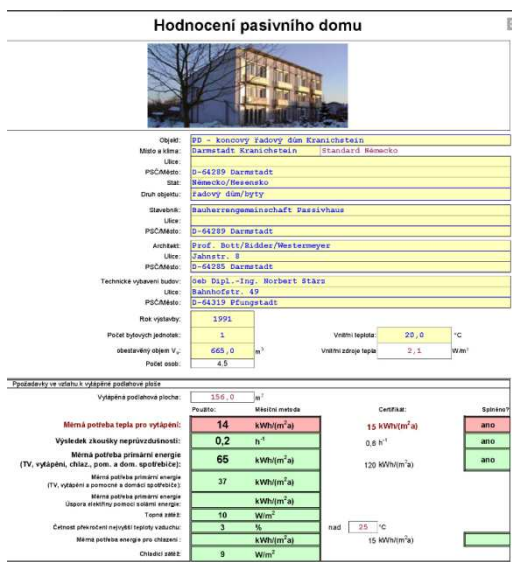
Program pro výpočty energetické náročnosti. Pomocí programu je možné vytvořit PENB dle vyhlášky 78/2013 Sb. i energetický certifikát a projektové hodnocení dle slovenské legislativy; výpočet tepelných ztrát dle ČSN EN 12831; výpočet energetického štítku obálky budovy dle ČSN 73 0540-2. Program také obsahuje modul pro výpočty pro dotační program nová zelená úsporám. [23]

Výpočetní nástroj – národní kalkulační nástroj II

Jedná se o volně šiřitelný nástroj, který je zpracován v rozšířeném programu Microsoft Excel. Tento nástroj je určen ke zpracování energetické bilance budovy a stanovení dílčích dodaných energií na vytápění, chlazení, nucené větrání, přípravu TV a osvětlení. Využívá okrajových podmínek stanovených v TNI 73 0331 - Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro výpočet. NKN II vychází v principech z nástroje NKN, v jádru je však jiný. NKN II nabízí výstupy jak pro potřeby vyhlášky 78/2013 Sb., tak také detailní informace o energetické bilanci budovy. [24]

Nástroj PHPP

Jedná se o kalkulační nástroj, který je vytvořen v Microsoft Excel. Je určen k ověření správnosti návrhu pasivního objektu, nebo nízkoenergetického objektu. Tento nástroj je původem z Německa. Dále slouží k přesnému výpočtu tepelně technického chování budovy, je zde velmi přesný odhad finančních nároků na budovu v průběhu roku včetně ověření efektivity technologického zařízení. [25]



Obrázek 10: Ukázka z programu PHPP [25]

2.5.2 Software pro energetickou náročnost – využívané v zahraničí

Software v zahraničí jsou rozdílné pro každý stát, jelikož jsou pro tepelnou techniku specifické také normy a doporučení, místní požadavky a podnebí v každé části světa. Níže jsou uvedeny příklady software, které jsou ve světě užívány. Přehled nejznámějších zahraničních počítačových programů využívaných pro tepelně technické hodnocení je uveden v následujícím odstavci. [78]; [79]

Program EnergyGauge USA [26]

Tento nástroj umožňuje hodnocení budov napříč USA. Tento program umožňuje také hodinové simulace. Zahrnuje také analýzu a rozbor zlepšení nákladů na energie. Tento program využívá DOE 2.1e. Program používá meteorologická data pro 239 měst v USA. Dále je možné započítávat také hypoteční data a ceny energií apod.



- Přesnější výpočet vytápění a výkonů zatížení částí chladicích systémů
- Přesnější predikce vnitřní relativní vlhkosti vzduchu
- Proudění vzduchu a velikosti na tepelného čerpadla a výkonu klimatizační jednotky

- Přesnější modelování budovy v kontaktu se zeminou
- Přesnější modelování podkroví
- Detailní předpověď modelování přenosu tepla a úniku vzduchu v potrubí

Výsledkem je podrobné energetické roční shrnutí zadávané budovy včetně přehledu vstupních dat. Dále zde jsou uvedeny roční bilance energie včetně možností úvěrů. Veškeré výstupy jsou přehledně srovnány do tabulek s grafy.

Program ESP-r

Využíván ve Velké Británii, Dánsku a skandinávských zemích, jedná se o dynamický simulační program pro integrované modelování energetické náročnosti budov. Jedná se o program, který lze využít pro tepelné, akustické hodnocení a pro hodnocení denního osvětlení. Také lze využít tento program pro odhad tepla, vlhka a využití energie. Dále je možné jej využít pro analýzu energetických a hmotnostních toků v budovách a zařízeních pro větrání, vytápění a klimatizaci. [27]

Program EnergyPlus

Využíván v USA, jedná se o simulační program pro simulaci budovy. Detailně řeší stavební fyziku, rozděluje objekt na zóny, teplotní bilanci objektu, povrchové teploty, kondenzace a tepelnou pohodu, denní osvětlení a umělé osvětlení – výpočty. Program lze propojit s jinými programy např. s programem ESPr [27] a DesignBuilder [30]. Výstup je textový soubor. [28]

Program Ecotect

Jedná se o produkt firmy Autodesk. Program pro hodnocení celkové energetické spotřebě, emise CO₂ s využitím celosvětové databáze informací o počasí. Možnost použití pro kalkulaci, chlazení, větrání a vytápění a z toho modelovat dopady plynoucí z obsazenosti budovy osobami, zisky a ztrátami. Hodnocení denního osvětlení, oslunění. [29]

Program DesignBuilder [30]

Při návrhu budovy je v dnešní době nutné vyhledávat kompromisy ke splnění několika kritérií. Tato kritéria ovlivňují kvalitu budovy, jejího vnitřního

prostředí s návazností na investiční náklady a na redukci provozních nákladů včetně dopadu na životní prostředí.

Tento program kombinuje simulaci tak, aby architektům, projektantům a energetickým specialistům pomohla získat potřebné informace pro jejich správný návrh. Tento program můžeme využít na dynamické simulace budov pomocí programu EnergyPlus, při certifikaci budovy, při hodnocení tepelné pohody objektu, při výpočtu denního osvětlení, environmentální vyhodnocení, analýza nákladů v průběhu celého životního cyklu, CFD analýzu vnějších i vnitřních prostor.

Výstupem z tohoto programu bude možnost porovnávat více alternativ, modelování staveb, importovat stávající BIM a CAD návrhy, generování vizualizací a krátkých filmů.

Tento program, i když již v České republice je prodáván, je založen na návrhových předpisech jiných zemích. Samozřejmostí je, že některé postupy jsou stejné, nebo obdobné jako v ČR a usnadní některým specialistům jejich práci, avšak celkově je program pro ČR, resp. lze provádět srovnání variant řešení, ale nelze provádět porovnání s požadavky, protože ty se liší od našich národních. V tomto programu, i přes jeho nynější drobné nedostatky, lze spatřit velký potenciál hodnocení budov a jejich dopadu na životní prostředí v mezinárodním měřítku.

Program EZ Sim [31]

Jedná se o hodnotící nástroj vytvořený v Microsoft Excel, kterým je možné diagnostikovat energetické vzory a spotřebu, odhady úspor a skutečné spotřeby. Tento nástroj je určen pro manažery a provozovatele budov. Je také určen pro smluvní partnery a pro inženýry, pro energetický management budov.

Software využívá skutečné měsíční účty za energie, denní průměrné teploty a informace o stavbě včetně informací o vytápění, chlazení apod. Program má k dispozici základní informace o systémech HVAC. Program umí poukázat na problémové oblasti budovy v přehledných tabulkách a v grafech.

Program FEDS a program DOE-2 [32]

Program pro maximalizaci úspor. **FEDS** umožňuje hodnocení a analýzy energetické účinnosti, výběr minimálních nákladů na životní cyklus, určení návratnosti investice. Jedná se o široce využívaný počítačový program typu freeware, pro analýzu budovy.

DOE-2 používá popis rozvržení budovy, klimatizační systémy, osvětlení apod. Je možné v programu nastavit počasí pro hodinovou simulaci včetně sazby za energie a tím vypočítat také možné účty za energie.

2.5.3 Software pro hodnocení denního osvětlení – v ČR

Program WDLS [33]

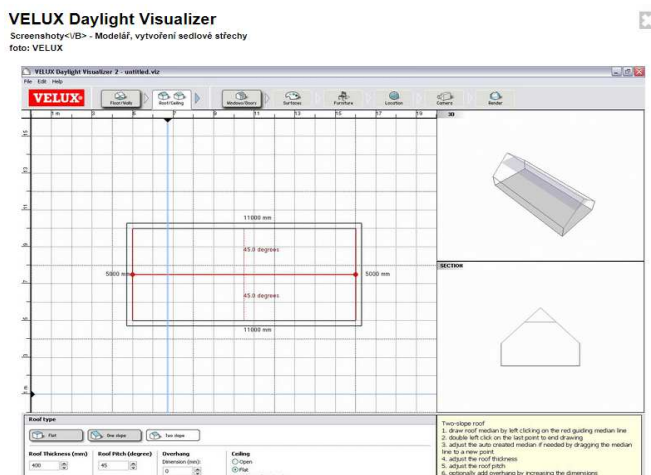
Tento program lze označit za nejpoužívanější a jeden z vedoucích programů co se denního osvětlení týče, a to v ČR. Umožňuje výpočet denního osvětlení, činitele denního osvětlení i sdruženého osvětlení, kontrola všech parametrů a podmínek definovaných normou. Výpočet osvětlení světlovody.



Obrázek 11: Ukázka výsledku z programu – jedná se o izočáry spojující místa se stejnou osvětleností v lux (na pracovní rovině) [33]

Program Velux daylight visualiser [34]

Program je ve vlastnictví firmy VELUX a byl vytvořen zejména pro širokou veřejnost, jeho stažení je proto zdarma. Program vyvíjí společnost Luxion se společností Velux. Program zobrazuje hranice hodnot činitele denního osvětlení.

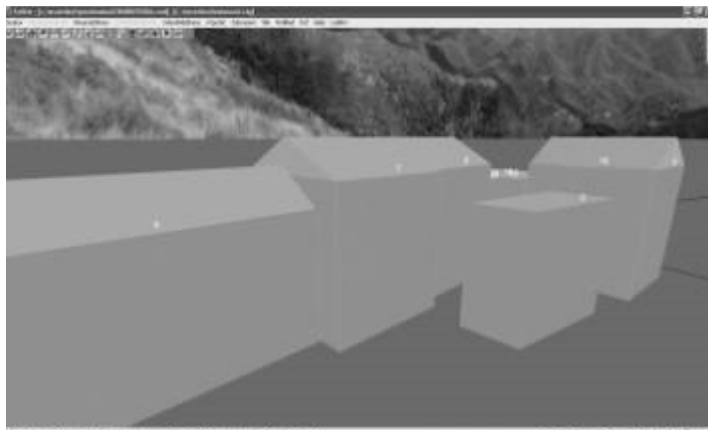


Obrázek 12: Ukázka výsledku z programu [34]

Program má zásadní výhodu, lze zde simulovat jak rovnoměrně zataženou oblohu, tak také slunečnou oblohu a také je možné simulovat nerovnoměrně zataženou oblohu. Zadávání však není dostatečně přesně, co se týče geometrie, avšak program například umí určit sever a lokalitu, podporuje další formáty pro vložení 3D z jiných software např. dwg apod. Hlavní výhodou programu je, že vytvořený 3D model místnosti je pro širokou veřejnost dostatečný k představení osvětlení prostoru. Zásadní nevýhoda je absolutní absence zadávání přesnějších parametrů výplní otvorů, tedy není jednoznačné, s jakými parametry program počítá. Norma určuje srovnávací rovinu, ve které by měly být zjišťovány hodnoty. Toto určení není ale dostatečně jasné, proto jsou výsledky neprůkazné, co se normy týče. Jedná se tedy spíše o pomocný program pro představu laické veřejnosti více než pro odbornou veřejnost.

SVĚTLO+ [35]

Společnost JP Soft vytvořila program SVĚTLO+. Program má 2 moduly, a to Oslunění a Obloha. Ovladatelnost tohoto programu je poněkud nepohodlná, ale jen ze začátku, jakmile si uživatel zvykne na prostředí je poměrně intuitivní. Velkou výhodou oproti předchozímu programu je vysoká přesnost denního osvětlení, resp. proslunění. Výplně otvorů lze lépe definovat a co je nejpodstatnější – program je plně v českém jazyce.



Obrázek 13: Ukázka simulování budov v programu SVĚTLO+ [35]

2.5.4 Software pro hodnocení denního osvětlení – v zahraničí

DIAL+ [36]

Tento program byl vytvořen federálním technologickým institutem v Lausanne ve Švýcarsku. Tento program slouží jak k hodnocení denního osvětlení, tak také umělého, zároveň má modul pro hodnocení chlazení prostoru-tepelná pohoda prostředí. Nejpodstatnější pro českého uživatele je fakt, že hodnocení probíhá dle CIE což je rovnoměrně zatažená obloha. Základní nevýhodou, ale v dnešní době nepodstatnou, je, že chybí český jazyk. Výsledkem programu nejsou žádné hodnoty v kontrolních bodech, ani izofot, ale vyhodnocení je pomocí škály čtverců z barev v daném půdoryse. [89]

Program DesignBuilder software – v ČR i v zahraničí [30]

Jak již bylo psáno výše, v programu je možné modelování od stavebních částí, přes modelaci vzduchotechniky a HVAC systému, denní osvětlení. Je to jeden z mála programů, který dovoluje hodnocení jak tepelně technické, tak denního osvětlení.

Autodesk REVIT Architecture – v ČR i ve světě [37]

REVIT je vytvořen společností Autodesk to znamená, že je plně kompatibilní s AutoCADem a dalšími produkty této firmy. V rámci rozvoje firmy v oblasti BIM REVIT slouží také k hodnocení denního osvětlení. Tím vším je dáno, že v podstatě v REVITu je nutné vytvoření 3Dmodelu budovy, lze

vkládat také *dwg soubory. Zadávání je poměrně složité v podstatě se nejedná o program primárně určen pro posouzení denního osvětlení, ale je zde nástroj, který určí denní osvětlení v místnostech. Program není v této oblasti dostatečně přesný, avšak pro představu při návrhu studie je dostatečný. Vytváří se barevná pole s určením rozmezí denního osvětlení. [90]

Software Radiance [70]

Tento program obsahuje sadu nástrojů pro simulaci osvětlení, obsahuje také vykreslování a simulování úrovní osvětlení. Jedná se nejen o simulování denního osvětlení, ale také o vizualizaci.



Obrázek 14: Ukázka výstupu denního osvětlení ve 3D [70]

2.6 Současné možnosti dotačních titulů – přehled

2.6.1 Operační program životního prostředí

Tento operační program je součástí Evropských strukturálních a investičních fondů. Řídícím orgánem je Ministerstvo životního prostředí ČR. Zprostředkujícími subjekty jsou Státní fond životního prostředí. Energetické úspory objektů jsou řešeny prioritní osou č. 5 – energetické úspory. Pro regeneraci stávajících školských budov je k dispozici část 5.1 – Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie. OPŽP podporuje celkové nebo dílčí energeticky úsporné renovace veřejných budov, samostatná opatření výměny zdroje tepla za účinnější. [38]

2.6.2 Zelená úsporám pro budovy veřejného sektoru

Státní fond životního prostředí ČR vyhlásil druhou výzvu programu v roce 2015. Předmětem podpory jsou opatření vedoucí k úsporám energie v budovách veřejného sektoru, a to nejen tedy budovy pro školství. Podmínkou je nemožnost získání podpory z jiných operačních programů. [39]

2.6.3 Integrovaný regionální operační program – iROP

Tento program se zaměřuje především na projekty podporující infrastrukturu, podporu kultury, zlepšení energetické účinnosti v budovách, podporu nízkouhlíkových strategií, rozvoj služeb v oblasti sociální integrace. Žadatelem smí být město, obec, nebo kraj. [40]

2.7 Cena energií

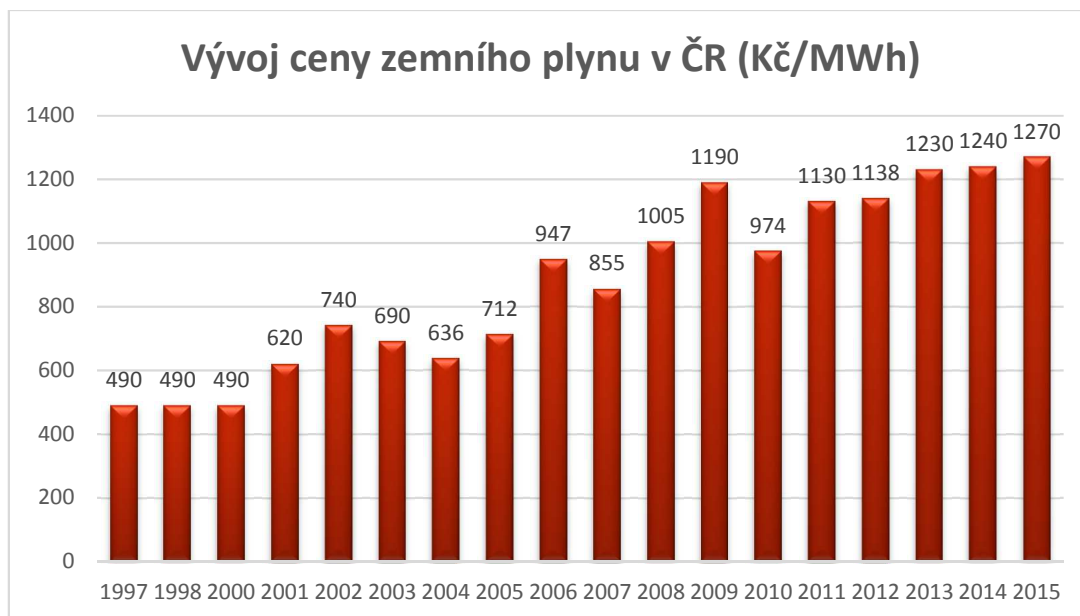
Areály školských budov byly postaveny v době, kdy energetická hlediska nebyla tak důležitá, jak je tomu dnes a nebylo nutné zvyšovat investiční náklady na zajištění energetické úspornosti. Jednotlivé prvky stavebních konstrukcí nesplňují velmi přísné požadavky na úspory energie. Převážná většina stávajících školních budov nevyhovuje současným požadavkům na tepelnou ochranu budov. Při návrhu energetické renovace je nutné zvažovat také druh použitého paliva a cenu za energii. Celkový stupeň energetické náročnosti překračuje povolenou hranici. [71]

2.7.1 Cena plynu v ČR

Od 1. 4. 2007 nejsou ceny za energii zemního plynu regulovány, regulovány jsou pouze ceny za distribuci pro domácnosti. Ceny zemního plynu jsou stanoveny za energetické jednotky (MWh), které zaručují objektivní účtování. Pro orientační přepočít lze uvažovat $1 \text{ m}^3 = 0,0105 \text{ MWh}$. Výhřevnost zemního plynu je $33,48 \text{ MJ/m}^3$. [41];

Zemní plyn je ekologické palivo, při jehož spalování vzniká, ve srovnání s uhlím nebo s kapalnými palivy, daleko méně škodlivin. Přes masivní podporu plynofikace v ČR nezaujímá zemní plyn, na rozdíl od jiných zemí EU, v tuzemské bilanci energetických zdrojů tak významnou pozici. [42]

Data níže byla získána jako průměr hodnot od firmy E.ON za dané období zaokrouhlené na desítky Kč.



Obrázek 15: Graf vývoje cen zemního plynu v ČR za období 1997-2015 [42]

2.7.2 Cena tepelné energie [43]

Výsledné průměrné ceny tepelné energie uvedené na příkladu za rok 2011 na jednotlivých úrovních předání tepelné energie jsou členěny podle paliva použitého při výrobě – viz tabulka č. 5. Ceny tepelné energie pro konečné spotřebitele jsou nejnižší v případě výroby tepelné energie z uhlí a biomasy.

Tabulka 5: Průměrné ceny tepelné energie v roce 2011 s rozlišením paliv [43]

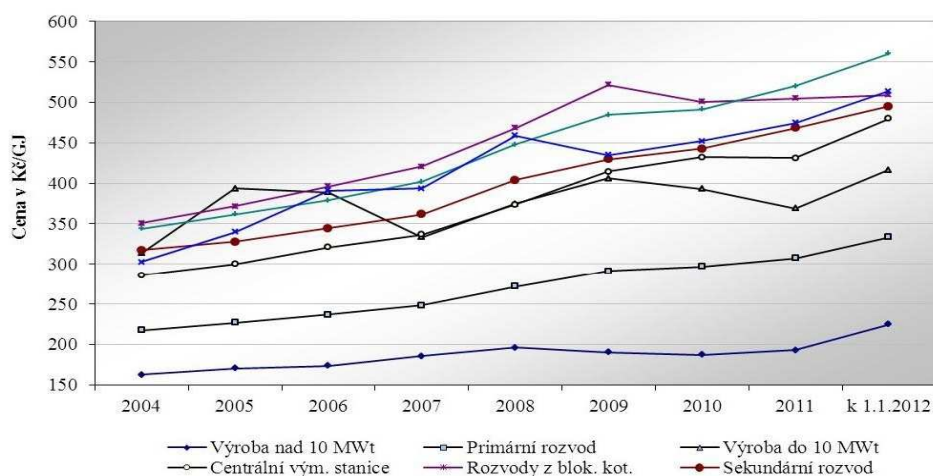
Úroveň předání tepelné energie		Uhlí	Zemní plyn	Biomasa a jiné OZE	Topné oleje	Jiná paliva	Vážený průměr
		Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]
Z výroby při výkonu nad 10 MWt		193,7	363,45	215,05	314,13	189,61	216,63
Z primárního rozvodu		307,32	481,34	330,89	420,85	296,25	322,01
Z výroby při výkonu do 10 MWt		310,52	426,04	291,8	688,77	180,43	350,95
Z centrální výměňkové stanice		444,39	583,92	268,28	479,14	528,86	461,72
Ceny tepelné energie pro konečné spotřebitele	Pro centrální přípravu teplé vody na zdroji	494,65	588,83	560,08	661,69	573,44	583,64
	Pro centrální přípravu teplé vody na výměňkové stanici	461,87	580,97	428,45	553,33	460,05	478,16
	Z rozvodů blokové kotelny	504,84	593,69	367,21	607,41	566,94	571,8
	Z venkovních sekundárních rozvodů	468,62	603,35	467,33	540,29	456,96	486,24
	Z domovní předávací stanice	520,31	608,46	525,17	640,59	566,28	566,23
	Z domovní kotelny	474,59	544,16	490,13	600,33	573,11	537,88

Podle tabulky lze pro systémy zásobování tepelnou energií (CZT => centrální zásobování teplem) považovat za konkurenční cenu tepelné energie pro konečné spotřebitele cenu z domovních plynových kotelen ve výši 544,16 Kč/GJ vč. DPH. Snahy některých odběratelů o odpojení od systémů CZT z důvodu možné úspory nákladů vybudováním vlastního domovního zdroje tepelné energie je možné očekávat především u soustav CZT s cenou tepelné energie převyšující tuto cenu tepelné energie.

Z následující tabulky vyplývá, že k výrobě tepelné energie je z převážné části využíváno uhlí. Ostatní paliva, především zemní plyn, topné oleje a biomasa (dále jen „ostatní paliva“), se celkově podílejí na dodávkách tepelné energie asi z 1/3. Podíl uhlí výrazně převládá u velkých tepelných systémů. Naopak u malých systémů se zdroji do 10 MWt a u domovních kotelen je převažujícím palivem zemní plyn.

Tabulka 6: Vývoj průměrných uplatňovaných cen v letech 2004-2011 tepelné energie vyrobené z uhlí [43]

Úroveň předání tepelné energie		Uhlí								Průměrná předběžná cena tepelné energie
		Výsledná průměrná cena tepelné energie v roce								
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
		Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]	Cena [Kč/GJ]
Z výroby při výkonu nad 10 MWt		162,59	170,5	173,62	185,66	196,07	190,46	187,16	193,07	224,76
Z primárního rozvodu		217,7	226,79	236,68	248,26	272,03	291,13	296,87	307,32	333,73
Z výroby při výkonu do 10 MWt, vč. Centrální přípravy teplé vody		313,65	393,41	389,14	333,53	374,78	406,11	393,2	368,87	416,48
Z centrální výměňkové stanice, vč. Centrální přípravy teplé vody		285,86	300,02	320,89	336,54	373,52	414,71	432,06	431,37	479,99
Pro konečné spotřebitele	Z rozvodů z blokové kotelny	350,68	371,75	396,29	420,71	468,55	521,89	500,71	504,84	509
	Z venkovních sekundárních rozvodů	317,33	327,69	344,58	361,82	403,84	429,43	442,92	468,62	494,88
	Z domovní předávací stanice	343,75	361,62	379	401,99	447,78	484,35	491,45	520,31	560,43
	Z domovní kotelny	302,54	339,68	391,05	393,38	458,91	434,93	452,21	474,59	513,83
Celkem vážený průměr		248,17	259,34	271,07	284,36	315,31	331,97	337,52	355,01	368,03



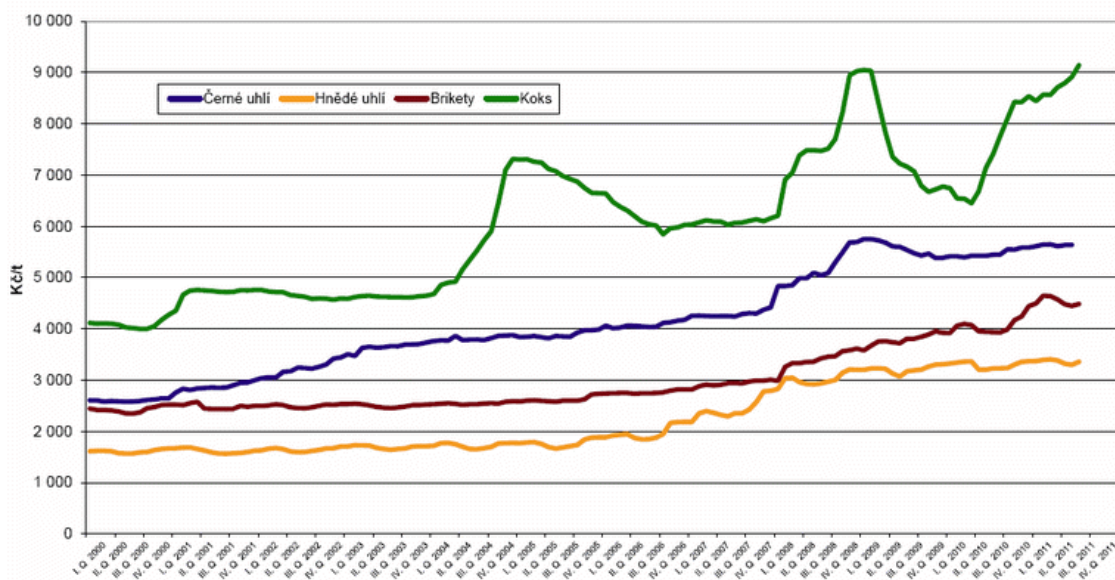
Obrázek 16: Graf vývoj průměrných uplatňovaných cen tepelné energie vyrobené z uhlí [43]

2.7.3 Cena uhlí a koksu

Cena uhlí meziročně stoupla o více než 7 % a další navyšování nás ještě čeká, neboť do roku 2014 se průběžně zvyšovala ekologická daň, která se u uhlí uplatňuje. Dalšími důvody zdražování mohou být případné změny v DPH a také postupné vyčerpávání tuzemských uhelných zdrojů. Tuzemské hnědé uhlí má výhřevnost v průměru 18,7 MJ/kg a za tunu zaplatíme průměrně 3.000,- Kč, zatímco polské uhlí dosahuje výhřevnosti jen 13 MJ/kg a na tuně je o 500 – 1.000 Kč levnější než české hnědé uhlí. [44]

Koks je derivát černého uhlí, z něhož byly v koksárenské peci za teploty okolo 1000 °C odstraněny prchavé složky a nežádoucí příměsi. Díky tomu nevznikají při topení koksem téměř žádné nebezpečné zplodiny a z komína odchází prakticky jen čistý CO₂. Další znatelnou výhodou koksu je jeho vysoká výhřevnost – až 29,6 MJ/kg. Proto pro vytápění koksem stačí k uchování zásob paliva na jednu topnou sezónu jen cca polovina prostoru, než je tomu při vytápění černým uhlím. Kromě toho je koks velmi lehký, takže manipulace s ním není tak fyzicky náročná jako je tomu u uhlí. [45]

K 10. 5. 2012 byla cena za koks 8.490,- Kč/t a cena za uhlí – hnědý ořech 2 byla 2.399,- Kč/t.

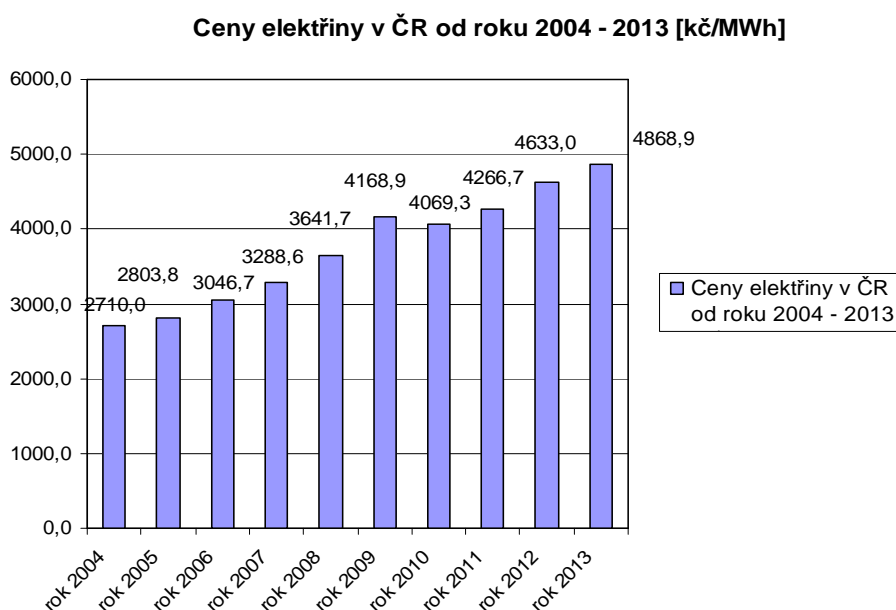


Obrázek 17: Graf vývoj spotřebitelských cen uhlí [14]

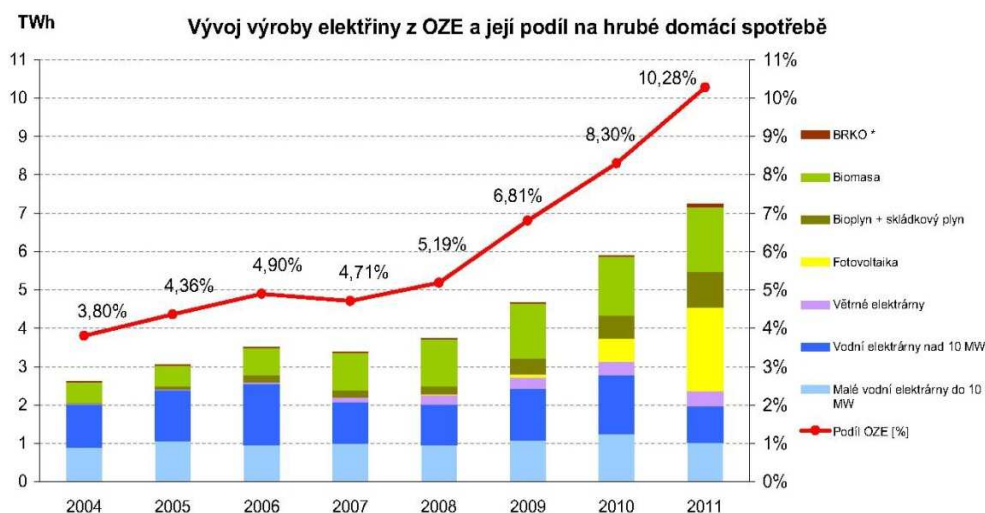
2.7.4 Cena elektrické energie

Cena elektrické energie bývá z pohledu podniků i domácností hodnocena, coby jedna z klíčových nákladových položek. Výše ceny této komodity také patří k hojně diskutovaným problematikám odborných i mediálních sfér. [46]

Pro popis vývoje cen elektřiny v České republice od roku 2004 do roku 2013 jsou použity informativní průměrné jednosložkové ceny elektřiny pro konečné zákazníky.



Obrázek 18: Graf vývoj spotřebitelských cen elektřiny



Obrázek 19: Graf vývoj výroby elektřiny z OZE (obnovitelných zdrojů energie) a její podíl na hrubé domácí spotřebě (převzato z ERU) [10]

3 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce je návrh návrhového nástroje pro optimalizace energetické renovace obálky školských staveb. Tento nástroj bude sloužit pro hodnocení návrhových variant energetické renovace z hlediska zateplení a výměny oken a pro posouzení jejich dopadu na energetickou bilanci a ekonomickou návratnost renovace. Dále také na denní osvětlení místností v renovované budově. Dále je cílem poukázání na možnosti vlivu tloušťky zateplení na denní osvětlení uvnitř učeben základních škol, zhoršení vnitřního mikroklimatu tzn. hlavně koncentrace CO₂. V České republice, resp. v programech, které slouží pro energetické hodnocení budov v ČR, zcela chybí současné energetické hodnocení s návazností na dopad denního osvětlení uvnitř budovy.

3.1 Dílčí cíle jsou následující:

- 1) Zhodnocení stavu školských budov v ČR za posledních 100 let, a to analýzou vybraných 23 školských budov a zhodnocení jejich stávajícího stavu.
- 2) Posouzení vybraných požadavků na vnitřní prostředí školních budov s ukázkou na vybrané učebně.
 - a. Posouzení mikrobiálního mikroklimatu školy a posouzení možných faktorů ovlivňující mikrobiální mikroklima ve školách s ukázkou na vybrané základní škole.
 - b. Posouzení měření koncentrace CO₂ na vybrané učebně před a po zateplení obálky budovy a výměně oken.
 - c. Posouzení měření denního osvětlení ve vybrané učebně před a po zateplení obálky budovy a výměně oken.
- 3) Určení velikosti učebny jak z hlediska vyhlášky, tak z hlediska zjištěných průměrných velikostí z vybraných 23 školských budov a zpracování výsledných velikostí do WDLS, výsledky uvedeny v návrhovém nástroji jako reprezentativní.
- 4) Sestavení návrhového nástroje „PaMo I“-provedení nástroje v MS Excel.
 - a. Vytvoření základní databáze výpočtových hodnot.

- b. Vytvoření tabulky vývoje součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] pro starší normy od počátku až po současnost=pro názornou ukázkou vývoje, ale také splnění požadavků těchto norem.
 - c. Vytvoření hodnotící výpočtové části pro určení součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$], a f_{rsi} [-].
 - d. Vytvoření otevřené tabulky pro ukázkou kondenzace vodní páry v konstrukci. Tato část bude otevřena pro ruční odečet hodnot a ruční určení, zda dojde v konstrukci ke kondenzaci, nebo nikoliv. Tato část bude mít za úkol uživateli ukázat jakým způsobem a v jakých hodnotách ke kondenzaci dochází a uživatel bude mít za úkol změřené hodnoty provázat do tabulky, aby ručně zjistil, jestli v konstrukci dochází ke kondenzaci nebo nikoliv a také v jakých vrstvách ke kondenzaci dochází.
 - e. Určení charakteristiky ochlazovaných konstrukcí obálky budovy, ze které bude patrné, zda konstrukce (stěna, střecha, podlaha, výplň otvoru) vyhovuje, nebo nikoliv a zda splňuje nároky určené referenční budovou.
 - f. Určení tepelných ztrát budovy v původním stavu s posouzením nového stavu a s tím spojené řešení potřeby tepla na vytápění. Určení energetického štítku budovy před a po realizaci zateplení.
 - g. U konstrukcí bude možnost určení její ceny, a to jak manuálním vložením ceny, tak také možností výběru ceny za jednotku tzn. např. cena Kč/m² zateplení.
 - h. Výpočet možné doby návratnosti investice na stavební úpravy obálky budovy.
 - i. Zhodnocení snížení CO₂ emisí z nespotřebované energie na vytápění.
 - j. Zhodnocení denního osvětlení vybrané velikosti učebny, která bude nejvíce odpovídat požadavkům daného návrhu.
- 5) Příklad hodnocené budovy v návrhovém nástroji „PaMo I“.

4 METODA ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Při tvorbě této disertační práce byla zvolena metoda teoretická (komparace, dedukce, analýza) a simulační (simulace v počítačovém programu). Metody jsou seřazeny chronologicky.

Pro splnění cílů disertační práce bylo využito pracoviště Fakulty stavební VUT v Brně, Ústavu pozemního stavitelství a také pracoviště Mendelovy univerzity, Lesnické a dřevařské fakulty, Ústavu dřevařských technologií, a to jak z hlediska software, tak také z hlediska měřících přístrojů.

Disertační práce také vznikla za podpory projektů:

- Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení vnitřního prostředí. 101/09/H050 pod hlavním řešitelem prof. Ing. Milanem Pavelkem, CSc. z Fakulty Strojní, VUT v Brně.
- Výzkum na Mendelově univerzitě v Brně v rámci projektu partnerské sítě mezi univerzitami CZ.1.07/2.4.00/31.0037 ve spolupráci s Ústavem pozemního stavitelství a Ústavem technických zařízení budov FAST VUT v Brně.

K vytvoření bodů 1 z cílů této práce je použit MS Excel. K vytvoření bodu 2 byly použity laboratorní přístroje Mendelovy univerzity v Brně. K vytvoření bodů 3-10 bude použit MS Excel. K bodu č. 11 byly použity cenové ukazatele z cenové soustavy RTS a.s. pro rok 2017. [47] K bodu 12-14 bude použit MS Excel a také byly použity výsledky z programu WDLS dle norem ČSN 73 0580 firmy ASTRA MS Software s.r.o.

Disertační práce je doplněna fotografiemi z archívu autorky a dalších citovaných zdrojů a dalšími grafickými podklady ze software a návrhového nástroje.

Podklady ke zpracování 23 vybraných školských budov byly poskytnuty pod záštitou tehdejší ministryně životního prostředí Ing. Rút Bízkovou a oddělením Státního fondu životního prostředí ČR v Praze. V rámci práce na výzkumu s prof. Ing. M. Pavelkem, CSc. z fakulty strojní VUT v Brně a celého týmu řešitelů bylo v této disertační práci hodnoceno 23 školských budov, které reprezentují stávající stav školských budov. Některé z nich v průběhu zjišťování a analýzy prošly méně či více zdařilou rekonstrukcí či stavebními

úpravami (zateplení, výměna oken), avšak na tomto vzorku škol byl zkoumán hlavně původní stav.

4.1 Analýza školských budov konstrukčně-provozních na vybraných reprezentantech výstavby za posledních výstavby 100 let

Z dnešní praxe jednoznačně vyplývá, že není-li stavba vysloveně v dezolátním stavu, podstatně ekonomičtějším řešením než její asanace a následné nahrazení novostavbou je její důsledná renovace podle nejnovějších stavebních a technických poznatků a možností. Kromě ekonomické opodstatněnosti hovoří ve prospěch renovace i ekologická bilance – zbourání stavby přináší problémy s likvidací, přepravou a ukládáním odpadů. Zároveň se ztrácí i kumulovaná hodnota starší budovy – k výrobě materiálů a k její výstavbě bylo zapotřebí velkého množství prostředků i energie, kterou je však třeba ještě dodatečně nahradit novými investicemi souvisejícími s výstavbou nové budovy. [76]

Průměrná měrná potřeba konečné energie na provoz stávajících budov se pohybuje okolo 180 až 250 kWh/m²/rok a klesá jen velmi pozvolna. Více než dvě třetiny renovovaných budov v současnosti nepodléhají zásadní energetické renovaci. V oblasti novostaveb se podobným způsobem investuje jen do tepelné ochrany na úrovni platných normativních předpisů. Tato fakta jsou výsledkem nedostatečné optimalizace při zohledňování životního cyklu fasády, střechy nebo okenních prvků. Stavební standard se ještě v menší míře přizpůsobuje perspektivám dlouhodobé hospodárnosti, tj. při zohledňování externích nákladů na paliva. [77]

Snížení energetické náročnosti energeticky pasivních budov je nepochybně podstatným krokem směrem k trvale udržitelné výstavbě. I přes energetické výhody by se však nemělo zapomínat ani na další aspekty této výstavby, jako je např. flexibilita užívání, dlouhověkost stavby, zdravé vnitřní mikroklima, snadná a nenáročná údržba, demontovatelnost a recyklovatelnost, ale stranou by neměla být ani architektonická kvalita. [48]; [73]

Renovace starší stavby by v dnešní době neustále se zvyšujících cen energie měla být neoddělitelně spjata s opatřeními zaměřenými na energetické úspory. [49]; [75]

Výměna střešní krytiny nebo realizace podkroví by měla být doprovázena vysoce účinným zateplením střešního pláště. Totéž platí u obnovy fasády – pouze realizace nové fasádní úpravy (omítky) bez dodatečného zateplení obvodových stěn přinese v budoucnu potřebu investovat nemalé finanční prostředky při úhradě vysokých provozních nákladů na energii. S obnovou fasády by měla být spojena i výměna oken (nebo naopak), přičemž kromě výběru kvalitních vysoce izolačních výrobků by se nemělo zapomínat na „bezespáré“ osazení okenního rámu do ostění a napojení na tepelně izolační rovinu obvodové stěny. Výměnou oken a zateplením domu izolací obvykle s nízkou infiltrací se dům utěsní a zpravidla nastávají výrazné problémy s hromaděním vlhkosti a kvalitou vzduchu v interiéru, proto je nutné provádět posouzení a plánování renovace na základě komplexního návrhu zohledňujícího jak návrh vhodných stavebních materiálů a konstrukci, tak také zohledňující kvalitu vnitřního prostředí a ochranu životního prostředí. Dostávají se na program nové přístupy vztahující se k udržitelé výstavbě nových budov i udržitelnosti v renovaci stávajícího stavebního fondu. [88] Účinným větráním se sice vyloučí uvedené problémy, ale na druhé straně se sníží efektivita zateplení stavby (ztráty tepla větráním se kromě ztrát prostupem přes konstrukce mohou podílet až 40 % na celkových únicích tepelných ztrátách). [87] Dosavadní praxe dokázala, že nejlepším způsobem řešení obou uvedených problémů je instalace systému řízeného větrání do stávajícího domu, je-li to ze stavebně-technického hlediska možné. Tento systém zajišťuje neustálý přísun čerstvého filtrovaného vzduchu a odvětrává použitý vzduch spolu s nadměrnou vlhkostí. [87] Brzkou amortizaci počátečních investičních nákladů zvyšuje použití rekuperační jednotky. Z uvedeného je jistě patrné, že energeticky úsporné a zároveň zdravé bydlení je nutné vnímat komplexně. [73]; [80]

V souvislosti s otázkami energetické renovace budov je nutné se zabývat, jak nahradit zastaralý systém vytápění méně náročnými a inovativními zdroji tepla. Stačí topný kotel o mnohem menším výkonu, takže zároveň spotřebuje i méně energie. Je ideální, pokud se původní systém teplovodního vytápění nahradí nízkoteplotním systémem, např. nízkoteplotními radiátory s termostatickou regulací. [74]; [81]

4.1.1 Energetické hodnocení vybraných reprezentantů školských budov

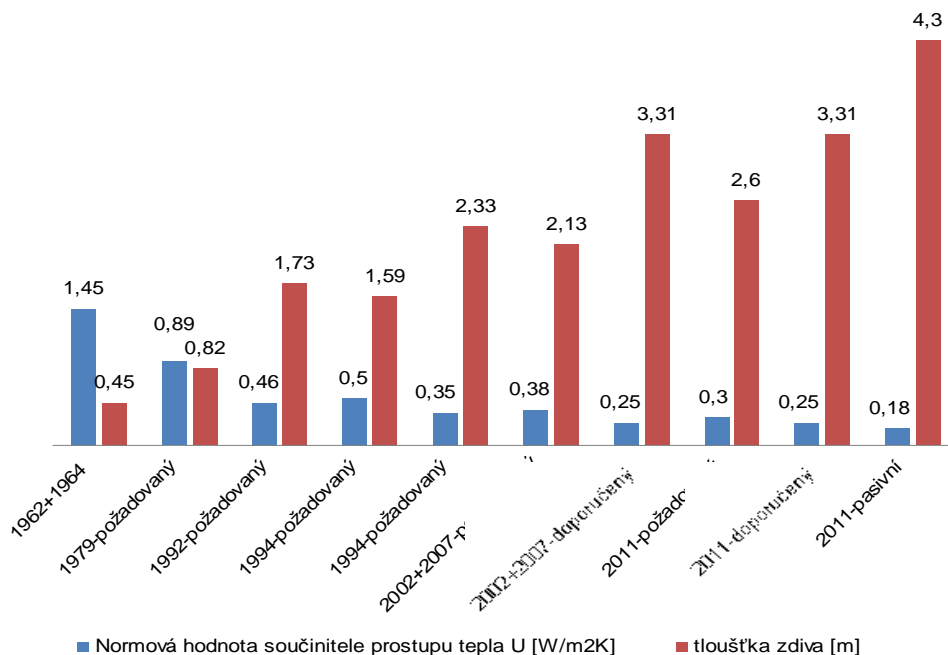
Bylo vyhodnoceno 23 školských budov na základě podkladů získaných z MŽP ČR a od jednotlivých zřizovatelů. Tyto audity byly zpracovány energetickými specialisty a auditory. Na základě auditů bylo provedeno srovnání budov. Cílem srovnání těchto auditů je zmonitorování stávajícího stavu školských budov ČR z hlediska energetického, ekonomického a environmentálního, a to srovnání ročních energetických bilancí objektů (celkových spotřeb energií a spotřeb energie na vytápění uvedených budov) s ohledem na lokalitu, velikost a tvar budovy, způsob vytápění a provoz budovy a konstrukční a materiálové řešení. Dále bylo provedeno porovnání vlivů staveb na životní prostředí z hlediska produkce emisí CO₂. Z hlediska materiálového řešení bylo provedeno porovnání součinitelů prostupu tepla a podíl jednotlivých konstrukcí na celkových tepelných ztrátách. Cílem srovnávání je zhodnocení hospodárnosti nakládání s energií za současného stavu jednotlivých škol.

V tabulce níže je uveden vývoj tepelně technických požadavků na těžké svíslé obvodové konstrukce pro teplotní oblast I a porovnání s tepelně technickými parametry této konstrukce u 23 budov.

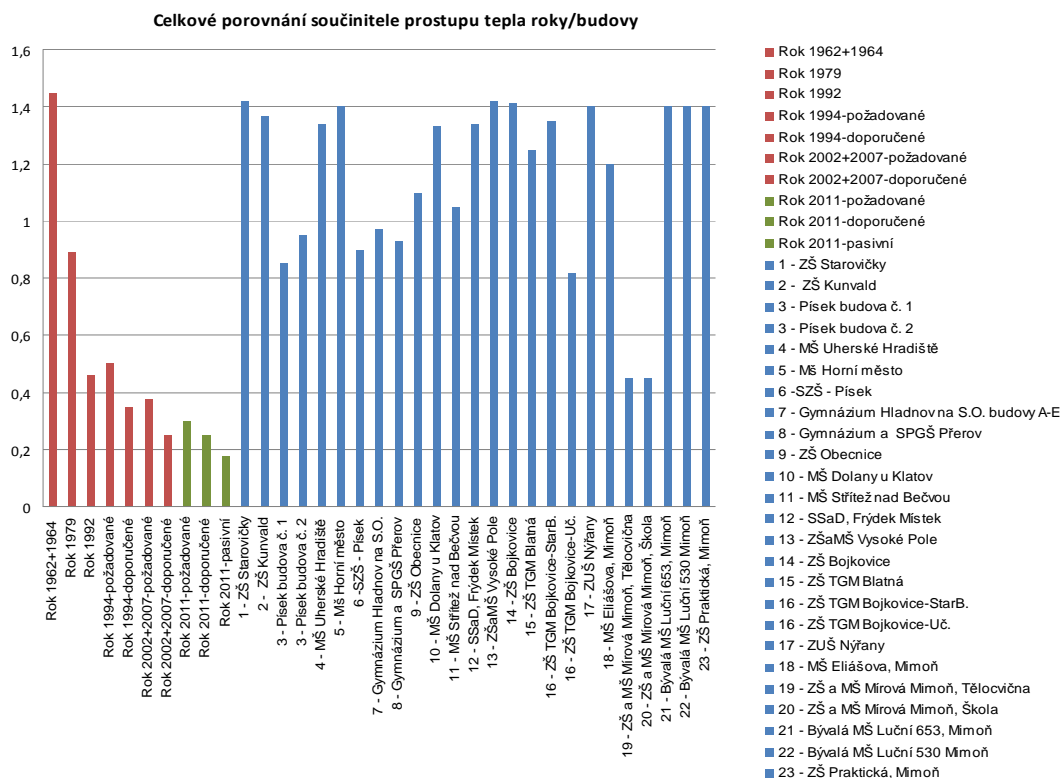
Tabulka 7: Vývoj součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] stěnové konstrukce v porovnání s nutnou tloušťkou zdiva z CPP (m) a v porovnání se součinitelem prostupu tepla jednotlivých budov U [$W/(m^2K)$] [vlastní]

Období revizí a změn norem	1962	1964	1979	1992	1994		2002		2007		2011		
					požad.	dopor.	požad.	dopor.	požad.	dopor.	požad.	dopor.	pasivní
Normové hodnoty součinitele pt. tepla U [W/m^2K]	1,45	1,45	0,89	0,46	0,5	0,35	0,38	0,25	0,38	0,25	0,3	0,25	0,18-0,12
Rovnocenná tloušťka cihelného zdiva [mm]	450	450	820	1730	1590	2330	2130	3310	2130	3310	2600	3310	4300-6400
1 - ZŠ Starovičky	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
2 - ZŠ Kunvald	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
3 - Písek budova č. 1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3 - Písek budova č. 2	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
4 - MŠ Uherské Hradiště	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
5 - MŠ Horní město	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
6 - SZŠ - Písek	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
7 - HladnovGymnázium	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
8 - Gymnázium a SPGŠ Písek	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
9 - ZŠ Obecnice	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
10 - MŠ Dolany u Klatov	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,332
11 - MŠ Střítež nad Bečvou	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
12 - SSaD, Frýdek Místek	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
13 - ZŠaMŠ Vysoké Pole	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
14 - ZŠ Bojkovice	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,411
15 - ZŠ TGM Blatná	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
16 - ZŠ TGM Bojkovice-StarB.	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
16 - ZŠ TGM Bojkovice-Uč.	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
17 - ZUŠ Nýřany	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
18 - MŠ Eliášova, Mimoň	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
19 - ZŠ a MŠ Mírová Mimoň, TV	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
20 - ZŠ a MŠ Mírová Mimoň,	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
21 - MŠ Luční 653, Mimoň	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
22 - MŠ Luční 530 Mimoň	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
23 - ZŠ, Mimoň	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Porovnání součinitele prostupu tepla s potřebnou tloušťkou zdiva



Obrázek 20: Graf porovnání součinitele prostupu tepla U [W/(m²K)] s potřebnou tloušťkou zdiva pro splnění [vlastní]

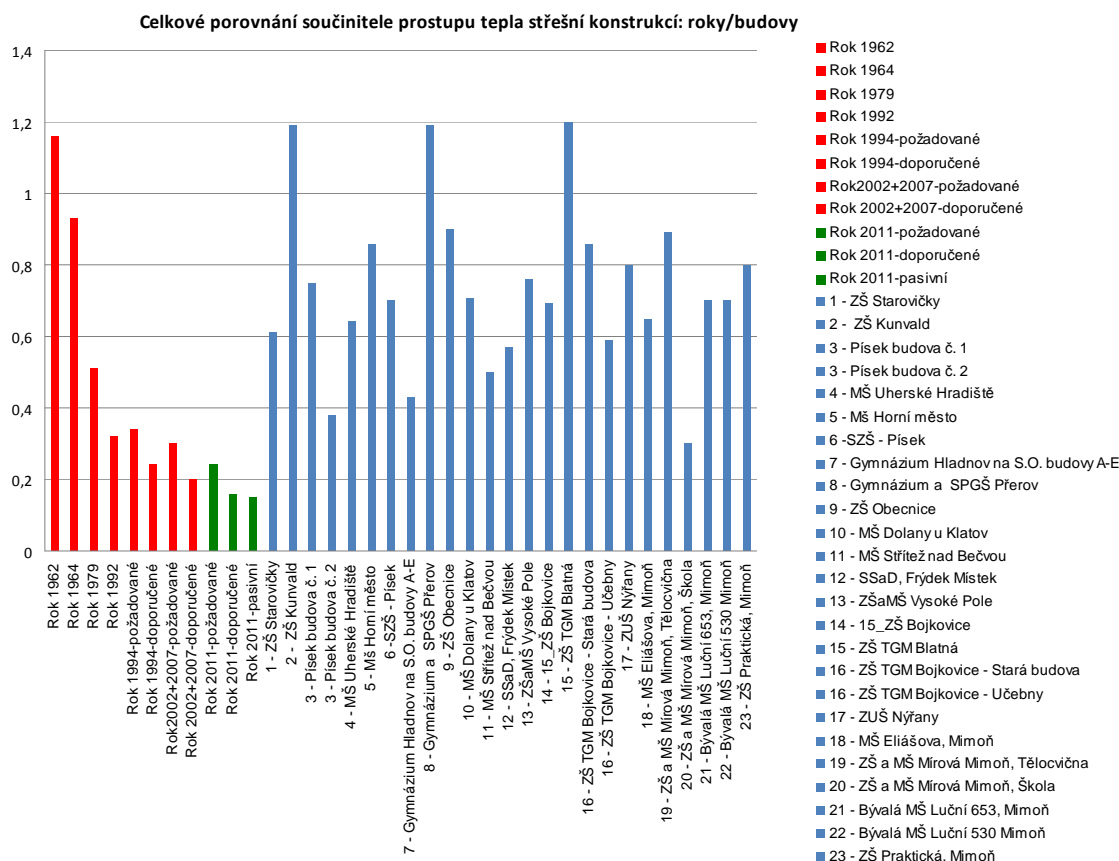


Obrázek 21: Graf celkové porovnání součinitele prostupu tepla stěnou v průřezu let v návaznosti na stávající budovy [vlastní]

Obdobné porovnání je níže provedeno pro střešní konstrukce.

Tabulka 8: Vývoj součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] pro střešní konstrukce v porovnání se součiniteli prostupu tepla jednotlivých budov U [$W/(m^2K)$] a jejich střešních konstrukcí [vlastní]

Období revizí a změn norem	1962	1964	1979	1992	1994		2002		2007		2011		
					požad.	dopor.	požad.	dopor.	požad.	dopor.	požad.	dopor.	pasivní
Normové hodnoty součinitele prostupu tepla U [W/m^2K]	1,45	1,45	0,89	0,46	0,5	0,35	0,38	0,25	0,38	0,25	0,3	0,25	0,18-0,12
Rovnocenná tloušťka cihelného zdiva [mm]	450	450	820	1730	1590	2330	2130	3310	2130	3310	2600	3310	4300-6400
1 - ZŠ Starovičky	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
2 - ZŠ Kunvald	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
3 - Písek budova č. 1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3 - Písek budova č. 2	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
4 - MŠ Uherské Hradiště	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
5 - MŠ Horní město	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
6 - SZŠ - Písek	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
7 - Hladnov Gymnázium	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
8 - Gymnázium a SPGŠ Písek	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
9 - ZŠ Obecnice	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
10 - MŠ Dolany u Klatov	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,332
11 - MŠ Střítež nad Bečvou	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
12 - SSaD, Frýdek Místek	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
13 - ZŠaMŠ Vysoké Pole	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
14 - ZŠ Bojkovice	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,411
15 - ZŠ TGM Blatná	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
16 - ZŠ TGM Bojkovice	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
16 - ZŠ TGM Bojkovice	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
17 - ZUŠ Nýřany	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
18 - MŠ Eliášova, Mimoň	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
19 - ZŠ a MŠ Mirová Mimoň, TV	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
20 - ZŠ a MŠ Mirová Mimoň, Škola	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
21 - MŠ Luční 653, Mimoň	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
22 - MŠ Luční 530 Mimoň	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
23 - ZŠ Praktická, Mimoň	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8



Obrázek 22: Graf celkové porovnání součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí v průřezu let v návaznosti na stávající budovy[vlastní]

4.1.2 Základní údaje

V hodnoceném výběru objektů bylo zahrnuto 23 školních objektů. Objekty se nachází v nadmořských výškách od 159 do 546 m. n. m., průměrné roční teploty se pohybují od 3,3 do 4,4 °C. Objem vytápěné obálky budov (resp. komplexu budov) se nachází v rozmezí od 1471 do 23 955 (výjimečně 38 680) m³. Pro přehled jsou budovy tříděny do několika objemových kategorií, a to:

- do 5 000 m³
- 5 000 – 10 000 m³
- 10 000 – 20 000 m³
- 20 000 – 30 000 m³

Tabulka 9: V následující tabulce je stručný přehled hodnocených budov[vlastní]

p.č	Název	Okres	Klimatické údaje:		Část objektu	Tepelná ztráta objektu	V	A/V	Průměrný součinitel prostupu tepla U _{em} [W/(m ² K)]	Klasifikace třídy prostupu tepla obálkou budovy
	Město		m.n.m.	Prům. roční teplota [°C]		[kW]				
1	ZŠ a MŠ Starovičky	Břeclav	185	4,5	-	82,596	4140	0,48	1,18	E/1.95
2	Masarykova ZŠ, Kunvald	Ústí nad Orlicí	cca 500	3,6	x	142,87	6670	0,4	1,21	E/1.89
3	SPŠ a VOŠ Písek	Písek	378	3,7	Objekt 1 HŠB	308,2	21420	0,3	0,8	C/1
					Objekt 2 Dílny	166,8	9930	0,45	0,7	D/1,17
4	MŠ, Uherské Hradiště	Uherské Hradiště	181	3,6	-	93,1	3326	0,46	1,33	F/2,09
5	MŠ, Horní město	Bruntál	682	3,1	A	131,89	4131	0,69	1,27	F/2,02
6	SZŠ Písek	Písek	378	3,7	Obj. šk.	380,6	21777	0,37	1,02	D/1,49
7	Gymnázium Hladnov, Ostrava	Ostrava	227	8,6	OBJ. ŠK.	424,551	22422,7	0,250 2	1,1	D/1,34
8	Gymnázium J.Blahoslava a SPGŠ Přerov	Přerov	260	3,9	CELKEM	373,1	23278	0,4	1,07	E/1,65
9	Masarykova ZŠ Obecnice	Příbram	502	3,5	-	102	7 163	0,47	0,90	D/1,47
10	MŠ Dolany u Klatov	Klatovy	409	3,7	-	61,1	1471,1	0,85	0,95	E/1,78
11	MŠ Střítež nad Bečvou	Vsetín	334	3,8	-	50,1	1938,4	0,574	1,087	E/1,88
12	SŠSaD Frýdek Místek	Frýdek Místek	300	3,7	škola	434	11977,5	0,46	1,92	G/2,05
13	ZŠ a MŠ Vysoké Pole Újezd,	Zlín	234	4,1	-	90	³ 264,08	0,63	0,907	E/1,62
14	ZŠ praktická Bojkovice	Uherské Hradiště	181	3,9	-	61,1	3448,1	0,47	0,97	E/1,59
15	ZŠT.G.Masaryka Blatná,	Strakonice	392	3,7	-	276,5	11 427	0,503	1,05	E/1,76
16	ZŠ T. G. Masaryka Bojkovice	Uherské Hradiště	181	3,9	Stará budova	177,5	10872,6	0,39	1,136	E/1,75
					Učeb.pa vilon	126,1	8382,4	0,42	0,954	E/1,5
17	ZUŠ Nýřany	Plzeň - sever	311	3,6	-	88,7	3491	0,43	0,94	E/1,6
18	MŠ, Mimoň	Česká Lípa	280	3,8	-	116,997	3975	0,608	1,09	E/1.91
19	ZŠ a MŠ Mírová Mimoň, Tělocvična	Česká Lípa	280	3,8	TV	50,901	2497,6	0,605	0,891	E/1.57
20	ZŠ a MŠ Mírová Mimoň,	Česká Lípa	280	3,8	Školní budova	223,895	17243,6	0,332	0,73	C2/0,97
21	MŠ, Mimoň	Česká Lípa	280	3,8	Luční 653 B	41,5	1247,4	0,836	1,097	F/2,02
22	MŠ, Mimoň	Česká Lípa	280	3,8	Luční 530	114,363	3707,4	0,596	1,192	F/2,04
23	ZŠ Mimoň,	Česká Lípa	280	3,8	praktická	244	13447,5	0,352	1,16	E/1,73



Obrázek 23: Mapa umístění vybraných školských zařízení v ČR [vlastní]



Obrázek 24: Fotografie školských budov 1-23 [vlastní]

4.1.3 Údaje o obálce budovy

Objemové faktory budov, tedy poměr celkové plochy všech ochlazovaných konstrukcí k vytápěnému objemu se nacházejí v rozmezí 0,39 (výjimečně 0,25) až 0,63 (výjimečně 0,82) m⁻¹.

Co se týče materiálového řešení obvodových stěn, tak tyto objekty jsou buď:

- zděné z CPP – nejčastěji
- z keramických tvárnic
- panelové

Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou v převážné většině nevyhovující dnešním platným tepelně technickým požadavkům. Jejich hodnoty se pro hodnocené objekty pohybují:

- pro obvodové stěny: od 0,57 do 1,83 W.m⁻².K⁻¹
- pro stropy, střechy od 0,36 do 1,50 W.m⁻².K⁻¹
- pro výplně otvorů: a. okna: od 2,30 do 3,50 W.m⁻².K⁻¹
b. dveře: od 3,50 do 6,50 W.m⁻².K⁻¹

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy je číslo, které udává celkovou tepelnou ztrátu prostupem tepla všech konstrukcí vztaženou na jednotku plochy hranice vytápěného prostoru (nebo teplotní zóny). Pro zkoumané budovy se tato hodnota pohybuje od 0,76 do 1,33 W.m⁻².K⁻¹.

Klasifikační ukazatelé CI pro hodnocení energetického štítku obálky budovy se vyskytují v rozmezí od 1,34 (výjimečně 1,07) do 2,09. Hranice mezi vyhovující a nevyhovující budovou je podle platné legislativy CI = 1,0, tudíž objekty ve výběru spadají do klasifikační třídy E – nevhodná (nejčastěji), méně pak do D – nevyhovující či do F – velmi nevhodná. [15]

4.1.4 Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty jsou dány součtem tepelných ztrát větráním a tepelných ztrát prostupem tepla obálkou budovy (stěny, výplně otvorů, střecha, podlaha). Hodnocené budovy mají tepelné ztráty stanoveny hodnotami od 61,1 do 424,5 kW.

Na tepelných ztrátách prostupem tepla se u hodnocených budov podílejí jednotlivé konstrukce takto:

- stěny: 23,6 až 57,0 %
- stropy, střechy, podlahy: 18,3 až 36,0 %
- výplně otvorů: 17,4 až 55,3 %

4.1.5 Spotřeby energií

Ze všech hodnocených objektů používá převážná většina jako palivo pro vytápění zemní plyn, méně pak jsou vytápěny elektřinou, uhlím, koksem, případně i sálavými infračervenými panely či horkovody.

Energetické audity byly zpracovány na základě vstupních údajů, které obsahovaly i faktury, z nichž pak bylo možné určit poměrně přesně roční energetickou bilanci současného stavu jednotlivých budov.

Celkové roční spotřeby energie a paliv se pohybují v číslech od 265 do 3 305 GJ ročně, z toho spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV je 187 až 1 954 GJ (výjimečně 2 760 GJ). Tato hodnota je ovšem závislá na velikosti objektu, proto pro možnost srovnání jsou tyto energie dále udávány v kWh, a přepočítány na jednotku objemu.

Měrné roční celkové spotřeby energií budov jsou pak 23,7 až 64,7 kWh/m³/rok, z toho spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV činí 19,8 až 61,7 kWh/m³/rok.

4.2 Analýza současného stavu školských budov z hlediska stavebně-technického a tepelně-technického

Pokud se chceme zaměřit na současný stav školských budov, musíme se zákonitě podívat na způsob výstavby v minulosti, který je popsán v části 2.1 a 2.2.

Obecně lze připomenout, že budovy, které byly postaveny před rokem 1950, mají obvykle kvalitní stavební materiály, stavba byla prováděna dle tradičních technologických postupů. Bylo používáno spíše klasických stavebních materiálů, které byly prověřeny staletími tedy kámen, cihla, dřevo, kov, keramika, vápno, písek apod. Výstavba tehdy nebyla tolik zatížena termíny, byl dostatek času na to, aby se mohlo řádně zrealizovat stavební dílo.

Naopak budovy, které byly postaveny po roce 1950 a vznikaly jako typizované, nebo-li unifikované, byly prováděny na úkor kvality. Spíše rozhodoval čas výstavby, tedy platilo pravidlo, že čím dříve tím lépe. Jednalo

se o skeletový systém s výplňovým zdivem, případně byly stavěny panelové stavby.

V celkové životnosti staveb se víceméně prováděli dílčí rekonstrukce, nebo opravy, které ovšem byly prováděny bez jasné koncepce postupu. Obvykle se vyřešil vzniklý problém bez vyhledání příčiny.

Většina současných budov dožívá jak po stránce konstrukční, tak po stránce morální. Některé části objektů, ty, které jsou vystavěny povětrnostním vlivům, jsou velice často v havarijním stavu, jedná se nejvíce o starší výplně otvorů, případně o střechy a obvodové pláště budov.

Při dnešním zpřísnění normativních požadavků na tepelnou ochranu staveb konstrukce je jasné, že většina konstrukcí staveb nevyhovuje ani požadovaným natož doporučeným hodnotám platným předpisům v nynější době. Při ohlédnutí za hodnotami, které platily v letech, kdy některé budovy byly postaveny je jasné, že již v té době nesplňovaly požadované hodnoty určené normou, nebo doporučeními. **Také opatření, která vznikala za doby, kdy budovy již sloužily svému účelu, neodpovídaly normativním hodnotám pro rok oprav.** Některá opatření, i když byla často velmi nákladná, působí spíše jako neodborně provedená „záplata“. Často byla prováděna chaoticky bez návazností na ostatní konstrukce nebo vzniklé vady. Velmi často se setkáváme s dílčími rekonstrukcemi ucelených částí např. jen okenních otvorů, nebo jen otopného systému. Tyto částečné rekonstrukce bývají velice často zpracovány několika subjekty = projektanty, kteří na regeneraci pohlízejí s jiným přesvědčením. Občas se stane, že je nutné částečné rekonstrukce některých ucelených částí demontovat a vyměnit za nová, jelikož již také nesplňují požadavky. Při takto řešené rekonstrukci je velice často vynaloženo více finančních prostředků než u rekonstrukcí, které jsou prováděny jako celek s návazností jedné konstrukce na druhou. V některých případech je také možné, že i ucelené rekonstrukce, které již při projekční fázi byly řešeny komplexně, mohou být provedeny neodborně, nebo se stanovenou špatnou koncepcí.

4.2.1 Vznik vad – příčiny

Vady v objektu vznikají za celého života objektu, a to jak z důvodu již nekvalitní projektové dokumentace, chyby při realizaci, dodáním nekvalitního materiálu až po nesprávné užívání objektu.

4.2.2 Současný stav panelových školských budov

U školských budov jsou konstrukce obálky budovy tou nejvíce namáhanou konstrukcí. Jedná se především o namáhání vlivem povětrnostních podmínek, ale zároveň jsou konstrukce namáhány také uměle vytvářeným vnitřním prostředím těchto staveb. Vnější povětrnostní podmínky se mění každým dnem, jedná se především o výkyvy teplot, relativních vlhkostí vzduchu a působením větru, deště, sněhu, přímým slunečním svitem, chemickými škodlivinami v ovzduší apod., tyto podmínky, které působí na obálku budovy, není možné regulovat. V interiéru se především jedná o relativní vlhkost a teplotu interiéru a s tím související koncentrace CO₂ a dalších škodlivin, které jsou člověkem vylučovány při dýchání případně uvolňovány z materiálů uvnitř stavby.

Vady na **obvodových konstrukcích** můžeme třídit následovně:

- Vady, které ohrožují bezpečnost stavby a jejich uživatelů, jedná se především o **vady na stabilitě objektu** (statika a dynamika staveb), požární bezpečnost staveb, působení dalších vlivů na stabilitu a bezpečnost objektu.
- Vady, které mají vliv na funkční využití stavby, tzn. **fyzické opotřebování stavby**.
- Vady, které vznikají **morálním opotřebením stavby**, tzn. v proudu času.

a) Svislé obvodové konstrukce panelových školských budov

Vzhledem ke kvalitě výstavby panelových budov se u obvodových plášťů vyskytuje řada vad, které snižují životnost obvodového pláště a ovlivňují také spolupůsobení konstrukčních částí vzhledem k celkové statice objektu. Mezi výrazně ohrožující vady konstrukcí, které mají vliv na bezpečnost užívání stavby, můžeme považovat:

- **Havarijní stav nosných obvodových prvků s viditelnými trhlinami.**

Poznámka: Tyto trhliny mohly vznikat v případě nestabilního podloží, nesprávného založení vzhledem ke geologickému podloží, tzn. tyto vady vznikly již při prvotní projektové fázi, kdy projektant podcenil geotechniku podloží případně v době výstavby nebyly některé skutečnosti známy. Odstranit takto vzniklou vadu lze několika způsoby, ale vždy je nutné statické posouzení se zaznamenáním veškerých podnětů vstupujících do výpočtu. Většinou lze provést opatření v základových konstrukcích tzn. opatření se zpevněním přilehlých základů nebo přilehlé zeminy, případně postačí tzv. svorkování, nebo obvodové ztužení stavby. Opravu této části konstrukce je nutné zvolit, v případě výskytu, ještě před prováděním stavební úpravy objektu => zateplení obálky budovy.

- **Odpadávání soklových přízdívek a částí obvodového pláště.**

Poznámka: Tato vada vzniká ve většině případů hlavně povětrnostními vlivy, tzn. odstříkující dešťovou vodou na fasádu. Dále může vznikat vztlínáním spodní vody do paty zdiva. Nejúčinnější je v tomto případě odstranění přilehlé zeminy, obnovení svislé hydroizolace s návazností, pokud možno, na vodorovnou hydroizolaci, případně také obnovení vodorovné hydroizolace podřezáním objektu a dalšími úpravami. Opravu této části konstrukce je nutné zvolit v případě výskytu této závady ještě před prováděním zateplení.

- **Narušení krycí vrstvy panelového dílce**

Poznámka: K těmto narušením mohlo dojít buď již při výrobě nedostatečným hutněním betonu v bedně, při montáži tzn. porušení celistvosti stavebního prvku při montáži do konstrukce nebo působením venkovních povětrnostních vlivů. U takto poškozených prvků je nutné jejich doplnění reprofilační maltou (betonem) s případnou penetrací a spojovacím můstkem, dále v případě odkryté výztuže je nutné odstranění koroze a nátěr těchto částí před reprofilací. Tato úprava podkladu je nutná ještě před případným zateplováním konstrukce.



Obrázek 25: Trhliny u atikového panelu [vlastní]



Obrázek 26: Odpadávání soklových přizdívek [vlastní]



Obrázek 27: Obnažená výztuž stěny [vlastní]

Mezi vady, které **nejsou havarijní** a umožňují bezpečné používání stavby, řadíme:

- **Netěsnosti mezi jednotlivými panely**

Poznámka: Spáry mezi panely byly dříve vyplňovány nepružným tmelem, který vlivem povětrnostních podmínek, a hlavně vlivem objemových změn panelů přestal plnit svou funkci, drolil se a časem z těchto spár úplně vymizel. Tuto vadu je

možné eliminovat pomocí trvale pružného tmelu, který bude plně vpraven do styků mezi panely. Tento tmel musí splňovat voděodolnost a vzduchotěsnost. Je nutná pravidelná údržba. Tento systém byl použit na menším počtu školských panelových systémů.

- **Vlasové trhliny v ploše obvodového pláště a v omítkách**

Poznámka: tyto trhliny vznikají působením objemových změn objektu a také vlivem teplotních rozdílů mezi interiérem a exteriérem. Tyto trhlinky snižují schopnost obvodového pláště odolávat povětrnostním vlivům a může jimi docházet k postupné degradaci prvních vrstev obvodového pláště. Tyto trhlinky není nutné před zateplovacím systémem výrazně zapravovat, nemají vliv na dodatečné zateplení objektu.

Před dodatečným zateplením obvodového pláště panelových školských budov je nutné posoudit stávající plášť vizuálně posoudit výskyt vad a případně provést také stavebně-konstrukční průzkum. V ideálním případě je vhodné provést také sondy obvodového pláště. Tyto sondy určí nejen skladbu konstrukce, ale zároveň je možné určit stav různých částí pláště. V případě kopané sondy u základových konstrukcí je vhodné zjištění přítomnosti svislé hydroizolace, případně zjištění přítomnosti vodorovné hydroizolace, dále je vhodné zjištění skutečné hloubky základových konstrukcí, pro možnosti případných stavebních úprav, nástavby apod. Při obhlídce objektu je důležité věnovat svou pozornost také různým výkvětům na obvodovém plášti, a to viditelných mokrých map, a to ať už u paty zdiva, nebo u atiky. Při projekční přípravě je nutné podchytit všechny vady konstrukcí a tyto vady řádným návrhem eliminovat.

Zateplením obvodového pláště dojistě nedojde ke zlepšení nebo eliminaci závažných statických vad, ty je nutné odstranit (sanovat) ještě před zateplením. Zateplovací systém, ale zcela určitě pomůže ke zlepšení tepelně-technických parametrů zateplovacích konstrukcí. V neposlední řadě zateplovací systém přebírá ochrannou funkci obvodového pláště před povětrnostními vlivy (déšť, sníh, vítr, slunce apod.) a dále také plní funkci estetickou.

Tloušťka zateplovacího systému, resp. tepelné izolace je závislá na součiniteli prostupu tepla obálkou budovy a přímo závisí na povětrnostních podmínkách, dále tloušťka a zvolený materiál tepelné izolace závisí na kondenzaci uvnitř konstrukce a její odpařitelnost za dané období. Tloušťka

zateplení přímo ovlivňuje denní osvětlení uvnitř místnosti. Tento vliv bude názorně uveden v další části a závěru této práce.

b) Střešní plášt' panelových školských budov

Střešní pláště objektů jsou nejvíce exponovanou konstrukcí budovy, v těchto konstrukcích dochází k velice závažným vadám. Za nejčastější vady považujeme zatékání srážkovou vodou. Tato vada vzniká většinou dožitím materiálu hydroizolační vrstvy, mechanickým poškozením, případně špatně provedeným detailem (opracováním) klempířské konstrukce. Toto případné zatékání skladbou střešního pláště může přímo ovlivňovat vnitřní mikroklima a také může časem dojít k velmi závažné degradaci nosných prvků. Velice často se setkáváme s případy, že střešní pláště byly lokálně opravovány. V praxi se velice často setkáváme s tím, že vnější hydroizolační vrstvy střešního pláště byly opravovány několikrát a tloušťka jednotlivých vrstev asfaltových pásů dosáhla i více než 20 mm.



Obrázek 28: Sonda do střešní pláště-viditelná tloušťka hydroizolační vrstvy – 25 mm [vlastní]

c) Výplně otvorů

U školských budov jsou na obvodovém plášti velice důležité výplně otvorů, jelikož zajišťují jak přirozené denní osvětlení, tak také mnohdy jediný přísun čerstvého vzduchu do objektu školy. U školských staveb se jedná o typizované výrobky oken a dveří. Jedná se především o dřevěná okna zdvojená, nebo dvojitě zasklená a dveře. Vstupní dveře a vnitřní dělicí dveře

bývají kovové jednoduše zasklené. Většinou se můžeme setkat s okny pásovými, případně s okny jednotlivými a meziokenními vložkami.

Kvalita těchto prvků se velice často projevila ve vzniku velice častých vad. Často se můžeme setkat s deformací rámu a křídel díky nekvalitnímu řezivu. Také velikost celého okna byla vzhledem k použitým materiálům nad hranici správného statického návrhu a docházelo díky velkým rozměrům k deformaci těchto výplní – kroucení rámu i křídel oken. Poškozené kování oken, těsnění oken, a to až už selháním jednotlivých výrobků, nebo případně porušení výrobků při deformaci dřevěných prvků. K porušení výplní otvorů mohlo docházet také nepravidelnou nebo zcela chybějící údržbou těchto oken, nepravidelným obnovováním nátěrů, nedoplňování chybějících vydrolených těsnění apod. V tomto případě mohlo docházet k hnilobě anebo korozi dílčích částí výplní.

U výplní otvorů je možné vady eliminovat několika dílčími způsoby, a to vždy vzhledem k fyzickému stavu výplně otvorů a vzhledem k požadavku na budoucí využití objektu.

- **Ponechání stávajících výplní otvorů**

Poznámka: Ponechání ve svých původních pozicích bez jejich výměny (např. u budov vysokého stupně památkové ochrany), je možné provést opravu závažných vad. Jedná se především o doplnění těsnění, obnovu nátěrů, dílčí opravu kování apod. V tomto případě se nejedná o zlepšení tepelně-technických vlastností, ale pouze o úpravu (snížení) infiltrace.

- **Repase výplní s tím, že jsou vyměněny některé komponenty.**

Poznámka: Je prováděna komplexní oprava těsnění, výměna skel, oprava nebo výměna kování, lokální truhlářské zásahy do rámu. Repase výplní je volena většinou u budov s historickým významem, případně o budovy památkově chráněné, kde se klade důraz na původní architektonické prvky. Repase je v podstatě prodloužení životnosti prvku, je zajištěna manipulace s prvkem a jsou zlepšeny, alespoň částečně, tepelně-technické vlastnosti prvků.

- **Výměna výplní otvorů.**

Poznámka: Jedná se o nejrazantnější a ekonomicky nejnáročnější zásah do výplní otvorů. Ze stavby jsou zcela odstraněny původní prvky a jsou v plném rozsahu provedeny nové prvky s adekvátní životností a s tepelně-technickými parametry splňující požadované, doporučené hodnoty platných normativních požadavků.



Obrázek 29: Původní starší okna s pohledem na parapet překrývající také otopná tělesa [vlastní]

4.3 Posouzení z hlediska požadavků na vnitřní prostředí školských budov, ukázky vyhodnocení

Následná část, popisující dílčí měření a výsledky, byla zpracována za podpory projektu Výzkum na Mendelově univerzitě v Brně v rámci projektu partnerské sítě mezi univerzitami CZ.1.07/2.4.00/31.0037 ve spolupráci s ÚPS a Ústavem TZB FAST VUT v Brně.

Ve školách je zajištěno denní osvětlení a proslunění, je zajištěna tepelná pohoda vnitřního prostředí. U většiny starších budov není větší problém s čistotou a pohodou vnitřního prostředí v učebnách. Koncentrace CO₂ u školských budov začíná být poměrně často řešena, a to vzhledem k utěšňování obálek stávajících budov při renovacích. Vzhledem k operačním programům se nyní velice často setkáváme s tím, že při zateplení obálky budovy je řešena také vzduchotechnika se zpětným získáváním tepla včetně osazení čidel pro monitorování koncentrace CO₂ ve vnitřním vzduchu učeben. Je tedy snaha tento problematický bod, a to nejen koncentrace CO₂ ale i ostatních složek vnitřního mikroklimatu, řešit. V jedné rovině tedy můžeme sledovat poměrně přísné požadavky na parametry vnitřního prostředí školských budov. Zároveň s tím ve druhé rovině je poměrně zajímavé sledovat, zda a jak je těchto daných legislativních požadavků dosaženo. Například v případě zateplení a výměny oken a dveří na obálce budovy dojde k energetickým úsporám. Zároveň pokud bychom chtěli řešit vnitřní prostor nejen z hlediska úniků tepla apod., je nutné řešit vnitřní prostředí například

osazením VZT systému. V tomto případě, i když budeme řešit VZT se zpětným získáním tepla, opět dojde k nárůstu energie na provoz těchto VZT systémů.

4.3.1 Popis vybrané základní školy

Analýza požadavků na vnitřní prostředí v učebně je provedena na příkladu učebny základní školy, která je situována v Libereckém kraji, okres Česká Lípa. Jedná se o učebnu pro 1. stupeň základní školy.

Zdůvodnění výběru základní školy

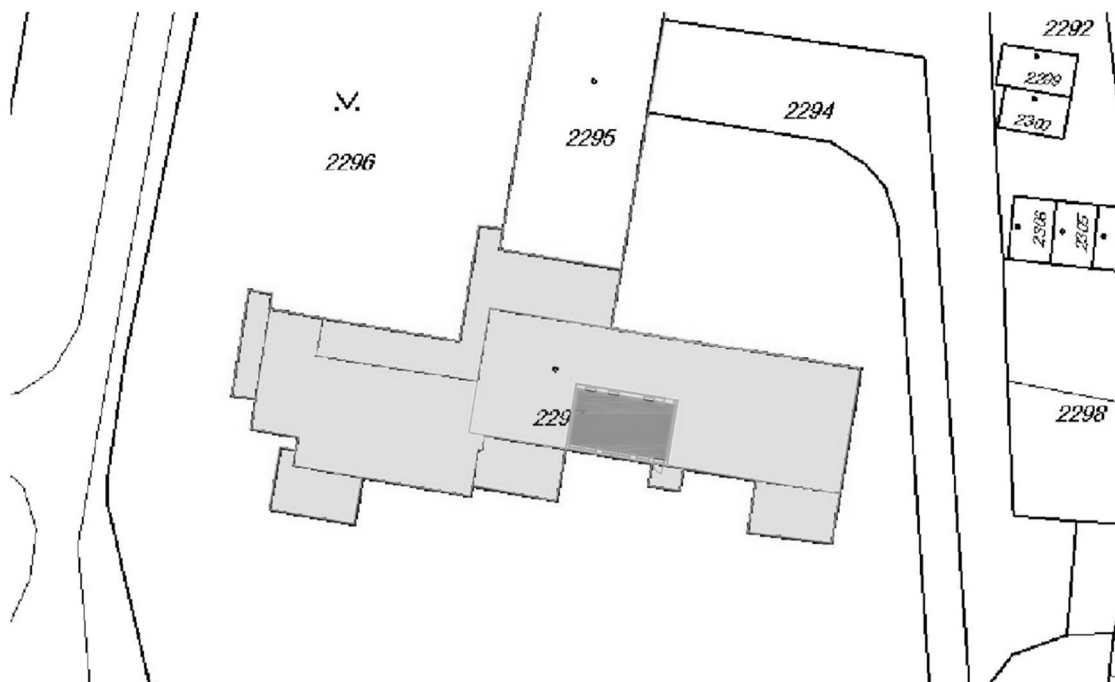
Tato základní škola byla vybrána jako reprezentant z toho důvodu, že byly k dispozici informace o chystaném zateplení objektu. Nejdříve tedy byla provedena měření CO₂ a denního osvětlení v nezatepleném objektu s původními okny a materiály. V druhé fázi byla provedena stejná měření ve stejné učebně, a to po zateplení a výměně oken. Bylo provedeno posouzení koncentrace CO₂ a zhodnocení denního osvětlení učebny ve stavu před zateplení a po renovaci. Dále bylo provedeno hodnocení mikrobiálních rozborů na základě mikrobiálních stěrů na hlavních površích v učebně. Mikrobiální stěry byly provedeny pouze v původním stavu.

Pro vytvoření základního modelu místnosti a budovy byly zjištěny informace z původní dokumentace objektu včetně uvedených stavebních materiálů. Jedná se o cihelnou budovu s tloušťkou obvodové zdi 400 mm + původní omítky na vnitřní a vnější straně. Okna jsou původní dřevěná zdvojená. Byly ověřeny místností a velikosti oken včetně velikosti ráků a křidel.



Obrázek 30: Pohled na zvolenou budovu základní školy – stávající stav [vlastní]

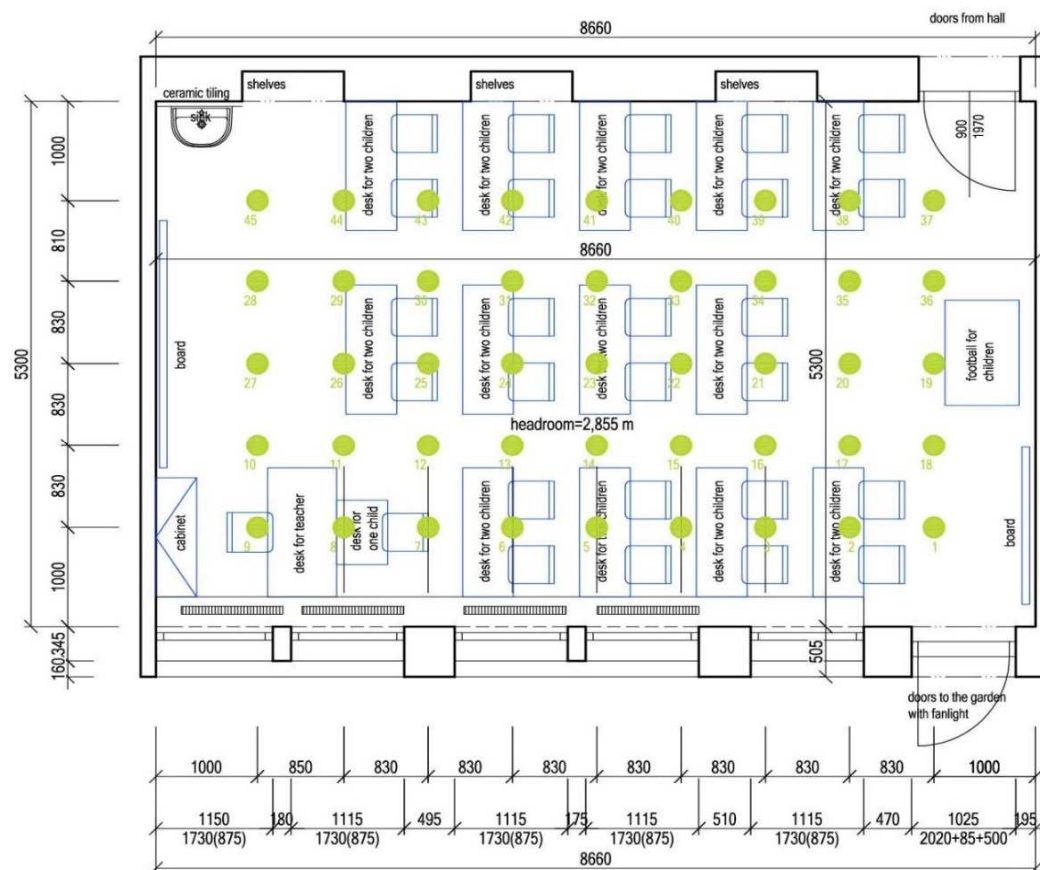
Místnost je umístěna v 1 NP objektu, její umístění vůči světovým stranám je zobrazeno na následující situaci objektu. Místnost je tedy orientována na jih. V dnešní době byly kolem objektu vzrostlé stromy vykáceny, tedy nebude počítáno s venkovní překážkou. Nejbližší zástavba se nachází 200 mm vzdušnou čarou, jedná se o bytové domy se čtyřmi nadzemními patry. Lze tedy konstatovat, že denní osvětlení místnosti není ovlivněno venkovními překážkami.



Obrázek 31: Situace umístění učebny vzhledem k severu [vlastní]

Půdorysný tvar místnosti je uveden na následující obrázku. Na půdorysu učebny jsou znázorněny otvory, jedná se jak o vnitřní plné dveře do místnosti učebny z prostorné haly, dále pak dveře a okna vedoucí na zahradu objektu. Jedná se o starší zástavbu z období 80. let 20. století, všechna okna i dveře jsou tedy původní, pravidelně udržovaná, tedy umývána a jednou za 3 roky obroušena a nově natřena včetně doplnění kytu u skel, od roku cca 2010 již nebylo možné jejich rozšroubování => únava materiálu šroubů a strhnutí některých hlav šroubů. Mytí oken je od této doby prováděno pouze z vnější strany a z vnitřní strany, nikoliv uvnitř mezi skly. Učebna je vybavena pro 27 žáků.

Na obrázcích níže jsou jak výkresy, tak fotografie původní učebny a jejího původního vybavení.



Obrázek 32: Půdorys učebny s umístěným mobiliářem – stávající stav [vlastní]



Obrázek 33: Pohled na stěnu s okny a dveřmi do zahrady tedy na jih [vlastní]



Obrázek 34: Foto učebny před ranní výukou v období 03/2017 [vlastní]



Obrázek 35: Pohled na zvolenou budovu základní školy – nový stav po zateplení a výměně oken [vlastní]



Obrázek 36: Půdorys učebny s umístěným mobiliářem – nový stav [vlastní]



Obrázek 37: Foto učebny před ranní výukou v období 11/2017 – nový stav [vlastní]

Popis učebny

Učebna slouží k výuce 26-27 žáků 1. stupně základní školy. Učebna je velikosti 8,66 x 5,3 m podlahové plochy a světlé výšky 2,855 m.

V prvním případě, tedy ve **stávajícím stavu**, byla místnost uklížena po výuce, a to vytřením desinfekčními přípravky. Vždy v pátek po výuce byly horní plochy lavic utřeny desinfekčním prostředkem. Dle informací od zaměstnanců školy byla okna umývána 1 x ročně, a to v průběhu velkých prázdnin (mezi červencem a srpnem roku). V průběhu posledních několika let bohužel zdvojená okna již nebylo možné rozšroubovat a jejich mytí bylo tedy omezeno jen na vnější a vnitřní povrch (z interiéru a exteriéru). Vnitřní žaluzie mezi skly okna již také nebylo možné ovládat. Jelikož jsou učebny orientovány na jihovýchod, byly tyto žaluzie ponechány v roztažené poloze s lamelami ve vodorovném směru tak, aby alespoň částečně propouštěly denní světlo. Místnost byla ve stávajícím stavu vymalována do výšky 1,3 m zelenou barvou, od 1,3 m po stropní konstrukci bílou barvou. Objekt byl malován pravidelně jednou za 2 roky. V místnosti je již delší dobu interaktivní tabule bílé barvy. V učebně byla výzdoba prováděna z prací žáků a částečně pomocí map a dalších plakátů. Vybavení učebny mobiliářem je stejné jak ve stávajícím stavu, tak v novém stavu, a to jsou lavice s hnědou povrchovou úpravou s židlemi ve stejné povrchové úpravě. Katedra učitele je ve stejném duchu. Ve vnitřní nosné zdi jsou provedeny niky pro umístění polic k umístění sešitů a dalších

pomůcek k výuce. Jako podlahová krytina je v původním stavu proveden vinyl ve světle hnědé barvě. Dveře do chodby jsou bílé.

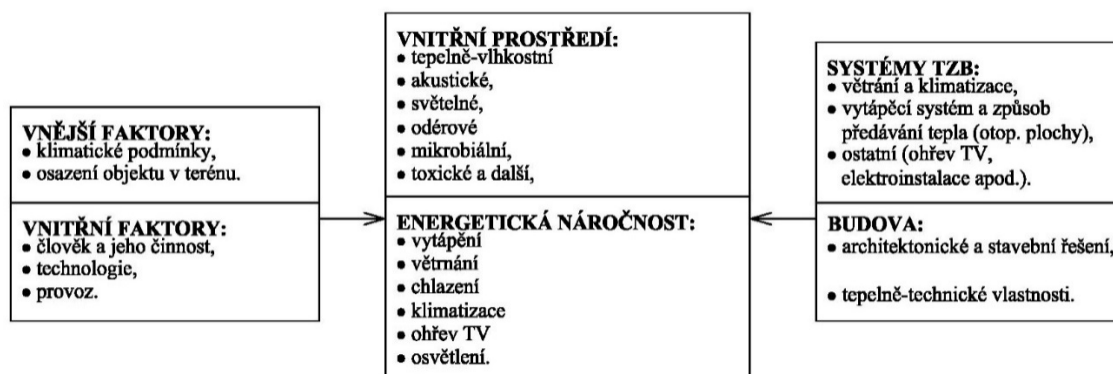
V druhém případě u **nového stavu po renovaci** je místnost udržována stejným způsobem, tj. po každé výuce vytřena desinfekčním prostředkem a jednou za týden jsou plochy lavic utřeny také desinfekčním přípravkem. Okna jsou nová, plastová s trojsklem a s vnitřními žaluziemi. Okna a dveře do exteriéru jsou opatřena zámkem. Místnost učebny je vymalována bílou barvou. Jako podlahová krytina je zvolen vinyl ve světle hnědé až pískové barvě. Mobiliář včetně tabule a vybavy je stejný jako v původním stavu. Dveře do chodby jsou ponechány bílé.

4.3.2 Posouzení mikrobiálního mikroklimatu ve vybrané ZŠ

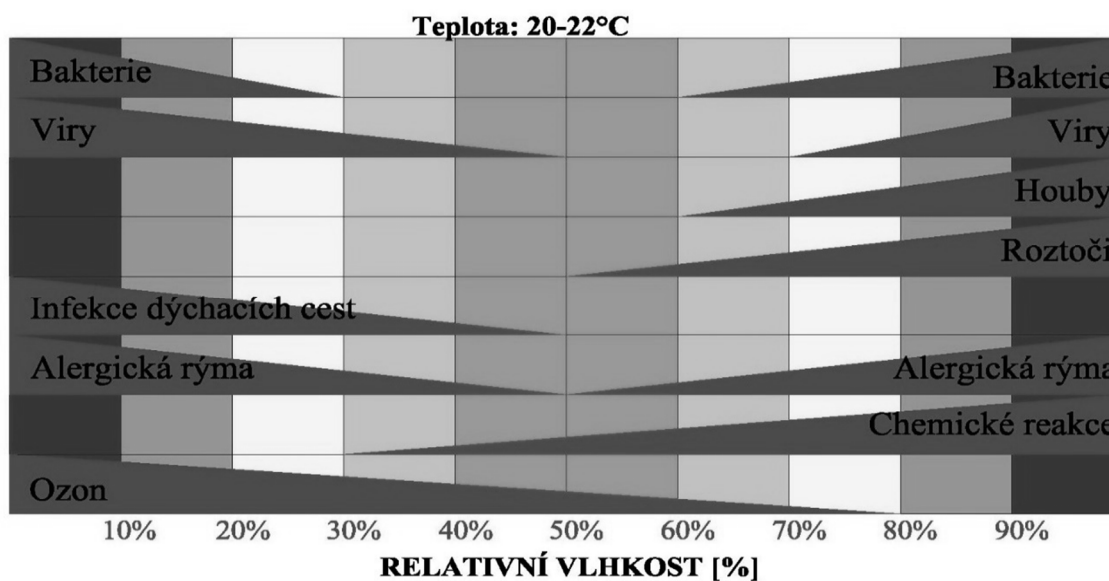
Dnešní děti tráví obecně v budovách většinu času. Je to až 90 % z celého dne. Prostředí v budovách se stává "životním prostředím". Vnitřní prostředí ovlivňuje zdravotní stav dítěte, psychickou pohodu a je prostředím pro pracovní činnosti. [51]

Mikrobiální mikroklima je součástí vnitřního prostředí. Mikroorganismů je ve vnitřním prostředí stále více. Jedná se o viry, které způsobují onemocnění z nachlazení. Toto onemocnění je jednou z příčin 80–90 % astmatických záchvatů dětí i dospělých osob. [51]

Největším zdrojem mikrobů je člověk sám, ale také stavební konstrukce. U stavebních konstrukcí jsou to hlavně ty, na které se uchytí plísně. [52]



Obrázek 38: Faktory ovlivňující vnitřní prostředí a energetickou náročnost budov [52]



Obrázek 39: Riziko onemocnění ve vztahu k relativní vlhkosti prostoru [52]

Mikrobiální mikroklima je tvořeno mikroorganismy. Tyto mikroorganismy ovlivňují lidské zdraví. Pro posouzení kvality vnitřního prostředí jsou sledovány biologické ukazatele výskytu bakterií, plísní, alergenů a roztočů.

Plísně můžeme očekávat tam, kde je vysoká vlhkost vzduchu. Vlhkost vzduchu v průběhu ročních období kolísá. Optimální vlhkost vnitřního prostředí se pohybuje od 40–60 %. Pokud je stavební konstrukce vystavena vlhkosti, stává se živnou půdou pro plísně a další mikroorganismy. Zdroje vlhkosti jsou v objektech různé. Hlavní problémová místa jsou v okolí okenních otvorů. Jedná se hlavně o nová okna u starších budov. Tato okna zamezují dostatečné infiltraci a stávají se nežádoucím uzávěrem. Další problematická místa jsou vztlínání spodní vody, zatékání střechou atd. [53]

Obrázek výše ukazuje, jak vzrůstá riziko vzniku některých organismů nebo onemocnění při vzrůstu nebo snižování relativní vlhkosti. Nadměrná vlhkost vede k tvorbě plísní, alergizace, toxikaci prostředí, rozmnožování virů, bakterií a může docházet k chemickým reakcím různých materiálů. To vše má velmi negativní vlivy na zdraví a může vést k alergickým problémům, především u dětí. Existují záznamy o tom, že děti, které vyrůstají v prostředí s nadměrnou vlhkostí ať už způsobenou zatékáním nebo jen ve vlhkém prostředí trpí častěji onemocněním dolních cest dýchacích a projevuje se u nich častěji alergie a bronchitida.

Mikroorganismy dle výskytu v interiéru:

- z venkovního ovzduší,
- ze vzduchotechnického zařízení,
- produkované člověkem,
- **ze stavebních konstrukcí.**

Pro další práci byla sledována hlavně část stavebních konstrukcí.

Stavební konstrukce

Plísně se objevují v trámech, dřevu, zdivu, na spodní straně podlahových krytin, na vnitřní omítce, malbě, tapetě i na plastových rámech oken (dveří). Spory se pohybem vzduchu uvolňují do ovzduší a tím se mohou dostat do organismu člověka. Velká vlhkost je ideální pro růst plísní. Postačuje také lokální vlhkost. Je velmi pravděpodobné, že tam kde vyklíčí spory, se časem rozroste plíseň. Z podlahových krytin je nejvíce náchylné PVC, tedy spodní textilní část. Nášlapná vrstva zabraňuje odpařování vody a tím vzniká růst plísní v této části. V omítce vznikají plísně již od 80 % vlhkosti, a to bez znatelné kondenzace vodní páry na povrchu zdiva. [53]

Obecný popis místa odebrání vzorků

K odebrání vzorků byla vybrána základní škola v Mimoni. V ní byly k dispozici 2 učebny. Jedna byla situována na sever a druhá na jih. Třídy jsou používány od 8 hodin do 14 hodin. Třídy jsou uklízeny po výuce mezi 14 a 18. hodinou. Žáci i učitelé chodí v učebnách přezutí. Tabule jsou popisovány fixami (eliminován prach z kříd). V učebnách se nenachází záclony, ani jiné závěsy, na kterých by se mohl držet prach. V učebnách nebyly viditelné žádné mapy plísní, nebo vlhkosti. V každé třídě byly odebrány 4 vzorky.



Obrázek 40: Foto v odebírané učebně [vlastní]



Obrázek 41: Foto vzorku č. 5 - místo pod tabulí [vlastní]

Pomůcky k odebrání vzorků

K odebrání vzorků byly k dispozici chirurgické sterilní rukavice – přírodní latex, bez pudru, 8x vzorkovací houby 3M Sponge-Stick, mokrý formát, pravítko pro vytyčení plochy pro odebrání, tužka.



Obrázek 42: Pomůcky k odebrání vzorků [vlastní]

Postup odebírání vzorků

Vzorky byly odebírány po výuce mezi 14. a 15. hodinou, 8. 4. 2014. Nejdříve byla vybrána místa, kde je velká pravděpodobnost vzniku plísní, případně kde se objevovala nečistota. Poté byla určena plocha, vytyčena pravítkem a zakreslena orientačně slabě tužkou. Na lavicích se jednalo o plochu 600x450mm, na podlaze velikost 150x600 mm a na omítce 200x300 mm. Povrch lavice byl lakované dřevo, starší typ školních lavic. Povrchem podlahy bylo PVC. Povrch ostění byla barva a dle původní dokumentace zjištěna vápenná omítka. Vzorky byly odebírány ve sterilních rukavicích, aby nedošlo ke kontaminaci dotykem. Po odebrání byl vzorek vsunut zpět do sáčků vzorkovací houby. Ta část špachtle, za kterou byla vzorkovací houba držena, byla ulomena. Vzorek byl zajištěn proti vysypání a proti kontaminaci vzduchem. Vzorky byly do druhého dne uloženy v lednici při konstantní teplotě 5 °C. Druhý den byly zavezeny v přenosné lednici na Mendelovu univerzitu v Brně, kde byly vzorky vyhodnoceny.

- 1) 1š=Škola, třída sever, lavice uprostřed místnosti, 600x450 mm
- 2) 2š=Škola, třída sever, lavice u okna, 600x450 mm
- 3) 3š=Škola, třída jih, lavice u stěny 600x450 mm
- 4) 4š=Škola, třída jih, lavice u okna 600x450 mm
- 5) 5š=Škola, třída sever, pruh PVC pod tabulí 150x600 mm
- 6) 6š=Škola, třída jih, pruh PVC pod tabulí 150x600 mm
- 7) 7š=Škola, třída sever, Omítka, 200x300 mm
- 8) 8š=Škola, třída jih, Omítka, 200x300 mm

Postup vyhodnocení

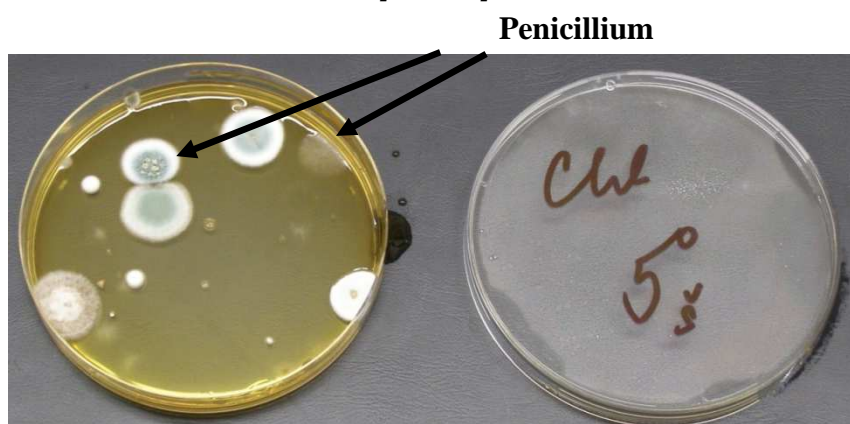
Do sáčku se stěrem bylo přidáno 50 ml sterilního fyziologického roztoku. Tento roztok je 8,5g NaCl v 1000 ml destilované vody. Poté byl 1 minutu vytřepán vzorek v homogenizátoru typu STOMACHER. Poté byly vzorky přesunuty do Petriho misek, které byly zality pro stanovení celkového počtu mikroorganismů. Dále byla použita půda PCA agar firmy BOKAR DIAGNOSTICS. Kultivace probíhala 3 dny = 72 hodin při 30°C. Plísně a kvasinky byly stanoveny na půdě s kvasničným extraktem, glukózou a chloranfenikolem. Kultivace probíhala při 25 °C 3–5 dnů (72–120 hod). Poté byla provedena kontrola, odečtení a přepočítání.



Obrázek 43: Kultivace – celkové počty mikroorganismů na vzorku 1š a 2š [vlastní]



Obrázek 44: Kultivace – celkové počty mikroorganismů na vzorku 3š a 6š [vlastní]



Obrázek 45: Kultivace – na vzorcích jsou v některých miskách patrné plísně, jedná se o plísň Penicillium [vlastní]

4.3.3 Měření koncentrace CO₂ uvnitř vybrané učebny před a po zateplení a výměně oken

V současné době je stále častěji kladen důraz na řešení vnitřního prostředí školských budov. Tato problematika je čím dál aktuálnější a je přímo závislá na zateplování a utěšňování obálek stávajících budov a nevyřešení nucené výměny vzduchu v místnostech.

Koncentrace CO₂ je jedním z parametrů, které je možné v interiéru i exteriéru změřit příslušným měřicím přístrojem. Nelze ji spatřit, nelze ji našimi smysly vůbec vnímat, jednalo by se pouze o subjektivní hodnocení.

CO₂ je oxid uhličitý, jedná se o bezbarvý nehořlavý plyn, je těžší než vzduch. V lidském těle vzniká při látkové výměně v tkáních, odtud je přenášen pomocí krve do plic, kde je částečně vydýchán. Při klidném dýchání vdechne člověk cca 500-600 ml vzduchu. Počet vdechů je cca 14-16 vdechů za minutu. Ve vydechovaném vzduchu je jeho koncentrace cca 4,0 %. Oxid uhličitý stimuluje dýchání, takže jeho větší tvorba v tkáních (např. při fyzické námaze) zároveň zrychluje a prohlubuje dýchání, což vede k jeho odstranění. Hromadění CO₂ v těle vede k únavě, útlumu vědomí až k bezvědomí. [91]

Oxid uhličitý působí na psychiku člověka, snižuje psychický výkon, soustředěnost, může docházet k bolesti hlavy, malátnosti apod. A právě snížení soustředěnosti je ve školských budovách nežádoucí vzhledem k tomu, že žáci se poté nesoustředí na probírané učivo a hůře si pamatují probíranou látku. [92]

Tabulka 10: Tabulka účinku koncentrace CO₂ na lidský organismus [92]

Účinky CO ₂ na lidský organismus	
cca 350 ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1000 ppm	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1200-1500 ppm	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1000-2000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000 ppm	nastávají možné bolesti hlavy
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000 ppm	nevolnost a zvýšený tep
> 15000 ppm	dýchací potíže
> 40000 ppm	možná ztráta vědomí

Dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. jsou v prostorech budov určeny průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlosti proudění a relativní vlhkosti vzduchu. [54]

Tabulka 11: Tabulka průměrných hodnot výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [vlastní]; [54]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	tg min (°C)	Tg opt (°C)	Tg max (°C)	Va (m/s)	rh (%)
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22 ± 2	28	0,1-0,2	30-65

Podle vyhlášky 268/2009 Sb. resp. 20/2012 Sb. v pozdějším znění v §11., odstavci (5) je stanovena minimální výměna vzduchu za hodinu na člověka a to min. 25 m³/h, nebo minimální intenzita větrání 0,5 l/h tj. minimálně 1x za 2 hodiny. Zároveň je zde uvedena maximální hodnota koncentrace CO₂ pro pobytové místnosti na hodnotu 1500 ppm. Koncentrace CO₂ je uváděna v jednotkách ppm (parts per milion) nebo v %, ve starší literatuře také udávaná v µg/m³. Pro tyto jednotky platí vztah 1000 ppm = 1800 µg/m³ = 0,1 %. [93]

Přístroje k měření

K měření CO₂ v interiéru vybrané učebny základní školy byly použity měřicí přístroje TESTO 535. Jedná se o přístroje s pevně připojenou sondou. Oba přístroje jsou kalibrovány, a to z roku 2017. K měření venkovní a vnitřní teploty včetně relativní vlhkosti byly použity měřicí přístroje TESTO 645 – vlhkoměr/teploměr s pamětí přístroje. Přístroje jsou kalibrovány v roce 2017.



Obrázek 46: Měření CO₂ s napojením na sondu – interiér, exteriér [vlastní]

Postup měření

Postup měření byl vždy prováděn jak ve stávajícím stavu, tak v novém stavu obdobně tak, aby byly hodnoty a intervaly porovnatelné. Učitelům a dětem bylo vysvětleno, že se jedná o měření důležitých parametrů stávající budovy. Bylo to z tohoto důvodu, aby nedošlo k ovlivnění měření a výsledků učitelem, a to myšlenkami na intenzivní větrání.

Měření proběhlo vždy před výukou, a to jak ve venkovním prostoru, tak také ve vnitřním prostoru, a to nejen v učebně, ale také v přilehlé chodbě.

Měření probíhalo vždy ve čtvrtek a v pátek pracovního týdne. Ve čtvrtek byl režim větrání okny a dveřmi vždy bez zásahu tzn. pouze na uvážení učitelky a jejího subjektivního pocitu. V pátek bylo s vyučujícím domluveno větrání, resp. otvírání oken a dveří po domluvě s pracovníkem obsluhujícím přístroj (autorka).

Měření probíhalo od 7:30 – 13:20 v pěti až deseti minutových intervalech. Přístroj pro měření byl umístěn ve výšce 1,35 m nad podlahou, a to uprostřed místnosti (jak dovozovalo umístění lavic). Po změření bylo provedeno vyhodnocení již v kanceláři pomocí MS Excel. Výsledky měření jsou uvedeny v kapitole 5.2.

4.3.4 Měření denního osvětlení ve vybrané učebně před a po zateplení a výměně oken

Základní veličiny hodnocení denního osvětlení škol jsou uvedeny v příloze č. 2 v odstavci 3 této práce.

Jedním z nejdůležitějších parametrů je činitel denní osvětlenosti, který by v celém prostoru neměl klesnout pod úroveň 1,5 %. Dále se jedná o rovnoměrnost, která by v celém prostoru neměla klesnout pod hodnotu 0,2.

Přístroje k měření

K měření denního osvětlení v interiéru vybrané učebny základní školy byly použity měřicí přístroje luxmetr-TESTO 545. Jedná se o přístroje s pevně připojenou sondou. Oba přístroje jsou kalibrovány, a to z roku 2017.

K měření jasů prostoru byl použit jasoměr KONICA MINOLTA Luminance METER LS-100.

Dále bylo k měření využito dvou stativů s možností umístění fotonky v požadované výšce. K výpočtům bylo nutné provést přepočet pomocí kalibračních listů od výrobce.

Pro přesné vytyčení bodů v určené rozteči byl využit laserový dálkoměr Bosch GLM 50 C Professional. K aretaci bodů na podlaze bylo využito samolepících pásek.



Obrázek 47: Měření denního osvětlení v interiéru vlevo na fotonku luxmetru, vpravo jasoměr [vlastní]



Obrázek 48: Měření denního osvětlení v interiéru – nový stav [vlastní]

Postup měření

Rozsah měření byl proveden v souladu s ČSN 36 0011-2 [93]. Měření ve vybrané učebně bylo prováděno vždy bez přítomnosti žáků a vždy od 11. hod dopoledne (o víkendu). Nejdříve byla provedena příprava. Příprava sestávala v rozmístění bodů na podlaze místnosti v určeném souřadném systému pomocí laserového dálkoměru, aretace bodů byla provedena pomocí samolepících papírů. Dále bylo provedeno měření jasů na plochách, a to včetně měření jasů přes okenní otvor tzn. přes nevyčištěné sklo, přes vyčištěné sklo jen z venku a přes vyčištěné sklo z vnější i z vnitřní strany. Měření bylo prováděno dvěma pracovníky. V exteriéru byla fotonka umístěna na ploché střeše objektu. Před měřením bylo provedeno půlhodinové umístění přístroje v exteriéru tak, aby došlo k jeho ustálení. Přístroje pro měření byly nastaveny na stejné parametry a délky měření. Domlouvání mezi měřiči probíhalo pomocí mobilního telefonu tak, aby došlo ke změření vždy ve stejný okamžik venkovní i vnitřní složky. Po změření bylo provedeno vyhodnocení již v kanceláři pomocí MS Excel. Výsledky měření jsou uvedeny v kapitole 5.2.

4.4 Vybraná velikost třídy ZŠ pro hodnocení denního osvětlení v návrhovém nástroji

Dle všeobecných typologických zásad, které jsou ukotveny ve vyhlášce č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, jsou vybrány ty, které rozhodují o výběru velikosti a zařízení místnosti učebny základní školy. [54]

- Kmenová učebna je základním prostorem pro 1 třídu, v níž se počítá s max. 30 žáky, výměra je nejméně 1,65 m²/žáka. [54]
- Nejmenší světlé výšky místností a prostorů musí být:
 - 3300 mm u základních škol; při dodržení všech podmínek denního osvětlení na pracovní plochy je možné snížení na světlou výšku 3000 mm, pokud je dodržena kubatura vzduchu 5,3 m³ na jednoho žáka. [54]
- Ve výukových místnostech musí být podlahové krytiny matné a světlé. [54]
- Do hloubky a způsobu osvětlení jsou učebny obdélníkového půdorysu s jednostranným a dvoustranným osvětlením. [54]

- Délka učebny – max. vzdálenost zadní hrany posledního stolu od tabule je 9,0 m a od zadní stěny je 1 m (min. 650 mm) nejmenší vzdálenost zadní pracovní plochy první řady žákovských stolů od tabule je dána požadavkem, aby zorný paprsek procházející středem krajních míst na odlehlý okraj tabule svíral s plochou tabule min. 30°. Šířka tabule je 4 m (pro výpočet lze uvažovat šířku tabule 3,6 m). [54]
- Šířka (hloubka) učebny je dána šířkami uliček a velikostí pracovních ploch. Šířka uličky u hlavní okenní stěny mezi pracovními plochami a lícem radiátorů – min. 0,7 m. Šířka střední uličky min. 0,6 m. Šířka uličky u střední zdi je min. 0,6 m, v případě zabudované skříně 0,8 m. [54]
- Požadavky na osvětlení – činitel denní osvětlenosti min. 1,5 % (průměrný 5 %), umělé osvětlení 300 lx. Teplota vzduchu 20-22 °C. [54]
- Základní typologické zásady dispozičního řešení kmenové učebny jsou nezávazná – nepovinná (nejsou podchycená v žádné vyhlášce), nicméně zaručují určitý minimální komfort užívání učebny. [54]

4.5 Zhodnocení investičních nákladů na renovaci v návrhovém nástroji

4.5.1 Cena zateplení fasády

Ceny za stavební práce zateplení fasády jsou určeny dle cenových ukazatelů pro aktuální rok, tedy rok 2017. Cenové ukazatele jsou vhodné v případě základních propočtů stavebních nákladů. Tyto cenové ukazatele jsou tvořeny z dlouhodobých statistik cen staveb. Celkem je možné tyto cenové ukazatele použít při prvotních návrzích, při studiích a prvotních propočtech. [55]

Dále dle čísla 927/Modernizace je možné určit aktuální vývoj orientační ceny/1m² zateplení bez DPH. [55]

Aktuálně jsou ceny následující z hlediska konstrukčně materiálové charakteristiky:

1. tloušťka izolantu do 90 mm
2. tloušťka izolantu 100-150 mm
3. tloušťka izolantu 160-220 mm

Tabulka 12: Cenový ukazatel pro modernizaci objektu Orientační cena na 1 m² zateplení [55]

Třídění podle JKSO		průměr	Konstrukčně materiálová charakteristika		
			1	2	3
927.11.1	Zateplení vnějších stěn objektů převážně z EPS	1855	1754	1825	1986
927.11.3	Zateplení vnějších stěn objektů převážně z XPS	2096	2022	2095	2170
927.11.7	Zateplení vnějších stěn objektů převážně z minerální vaty	2278	2122	2434	-

Cena výše uvedeného zahrnuje také bezprostřední práce související se zateplením tedy: Očištění fasády, vyrovnání podkladu a jeho menší opravy, demontáž, montáž, montáž parapetů, svodů, žlabů a ventilačních mřížek, ochrana okenních otvorů před znečištěním, montáž, demontáž, pronájem lešení. [55]

4.5.2 Cena za výměnu oken

Tato cena byla stanovena dvěma způsoby:

- 1) dle vlastních zkušeností z praxe, porovnáním deseti projektů regenerace školských zařízení, které byly zpracovány za poslední 2 roky.

Je tedy uvažováno s výměnou oken za nová plastová okna s $U_w = 1,0$ [W/(m²K)], s trojskly, s kováním MACO, šesti komorový profil, v bílém provedení, do uvedené ceny jsou zahrnuty také nové vnitřní a vnější parapety, osazení okna včetně řešení připojovací spáry pomocí těsnících materiálů, demontáž starých oken, ekologická likvidace, zednické zapravení ostění, dále je počítáno také s přesuny hmot. V této práci je počítáno s velikostí oken cca 1,5x1,8 m. Z tohoto důvodu je vyšší cena za nové plastové okno:

Celkem je vyčíslena cena v Kč/1 okno velikost 1,5x1,8 m:

Cena výrobku nového plastového okna:	6.500,- Kč bez DPH
Cena doplňků (parapety apod.):	2.000,- Kč bez DPH
Cena práce, demontáže, likvidace:	2.000,- Kč bez DPH

Cena celkem: 10.500,- Kč bez DPH

- 2) Dále byla uvažována/zkontrolována cena také dle ceníků RTS 17/II. Dle rozpočtovacího programu RTS BUILDpower S soustava RTS 17/II:

VÝMĚNA OKEN											
v DZ	Číslo	Název	Množství	MJ	Cena/MJ	Cena celkem	Cenová úroveň	Nh	Nh celkem	Hmotnost	Dem.hm ottnost
1	61143638R	Okno plastové 2křídlové Rehau 150x180 cm O/O	1,00	kus	5 395,00	5 395,00	RTS 17/ II			0,08	
2	612425921R00	Omitka vápenná vnitřního ostění - hladká	1,98	m2	489,00	968,22	RTS 17/ II	1,06	2,09	0,05	0,00
3	629451112R00	Vyrovnávací vrstva MC šířky do 30 cm	4,80	m	87,00	417,60	RTS 17/ II	0,18	0,87	0,02	0,00
4	648951411R00	Osazení parapetních desek dřevěných š. do 25 cm	1,50	m	147,00	220,50	RTS 17/ II	0,36	0,53	0,01	0,00
5	764410250R00	Oplechování parapetů včetně rohů Pz, rš 330 mm	1,50	m	420,00	630,00	RTS 17/ II	0,82	1,23	0,00	0,00
6	766711001R00	Montáž oken a balkonových dveří s vypěněním	6,60	m	201,50	1 329,90	RTS 17/ II	0,47	3,09	0,00	0,00
7	967031132R00	Přisekání rovných ostění cihelných na MVC	2,00	m2	112,50	225,00	RTS 17/ II	0,43	0,85	0,00	0,06
8	968061112R00	Vyvěšení dřevěných okenních křidel pl. do 1,5 m	2,00	kus	8,00	16,00	RTS 17/ II	0,03	0,06	0,00	0,00
9	968062356R00	Vybourání dřevěných rámu oken dvojitých pl. 4 m	1,00	ks	161,00	161,00	RTS 17/ II	0,47	0,47	0,00	0,05
10	979081111R00	Odvoz sutí a vylour. hmot. na skládku do 1 km	0,02	t	188,50	3,09	RTS 17/ II	0,49	0,01	0,00	0,00
11	979081121R00	Příplatek k odvozu za každý další 1 km	0,05	t	15,10	0,81	RTS 17/ II	0,00	0,00	0,00	0,00
12	979082111R00	Vnitrostaveništní doprava sutí do 10 m	0,02	t	249,50	4,09	RTS 17/ II	0,94	0,02	0,00	0,00
13	998764102R00	Přesun hmot pro klempířské konstr., výšky do 12 m	0,31	t	1 697,00	534,20	RTS 17/ II	4,82	1,52	0,00	0,00
14	998766102R00	Přesun hmot pro truhlářské konstr., výšky do 12 m	0,31	t	991,00	311,96	RTS 17/ II	2,42	0,76	0,00	0,00
15	999281111R00	Přesun hmot pro opravy a údržbu do výšky 25 m	0,31	t	943,00	296,85	RTS 17/ II	2,58	0,81	0,00	0,00
						10 514,22	Kč/kus bez DPH				
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²						
		Cena je stanovena pro okno 1,5x1,8m	10 514	2,70	3 900						

Pozn.: Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m² okna je přibližně 3.900,- Kč bez DPH. Jedná se však o hrubou kalkulaci a je určena pro přesný typ okna, nelze tuto hodnotu považovat za hodnotu, kterou by bylo možné aplikovat na všechny velikosti a typy oken. V případě potřeby přesnějších odhadů investic je nutné nechat okna popat minimálně od 3 dodavatelů a jejich cenu zahrnout do výpočtu. **POZOR: CENA JE PŘEVEDENA NA m² OKNA.**

Obrázek 49: Cenový ukazatel pro výměnu oken velikosti 1,5x1,8 m – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]

Dle ukázky výše je cena obdobná jako cena vypočtená z deseti regenerací školských budov, a tedy z vlastní zkušenosti. Cena dle RTS je 10.514,22 Kč bez DPH na okno velikosti 1,5x1,8 m včetně demontáže původního okna, zapravení ostění, parapet vnitřní + vnější a přesun hmot. Ve výpočtu v návrhovém nástroji je tedy počítáno s touto cenou.

Z výše uvedeného vyplývá, že ceníková cena je cenou obvyklou a v dalších možnostech ocenění bude cena vycházet z aktuální verze RTS 17/II.

Z výše uvedeného je patrné, že orientační cena 1 m² okna je přibližně **3.900,- Kč bez DPH**. Jedná se však o hrubou kalkulaci a je určena pro přesný typ okna, nelze tuto hodnotu považovat za hodnotu, která by byla využitelná pro všechny velikosti a typy oken. V návrhovém nástroji je tedy možné tuto cenu upravit dle vlastních možností.

4.5.3 Cena za výměnu dveří

Dále byla provedena kalkulace dle RTS, a to pro výměnu stávajících dveří. Jako nové dveře byly vybrány hliníkové dveře s $U_D = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ s velikostí 200/250 cm včetně kování s bezpečnostním kováním, sklo průsvitné, neprůhledné s bezpečnostním zasklením.

Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m² hliníkových dveří je přibližně 8.600,- Kč/m² bez DPH. Jedná se však o hrubou kalkulaci a je určena pro

přesný typ hliníkových vstupních dveří => viz specifikace, nelze tuto hodnotu považovat za hodnotu, kterou by bylo možné aplikovat na všechny druhy, velikosti a typy vstupních dveří. Pro hrubý odhad investičních nákladů je předpokládaná cena relevantní. V případě potřeby přesnějších odhadů investic je nutné nechat dveře poptat minimálně od 3 dodavatelů a jejich cenu zahrnout do výpočtu.

POZOR: CENA JE PŘEVEDENA NA m² DVEŘÍ.

VÝMĚNA DVEŘÍ											
P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena / MJ	Celkem	hmotnost celk.(t)	dem. hmotnost celk.(t)	Cen. soustava / platnost	Nhod / MJ	Nhod celk.
1	612425921R00	Omitka vápenná vnitřního ostění - hladká	m2	2,70000	489,00	1 320,30	0,14	0,00	RTS 17/II	1,06	2,85
2	629451112R00	Vyrovnávací vrstva MC šířky do 30 cm	m	9,00000	87,00	783,00	0,19	0,00	RTS 17/II	0,18	1,64
3	630300010RA0	Vybourání dlažby a podkladního betonu	m2	2,50000	2 463,21	6 158,03	0,70	1,04	RTS 17/II	4,72	11,81
		Vybourání dlažeb z dlaždic kameninových, cementových, teracových, čedičových nebo keramických tloušťky do 10 mm s jakoukoliv výplní spár, odstranění podkladů pod dlažby tloušťky 150 mm, vnitrostaveništní přesunu, svislé přemístění do výše jednoho podlaží, odvoz na skládku do 10 km,									
		- mazanina z betonu C 12/15 s poprášením cementem									
		a přehlazením ocelovým hladítkem 80 mm									
		- penetrační nátěr jednonásobný									
		- Bitagit natavený									
		Položka neobsahuje poplatek za skládku pro vybouranou suť.									
4	967031132R00	Přisekání rovných ostění cihelných na MVC	m2	1,80000	112,50	202,50	0,00	0,10	RTS 17/II	0,43	0,77
5	767640020RA0	Dveře hliníkové dvoukřídlové 200/250 cm, Ud= 1,1 W/m2K, paník koule/madlo, vč. kování, bezpečnostní zasklení za 2/3, patina šedá, sklo průsvitné neprůhledné	kus	1,00000	30 613,66	30 613,66	0,07	0,00	RTS 17/II	1,68	1,68
6	767640029RA0	Montáž dveří kovových dvoukřídlové	kus	1,00000	3 905,40	3 905,40	0,00	0,00	RTS 17/II	7,91	7,91
						42 982,89	Kč/kus bez DPH				
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²						
		Cena je stanovena pro hliníkové dveře 2,0x2,5m	42 983	5,00	8 600						
Pozn.: Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m2 hliníkových dveří je přibližně 8.600,- Kč/m ² bez DPH. Jedná se však o hrubou kalkulaci a je určena pro přesný typ hliníkových vstupních dveří => viz specifikace, nelze tuto hodnotu považovat za hodnotu, kterou by bylo možné aplikovat na všechny druhy, velikosti a typy vstupních dveří. Pro hrubý odhad investičních nákladů je předpokládaná cena relevantní. V případě potřeby přesnějších odhadů investic je nutné nechat dveře poptat minimálně od 3 dodavatelů a jejich cenu zahrnout do výpočtu. POZOR: CENA JE PŘEVEDENA NA m² DVEŘÍ.											

Obrázek 50: Cenový ukazatel pro výměnu dveří velikosti 2x2,5 m – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]

4.5.4 Cena za zateplení ploché střechy – tloušťky tepelné izolace 260 mm

Dále byla provedena kalkulace dle RTS, a to pro zateplení ploché střechy, je zde zahrnuto odstranění povlakové krytiny, úprava podkladu ze SMS tloušťky do 10 mm, nová povlaková krytina včetně nátěru položení a osazení tepelné izolace ve dvou vrstvách, a to včetně dodávky. Oplechování zdí, opracování detailu, přesun hmot.

Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m² zateplení ploché střechy obsahuje: odstranění původní krytiny, její přemístění svislé, vyrovnání

podkladu, zateplení z minerálních vláken tloušťky 260 mm, povlakovou krytinu včetně separace geotextilií, oplechování zdí.

zateplení střechy ploché - tl. TI 260mm											
P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena / MJ	Celkem	hmotnost / MJ	hmotnost celk.(t)	dem. hmotnost / MJ	dem. hmotnost celk.(t)	Cen. soustava / platnost
1	712300010RA	Odstranění povlakové krytiny z asfaltových pásů	m2	1,00000	136,75	136,75	0,00	0,00	0,09	0,09	RTS 17/II
		odstranění náspy nebo nánosu na střechách sklonu do 10 stupňů, tloušťky náspy přes 30 do 50 mm, odstranění povlakové krytiny dvouvrstvě.									
		Svislé přemístění ze 2. NP, nebo 1. PP, vodorovné vnitrostaveništní přemístění do 30 m, odvoz na skládku do 10 km. Bez poplatku za skládku.									
2	712340012RA	Povlaková krytina střech sklonu do 10° přitavením 1 x lak asfaltový penetrační , 2 x natavený pás z oxidovaného asfaltu, s vložkou ze skelné rohože, tl. 4 mm	m2	1,00000	366,00	366,00	0,01	0,01	0,00	0,00	RTS 17/II
		nátěr penetrační, povlaková krytina střech plochých sklonu do 10° přitavením v plné ploše.									
3	713100110RA	izolace tepelné vlně položené deska izolační z minerálního vláknna, objemová hmotnost 40 kg/m3, tloušťka 100 mm, překrytí A 400/H	m2	1,00000	227,18	227,18	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/II
		dodávka a položení tepelné izolace stropů kladené vrchem vlně.									
4	713100110RA	izolace tepelné vlně položené deska izolační z minerálního vláknna, objemová hmotnost 40 kg/m3, tloušťka 160 mm, překrytí A 400/H	m2	1,00000	321,69	321,69	0,01	0,01	0,00	0,00	RTS 17/II
		dodávka a položení tepelné izolace stropů kladené vrchem vlně.									
5	764430010RA	Oplechování zdí a nadezdívek z pozinkovaného plechu a hliníku z Pz plechu, RŠ 250 mm	m	1,00000	340,06	340,06	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/II
		včetně rohů.									
6	771101111RO	Příprava podkladu před kladením dlažeb vyrovnání podkladů maltou ze SMS tl. do 10 mm	m2	1,00000	135,50	135,50	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/II
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²						
		Cena je stanovena pro zateplení ploché střechy na 1m2	-	1,00	1 527		tl. Zateplení		260 mm		

Obrázek 51: Cenový ukazatel pro zateplení střechy tloušťka izolace 260 mm – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]

4.5.5 Cena za zateplení šikmé střechy – tloušťkou tepelné izolace 260 mm

Dále byla provedena kalkulace pro zateplení stropu pod šikmou střechou, a to s předpokladem, že se jedná o podklad, na který je možné provést vyrovnání podkladu, penetrace, hydroizolace (pojistná izolace), položení desky z minerální vaty včetně provedení.

Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m² zateplení stropu půdy šikmé střechy obsahuje: odstranění vyrovnání podkladu, pojistnou hydroizolaci, zateplení z minerálních vláken tl. 120+140 mm.

zateplení střechy šikmé - tl. TI 260mm												
P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena / MJ	Celkem	hmotnost / MJ	hmotno st celk.(t)	dem. hmotno st / MJ	dem. hmotnost celk.(t)	Cenová úroveň	
1	711212000R00	Penetrace podkladu pod hydroizolační nátěr,vč.doc.	m2	1,00000	45,80	45,80	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/ II	
2	711140016RA	Izolace proti vodě vodotěrná přitavená, 1x, 1x ALP, 1x modif.pás Elastek 40 special mineral	m2	1,00000	310,50	310,50	0,01	0,01	0,00	0,00	RTS 17/ II	
3	712311106RZ	Povlaková krytina střech do 10°, asfalt.pen.emulze, včetně emulze Dekprimer 0,2 kg/m2	m2	1,00000	18,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/ II	
4	713111111R00	Izolace tepelné stropů vchcem kladené volně	m2	2,00000	36,00	72,00	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/ II	
5	631401466R	Deska minerální kolmé vláknno Capatect tl. 120 mm, 1000x500 mm, lambda 0,045 W/m.K	m2	1,00000	288,00	288,00	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/ II	
6	631401467R	Deska minerální kolmé vláknno Capatect tl. 140 mm, 1000x500 mm, lambda 0,045 W/m.K	m2	1,00000	336,00	336,00	0,00	0,00	0,00	0,00	RTS 17/ II	
7	71100020RA	Vyrovnání podkladu samoniv.hmotou Ultraplán v int., niveleční hmota tl. 30 mm, penetrace	m2	1,00000	1 714,00	1 714,00	0,05	0,05	0,00	0,00	RTS 17/ II	
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²							
Cena je stanovena pro zateplení stropu půdy na 1m2			-	1,00	2 748			tl. Zateplení		260 mm		
Pozn.: Z výše uvedeného je patrné, že cena 1 m2 zateplení stropu půdy šikmé střechy obsahuje: odstranění vyrovnání podkladu, pojistnou hydroizolaci, zateplení z minerálních vláken tl. 120+140mm,												

Obrázek 52: Cenový ukazatel pro zateplení střechy tloušťkou izolace 260 mm – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]

4.5.6 Souhrn orientačních cen zateplení obálky budovy a výměny oken

Podlahové konstrukce nejsou řešeny. Jedná se o velice nákladnou rekonstrukci, kdy by se musela rozbouřit celá podlaha konstrukce, a tím by se zvýšila její výška, tedy snížila světlá výška a výška parapetů. Výsledek by byl velice neekonomický. Z tohoto důvodu se v této práci s touto stavební úpravou nepočítá. Nicméně i pro tento případ je možnost podlahovou konstrukci a její cenu za m² ručně vložit z vlastních výpočtů a kalkulací.

Souhrnná tabulka ORIENTAČNÍCH CEN ZATEPLENÍ OBÁLKY BUDOVY A VÝMĚNY OKEN					
1) FASÁDA					
	PRŮMĚR	tloušťka/materiál			
		do 90	100-150	160-220	
Zateplení vnějších stěn objektů převážně z EPS	1855	1 754	1 825	1 986	
Zateplení vnějších stěn objektů převážně z XPS	2096	2 022	2 095	2 170	
Zateplení vnějších stěn objektů převážně z minerální vlny	2278	2 122	2 434	-	
2) VÝMĚNA OKEN					
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²
Cena je stanovena pro okno 1,5x1,8m			10 514	2,70	3 900
3) VÝMĚNA DVEŘÍ					
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²
Cena je stanovena pro hliníkové dveře 2,0x2,5m			42 983	5,00	8 600
4) ZATEPLENÍ STŘECHY - PLOCHÉ					
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²
Cena je stanovena pro zateplení ploché střechy na 1m2=>TL. 260mm			-	1,00	1 527
5) ZATEPLENÍ STŘECHY - ŠIKMÉ NA STROP PŮDY					
			Kč/kus	m ²	Kč/m ²
Cena je stanovena pro zateplení stropu půdy na 1m2			-	1,00	2 748

Obrázek 53: Souhrnná tabulka orientačních cen zateplení obálky budovy – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]

4.6 Návrhový nástroj „PaMo I“

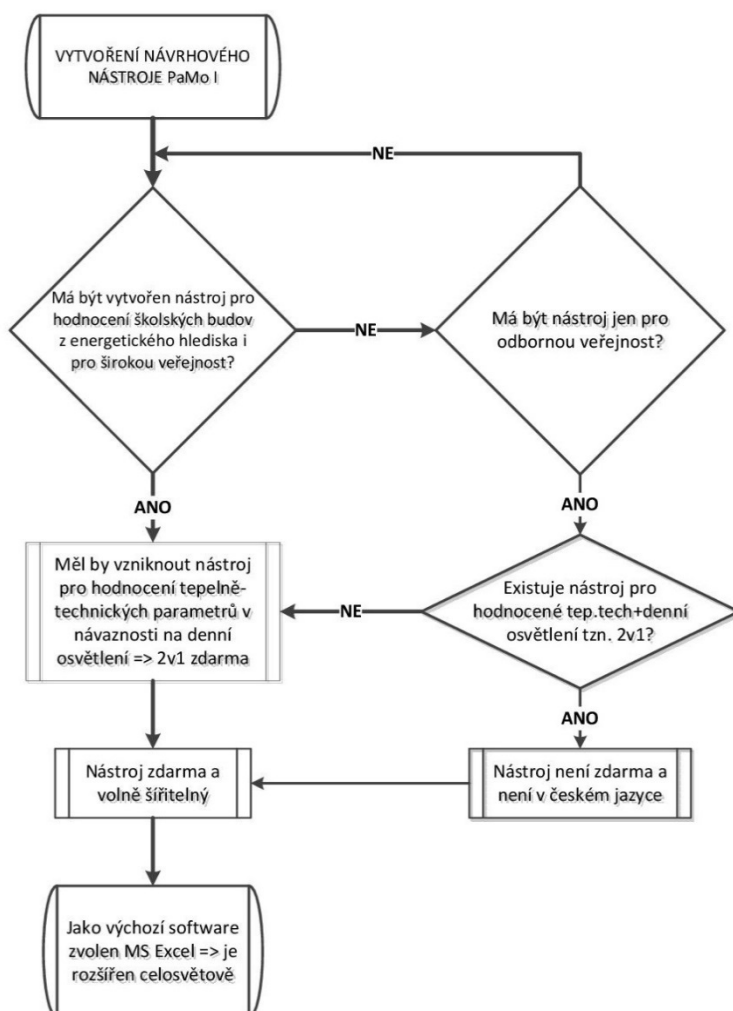
Tento hodnotící nástroj byl vytvořen pro účely projektantů ve stavebnictví, studentů stavebních škol a pro ostatní širokou veřejnost.

Tento hodnotící nástroj může být libovolně šířen.

Tento nástroj je poskytován autorkou. Autorka nezodpovídá za výstupy, které uživatelé provedou, jelikož je program natolik otevřený, že jednotlivci bez hlubších znalostí problematiky mohou výpočet zatížit vlastní chybou při zadávání.

4.6.1 Vývoj návrhového nástroje

➤ Úvodní myšlenky



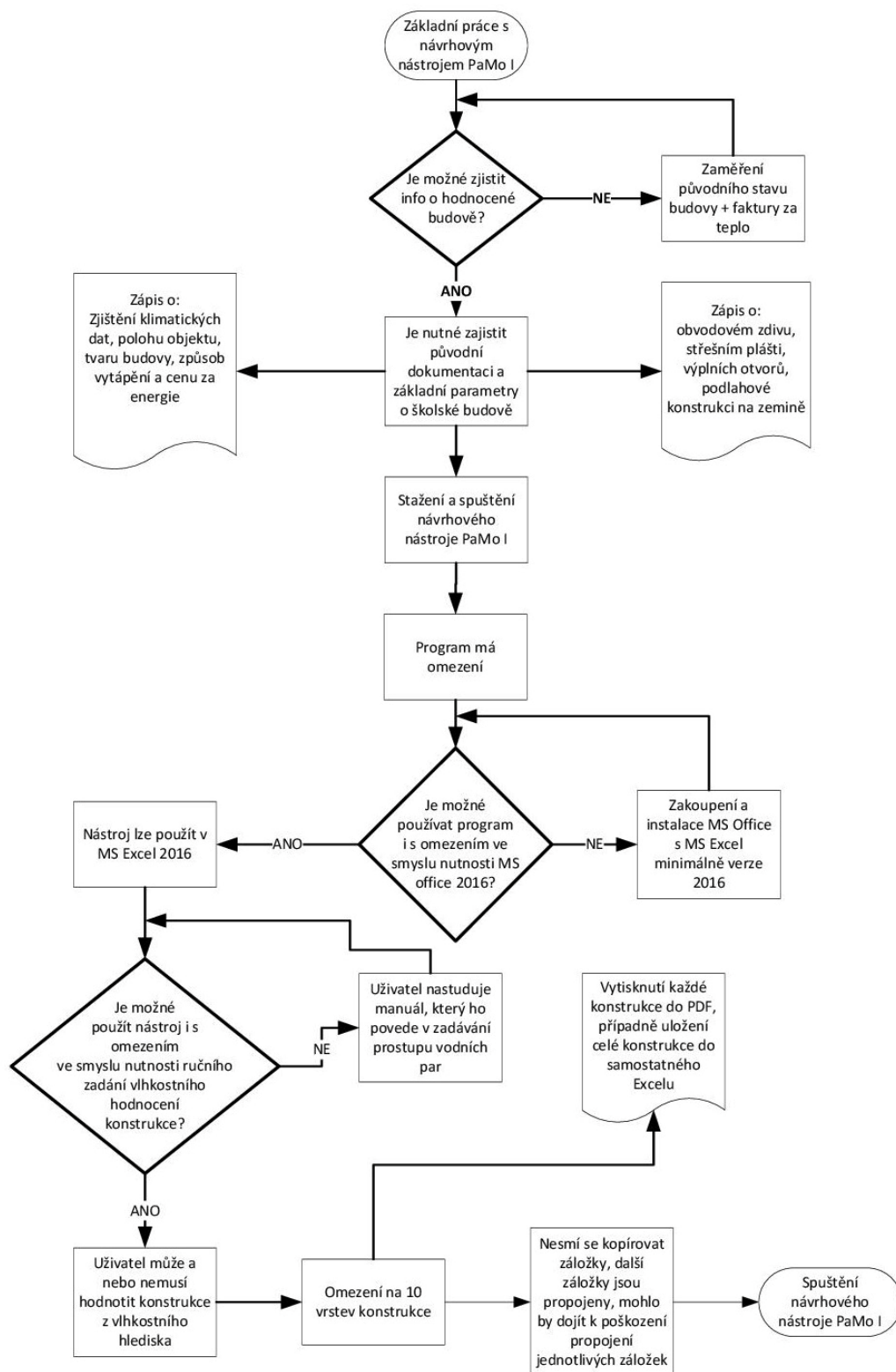
Obrázek 54: Vývojový diagram 1 – úvodní úvahy o vytvoření návrhového nástroje a v jakém výchozím rozhraní [vlastní]

Ve vývojovém diagramu o úvodních úvahách vytvoření návrhového nástroje vedli úvahy následovně. Byl položen hlavní dotaz a to zda „**má být vytvořen nástroj pro hodnocení školských budov z energetického hlediska i pro širokou veřejnost?**“. V případě, že si na tuto otázku odpovíme „**Ne**“, pak následuje další dotaz a to „**Má být nástroj jen pro odbornou veřejnost?**“ pokud „**Ne**“, pak je vrácen k rozhodnutí u 1. otázky. U 1. otázky, pokud odpověď zní „**Ano**“ u obou dotazů pak přichází dílčí úvaha „**Měl by vzniknout nástroj pro hodnocení tepelně-technických parametrů v návaznosti na denní osvětlení => 2v1 zdarma**“. V případě, že na druhou otázku odpovíme „**Ano**“, pak přijde otázka „**Existuje nástroj pro hodnocení tepelně-technických parametrů a zároveň denního osvětlení tzn. 2v1?**“ Tato otázka čtenáře nutí přemýšlet nad tím, zda existuje jeden program, jeden software, který by spojoval hodnocení tepelně technické a návaznost na denní osvětlení. Pokud „**Ne**“ opět je nutnost jej vytvořit, a pokud „**Ano**“ pak je zde dílčí rozhodnutí „**Nástroj není zdarma a není v českém jazyce**“. Ve všech směrech je uživatel nucen přemýšlet nad dalším dílčím rozhodnutím a to „**Nástroj zdarma a volně šiřitelný**“ to znamená, že je cílem autorky vytvořit takový návrhový nástroj, který je volně šiřitelný, že není placený a není nutné jej instalovat tedy ideální v tomto případě se jeví „**Jako výchozí software zvolen MS Excel => je rozšířen celosvětově**“.

➤ Základní práce v návrhovém nástroji

V této části je nutné zjistit, co vše by měl návrhový nástroj umět, co vše by měl uživatel možnost řešit a jaké jsou nutné vstupní a výstupní informace. V případě, že je tedy k dispozici budova, kterou je nutné vyhodnotit, pak nastává 1. otázka: „**Je možné zjistit informace o hodnocené budově?**“ V případě, že „**Ne**“ pak je nutné „**Zaměření původního stavu budovy + faktury za teplo**“ pokud na 1. otázku je odpovězeno „**Ano**“, pak „**Je nutné zajistit původní dokumentaci a základní parametry o školské budově**“ Při kontrole této budovy a původní dokumentace je nutné provést „**Zápis o: Zjištění klimatických dat, polohu objektu, tvaru budovy, způsob vytápění a cenu za energii**“ a „**Zápis o: obvodovém zdivu, střešním plášti, výplních otvorů, podlahové konstrukci na zemině**“. Dále se uživatel dozví, že je nutné pracovat jen v MS office Excel 2016 a to z důvodu nutnosti použití

maker při výpočtu. Dalším omezením je 10 vrstev konstrukce, a tedy vytištění každé konstrukce do PDF před přepsáním.



Obrázek 55: Vývojový diagram 2 – popis základní práce s návrhovým nástrojem až do spuštění nástroje [vlastní]

4.6.2 Úvod

Nutné informace o stavbě:

K výpočtům v tomto programu je nutné znát některé informace o stavbě, a to hlavně z projektové dokumentace.

Skladby konstrukcí obálky budovy:

- Obvodové zdivo (tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce, materiály);
- Střešní plášť (tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce, materiály);
- Výplně otvorů (velikost otvoru, typ výplně, rok výstavby budovy/rok výměny otvorů);
- Podlahová konstrukce na zemině (tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce, materiál);
- Klimatická data, polohu objektu, tvar objektu apod.;
- Způsob vytápění objektu, cenu za tepelnou energii;

4.6.3 Verze, úvodní práce s nástrojem

Jedná se o první verzi návrhového nástroje, která je postupně zkoušena studenty Mendelovy univerzity v Brně. V budoucnu se předpokládá rozšíření do řad ředitelů školských zařízení po celé ČR a ostré odladění návrhového software, dále je možné rozšiřování do řad akademických pracovníků a dále také mezi projektanty jako pomocný návrhový nástroj v prvních fázích přípravy energetických úprav.

➤ **Stažení a spouštění nástroje**

Nástroj bude přístupný na e-mailové adrese pavla.mocova@seznam.cz, kde žadatel napíše e-mailem žádost o poskytnutí aktuální verze.

Žadateli bude poskytnut:

- Tento manuál.
- Uzavřený soubor s demo příkladem.
- Otevřený soubor s možností editace odemčených částí, ty, které obsahují neměnný vzorec, budou i nadále uzamčeny.

Při práci s nástrojem není potřebné připojení k internetu. Jediný okamžik, kdy je nutné mít přístup k internetu, je v době komunikace na e-mailu a stažení nástroje. Poté je možné pracovat v off line režimu.

Není potřebná žádná instalace, celý nástroj pracuje za pomoci Microsoft office Excel, verze 2016 a vyšší, nástroj není kompatibilní s Open Office. Při spuštění je nutné mít povolená makra, protože některé tabulky a výpočty jsou spuštěny pomocí tlačítek ukryvajících rozsáhlý vzorec ke spuštění makra.

➤ **Omezení nástroje**

Nástroj je vytvořen v MS Excel. Tento program je sám o sobě poměrně rozšířený a je dnes již standardním vybavením každého PC. Tento program byl záměrně zvolen jako nejrozšířenější tabulkový software, který obsahuje možnosti ohledně zadávání vzorců, podmíněných formátování, grafů, tabulek a maker.

Jediné omezení, které program skrývá je v algoritmech, a to všech druhů. Je tedy velice komplikované provést hodnocení vlhkosti v konstrukci, kde se křivka mění s teplotou, a tedy také tlakem a tím je nutné najít vhodný algoritmus. Tento algoritmus, který není možné jednoduše nadefinovat v MS Excel je nahrazen manuálním zpracováním a je určen lidem, kteří potřebují pracovat také s vlhkostními parametry pro výpočty.

Další omezení je v počtu vrstev, je možné použít maximálně 10 vrstev konstrukce a zadávat od interiéru k exteriéru.

Další omezení vzniká v případě, že autor chce výpočet zahrnout také do výpočtu tepelné ztráty obálkou budovy. Poté je nutné vždy výpočet na kartě výpočtová část a vstup vodních par vytisknout do PDF, případně soubor uložit tak, aby nebyly hodnoty přepsány. Nedoporučuje se, aby autor kopíroval záložky, výpočty jsou propojeny, mohlo by dojít k chybám ve výpočtu.

Aktuální verze umožňuje:

- Výpočet a vyhodnocení součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 10077-1 pro výplně otvorů. [56], [57], [58], [59], [60]
- Porovnání vypočteného součinitele prostupu tepla s hodnotami v průběhu vývoje tepelně technických vlastností obálky budovy- vybrané porovnávací hodnoty.
- Průběh teplot v konstrukci v závislosti na tloušťce konstrukce.

- Výpočet teplotního faktoru a vlhkostních parametrů včetně vyhodnocení, zda konstrukce vyhoví či nikoliv, a to dle ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 13788. [56], [57], [58], [59], [61]
- Energetický štítek budovy včetně určení tepelných ztrát obálkou budovy a vyhodnocení jednotlivých konstrukcí.
- Výpočet roční potřeby tepla na vytápění.
- Vyhodnocení úspory před úpravami a po úpravách včetně zhodnocení stavby z hlediska návratnosti.
- Vyhodnocení stavby z hlediska omezení emisí a jejich úspory.
- Vyhodnocení učeben z hlediska denního osvětlení ukázka možností posouzení vlivu tloušťky zateplení na denní osvětlení ve školských budovách.

V současnosti lze vyhodnocovat jen podle aktuálních ČSN.

➤ **První spuštění**

Při prvním spuštění se nástroj spustí na úvodní záložce s názvem „**ÚVOD**“. Zde jsou jen nutné informace o autorce, typu závěrečné práci a základní informace o nástroji. Tyto informace jsou zopakovány v úvodu tohoto manuálu. Tento list bude vždy uzamčen, zde autorka uvádí, s čím je možné počítat a že nezodpovídá za výstupy z programu. Program je natolik otevřen, že výpočty mohou být zatíženy chybou uživatele.

➤ **Karta návod a karta poznámky**

Na kartě „**NÁVOD**“ se nachází stručný návod, jak pochopit barevné značení v jednotlivých výpočtech. Toto barevné značení je ve všech kartách se stejným smyslem. V případě, že pole v pravém horním rohu obsahuje červený trojúhelníček, pak pole nabízí komentář k zadávané hodnotě. Najetím kurzoru myši se nápověda k poli zobrazí.

STRUČNÝ NÁVOD	
Na toto pole najedte myši	Pavla Mocová: Dobrý den, v případě, že si nebudete jistí, co do těchto polí vyplňovat a uvidíte v rohu pole červený trojúhelníček, potom jsem pro Vás okomentovala tuto buňku. Tyto komentáře budou sloužit jako asistent při zadávání=vaše pomůcka k pohodlnějšímu zadávání.
Význam barevnosti je	
Označení	Význam
HODNOTA	...né zadat buď číselnou hodnotu, nebo slovní popis konstrukce
HODNOTA	...většinou je uzamčeno, nebo v případě odemčení není vhodné jej měnit, ideálně by nemělo být editováno
HODNOTA	Důležitý výsledek, který je dále možné použít do jiných částí výpočtu
akční tlačítko	akční tlačítko
....	hypertextový odkaz je možné využít k přeskočení z výpočtu do tabulkové části, která je připravena pro daný výpočet
	pole, které je se slabě červeným podbarvením=má rolující seznam, ze kterého je možné vybrat určitou hodnotu, nebo popis, obvykle je zde provázání na další hodnoty, které se díky výběru přepíše
	v případě zbarvení okna červenou barvou není požadavek splněn, tedy konstrukce na zadaný parametr NEVYHOVÍ
	V případě zbarvení okna zelenou barvou konstrukce na daný požadavek VYHOVÍ

Obrázek 56: Karta Návod – stručný návod s barevným značením [vlastní]

V kartě „**POZNÁMKY**“ je hlavní legenda pomocného nástroje se značkami, popisem a jednotkami. V případě důležitých parametrů je ve výpočtu na názvu hypertextový odkaz, pokud uživatel na tento odkaz klikne, program ho přemístí na kartu „**POZNÁMKY**“, kde je parametr vysvětlen včetně jednotek.

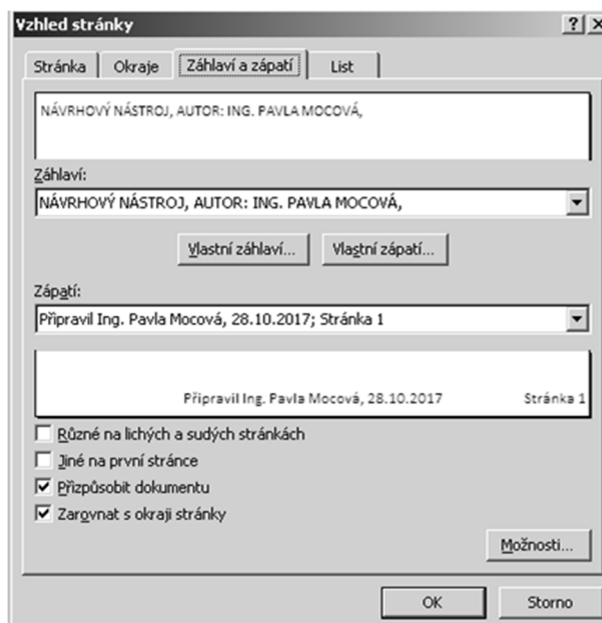
POMOCNÝ NÁSTROJ, AUTOR: ING. PAVLA MOCO VÁ,

....	hypertextový odkaz je možné využít k přeskočení z výpočtu do tabulkové části, která je připravena pro daný výpočet	
Značky a jednotky,		
V	Objem budovy vnější vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	m ³
Ac	Celková plocha - součet všech vnějších ploch hlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	m ²
A	plocha	m ²
d	tloušťka	m
h	součinitel přestupu tepla	W/(m ² *K)
R	návrhový tepelný odpor konstrukce (od povrchu k povrchu)	m ² *K/W
R _{se}	tepelný odpor vzduchové vrstvy	m ² *K/W
R _{se}	vnější odpor při přístupu tepla	m ² *K/W
R _{si}	vnitřní odpor při přístupu tepla	m ² *K/W
R _T	odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí)	m ² *K/W
R' _T	horní mez odporu konstrukce při prostupu tepla	m ² *K/W
R'' _T	dolní mez odporu konstrukce při prostupu tepla	m ² *K/W
R _u	tepelný odpor nevytápěného prostoru	m ² *K/W

Obrázek 57: Karta Poznámky – ukázka značek, popisů a jednotek [vlastní]

➤ **Podpis uživatele, ukládání, dotazy**

Při prvním spuštění je doporučeno, aby si nový autor změnil ve vlastnostech MS Excel jméno na své vlastní, dále je nutné, aby autor jméno propsal ručně na každý list. Případně je možné ponechat jméno původní, a to autorky návrhového nástroje.



Obrázek 58: Vlastnosti, ve kterých je nutné na kartě „Souhrnné informace“ změnit jméno autora [vlastní]

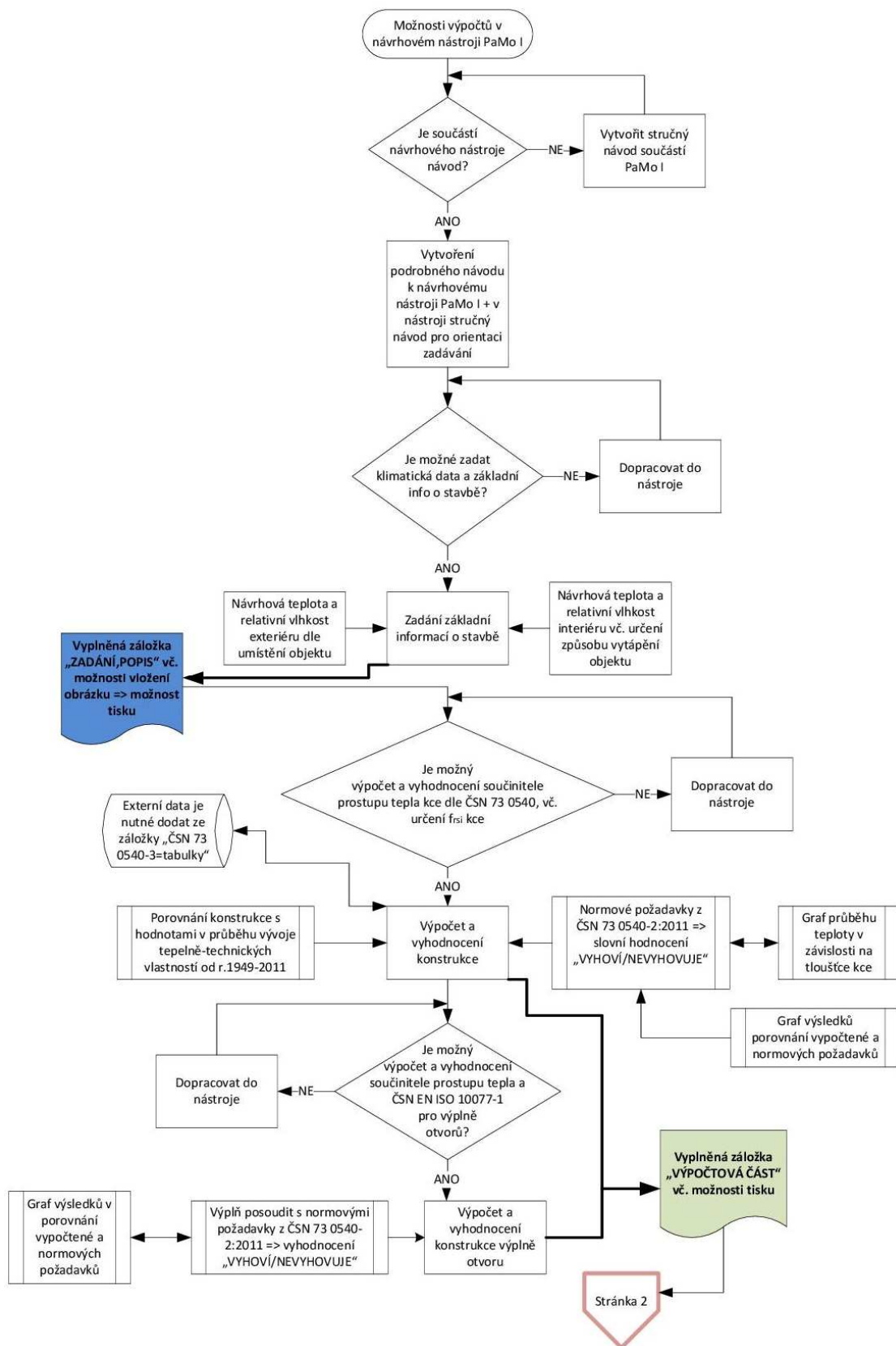
Uživateli je doporučeno ukládat soubor vždy pod jménem zakázky a nepřepisovat původní soubor. Je možné si v nastavení MS office Excel nastavit četnost ukládání.

Dotazy ohledně zadávání je možné zasílat autorce na výše zmíněný e-mail. Dotazy budou v nejbližší době zodpovězeny.

4.6.4 Doporučený postup zadávání v nástroji


a) **Zadávání na kartě „ZADÁNÍ, POPIS“**

Zadávání je nutné započít na kartě „ZADÁNÍ, POPIS“. Na této kartě je vhodné vyplnit základní údaje o stavbě a vložit obrázek.



Obrázek 59: Vývojový diagram 3 – 1.část – Práce na záložce „ZADÁNÍ, POPIS“ a „VÝPOČTOVÁ ČÁST“ [vlastní]

Vkládání obrázku budovy:

 obrázek objektu

Při kliknutí na toto tlačítko se otevře nabídka s vybráním souboru v JPEGu tak, aby mohlo dojít k vložení.

Dále je nutné popsat objekt z hlediska jeho polohy, tedy název objektu, pojmenování dílčí části objektu, umístění, ulice, město, druh objektu, kontaktní osoby, a kontakty na ně, kontakt na zpracovatele, slovní popis objektu.

Zadávání klimatických podmínek a interiérových podmínek

Konstrukční systém: Jedná se pouze o informativní výběr, který nemá vliv na výpočty.

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období, θ_e [°C] a φ_e [%]:

Tento výběr je proveden na základě tabulky H.2 v normě ČSN 73 0540-3. V této tabulce je zobrazena: „Teplotní oblasti v zimním období zatížení větrem v krajině pro vybrané obce v ČR“. [58]

Výběrem z nejbližšího města je možné vybrat teplotu venkovního vzduchu a vlhkosti.

Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i [°C]:

Vnitřní teplota je dána podle tabulky I.1 ČSN 73 0540-3. Teplotní oblasti v zimním období zatížení větrem ke krajině pro vybrané obce v ČR, zde uživatel určí druh místnosti a na základě výběru se automaticky vyplní Teplota °C a vlhkost %, v některých případech se vlhkost nevyplní, je potřebné tedy kliknout na kartu „**ČSN 73 0540-3=tabulky**“ najít příslušnou místnost a vlhkost doplnit dle informací o provozu. Pro výpočet relativní vlhkosti [%] je nastavena bezpečnostní přírážka dle ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 13788. [57], [61]

Přirážka – viz tabulka I.2, $\Delta\theta_{ai}$ [°C]:

Uživatel vybere z nabídky období realizace budovy. Vybírá se v závislosti na způsobu užívání a stáří budovy. V případě rekonstruovaných konstrukcí se pro výběr volí rok provedení rekonstrukce. Dále v příslušném období také způsob otopné soustavy, kombinací těchto dvou parametrů bude zvolena přírážka na způsob vytápění, a to dle tabulky I.2 z ČSN 73 0540-3. [58]

Výpočtová teplota θ_{ai} [°C]:

Tato část je součtem parametru θ_{i+} $\Delta\theta_{ai}$ z předchozího výpočtu.

b) **Zadávání na kartě „VÝPOČTOVÁ ČÁST“**

Zadávání skladeb se dělí na několik částí:

- 1) Zadání konstrukce na 1. stránce pro: „VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PRO JEDNOTLIVÉ KONSTRUKCE (dle 5.2.1 ČSN 73 0540-2)“. [57]

Na tomto listu je funkční tlačítko: „ČSN HODNOTY PRO MATERIÁLY A KONSTRUKCE“ v případě, že na něj uživatel klikne bude přenesen na kartu „**ČSN 73 0540-3 = TABULKY**“. Pro vyhledání materiálu je možné využít kombinaci kláves CTRL+F, napíše se zde začátek názvu hledaného materiálu a klikne se na tlačítko najít vše (viz obr. 68). [58]

Seřít	List	Název	Buňka	Hodnota	Vzorec
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$110	MALTY, maltové směsi pro zdění a omítky, lepicí tmely	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$20	ETICS - omítka silikátová (obvykle na bázi vodného roztoku křemičitanu draselného, draselného vodního skla)	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$21	ETICS - omítka akrylátová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$22	ETICS - omítka silikonová, zrno 1mm	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$23	ETICS - omítka silikonová, zrno 2mm	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$26	MALTY, maltové směsi pro zdění a omítky, lepicí tmely	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$81	MALTY / MALTOVÉ SMĚSI PRO ZDĚNÍ A OMÍTKY PŘIPRAVOVANÉ NELEHČENÉ	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$85	OMÍTKY	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$86	Omítka vápenná	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$87	Omítka vápeno-cementová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$88	OMÍTKY TEPELNĚ IZOLAČNÍ	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$89	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$90	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$91	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$92	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$93	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$94	Omítka perlitová	
PaMo_makro_01.xlsm	ČSN 73 0540-3=tabulky		\$\$95	Omítka perlitová s PPS granulátem	

Obrázek 60: Vyvolaná tabulka kombinací CTRL+F [vlastní]

Poté je možné tabulku zvětšit pomocí myši za pravý spodní roh a najít požadovaný materiál. Tabulka obsahuje normové hodnoty dle ČSN 73 0540-3. [58]

Tabulka obsahuje nejnútnejší výtah z normy. V kartě „VÝPOČTOVÁ ČÁST“ je možné zadávat vrstvy a materiál. Materiál tedy vybrat buď pomocí tlačítka s výběrem dle ČSN, případně zapsat hodnoty dle výrobce, tedy nalézt výrobek a jeho vlastnosti opsat do tabulky.

Popis konstrukce: Zde popsat buď slovně, nebo zkratkou, případně kombinací.

Kce/Skladba: Popis konstrukce stěna, strop, podlaha, střecha a zateplená či nezateplená.

Zadávaní skladby od interiéru.

Materiál a další jeho vlastnosti je možné vybírat pomocí funkčního tlačítka (viz výše), případně od výrobce.

Tloušťku materiálu je vždy nutné zadat v metrech. Dále je nutné věnovat pozornost důležitému parametru součinitele tepelné vodivosti.

V ČSN 73 0540-3 v tabulkové části v materiálech je stanovena Návrhová (výpočtová) hodnota tepelné vodivosti λ_u [W/mK]. V případě, že bude užitá hodnota od výrobce λ_d [W/mK], jedná se o nedeklarovanou hodnotu, ty by neměly být bez úpravy použity ve výpočtech. Dále je možné nalézt tzv. charakteristickou hodnotu λ_k [W/mK] i tato hodnota by neměla být bez úpravy použita v konstrukci. [58]

Úprava λ_u [W/mK] pro nehomogenní konstrukce. V případě, že se v konstrukci objeví například dřevěný prvek, je možné provést přepočítání součinitel tepelné vodivosti minerální vaty, která se v konstrukci objeví společně s dřevěným prvkem ve stejném konstrukčním detailu. [58]

V další části výpočtu je proveden výpočet **Nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce**. V nabídce je nutné provést výběr, jestli se jedná o konstrukci s výplní otvorů nebo případně jestli se jedná pro ostatní konstrukce. V této tabulce je θ_e [°C] možné vybírat tak, aby uživatel měl možnost vidět, jak se f_{rsi} [-] mění.

Odpor konstrukce při přestupu tepla: Zde jsou uvedeny hlavní R_{si} a R_{se} [m²·K·W⁻¹] tedy odpory, které závisí směru tepelného toku. Hlavní tabulka, ze které jsou hodnoty v rolovací nabídce brány je na kartě „**POMŮCKY**“, kde jsou hodnoty vypsány v tabulce. Tato tabulka je uvedena v normě ČSN 73 0540-3 Příloha J. Vypsaná tabulka je jen částečná, nejlépe vypovídá o možnostech R_{si} a R_{se} [m²·K·W⁻¹] následující obrázek. Důležité je, že v případě výpočtu šíření vlhkosti a rizika růstu plísní je zvýšená hodnota pro $R_{si} = 0,25$ m²K/W. V tomto případě je nutné rozlišovat pro jakou konstrukci, resp. pro jaký výpočet

R_{si} [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$] zadáváme. Hodnoty jsou uvedeny v rolovacím seznamu, avšak toto pole je odemčeno k jeho ruční editaci v případě nutnosti výpočtu či úpravy. [57], [58]

Pomocný výpočet:

Pomocný výpočet slouží pro určení součinitele difúzní vodivosti v případě, že do výpočtu uvažujeme informace od výrobce materiálu. V tomto případě je nutné zjistit hodnotu faktoru difúzního odporu μ [-], kterou většina výrobců udává v technických listech výrobku. Vložením hodnoty do kolonky dojde k přepočtu a výslednou hodnotu součinitele difúze vodní páry δ_n [s] je nutné ručně uvést v tabulce s výčtem materiálu. Tento pomocný výpočet počítá s δ_0 [s], což je hodnota určena pro vzduch.

Korekce součinitele prostupu tepla:

V případě, že není možné zohlednit vliv tepelného mostu přímo v materiálu je k dispozici korekce součinitele prostupu tepla. Tabulka, která tyto součinitele určuje je v kartě s názvem „**ČSN 73 0540-3=tabulky**“ vypsána, avšak tabulka je převzata z normy ČSN 73 0540-4, čl. B.3.2. str. 32 - poznámka. Je zde opět nabídka v rolovacím seznamu, hodnota v podstatě určuje, v jaké míře důvěřujeme stavební firmě, že bude dodržovat technologickou kázeň při realizaci stavby, tedy uživatelův předpoklad. Případně, jak je konstrukce ve stávajícím stavu provedena. Standardně je vhodnější způsob určení, a to pomocí přesného výpočtu dle ČSN EN ISO 6946, avšak tento způsob určení korekce není v tomto nástroji zahrnut, pro uživatele je k dispozici pouze tato zjednodušená korekce dle normy. [57]

V tabulce pod vrstvami je v červeném poli důležité upozornění a doporučuje se, aby uživatel vzal tuto důležitou informaci v potaz:

UPOZORNĚNÍ: V případě výpočtu původní konstrukce, která se bude zateplovat, je nutné hodnoty bez zateplení uvést ve výčtu v kartě „Výčet OK“, a to tak, aby zde byly hodnoty jak před zateplením, tak po zateplení, v jiném případě by mohlo dojít ke zkreslení výsledků.

Součinitel prostupu tepla-vypočten:

Jedná se o automatický výpočet podle zadaných vstupních parametrů a parametrů vzhledem k použitým materiálům. Pole není uzamčeno, je možné tedy dosadit vlastní hodnotu, avšak vzorec bude smazán, resp. přepsán, proto se doporučuje vždy ponechat původní soubor nepřepsán, tak aby mohlo být dále z něj pokračováno, případně pro konstrukci si tuto uložit samostatně.

Výsledky a jejich prezentace

- Výsledky uvedené na 2. stránce:

Jedná se o výčet normových požadavků pro vybrané konstrukce z aktuální normy ČSN 73 0540-2 [15]. Konstrukce je vyhodnocena z hlediska výpočtu součinitele prostupu tepla a porovnána s normovými hodnotami. Hodnocenou konstrukci je nutné nejdříve vybrat z rolovacího seznamu. Seznam je určen jen pro vybrané konstrukce. V případě, že se objeví pod polem „hodnota“ slovo „NEPRAVDA“ jedná se o konstrukci, která není definována. V dalším případě je možné, že se po výběru konstrukce objeví čísla, tato čísla jsou převzata z normy ČSN 73 0540-2 [15], jedná se o normové požadavky. Ve sloupci „VYHOVÍ/NEVYHOVÍ“ poté můžeme jednoduše zjistit, zda konstrukce vyhovuje, či nikoliv. Jedná se tedy o propsání hodnot z normy. V grafu, který je na stránce znázorněn, je uvedena vypočtená hodnota porovnaná s normovými požadavky. V případě, že se v tabulce objeví „NEPRAVDA“ poté jsou hodnoty z normy nulové.

Ve sloupci „VYHOVÍ/NEVYHOVÍ“ je provedeno podmíněné formátování, tedy v případě, že konstrukce vyhoví na parametr z normy je zde automaticky zapsán text „VYHOVÍ“ a pole zezelená, v případě, že konstrukce „NEVYHOVÍ“ poté pole zčervená. V praxi tedy znamená čím nižší hodnota součinitele prostupu tepla U [W/m^2K] vypočtená, tím lépe konstrukce vyhovuje normovým požadavkům. Příklad je uveden na níže.

PRO ROK 2011				
NORMOVÉ POŽADAVKY PRO VYBRANÉ KONSTRUKCE - AKTUÁLNÍ HODNOTY DLE ČSN 73 0540-2		HODNOTA	JEDNOTKY:	VYHOVÍ/ NEVYHOVÍ
VYBERTE KONSTRUKCI	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	v případě zobrazení slova "NEPRAVDA" klikni ZDE		
POŽADOVANÁ $U_{N,20}$	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	0,3	W/(m ² K)	VYHOVÍ
DOPORUČENÁ $U_{rec,20}$	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	0,25	W/(m ² K)	VYHOVÍ
DOPORUČENÁ PRO PASIVNÍ DOMY $U_{pas,20 (max)}$	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	0,18	W/(m ² K)	VYHOVÍ
DOPORUČENÁ PRO PASIVNÍ DOMY $U_{pas,20 (max)}$	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	0,12	W/(m ² K)	NEVYHOVUJE

Obrázek 61: Příklad z 2. stránky => porovnaná vypočtená hodnota s normovými hodnotami [vlastní]

- Porovnávací tabulka se staršími normami v průřezu let od roku 1949:

Na 3. straně karty „VÝPOČTOVÁ ČÁST“ je tabulka, která závisí na několika parametrech. V případě, že uživatel klikne na název tabulky „POROVNÁNÍ KONSTRUKCE S HODNOTAMI V PRŮBĚHU VÝVOJE TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ OBÁLKY BUDOVY – VYBRANÉ HODNOTY“ bude pomocí hypertextového odkazu přeměřován na kartu „POMŮCKY“, kde autorka nástroje z několika podkladů sestavila tabulku pro různá období platnosti různých norem. Hodnoty jsou uvedeny od roku 1949.

Ovládání tabulky je následující: uživatel vybere v poli s rolovacím seznamem období výstavby původního objektu. Např. v případě, že

objekt byl vystaven v roce 1957, pak je nutné provést výběr „Výstavba mezi 1955-1962“ a ve 3. řádku, kdy jsou nadefinovány hodnoty pro tento rok a v kombinaci s druhem konstrukce (kterou uživatel vybral již na str. 2) je popsána hodnota z tehdejší normy. Příklad uveden na obr. níže.

POROVNÁNÍ KONSTRUKCE S HODNOTAMI V PRŮBĚHU VÝVOJE TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ OBÁLKY BUDOVY - VYBRANÉ HODNOTY				
NORMOVÉ POŽADAVKY PRO VYBRANÉ KONSTRUKCE	Výstavba mezi 1955-1962	HODNOTA	požadované / doporučené $W/(m^2K)$	VYHOVÍ/ NEVYHOVÍ
NEDEFINOVÁNO	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	NEDEFINOVÁNO	POŽ.	NEDEFINOVÁNO
NEDEFINOVÁNO	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	NEDEFINOVÁNO	POŽ.	NEDEFINOVÁNO
Výstavba mezi 1955-1962	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	1,396	POŽ.	VYHOVÍ
NEDEFINOVÁNO	stěna vnější=TĚŽKÁ KONSTRUKCE	NEDEFINOVÁNO	POŽ.	NEDEFINOVÁNO

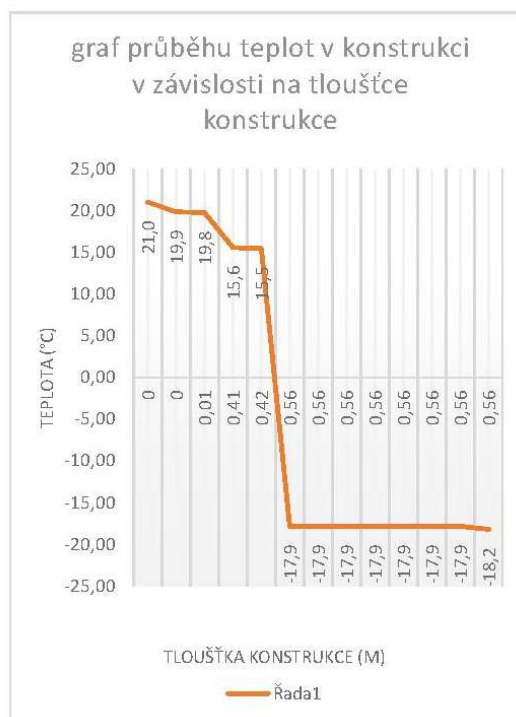
Obrázek 62: Příklad z 3. stránky => porovnáno období výstavby a vypočtená hodnota, ostatní nedefinováno (nevybráno) [vlastní]

- Průběh teplot + graf průběhu teplot:

Tak, aby bylo možné určit průběh teplot v konstrukci, je na 4. straně proveden podrobný výčet vrstev v konstrukci. Důležité pro uživatele je, že jsou zde vypsány hodnoty pro všech 10 vrstev, a to i v případě, že není vrstva definována, tedy např. konstrukce má pouze 3 vrstvy, avšak graf i tabulka pro tento graf s průběhem teplot obsahuje hodnoty i pro nedefinované vrstvy. V grafu jsou tyto nedefinované vrstvy viditelné jako konstantní průběh. Uživatel může sledovat průběh v reálném čase, tedy v případě úpravy vrstev na 1. stránce dojde k okamžitému propsání do grafu na 4. stránce karty. Jsou zde také určeny parametry pro interiér a pro exteriér. Tabulka u grafu slouží také dále k informaci o difúzním odporu Z_{px} [m/s] v určitých vrstvách, proto každá vrstva je již zde rozčleněna na čtvrtiny tak, aby mohla být sledována každá vrstva v dílčích místech. V grafu průběhu

teplot jsou zobrazeny jen hlavní body. Graf je znázorněn v závislosti na tloušťce konstrukce.

Graf průběhu teplot v konstrukci	tl. (m)	jednotlivé hodnoty (°C)	Zpx
θ_{ai}	0	21,00	
θ_{si}	0	19,85	1,00E+08
$\theta_{i,1(1/4)}$	0,0025	19,83	3,50E+08
$\theta_{i,1(2/4)}$	0,005	19,81	6,00E+08
$\theta_{i,1(3/4)}$	0,0075	19,79	8,50E+08
$\theta_{1,2}$	0,01	19,77	1,10E+09
$\theta_{1,2(1/4)}$	0,11	18,72	5,88E+09
$\theta_{1,2(2/4)}$	0,21	17,67	1,07E+10
$\theta_{1,2(3/4)}$	0,31	16,62	1,54E+10
$\theta_{2,3}$	0,41	15,57	2,02E+10
$\theta_{2,3(1/4)}$	0,4125	15,55	2,05E+10
$\theta_{2,3(2/4)}$	0,415	15,53	2,07E+10
$\theta_{2,3(3/4)}$	0,4175	15,50	2,10E+10
$\theta_{3,4}$	0,42	15,48	2,12E+10
$\theta_{3,4(1/4)}$	0,455	7,15	2,96E+10
$\theta_{3,4(2/4)}$	0,49	-1,18	3,80E+10
$\theta_{3,4(3/4)}$	0,525	-9,52	4,63E+10
$\theta_{4,5}$	0,56	-17,85	5,47E+10
$\theta_{4,5(1/4)}$	0,56	-17,85	6,31E+10
$\theta_{4,5(2/4)}$	0,56	-17,85	7,14E+10
$\theta_{4,5(3/4)}$	0,56	-17,85	7,98E+10
$\theta_{5,6}$	0,56	-17,85	5,47E+10
$\theta_{5,6(1/4)}$	0,56	-17,85	5,47E+10
$\theta_{5,6(2/4)}$	0,56	-17,85	5,47E+10



Obrázek 63: Ukázka tabulky pro graf a výsledného grafu [vlastní]

- 2) Zadání konstrukce na 5. stránce pro: „VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PRO VÝPLNĚ OTVORŮ (dle ČSN 73 0540-2 a ČSN EN ISO 10077-1)“ [57], [60]

Návrhový nástroj umožňuje provést jednoduchý výpočet konstrukce okna, resp. součinitele prostupu tepla výplně otvoru.

Popis konstrukce: Zde je možné provést označení, nebo slovní popis konstrukce, případně označení dle projektové dokumentace, tak aby bylo možné přímo identifikovat, o kterou výplň se jedná.

Výběr dle ČSN: Zde uživatel vybere, o kterou konstrukci výplně se jedná tak, aby bylo možné provést vyhodnocení výsledku a porovnání s normovým požadavkem.

Základní vzorec: Zde je uživateli předložen základní vzorec, ze kterého se vychází.

Rozměry okna a příslušných rámu, příčlí a svislých sloupků, dílčí součinitele: Jedná se o zadání přesných rozměrů výplně otvoru včetně Všech příčlí, vnitřních sloupků, šířky rámu, křídel apod. Jmenovitě jsou zde parametry: šířka okna, výška okna, vodorovné příčle [ks], svislé sloupky [ks], šířka vodorovné příčle [m], šířka svislého sloupku [m], šířka rámu-překlad, šířka rámu-ostění 1, šířka rámu-ostění 2 a šířka rámu – parapet. Další části typu plocha zasklení A_g [m²], plocha rámu A_f [m²] a plocha výplně A_w [m²] jsou počítány automaticky právě z výše uvedených parametrů a velikostí výplně.

Důležité parametry U_g , U_f [W/m²K] a ψ_g [W/mK]: v případě, že uživatel neví, jaké hodnoty zde použít je možné vzít hodnoty z normy, norma je v tomto případě propsaná do záložky „ČSN EN ISO 10077-1“, uživatel bude přenesen do této záložky v případě, že klikne na znak s hypertextovým odkazem, nebo do záložky „POMŮCKY“, kde jsou vysvětlivky uvedeny.

Podíl neprůsvitných částí k celkové ploše: Zde je proveden podíl prosklené části k plné části a je zde tedy zobrazen procentuálně kolik procent je rám konstrukce výplně otvoru.

U_w – součinitel prostupu tepla výplně otvoru [W/m²K]: Hodnota je vypočtena vzorcem, který je zobrazen na začátku listu a je převzat z normy.

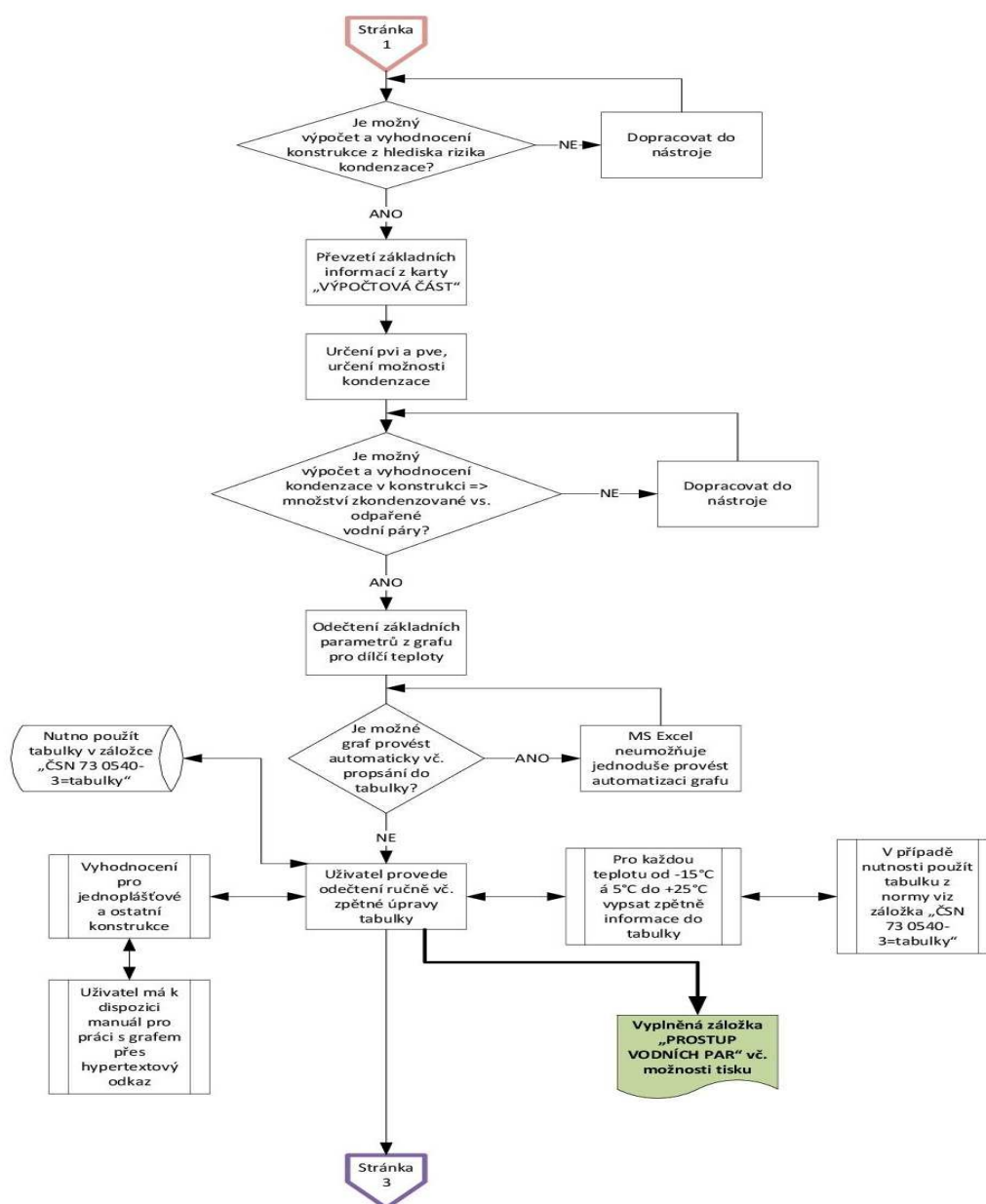
Pod hodnotou U_w , která je zvýrazněna se nachází tabulka [W/m²K]: tato tabulka obsahuje vyhodnocení konstrukce dle toho, jakou si uživatel zvolí konstrukci na začátku listu. Jsou zde uvedeny hodnoty od požadovaných, až po pasivní hodnoty z normy. V případě, že konstrukce vyhoví, je ve sloupci „VYHOVÍ/NEVYHOVÍ“ pole buď zezelenalé, nebo v případě, že konstrukce na některou hodnotu z normy nevyhoví, pak se pole začervení a text se upraví jako „NEVYHOVUJE“.

Grafické znázornění výsledku součinitele prostupu tepla výplně otvoru: Na 6. straně je zobrazen graf, který odkazuje na tabulku a znázorňuje výsledky a vyhodnocení celé konstrukce výplně otvoru.

c) **Zadávání na kartě „PROSTUP VODNÍCH PAR“**

Informace na 1. listu záložky jsou přenesené ze záložky „VÝPOČTOVÁ ČÁST“, kde se veškeré informace o materiálu duplikují. Uživatel tuto část nemá možnost editovat.

Na 2. stránce záložky pokračuje tabulka, která opět částečně obsahuje hodnoty z listu 1 stejné záložky, případně jsou zde provedeny skryté výpočty, do kterých uživatel nemá možnost zasahovat. Výpočty vygenerují důležité parametry, které se používají v dalších částech výpočtu.



Obrázek 64: Vývojový diagram 3–2.část – Práce na záložce „PROSTUP VODNÍCH PAR“ [vlastní]

Částečný tlak vodní páry ve hmotných vrstvách konstrukce p_{vi} a p_{ve} [Pa]: Částečně se jedná o uzavřený výpočet, který se stanoví dle uvedených vzorců pro správné určení p_{vi} a p_{ve} [Pa] je nutné znát hodnoty teplot uvnitř objektu tedy Θ_{ai} [°C]. Tato hodnota je přenesena z karty „**ZADÁNÍ, POPIS**“ tím dochází k automatizaci zadání. Hodnota θ_e [°C] je odkázána na 3. stránku této záložky (v nástroji), avšak hodnota je provázána se záložkou „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“, kde se mění hodnoty na 1. stránce manuálně a to po 5 °C tak, aby hodnoty mohly být manuálně dopsány do tabulky, která je zobrazena na 3. listě aktuální záložky (v nástroji).

Tabulková část na 3. listě záložky:

- V 1. řádku jsou patrné označení veličin,
- ve 2. řádku je θ_x [°C] odkázáno na záložku „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ 4. stránka, kde v tabulce je každá jednotlivá vrstva rozčleněna na $\frac{1}{4}$ a tím tedy i hodnoty teplot v jednotlivých vrstvách.
- Stejný případ je na 3. řádku tabulky s označením tl. [m], kde jsou opět provázány hodnoty se záložkou „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ a to opět po $\frac{1}{4}$ každé vrstvy.
- V řádku č. 4 tabulky je uváděna hodnota $p_{v,sat}$ [Pa], která je dána vzorcem a zohledňuje vždy příslušnou hodnotu θ_x [°C] z druhého řádku.
- Na řádku č. 5 je uvedena hodnota p_{vi} [Pa], která je brána z 2. listu záložky.
- Na řádku č. 6 je zobrazena hodnota p_{vx} [Pa], která obsahuje vzorec, který odkazuje nejen na hodnotu p_{vi} [Pa], ale také na kartu „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ tedy hodnotu Z_{px} [m/s] každé dílčí vrstvy a také δ_n [s], dále také na hodnotu p_{ve} [Pa].
- Na 7. řádku je určena kondenzace, tedy potenciál, zda v této vrstvě již může docházet ke kondenzaci, v případě, že dochází ve vrstvě ke kondenzaci je zde uvedeno slovní vyjádření „ANO“ a buňka zmodrá. V případě že nedochází ke kondenzaci, poté je zde hodnota „NE“ a ve vrstvě ke kondenzaci nedochází. Jedná se však jen o předběžné riziko vzniku kondenzace.

Jelikož je tabulka rozsáhlá, a to na základě toho, že je každá vrstva rozložena na čtvrtiny tak je tabulka zopakována na 3. stránce 3x vždy pro každou dílčí čtvrtinu vrstvy (v nástroji). Tabulky se liší jen v uvedených hodnotách p_{vi} a p_{ve} [Pa].

Pro hodnoty venkovní = -17

Bod x	θ_{ai}	θ_{si}	$\theta_{i,1(1/4)}$	$\theta_{i,1(2/4)}$	$\theta_{i,1(3/4)}$	$\theta_{1,2}$	$\theta_{1,2(1/4)}$	$\theta_{1,2(2/4)}$	$\theta_{1,2(3/4)}$	$\theta_{2,3}$	$\theta_{2,3(1/4)}$	$\theta_{2,3(2/4)}$	$\theta_{2,3(3/4)}$	$\theta_{3,4}$
θ_x (°C)	22,0	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	20,6	19,9	19,2	18,5	8,1	-2,3	-12,7	-23,2
tl. (m)	0,000	0,000	0,001	0,003	0,004	0,005	0,130	0,255	0,380	0,505	0,580	0,655	0,730	0,805
$p_{v,sat}$ (Pa)	2642,4	2528,4	2527,3	2526,2	2525,1	2524,1	2418,7	2317,2	2219,4	2125,3	1077,2	502,6	202,6	75,5
p_{vi}	1585													
p_{vx}	0	1583	1579	1576	1573	1570	1394	1218	1042	866	665	465	264	64
Kondenza	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	AND	NE

Obrázek 65: Ukázka tabulky na 3. stránce (v nástroji) [vlastní]

Roční bilanci z kondenzované a vypařitelné vodní páry: Tabulka na 4. stránce (v nástroji) znázorňuje postup k určení roční bilance z kondenzované a vypařitelné vodní páry. Tato tabulka je částečně automatizována, částečně je ale nutná její úprava ručně. Je doporučeno, aby se uživatel seznámil se všemi potřebnými hodnotami, každý řádek má u jedné buňky vložen komentář, který popisuje buňku tedy to, co se v ní zadává. Hodnoty jsou závislé na výpočtové hodnotě vnějšího vzduchu, který je zadán pro hodnoty od -15 °C á 5 °C do +25 °C.

Zjednodušeně se jedná o:

- 1. řádek => relativní vlhkost, teplota interiéru a exteriéru, hodnoty převzaty z dříve zadávaných hodnot
- 2. a 3. řádek => popis veličin, jednotek, vztahů, norem, Výpočtová hodnota vnějšího vzduchu.
- 4. řádek => označen jako 1 => $P_{v,sat,e}$ [Pa] je provedeno pomocí vloženého vzorce, avšak hodnotu je možné převzít/kontrolovat dle tabulky K. 2 normy ČSN 73 0540-3.
- 5. řádek => označen jako 2 => φ_e [%] je určeno vzorcem, ale je možné určit také dle normy, tabulka z normy však není součástí návrhového nástroje
- 6. řádek => označen jako 3 => $P_{v,e}$, [Pa] hodnota je určena opět vzorcem
- 7. řádek => označen jako 4 => θ_{ai} [°C] hodnota provázána se záložkou "ZADÁNÍ, POPIS"

- 8. řádek => označen jako 5 => $P_{v,sat,i}$ [Pa] hodnota určena vzorcem
- 9. řádek => označen jako 6 => φ_i [%] hodnota provázána se záložkou "ZADÁNÍ, POPIS"
- 10. řádek => označen jako 7 => $P_{v,i}$ [Pa] výpočet dle uvedeného vzorce
- 11. řádek => označen jako 8 => $P_{,sat, A}$ [Pa] výpočet není možné provést pomocí vzorce, tuto hodnotu je nutné ručně odečíst z grafu, jakým způsobem bude popsáno níže v odstavci „práce s grafem“.
- 12. řádek => označen jako 9 => $P_{v,i} - P_{,sat,A}$ [Pa] hodnota dle uvedeného vzorce
- 13. řádek => označen jako 10 => $Z_{pA} \cdot 10^{-9}$ [m/s] nutno odečíst z grafu a je nutné dbát na správné jednotky.
- 14. řádek => označen jako 11 => $g_A \cdot 10^9$ [kg/m²s] výpočet proveden vzorcem
- 15. řádek => označen jako 12 => $P_{,sat, B}$ [Pa] výpočet není možné provést pomocí vzorce, tuto hodnotu je nutné ručně odečíst z grafu, jakým způsobem bude popsáno níže v odstavci „práce s grafem“.
- 16. řádek => označen jako 13 => $P_{sat,B} - P_e$ [Pa] hodnota určena dle vzorce
- 17. řádek => označen jako 14 => $Z_{pB} \cdot 10^{-9}$ [m/s] nutno odečíst z grafu a je nutné dbát na správné jednotky.
- 18. řádek => označen jako 15 => $g_B \cdot 10^9$ [kg/m²s] vzorec je proveden automaticky a znázorňuje podíl mezi řádkem 13 a 14
- 19. řádek => označen jako 16 => $\Delta g = g_A - g_B$ [kg/m²s] určeno vzorcem
- 20. řádek => označen jako 17 => $t_e \cdot 10^{-3}$ [s] hodnotu je nutné odečíst z tabulky H. 4 normy ČSN 73 0540-3 kliknutím na hypertextový odkaz,
- 21. řádek => označen jako 18 => $(g_A - g_B) \cdot t_e$ [kg/m²s] vzorec je proveden automaticky z předchozích řádků

- 22. řádek => označen jako 19 => $M_{c,a}$ [kg/m²/rok] jedná se o součet hodnot z řádku č. 18 a to pouze kladných hodnot
- 23. řádek => označen jako 20 => $M_{ev,a}$ [kg/m²/rok] jedná se o součet hodnot z řádku č. 18 a to pouze záporných hodnot

Rel. Vlhkost inter		60	%	Ti	22	°C	Exteriér	-17	°C			
Veličina	Jednotky	Vztah	Výpočtová hodnota vnějšího vzduchu									
		norma	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	
1	P _{v,sat,e}	[Pa]	Tab. K2	165	259	401	611	872	1227	1704	2337	3166
2	φ _e	[%]	Tab. H4	84	83	82	81	79	76	73	67	58
3	P _{v,e}	[Pa]	73 0540-4	138,3	215,4	328,7	491,5	686,0	935,5	1240,0	1576,9	1851,1
4	θ _{ai}	[°C]	θ _i + Δθ _{ai}	22	22	22	22	22	22	22	22	22
5	P _{v,sat,i}	[Pa]	Tab. K2	2642	2642	2642	2642	2642	2642	2642	2642	2642
6	φ _i	[%]	Tab. I1	60	60	60	60	60	60	60	60	60
7	P _{v,i}	[Pa]	(φ _i /100)/p _{v,sat,i}	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45	1585,45
8	P _{sat,A}	[Pa]	z grafu	423,5	474,9	472,45	670,59	923,75	1020,64	1268,7	1544,3	1767,4
9	P _{v,i} - P _{sat,A}	[Pa]	P _{v,i} - P _{sat,A}	1161,95	1110,55	1113,00	914,86	661,70	564,81	316,75	41,15	-181,95
10	ZpA . 10 ⁹	[m/s]	z grafu	27,2	30,16	30,95	31,37	32,11	32,11	32,11	32,11	32,11
11	gA . 10 ⁹	[kg/m ² s]	9/10	42,72	36,82	35,96	29,16	20,61	17,59	9,86	1,28	-5,67
12	P _{sat,B}	[Pa]	z grafu	218,2	299,6	449,06	658,06	925,75	1020,64	1268,7	1544,3	1767,4
13	P _{sat,B} - P _e	[Pa]	P _{sat,B} - P _e	79,9	84,2	120,4	166,6	239,8	85,1	28,7	-32,6	-83,7
14	ZpB . 10 ⁹	[m/s]	z grafu	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
15	gB . 10 ⁹	[kg/m ² s]	13/14	9,86	10,40	14,86	20,56	29,60	10,51	3,54	-4,02	-10,33
16	Δg=gA-gB	[kg/m ² s]	gA-gB	32,86	26,42	21,10	8,60	-8,99	7,08	6,33	-2,74	-16,00
17	te . 10 ⁻³	[s]	tab.H4	604,80	993,6	2592	5572,8	5788,8	5616	5832	4104	432
18	Ma=(gA-gB) . te	[kg/m ²]	16x17	0,0199	0,0263	0,0547	0,0479	-0,0521	0,0398	0,0369	-0,0112	-0,0069
19	M _{c,a}	[kg/m ² a]	Σ řádku 18 kladných	0,2254			Množství zkondenzované množství vodní páry					
20	M _{ev,a}	[kg/m ² a]	Σ řádku 18 záporných	-0,070			Množství odpařené množství vodní páry					

Obrázek 66: Zadávání v tabulce pro výpočet kondenzace [vlastní]

Vyhodnocení:

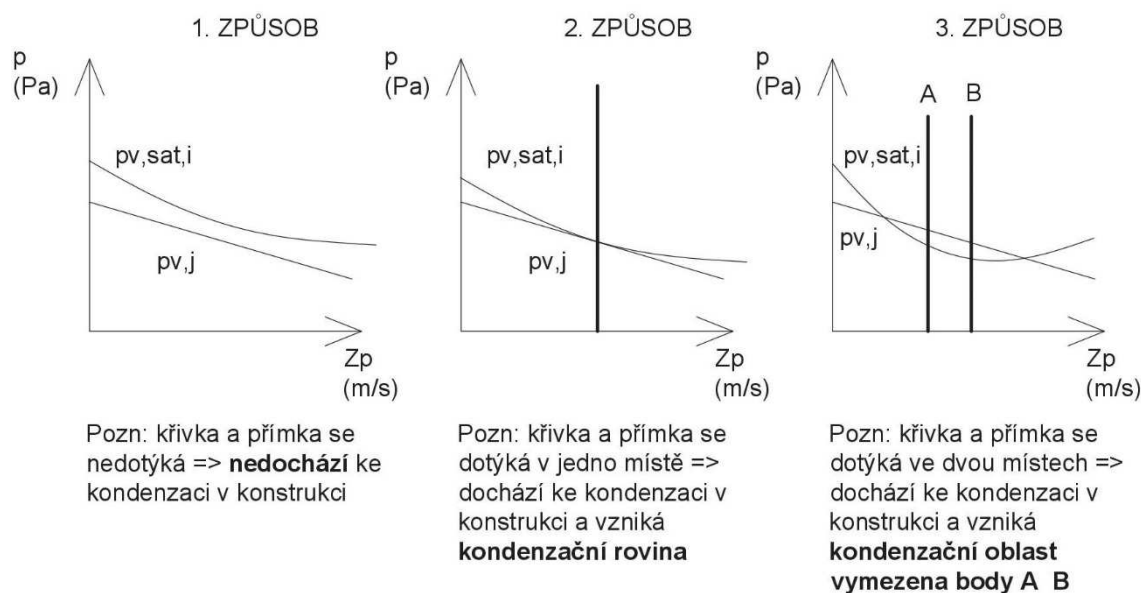
- $M_{c,a}$ [kg/m².rok] => roční množství zkondenzované vodní páry
 $M_{c,a}$ [kg/m².rok] je součtem kladných hodnot řádku 18 určených pro teploty venkovního vzduchu θ_e -15 °C až +25 °C čl. D. 4.2 ČSN 73 0540-4:2005. [59]
- $M_{ev,a}$ [kg/m².rok] => roční množství vypařitelné vodní páry
 $M_{ev,a}$ [kg/m².rok] je součtem záporných hodnot Ma [kg/m².rok] určených pro teploty venkovního vzduchu θ_e -15 °C až +25 °C čl. D. 4.2 ČSN 73 0540-4: 2005. [59]
- V případě, že některá z hodnot nevyhoví, pak je pole začervenané s názvem „NEVYHOVÍ“ v opačném případě pole zezelená a propíše se „VYHOVÍ“. U vyhodnocení je nejvíce důležité vybrat správnou konstrukci a to buď:

- Jednoplášťová:
 - pro jednoplášťovou střechu a konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, pro konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, nebo pro konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami hodnota = $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$, nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3 , pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg/m}^3$ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti.
- Ostatní konstrukce
 - $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot), nebo;

Graf je propojen s tabulkou, která je na stránce 4 stejné záložky. Jedná se o problematiku kondenzace v konstrukci. Jsou zde uvedeny 2 grafy, jeden je v závislosti na tloušťkách jednotlivých vrstev, 2. graf je v závislosti na difúzním odporu konstrukce. Může dojít k 3 způsobům výsledků jednotlivých grafů.

- V 1. způsobu nedochází v konstrukci vůbec ke kondenzaci tím je splněna podmínka dle normy ČSN 73 0540-2:2011, ČL. 6.1 a 6.2. [57]
- V 2. způsobu dochází ke kondenzaci v určité vrstvě tedy v určitém místě, a to tehdy když se křivky dotýkají právě v jednom bodě, resp. rovině. V tomto případě dochází ke kondenzaci a je nutné vyhodnotit další informace o konstrukci.
- V 3. způsobu dochází ke kondenzaci v určité oblasti, tedy oblast je vymezena dvojicí bodů. Tato oblast je určena tečnami z bodů p_{vi} [Pa] a p_{ve} [Pa]. Tyto tečny je nutné v grafu provést manuálně (ručně) tak, aby vždy každá z tečen začínala v bodech p_{vi} a p_{ve} a následně končila jako tečna ke křivce $p_{v,sat}$ [Pa]. Tyto body tečen vymeží oblast ze strany A a ze strany B, tím bude určena celá kondenzace a z grafu můžeme vyčíst, v jakých vrstvách bude

docházet ke kondenzaci. U tohoto způsobu je nutné opět posoudit několik základních požadavků na konstrukci, ve které dochází ke kondenzaci.



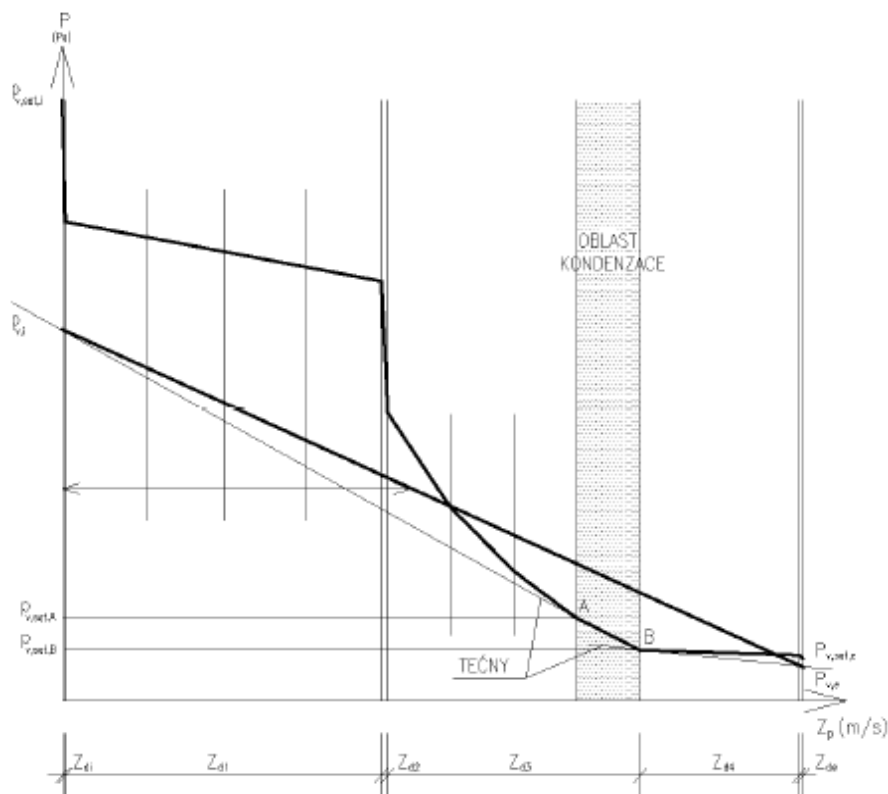
Obrázek 67: Průběhy částečných tlaků vodní páry v konstrukcích [vlastní], [94]

Požadavky, které musí být splněny v případě, že dochází ke kondenzaci.

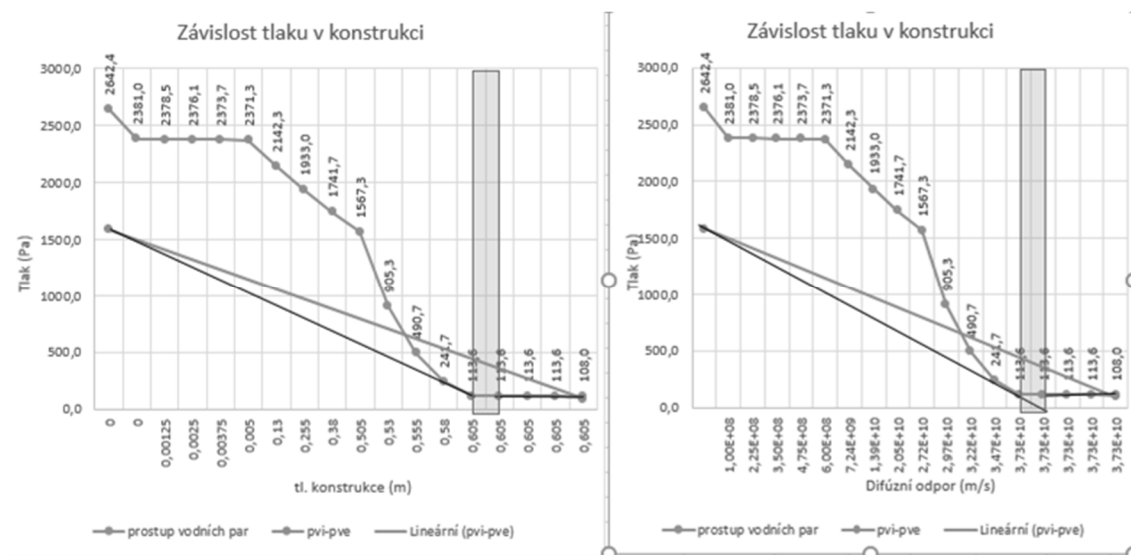
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Zkondenzované množství vodní páry za rok musí být nižší než roční odpažené množství vodní páry.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$] musí být nižší než:
 - a. $0,5 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$, nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot), nebo;
 - b. pro jednovrstevnou střechu a konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, pro konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, nebo pro konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami hodnota = $0,1 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$, nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$, pro materiál s

objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg/m}^3$ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti.

- Níže je uveden příklad výsledku 3. způsobu s názornou ukázkou tečen a vymezení oblasti kondenzace:



Obrázek 68: Názorná ukáзка vzniku oblasti kondenzace [62]

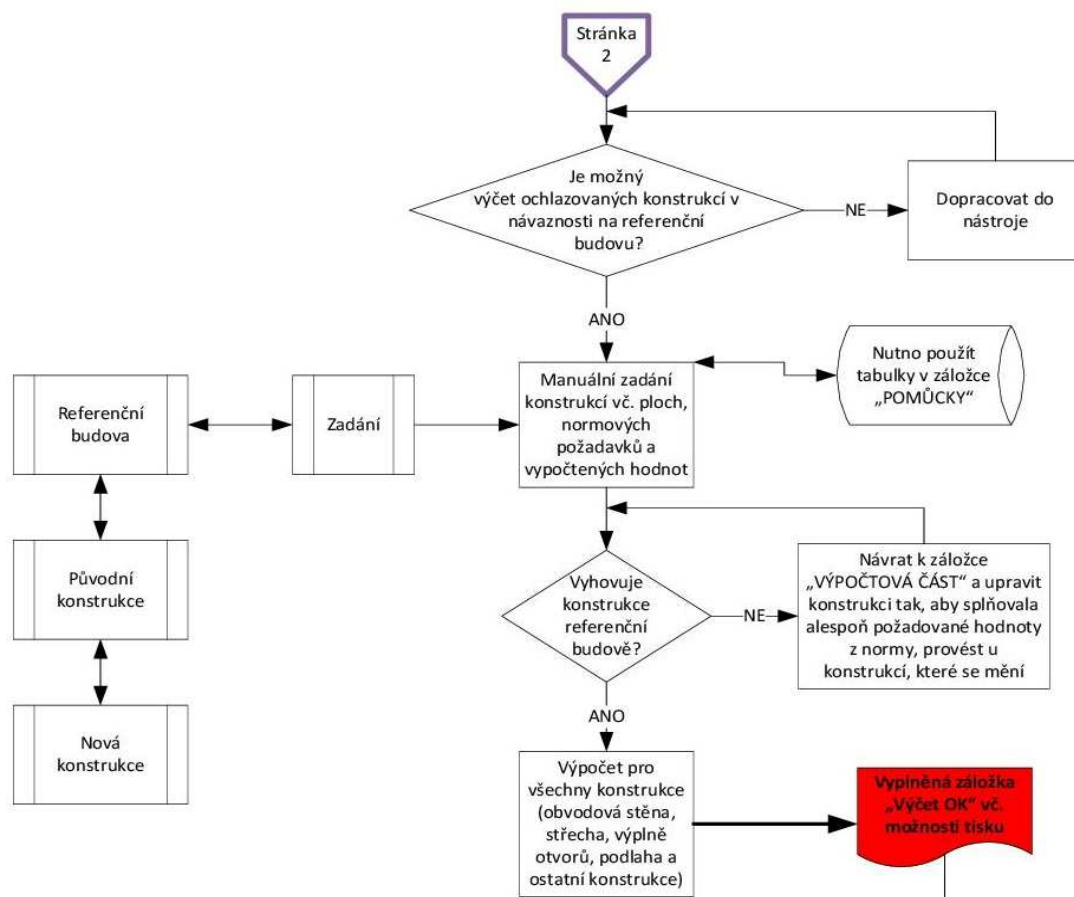


Obrázek 69: Názorná ukáзка vzniku oblasti kondenzace, černě znázorněny ručně doplněné tečny, modrý obdélník, ručně vytvořený, vymezuje oblast prostupu vodních par [vlastní]

V grafu tedy ručně dopracujeme a vymezíme kondenzační rovinu, případně kondenzační oblast a je nutné se navrátit k tabulce na 4. stránce. V této tabulce je nutné doplnit několik údajů z grafu a to konkrétně 8. řádek, 10. řádek 12. řádek a 14 řádek. Čísla, které je nutno odečíst z grafu a editovatelné buňky s čísly jsou určeny barevně. Každá kondenzační rovina bude jiná pro venkovní hodnotu θ_e [°C], je tedy nutné vždy na záložce „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ na 1. stránce změnit tuto hodnotu, která je předpřipravená k editaci a má definovaný seznam. Úpravou tedy dojde k opětovné změně grafu a je tedy nutné opět upravit kondenzační zónu včetně tečen, a to pro všechny hodnoty (-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15 °C), které je nutné vyčíst z grafu. Tyto hodnoty poté zapsat do tabulky pro určenou teplotu. Tím dojde k okamžitému přepočítání Množství zkondenzované vodní páry, a tedy i odpažené množství vodní páry. Jedná se o ruční určení kondenzace, resp. graficko-početní metodu.

d) Zadávání na kartě „Výčet OK“

Na této kartě se zadávají „**Charakteristika ochlazovaných konstrukcí obálky budovy**“. Tabulek je celkem 5. Všechny tabulky pracují na stejném nebo podobném principu. Detailně je popsána tabulka 1. tj. „**OBVODOVÁ STĚNA**“. Stejný výsledek je pro sumy ploch, sumy H_T [W/K] pro původní i pro novou konstrukci.



Obrázek 70: Vývojový diagram 3–3. část – Práce na záložce „Výčet OK“ [vlastní]

1. Tabulka: „OBVODOVÁ STĚNA“

Tabulka je rozdělena na několik dílčích částí, opět je nutné sledovat také barevné značení jednotlivých buněk, toto značení určuje, zda je nutné buňky doplnit vlastním zadáním, případně, jestli jsou buňky automaticky počítány. V případě také jestli jsou splněny požadavky. Požadavky, pokud jsou splněny, značí se slovně „ANO“ a buňka se zeleně podbarví, v případě nesplnění „NE“ a buňka zároveň zčervená.

- Část „**ZADÁNÍ**“: Zde je označení, popis a plocha obálky budovy v m². Tyto části zadává uživatel podle velikosti objektu. V tomto případě je nutné obálku zadávat bez velikostí výplní otvorů (oken, dveří).

ZADÁNÍ		
Ozn	Popis	Plocha obálky budovy $A_b(m^2)$
1	Obv. stěna 1	200
2	Obv. stěna 2	200
3	Obv. stěna 3	200
4	Obv. stěna 4	200
Součet		800

Obrázek 71: Část „ZADÁNÍ“ [vlastní]

- Část „REFERENČNÍ BUDOVA“: Obsahuje dílčí parametry pro tzv. referenční budovu, tj. budova stejných rozměrů s parametry požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla pro danou konstrukci.
 - **Teplotní redukční činitel b_j [-]**: tato buňka je editovatelná podle druhu konstrukce, buňky obsahují možnost výběru, výběr je dle ČSN 730540-3, TAB. F. 2 v případě, že uživatel nezná, jaké parametry se zde zadávají, je možné kliknout na název, kde je hypertextový odkaz, zde bude uživatel přenesen do záložky „ČSN 73 0540-3=tabulky“, kde se mu zobrazí celá tabulka a uživatel se rozhodne, kterou hodnotu převezme. [58]
 - **Referenční hodnota $U_{N,rc,j}$ [W/m^2K]**: tato buňka obsahuje propojení s vybranou hodnotou požadovaného součinitele prostupu tepla. Buňka je propojená, proto není editovatelná.
 - **Požadovaná hodnota $U_{em,N,20}$ [W/m^2K]**: Jedná se o automaticky vypočítaný průměrný součinitel prostupu tepla pro referenční budovu, buňka obsahuje výpočet tzn. je uzamčena.

- **Doporučená hodnota $U_{em,rec}$ [W/m^2K]:** Jedná se o automaticky vypočtený parametr, buňka je uzamčena.

REFERENČNÍ BUDOVA			
Teplotní redukční činitel b_{ref} [referenční]	hodnota $U_{N,rc,i}$ [W/m^2K]	Požad. hodnota $U_{e,m,K20}$ [W/m^2K]	Dopor. hodnota $U_{e,m,rec}$ [W/m^2K]
1	0,3	0,30	0,22
1	0,3		
1	0,3		
1	0,3		

Obrázek 72: Část „REFERENČNÍ BUDOVA“ [vlastní]

- Část „**PŮVODNÍ KONSTRUKCE**“: Obsahuje dílčí parametry pro původní konstrukci zdiva, tedy stávající stav vlastností jednotlivých konstrukcí. U původní konstrukce většinou vždy konstrukce nevyhoví, tedy nebude většinou parametr nikdy splněn tzn. skoro vždy zde bude „NE“ s červeným podbarvením buňky.
 - **Součinitel prostupu tepla - vypočtený původní bez zateplení U [W/m^2K]:** Jedná se o otevřenou buňku, kde uživatel přenáší původní konstrukci, tj. v záložce „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ uživatel spočítá součinitel prostupu tepla pro původní konstrukci, která je nyní na stavbě a poté opíše tento dílčí výsledek do této buňky, je vhodné, aby si tuto vypočtenou konstrukci uložil tak, aby bylo možné se k výpočtu vrátit a případně parametry upravit, ideální je pro jednu konstrukci okamžitě provést také výpočet se zateplením, resp. s úpravou konstrukce. Všechny výpočty je důležité uchovat pro pozdější případnou editaci, a to buď uložením celého sešitu pod různými názvy, nebo vytištěním do PDF. Poté, jakmile uživatel hodnotu opíše, je možné pokrčovat v dalším zadání.

- **měrná ztráta prostupem tepla H_T původní bez zateplení [W/K]:** Jedná se o automatický výpočet ze zadaných parametrů. Základní vzorec je $H_T=A*U*b_j$. [W/K] Opět se jedná o velice důležitý parametr, který tedy závisí na ploše, součiniteli prostupu tepla a na teplotním redukčním činiteli b_j [-]. Buňka není editovatelná.
- **Požadovaná hodnota $U_{em,N,20}$ [W/m²K]:** Jedná se o automaticky vypočítaný průměrný součinitel prostupu tepla pro referenční budovu, buňka obsahuje výpočet, tzn. je uzamčena.
- **Doporučená hodnota $U_{em,rec}$ [W/m²K]:** Jedná se o automaticky vypočtený parametr, buňka je uzamčena.

PŮVODNÍ KONSTRUKCE				
Součinitel prostupu tepla - vypočtený původní bez zateplení U (W/(m ² K))	měrná ztráta prostupem tepla H_T původní bez zateplení (W/K)	Splněno (ANO/NE)	Požad. hodnota $U_{em,N,20}$ (W/m ² K)	Dopor. hodnota $U_{em,rec}$ (W/m ² K)
1,8	360,0	NE	1,80	1,35
1,8	360,0	NE		
1,8	360,0	NE		
1,8	360,0	NE		
1440				

Obrázek 73: Část „PŮVODNÍ KONSTRUKCE“ [vlastní]

- Část „**NOVÁ KONSTRUKCE**“: Obsahuje dílčí parametry pro nově navrženou konstrukci, resp. základ je původní konstrukce (stávající konstrukce stěny, střešního pláště apod.), která se nějakým způsobem upravuje, tedy buď zatepluje, nebo například u výplní otvorů se mění původní výplň za novou.
 - **Součinitel prostupu tepla – vypočtený se zateplením U [W/m²K]:** Jedná se o otevřenou buňku, kde uživatel přenáší původní konstrukci s doplněnými úpravami, tj. v záložce „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“ uživatel spočítá součinitel prostupu tepla pro původní konstrukci + přidá zateplení, nebo další

vrstvy, které zlepšují parametry konstrukce. Poté opíše tento dílčí výsledek do této buňky, je vhodné, aby si tuto vypočtenou konstrukci uložil tak, aby bylo možné se k výpočtu vrátit a případně parametry upravit, ideální je provést vytištění PDF. Poté, jakmile uživatel hodnotu opíše, je možné pokračovat v dalším zadání.

- **měrná ztráta prostupem tepla HT se zateplením [W/K]:** Jedná se o automatický výpočet ze zadaných parametrů. Základní vzorec je $H_T = A \cdot U \cdot b_j$. Opět se jedná o velice důležitý parametr, který tedy závisí na ploše, součiniteli prostupu tepla a na teplotním redukčním činiteli b_j . Buňka není editovatelná.
- **Požadovaná hodnota $U_{em,N,20}$ [W/m²K]:** Jedná se o automaticky vypočítaný průměrný součinitel prostupu tepla pro referenční budovu, buňka obsahuje výpočet tzn. je uzamčena.
- **Doporučená hodnota $U_{em,rec}$ [W/m²K]:** Jedná se o automaticky vypočtený parametr, buňka je uzamčena.

NOVÁ KONSTRUKCE				
Součinitel prostupu tepla - vypočtený se zateplením	měrná ztráta prostupem tepla HT se zateplením (W/K)	Splněno (ANO/NE)	Požad. hodnota $U_{em,N,20}$ (W/m ² K)	Dopor. hodnota $U_{em,rec}$ (W/m ² K)
0,26	52,0	ANO	0,26	0,19
0,26	52,0	ANO		
0,26	52,0	ANO		
0,26	52,0	ANO		
208				

Obrázek 74: Část „NOVÁ KONSTRUKCE“ [vlastní]

- Část „**NORMA** „**U**““: Obsahuje 2 základní parametry v podstatě se jedné o to, že uživatel musí manuálně zadat parametry součinitele prostupu tepla požadovaný a

doporučený dle normy. Tyto parametry jsou dobře vyhledatelné několika způsoby.

- 1) Již v záložce „**VÝPOČTOVÉ ČÁSTI**“ na listě 2 jsou pro vypočtenou konstrukci parametry zvoleny dle výběru konstrukce. Jsou to první dva parametry, které jsou převzaty z normy a je vhodné již buňky vyplňovat ručně.
- 2) V případě, že si uživatel není jist a chce se podívat na celou tabulku normy ČSN 73 0540-2. [58] Ta je tedy vypsána v záložce „**POMŮCKY**“. Buňky je tedy nutné doplnit manuálně, na kartu „**POMŮCKY**“ je možné přejít kliknutím na hypertextový odkaz v názvu buňky, a to ať pro požadovaný, tak pro doporučený součinitel prostupu tepla.

NORMA "U"	
Součinitel prostupu tepla požadovaný UN,20 (W/m ² K)	Součinitel prostupu tepla doporučený Urec,20 (W/m ² K)
0,3	0,25
0,3	0,25
0,3	0,25
0,3	0,25

Obrázek 75: Část „NORMA „U“ [vlastní]

2. Tabulka: „**STŘECHA**“

Tabulka obsahuje stejné dílčí popisy buněk a postup je stejný jako u tabulky 1.

3. Tabulka: „**PODLAHA**“

Tabulka obsahuje stejné dílčí popisy buněk a postup je stejný jako u tabulky 1. Je zde jen jedna změna, je potřeba věnovat pozornost součiniteli b_j [-], v případě, že uživatel není obeznámen s tímto teplotním redukčním činitelem, pak je nutné kliknout na hypertextový odkaz, kde bude uživatel přenesen k tabulce, kde jsou jednotlivá čísla vysvětlena.

4. Tabulka: „**VÝPLNĚ OTVORŮ**“

Tabulka obsahuje stejné dílčí popisy buněk a postup je stejný jako u tabulky 1. Je zde však hlavní rozdíl, a to v několika parametrech.

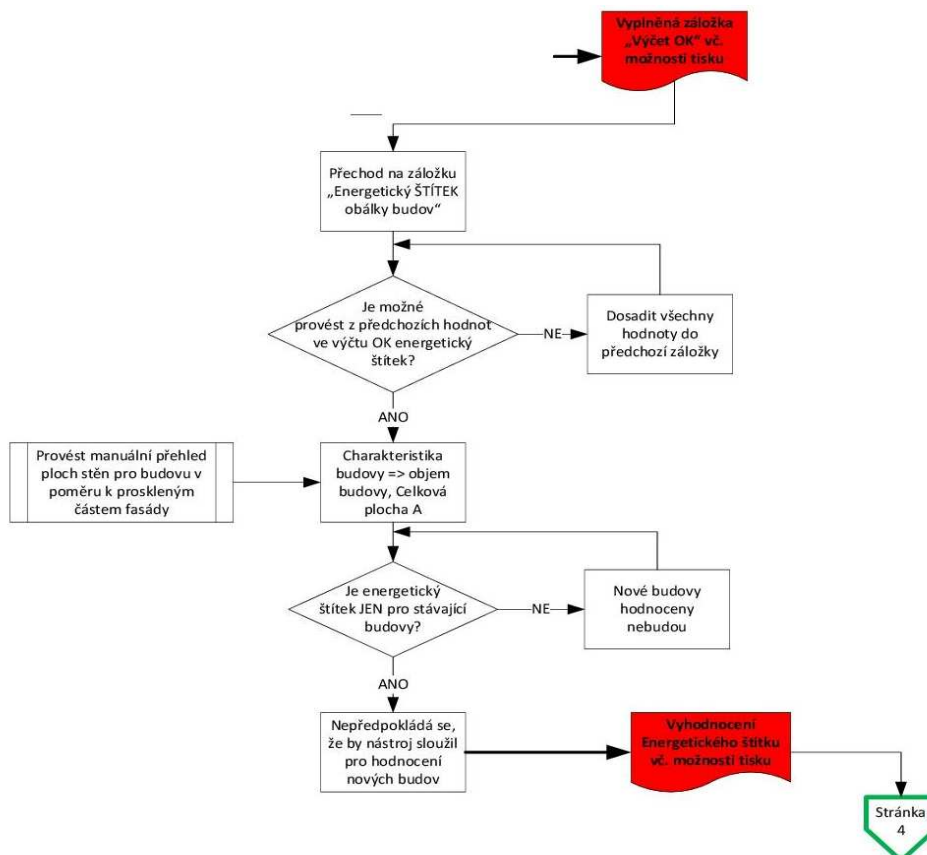
- Okna jsou rozdělena podle světových stran, je zde řádek pro vyplnění parametrů pro okna horizontálně, to jsou střešní okna/světlíky. Dále je tu řádek pro vnější dveře. Opět je nutné zadávat správné součinitele pro dveřní výplně.

5. Tabulka: „**OSTATNÍ KONSTRUKCE**“

Tabulka obsahuje stejné dílčí popisy buněk a postup je stejný jako u tabulky 1. V těchto ostatních konstrukcích jsou konstrukce, které nebylo možné vypsát do výše uvedených.

e) Zadávání na kartě „Energetický ŠTÍTEK obálky budov“

V první části je „přehled ploch obvodových stěn pro budovu“, a to s rozdělením na světové strany.



Obrázek 76: Vývojový diagram 3–4. část – Práce na záložce „Energetického štítku“ včetně možnosti tisku [vlastní]

Uživatel tedy vyplnění Celkovou plochu fasády [m²], poté celkovou plochu výplní otvorů [m²]. Poté se automaticky spočte procentuálně plocha stěn po odečtení výplní otvorů, a to samé v další části se vypočte podíl plochy výplní otvorů na celkovou fasádu.

Součty, tedy kolonka celkem je automaticky počítána ze zadaných parametrů.

V další tabulce „**Charakteristika budovy**“ jsou dílčí parametry:

- **Objem budovy V [m³]** - vnější objem vytápěné části budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy:
 - Zde se zadává hodnota ručně a je potřeba aby uživatel určil objem zadávané budovy.
- **Celková plocha A [m²]** - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy:
 - Jedná se o součet vnějších ochlazovaných konstrukcí a opět je nutné případný výpočet provést ručně, případně je zde proveden výpočet automaticky přenesen ze záložky „**Výpočet OK**“.
 - Čím je tato plocha vyšší, tím větší jsou tepelné ztráty budovy a naopak. Proto se snažíme tuto plochu mít již při návrhu co nejnižší.
- **Objemový faktor tvaru budovy A/V [m²/m³]:** Je poměr výše uvedených parametrů budovy. Tento faktor by měl být co nejnižší. Faktor je velmi důležitý, používá se v dalších výpočtech
- **Převažující vnitřní teplota v otopném období:** Tato buňka není editovatelná, jedná se o přenesenou hodnotu z předchozích záložek.
- **Venkovní návrhová teplota v zimním období:** Tato buňka není editovatelná, jedná se o přenesenou hodnotu z předchozích záložek.

Přehled ploch obvodových stěn pro budovu				
Orientace	Celková plocha fasády [m ²]	Celková plocha výplní otvorů [m ²]	Plocha stěn po odečtení výplní otvorů [m ²]	Podíl ploch výplní otvorů [%]
S			0	0
Z			0	0
J			0	0
V			0	0
Celkem	0	0	0	0
Charakteristika budovy				
Objem budovy V - vnější objem vytápěné části budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy			12000	m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy			4600	m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V			0,38	m ² /m ³
Převažující vnitřní teplota v otopném období			22	°C
Venkovní návrhová teplota v zimním období			-17	°C

Obrázek 77: Ukázka tabulek [vlastní]

- **Výčet ochlazovaných konstrukcí viz záložka "Výčet OK":** Kliknutím na hypertextový odkaz přenesse uživatele na výše uvedenou záložku.
- **Typ budovy:** Zde je uživateli přednastaveno „Ostatní budovy“. Tabulka znázorňuje hodnoty jen pro „ostatní budovy“ tzn. je pouze pro stávající budovy, tj. není pro novostavby. Novostavby nejsou touto disertační prací řešeny a nejsou součástí návrhového nástroje.
- **Referenční budova:**
 - Zde je přednastaven výpočet plochy [m²], měrné ztráty H_T [W/K], tyto dva parametry jsou přeneseny ze záložky „Výčet OK“.
 - U_{em} [W/m²K] je vypočten poměrem H_T/A pro referenční budovu.
 - $U_{em,N,20}$ [W/m²K] - dle tabulky 5 je určeno pomocí tabulky, která je napravo od Referenční budovy a přímo s ní souvisí.
 - Tabulka 5 ČSN 73 0540-2: obsahuje několik důležitých parametrů. [57] Stanovená hodnota $U_{em,N,20}$ musí být menší než níže uvedené hodnoty pro A/V [m²/m³], pokud není menší, uvažuje se uvedená hodnota tedy:
 - $A/V \leq 0,2$ [m²/m³]: $U_{em,N,20} \leq 1,05$ [W/m²K]
 - $A/V > 1,0$ [m²/m³]: $U_{em,N,20} \leq 0,45$ [W/m²K]
 - pro ostatní hodnoty A/V : $U_{em,N,20} \leq 0,30 + 0,15 / (A/V)$ [W/m²K]

- $U_{em,N,20}$ [W/m²K] (do výpočtu) tedy v případě, že bude hodnota dle A/V [m²/m³] vyšší, než výše uvedené hodnoty (v závislosti na A/V), pak se upraví i tato hodnota.
- Dále je výpočet $U_{em,N,20}$ [W/m²K] - požadovaný, $U_{em,N}$ [W/m²K] je vypočten z $U_{em}+0,02$. Uživatel veškeré hodnoty zadával v záložce „Výčet OK“, zde se již zobrazují výsledky.
- $U_{em,N,20}$ [W/m²K] - doporučený je hodnota, $U_{em,N,20}$ - požadovaný*0,75. Tyto vzorce jsou určeny normou ČSN 73 0540-2. [57]

Výčet ochlazovaných konstrukcí viz záložka "Výčet OK"						
Typ budovy:	Ostatní budovy					
Referenční budova:	hodnota	jednotky	Tabulka 5 ČSN 73 0540-2			
Plocha A	4600,0	m ²	A/V≤0,2	$U_{em,N,20} \leq$	1,05	1,05
Měrná ztr. H_T	3424,5	W/K	A/V>1,0	$U_{em,N,20} \leq$	0,45	0,45
$U_{em} = H_T/A$	0,74	(W/(m ² K))	pro ostatní	$U_{em,N,20} \leq$	0,69	0,69
$U_{em,N,20}$ -dle tab 5	0,69	(W/(m ² K))				
$U_{em,N,20}$ (do výpočtu)	0,69	(W/(m ² K))				
$U_{em,N,20}$ -požadovaný, $U_{em,N}$	0,76	(W/(m ² K))				
$U_{em,N,20}$ -doporučený	0,57	(W/(m ² K))				
Stanovení prostupu tepla obálkou budovy						
Původní stav:	hodnota	jednotky	Nový stav:	hodnota	jednotky	
Plocha A	4600,0	m ²	Plocha A	4600,0	m ²	
Měrná ztr. HT	8162,1	W/K	Měrná ztr. HT	2238,0	W/K	
$U_{em} = H_T/A$	1,77	(W/(m ² K))	$U_{em} = H_T/A$	0,49	(W/(m ² K))	
$U_{em,N,20}$ -vypočítaný(požadovaný)	1,79	(W/(m ² K))	$U_{em,N,20}$ -	0,51	(W/(m ² K))	
$U_{em,rec}$ -vypočítaný(doporučený)	1,35	(W/(m ² K))	$U_{em,rec}$ -	0,38	(W/(m ² K))	
Klasifikační ukazatel CI	2,57			0,70		

Obrázek 78: Zadávání, výpočet pro referenční budovu, původní stav a nový stav“ [vlastní]

- **Stanovení prostupu tepla obálkou budovy:**
 - Pro **původní stav** a pro **nový stav** je postup stejný, avšak pro uživatele je zadání již v předchozí záložce „Výčet OK“, zde se již automaticky pomocí zadaných vzorců všechny veličiny počítají.
 - **Klasifikační ukazatel CI** pro zařazení do klasifikační třídy dle ČSN 73 0540-2 [57]: se stanoví podle vzorce $CI=U_{em}/U_{em,N}$
- **Vyhodnocení, Energetický štítek obálky budovy:**

Vyhodnocení, zda je budova hospodárná, nebo nehospodárná vyjadřuje tabulka, která je uvedena na obr. 21. Dle slovního

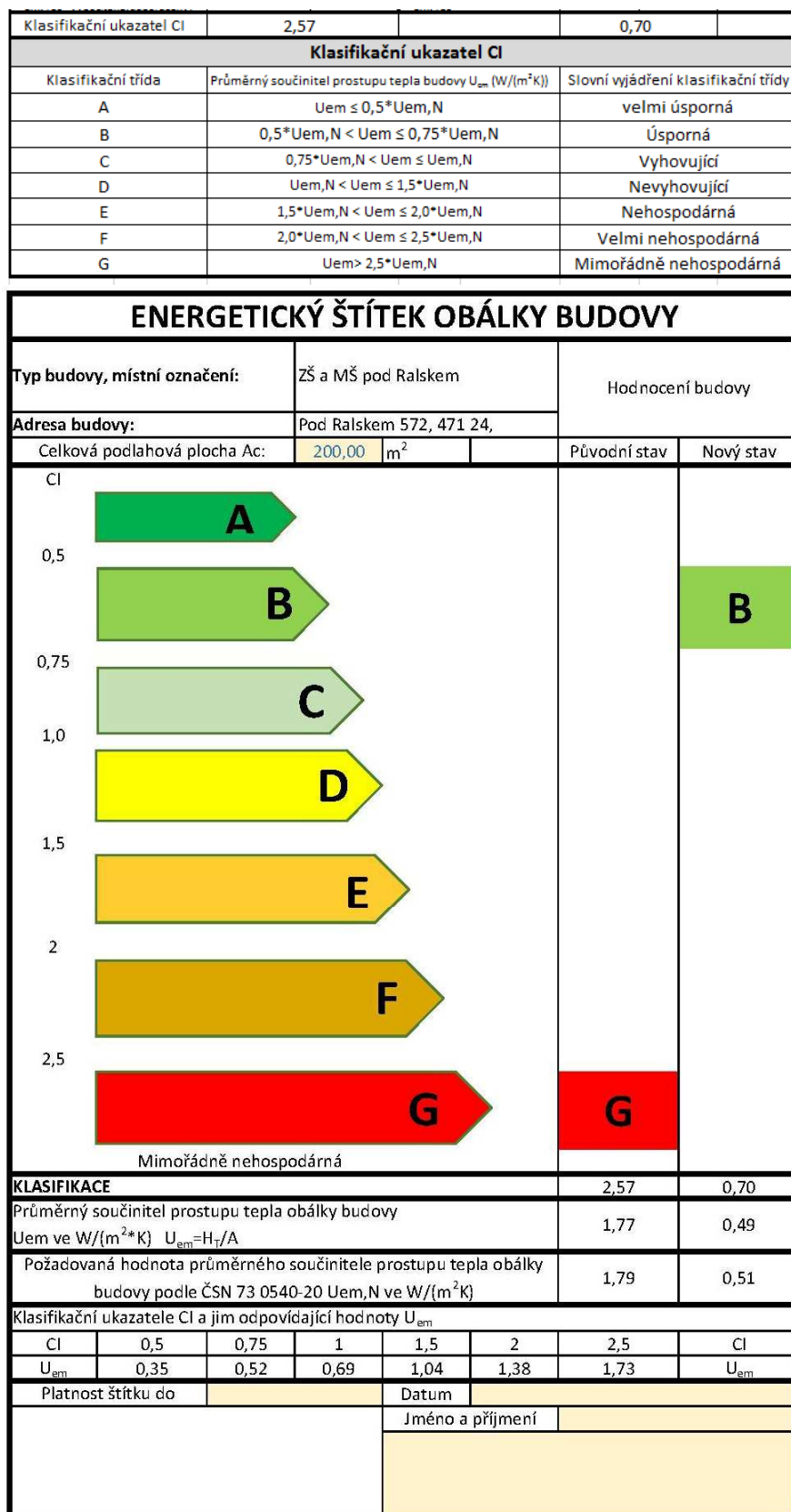
vyhodnocení, které je dle normy, je vyhovující nejhůře klasifikační třída C.

A-C=> budova vyhovuje, D-G => budova nevyhovuje.

Je nutné doplnit podlahovou plochu budovy A_c [m²]. Dále zpracovatel doplní platnost štítku, Datum a Jméno a příjmení.

Klasifikační ukazatel CI - pro původní stav			Klasifikační ukazatel CI - pro nový stav		
Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace stávající stav	Ukazatel CI (horní meze)	Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace stávající stav	Ukazatel CI (horní meze)
A	velmi úsporná	0,5	A	velmi úsporná	0,5
B	Úsporná	0,75	B	Úsporná	0,75
C	Vyhovující	1	C	Vyhovující	1
D	Nevyhovující	1,5	D	Nevyhovující	1,5
E	Nehospodárná	2	E	Nehospodárná	2
F	Velmi nehospodárná	2,5	F	Velmi	2,5
G	Mimořádně nehospodárná	2,5	G	Mimořádně nehospodárná	2,5
hodnota CI	2,57		hodnota CI	0,70	
hodnocení	Mimořádně nehospodárná		hodnocení	Úsporná	

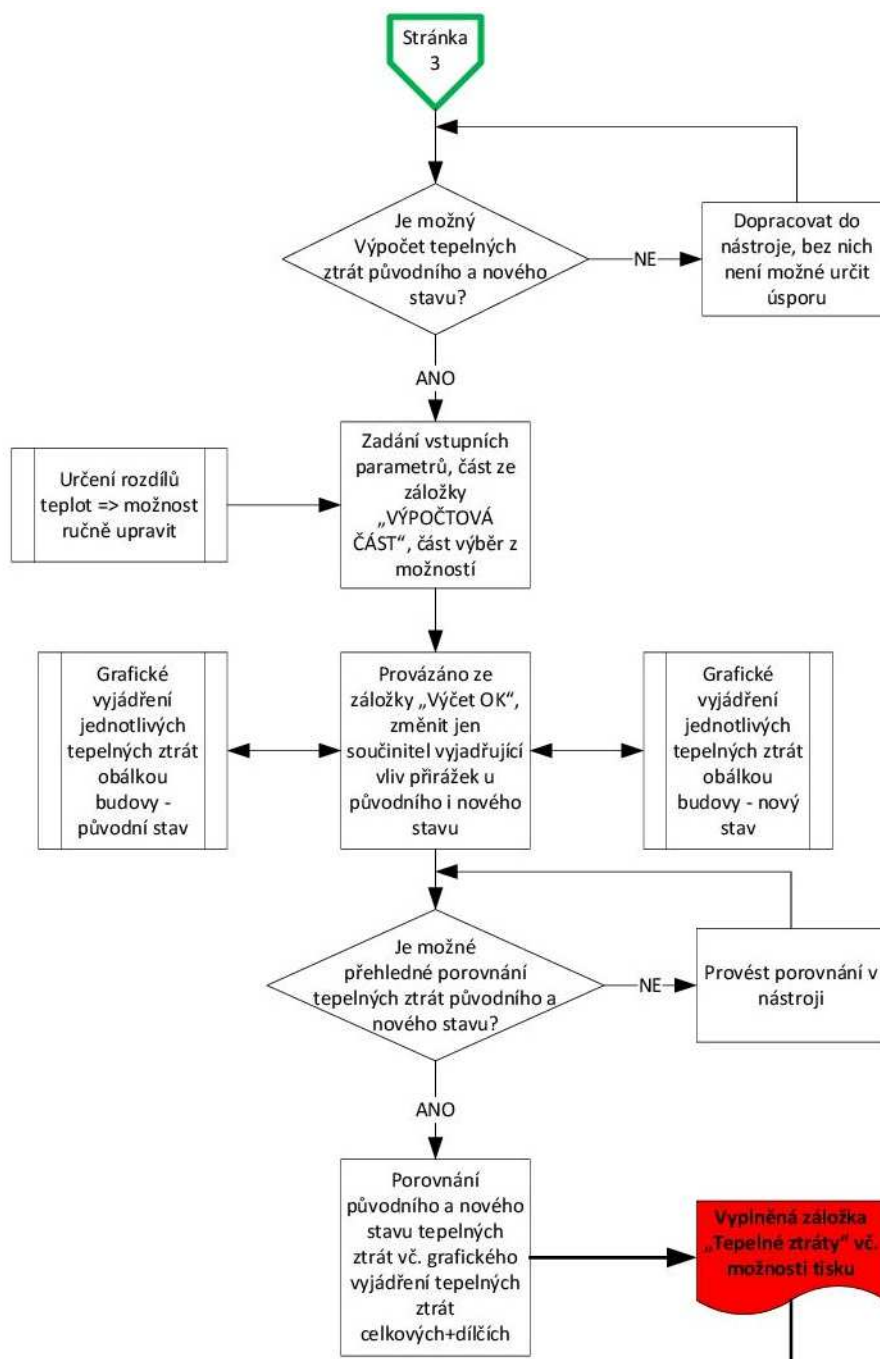
Obrázek 79: Určení klasifikačního ukazatele CI pro původní stav a nový stav [vlastní]



Obrázek 80: Energetický štítek obálky budovy [vlastní, zpracované dle ČSN a doplněné o klasifikační ukazatele]

f) **Zadávání na kartě „Tepelné ztráty“**

Tento velmi zjednodušený kalkulační vzorec slouží pro prvotní orientační vyhodnocení budovy z hlediska tepelných ztrát. Nástroj v této kartě slouží pro orientační výpočty a prvotní rozhodování. Energetické hodnocení nutné pro případné přesné hodnocené tepelných ztrát je potřebné zpracovat v programu tomu určenému.



Obrázek 81: Vývojový diagram 3–5. část – Práce na záložce „Tepelné ztráty“
[vlastní]

Záložka má 3 listy, zadání je pro uživatele v některých částí opět omezeno, a to hlavně z toho důvodu, že se různé části důležité k výpočtu přenáší z předchozího zadávání. Zde tedy uživatel zúročí většinu již zadaných konstrukcí, vstupních parametrů konstrukcí apod. blíže zadávání:

Vstupní parametry:

- **Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období, θ_e [°C] a φ_e [%]:** Tato položka je převzata ze záložky „**ZADÁNÍ,POPIS**“.
- **Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i [°C]:** Tato položka je převzata ze záložky „**ZADÁNÍ,POPIS**“.
- **Návrhová teplota zeminy v zimním období Θ_{gr} [°C]:** Zde má uživatel možnost kliknout na hypertextový odkaz, který ho přenese do záložky „**ČSN 73 0540-3=tabulky**“. [58] Tato položka tedy neslouží jen pro podlahovou konstrukci, ale také pro stěnu, která je pod úrovní terénu.
- **výběr střechy => teplota prostředí venkovní vs. podstřeší:** Uživatel má opět na výběr z několika parametrů, nejdříve musí provést výběr, zda se jedná o střešní konstrukci plochou, nebo šikmou. Tento výběr je velmi důležitý. Pokud bude vybrána plochá střecha, bude vepsána teplota, která je nadefinována pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období Θ_e [°C]. V případě, že vybere šikmou střechu, pak musí jeho další výběr zohlednit jaké je podstřeší, tzn. jestli se jedná o netěsnou krytinu, těsnou krytinu bez izolace, těsnou krytinu s izolací případně o vzduchovou mezeru u větrané dvouplášťové střechy. V tomto případě ještě závisí na teplotě exteriéru, vše je zohledněno při výběru a uživatel nemusí dále hodnotu vybírat. Kdyby však měl potřebu zkontrolovat, zda je výběr správný je možné kliknout na hypertextový odkaz.
- **Rozdíly teplot:** Pro uživatele je již tento výpočet přednastaven, avšak je možné ho editovat, a to hlavně v případě úprav u podlahových konstrukcí, které nemusí být přímo na zemině, ale mohou sousedit s nevytápěným prostorem.
 - $\Delta t_e = \theta_i - \theta_e$ [°C] => rozdíl interiéru a exteriéru, pozor výběr není v absolutních hodnotách.

- $\Delta t_p = \theta_i - \theta_{gr}$ [°C] => rozdíl teplot interiéru a teploty zeminy v zimním období.
- $\Delta t_s = \theta_i - \theta_s$ [°C] => rozdíl teplot interiéru a venkovní teploty u střechy.

Tepelné ztráty obálkovou metodou (předběžný výpočet)					
Vstupní parametry:			rozdily teplot		
Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období, θ_e (°C) a ϕ_e (%)	Bruntál	-17	$\Delta t_e = \theta_i - \theta_e$	37	°C
Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i (°C)	Učebny, kreslírny, rýsovny, kabinety, laboratoře, jídelny	20	$\Delta t_p = \theta_i - \theta_{gr}$	15	°C
Návrhová teplota zeminy v zimním období θ_{gr} (°C)	Pod podlahou	5	$\Delta t_s = \theta_i - \theta_s$	37	°C
výběr střechy=>teplota prostředí venkovní vs. podstřeší:	plochá střecha	-17			
	netěsná krytina				

Obrázek 82: Tabulka vstupních parametrů a její barevné značení. Modrý podtržený text značí odkaz, modrý text v oranžovém poli je editovatelný, růžová pole mají rolovací seznam [vlastní]

Tepelné ztráty pro původní stav i nový stav:

- **Plochy, součinitele prostupu tepla, měrná ztráta prostupem tepla původní bez úprav** => jedná se o parametry převzaty ze záložky „Výčet OK“.
- **Tepelná ztráta konstrukcí Q_z [kW]:** Jedná se o výpočet tzv. obálkovou metodou, tedy jedná se o násobení vždy:
Plocha x Součinitel prostupu tepla x Δt x součinitel přírážek + infilrací
 Tepelná ztráta je určena tedy vždy v kW (ve vzorci je převod z W na kW již proveden).
- **součinitel vyjadřující vliv přírážek a tepelné ztráty infilrací:** Tento součinitel je uživateli nabídnut rolovacím seznamem. Uživatel podle svého uvážení určí, jakou hodnotou by měla být dílčí tepelná ztráta přenásobena. Hodnota by měla být v intervalu mezi 1,65 ÷ 1,8. Pole je otevřeno a je tedy možné jej přepsat, pole nikdy nesmí zůstat nulové a hodnoty by nikdy neměly být mimo interval.
- **Tepelná ztráta obálkou budovy [kW]:** Jedná se o výsledek, který je dále zobrazovaná v porovnání. Jedná se o významný výsledek, proto je také barevně zvýrazněn.

Tepelné ztráty pro původní stav						
Hodnoty přeneseny ze záložky "Výčet OK"	Plocha kce	Součinitel prostupu tepla	měrná ztráta prostupem tepla původní bez úprav	Tepelná ztráta konstrukcí	Suma tepelných ztrát na konstrukce	Sjednocení názvů
POPIS/JEDNOTKY	S [m ²]	U [W/(m ² ·K)]	H _T [W/K]	Q _c (kW)	Q _c (kW)	-
Obv. stěna 1	200,0	1,80	360,0	21,98	87,91	STĚNY
Obv. stěna 2	200,0	1,80	360,0	21,98		
Obv. stěna 3	200,0	1,80	360,0	21,98		
Obv. stěna 4	200,0	1,80	360,0	21,98		
střecha 1	400,0	1,80	720,0	43,96	175,82	STŘECHY
střecha 2	400,0	1,80	720,0	43,96		
střecha 3	400,0	1,80	720,0	43,96		
střecha 4	400,0	1,80	720,0	43,96		
podlaha 1	150,0	1,80	153,9	6,68	31,19	PODLAHY
podlaha 2	150,0	1,80	132,3	6,68		
podlaha 3	150,0	1,80	153,9	6,68		
podlaha 4	250,0	1,80	297,0	11,14		
Okna východ	250,0	1,80	517,5	27,47	164,84	VÝPLNĚ OTVORŮ
Okna jih	250,0	1,80	517,5	27,47		
Okna západ	250,0	1,80	517,5	27,47		
Okna sever	250,0	1,80	517,5	27,47		
Okna horizontální	250,0	1,80	517,5	27,47		
Vnější dveře	250,0	1,80	517,5	27,47		
ostatní kce 1	0,0	0,00	0,0	0,00	0,00	OSTATNÍ KCE
ostatní kce 2	0,0	0,00	0,0	0,00		
ostatní kce 3	0,0	0,00	0,0	0,00		
ostatní kce 4	0,0	0,00	0,0	0,00		
součinitel vyjadřující vliv přírůstek a tepelné ztráty infiltrace	1,65					
Celková plocha konstrukce	4 600,0	S [m ²]				
Celková měrná ztráta prostupem tepla původní bez úprav	8 162,1	H _T [W/K]				
Tepelná ztráta obálkou budovy (kW)	459,76	kW				

Obrázek 83: Tabulka tepelných ztrát pro původní stav, je stejná i pro nový stav. Modrý podtržený text značí odkaz, růžová pole mají rolovací seznam, pole s červeným trojúhelníčkem v rohu mají vložen komentář [vlastní]

Grafické vyjádření celkové tepelné ztráty obálkou budovy:

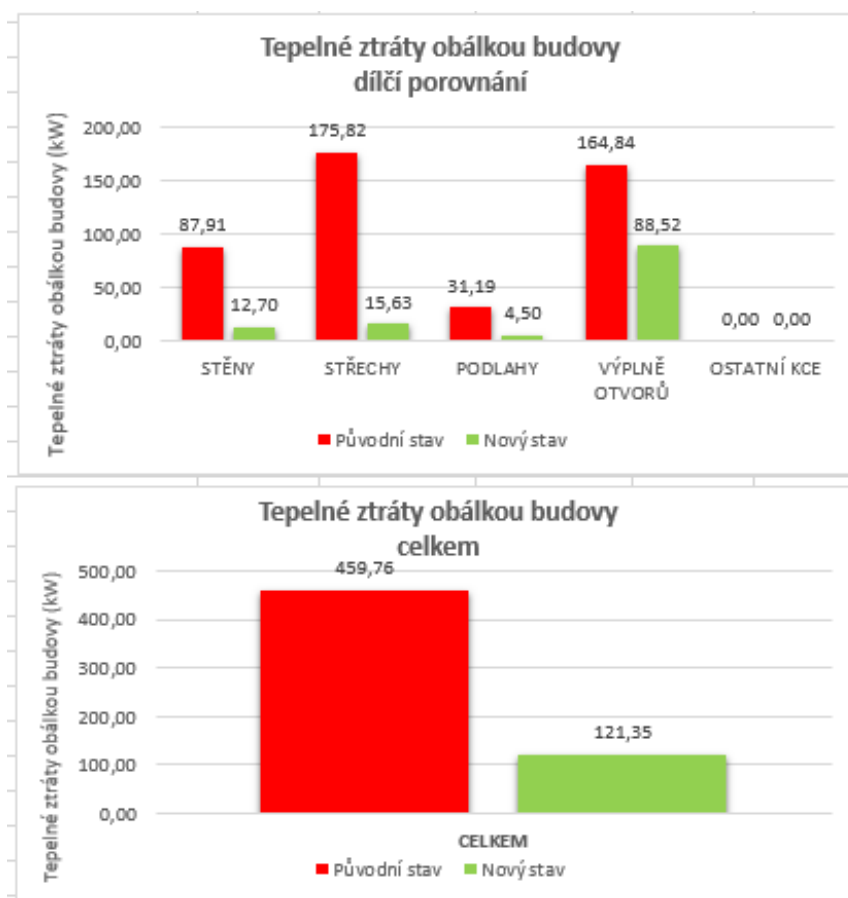
- Grafické vyjádření je pro původní i nový stav obdobné. Pro oba stavy je vytvořen výsečový graf, který znázorňuje kolik jednotlivá konstrukce má tepelnou ztrátu v návaznosti na ostatní tepelné ztráty. Tedy jak velké zastoupení má tepelná ztráta v jednom celku.



Obrázek 84: Ukázka grafického vyjádření jednotlivých tepelných ztrát obálkou budovy [vlastní]

Tepelné ztráty obálkou budovy – porovnání

Na tomto listu je srovnán původní stav a nový stav včetně grafického vyjádření jak dílčích ztrát, tak také celkových ztrát.

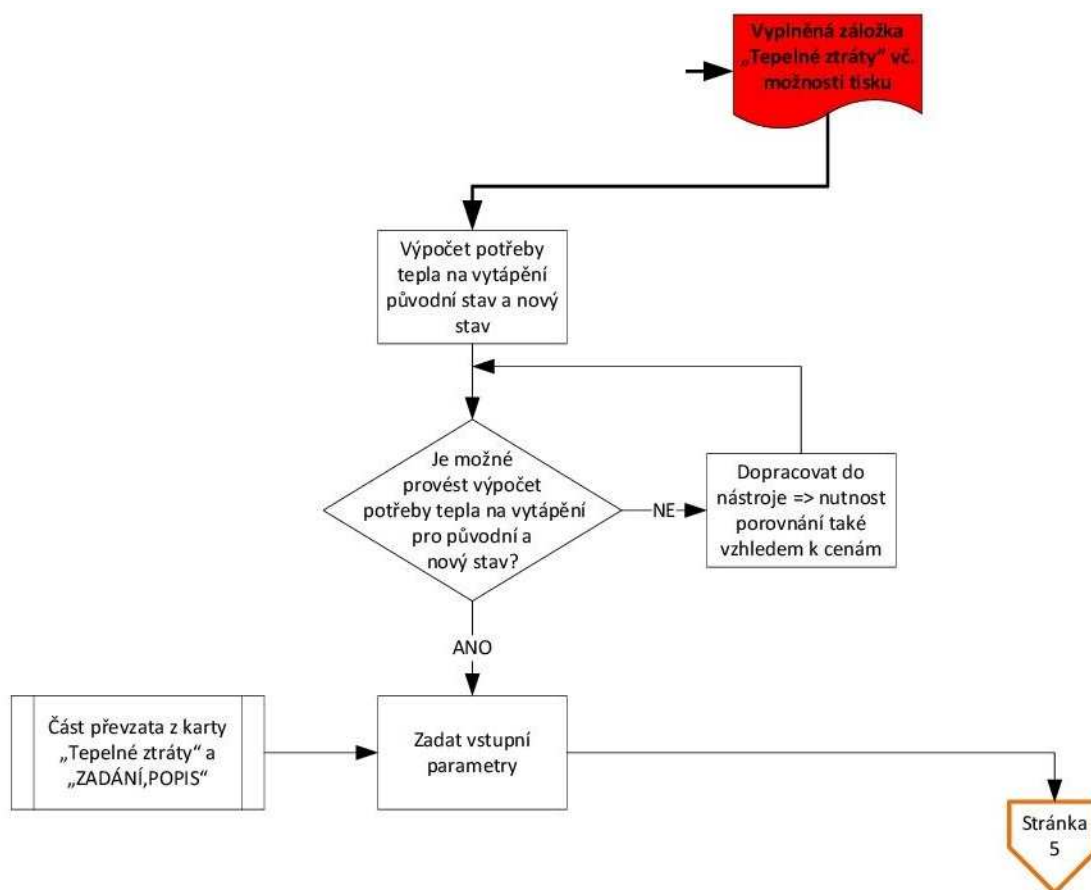


Obrázek 85: Ukázka grafického vyjádření jednotlivých tepelných ztrát obálkou budovy, porovnání vždy stejných konstrukcí a v druhém grafu je ukázka celkových ztrát také srovnání původního a nového stavu [vlastní]

g) Zadávání na kartě „Potřeba tepla na vytápění“

Výpočet potřeby tepla na vytápění vychází ze sdílení tepla v budově a jeho řešení pomocí početních metod. Roční potřeba tepla je základem výpočtu potřeby paliva na rok pro danou budovu.

Nástroj v této kartě je určen pro výpočet potřeby tepla na vytápění, není zde zahrnut výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody, vzduchotechniku a ani technologii.



Obrázek 86: Vývojový diagram 3–6. část – Práce na záložce „Potřeba tepla na vytápění“ [vlastní]

Záložka má 2 listy, z nichž 1. list obsahuje původní stav a 2. list obsahuje nový stav. Oba dva listy obsahují stejný postup. Popis zadávání v této záložce je tedy proveden pro oba listy současně.

ZADÁNÍ, VSTUPNÍ PARAMETRY:

Zadávání je nejdůležitější hned na začátku 1. listu, hned na jednom z prvních řádku je hypertextový odkaz, který odkazuje na záložku „**ČSN 73 0540-3=tabulky**“ [58] a to přímo na výtahy z normy ČSN EN 12831 tab. NA.1-výpočtová venkovní teplota Θ_e [°C], roční průměrná venkovní teplota $\Theta_{m,e}$ [°C]. [62] V této tabulce je nutné provést ruční výběr klimatických dat. Uživatel musí vědět pro jakou klimatickou oblast, tedy nejbližší město má hledat. Tuto oblast zadával již na záložce „**ZADÁNÍ,POPIS**“ a je propsána do záložky „**Potřeba tepla na vytápění**“. Uživatel tedy manuálně nalezne v tabulce NA.1 svou oblast a přeneseme hodnoty zpět do karty „**Potřeba tepla na vytápění**“. Přenos musí provést pomocí zkopírování (CTRL+C) a vložení

(CTRL+V) na místo určení té hodnoty, kterou pro výpočet potřebuje. Jedná se o 3 základní parametry, které v této tabulce je nutné nalézt, avšak ještě předtím, než si vybere hodnotu je nutné si uvědomit, že tabulka nabízí 3 sloupce tem a to pro 12 °C, 15 °C a 13 °C. Tyto hodnoty určují střední denní venkovní teplotu pro začátek a konec otopného období v [°C]. Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je součet venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením sálání okolních stěn v 7:00, ve 14:00 a ve 21:00 hod., s tím, že teplota naměřená ve 21:00 hodin se počítá dvakrát, tento součet je poté ještě nutné podělit 4, jakmile získáme teplotu, pak je možné vybrat hodnotu, standardně je možné vybírat 13 °C, což je střed mezi příznivou a méně příznivou teplotou:

- **Průměrná délka otopného období:** značí se písmenem „d“ a ve sloupci vybereme podle lokality počet dní. Tento počet přeneseme zpět do karty „Potřeba tepla na vytápění“. Jedná se o hodnotu vyjadřující počet dní v otopné sezóně.
- **Výpočtová venkovní teplota:** Jedná se o teplotu opět přenesenou z karty „ZADÁNÍ,POPIS“, která mi určuje klimatickou oblast.
- **Průměrná venkovní teplota během otopného období:** opět je možné tuto hodnotu přenést z tabulky, pokud uživatel klikne na hypertextový odkaz čísla, pak je přenesen do tabulky, kde hodnotu pro správné tem nalezne. Přenesení zpět je nutné provést opět ručně.
- **Tepelná ztráta objektu – PŮVODNÍ STAV/NOVÝ STAV:** jedná se o přenesené hodnoty z karty „Tepelné ztráty“ v [kW].
- **Lokalita výpočtu:** Je přenesena z karty „ZADÁNÍ,POPIS“.
- **Průměrná vnitřní výpočtová teplota:** Je přenesena z karty „ZADÁNÍ,POPIS“.

Výpočet potřeby tepla na vytápění původní stav			
ZADÁNÍ, VSTUPNÍ PARAMETRY			
	klik pro výběr příslušných dat		
Tepelná ztráta objektu - PŮVODNÍ STAV	$\Phi =$	459,76	kW
Lokalita výpočtu	Bruntál		
Průměrná délka otopného období	d=	315	dní
Výpočtová venkovní teplota	te =	-17	°C
Průměrná venkovní teplota během otopného období	tes =	4,8	°C
Průměrná vnitřní výpočtová teplota	tis =	20,0	°C

Obrázek 87: Ukázka ZADÁNÍ, VSTUPNÍ PARAMETRY, opět je zde barevné vyjádření zadávání [vlastní]

Korekční součinitele výpočtu:

Jedná se o opravné součinitele, kterými vyjadřujeme vliv tepelné ztráty infiltračí, snižování teploty během dne vlivem užívání a také zkrácení vytápění vlivem přestávek v provozu během dne:

- **Nesoučasnost tepelné ztráty prostupem a infiltračí e_i :** Jedná se o vyjádření tepelné ztráty infiltračí, tato ztráta běžně tvoří 10-20 % celkové ztráty, proto se hodnota volí v rozmezí 0,8-0,9 (tedy 80-90 %).
- **Snižování teploty během dne vlivem užívání e_u :** snižování teploty např. také během noci. V některých objektech je možné regulovat teplotu během dne i noci a tím snížit teplotu, a to právě po určitou část dne. Tato hodnota se volí v rozmezí 0,8 (např. pro školy s polodenním vyučováním až po hodnotu 1,0 (např. pro nemocnice), kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy, a to po celý den i noc.
- **Zkrácení vytápění vlivem přestávek v provozu během týdne e_d :** V tomto součiniteli závisí na využití budovy a na jejím provozu tedy jestli se jedná o 7 denní provoz volí se hodnota 1,0, v případě 6ti denního provozu 0,9 a v případě 5ti denního provozu se volí hodnota 0,8.

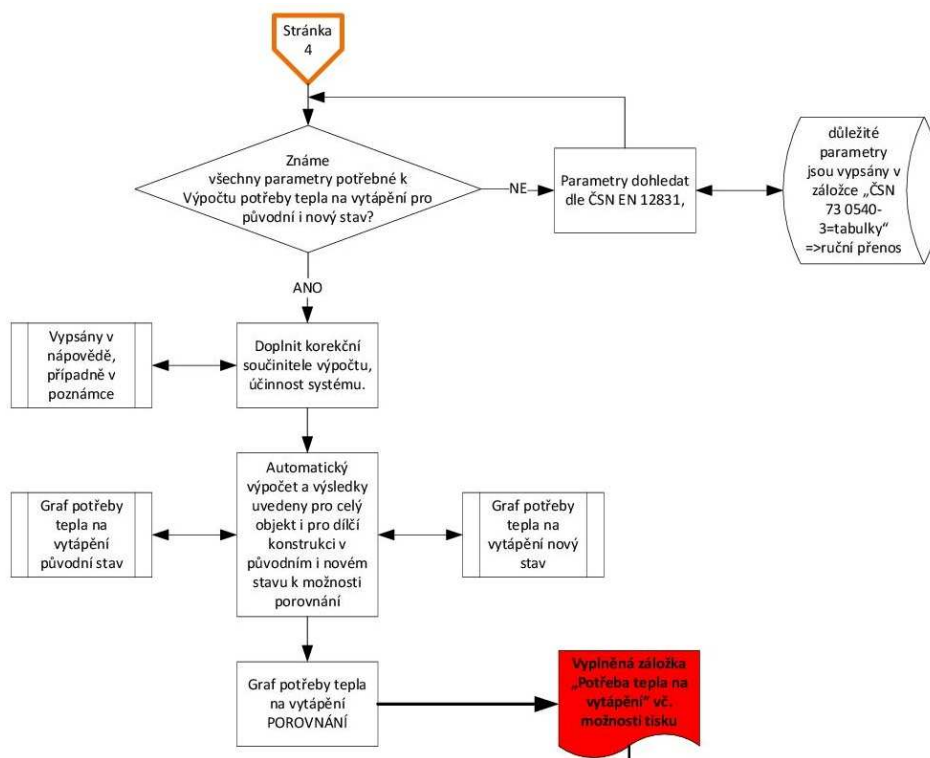
Účinnosti systému:

Možnosti obsluhy (resp. regulace soustavy) a účinnost rozvodů vytápění:

- **Možnosti obsluhy (resp. regulace soustavy) η_o [-]:** Jedná se o hodnotu v rozmezí 0,9-1,0. Hodnota 0,9 je pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce. Hodnota je pro plynovou kotelnu

s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí (světové strany, případně automatická regulace apod.)

- **Účinnost rozvodů vytápění η_r [-]:** jedná se o účinnost, která závisí na délce trubiňho systému a na kvalitě izolace. Volí se v rozmezí 0,95-0,98 a to podle provedení. Např. pro nové rozvody se volí 0,95.



Obrázek 88: Vývojový diagram 3–7. část – Práce na záložce „Potřeba tepla na vytápění“ [vlastní]

Výsledky:

V této části uživatel výpočet nezadává, jedná se o výpočet pomocí vzorců:

- **Denostupně:** Zahrnuje ve výpočtu počet dní „d“ teplotu průměrnou $t_{e,s}$ a vnitřní teplotu $t_{i,s}$, vzorec je automatický a uživatel nemá možnost jej měnit.
- **Opravný součinitel 1 (korekce):** Tento součinitel zahrnuje do výpočtu součin hodnot e_i , e_t a e_d . Uživatel nemá možnost vzorec měnit, může provést korekce pouze v části „Korekční součinitele výpočtu“.
- **Opravný součinitel 2 (Účinnost):** Součinitel zahrnuje účinnosti systému tedy součin $\eta_o * \eta_r$. Uživatel nemá možnost hodnotu ručně upravit.

Korekční součinitele výpočtu			
Nesoučasnost tepelné ztráty prostupem a infiltrací	$e_i =$	0,85	-
Snižování teploty během dne vlivem užívání	$e_t =$	0,8	-
Zkrácení vytápění vlivem přestávek v provozu během týdne	$e_d =$	0,8	-
Účinnosti systému			
Možnosti obsluhy (resp. regulace soustav)	$\eta_o =$	0,95	-
Účinnost rozvodů vytápění	$\eta_r =$	0,97	-
Výsledky			
Denostupně	$D =$	4 788	Dní.K
Opravný součinitel 1 (Korekce)	$\varepsilon =$	0,544	-
Opravný součinitel 2 (Účinnost)	$\eta =$	0,922	-

Obrázek 89: Ukázka zadávání korekčních součinitelů, účinnosti systému a Výsledků, opět je zde barevné vyjádření zadávání a také komentář v rohu [vlastní]

Potřeba tepla na vytápění původní nebo nový stav:

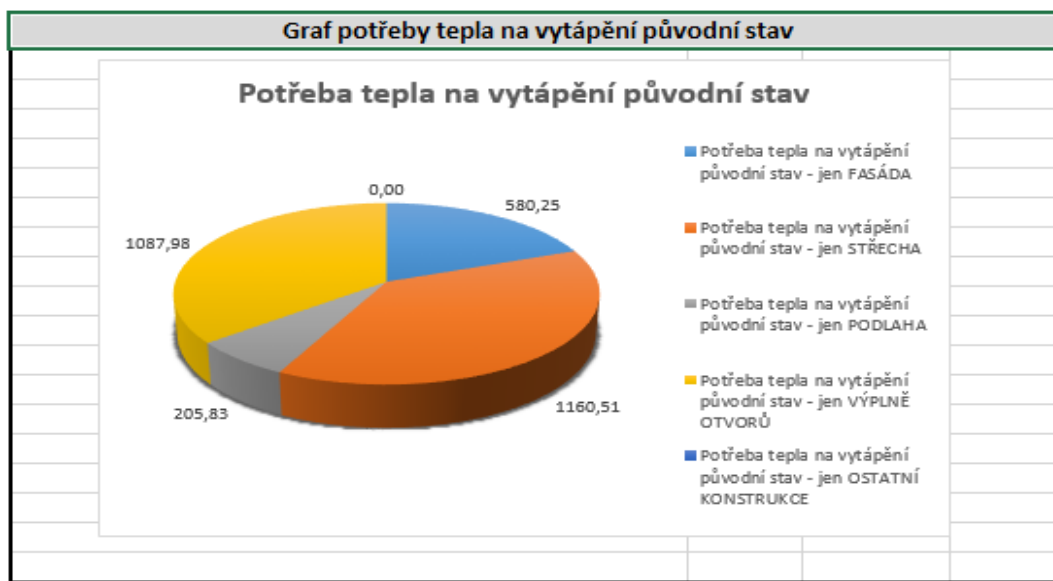
- **Potřeba tepla na vytápění v MWh/rok:** Jedná se o automatický výpočet, který zahrnuje všechny součinitele, tepelnou ztrátu objektu, denostupně a také rozdíl teplot dále také účinnost systému a je převedena na MWh/rok.
- **Potřeba tepla na vytápění v GJ/rok:** Jedná se o původní hodnotu v MWh/rok a přepočítání na GJ/rok se provede součinem hodnoty MWh/rok*3,6, tím získáme hodnotu v GJ/rok.

Potřeba tepla na vytápění původní nebo nový stav => jen FASÁDA, STŘECHA, PODLAHA, VÝPLNĚ OTVORŮ, OSTATNÍ KONSTRUKCE

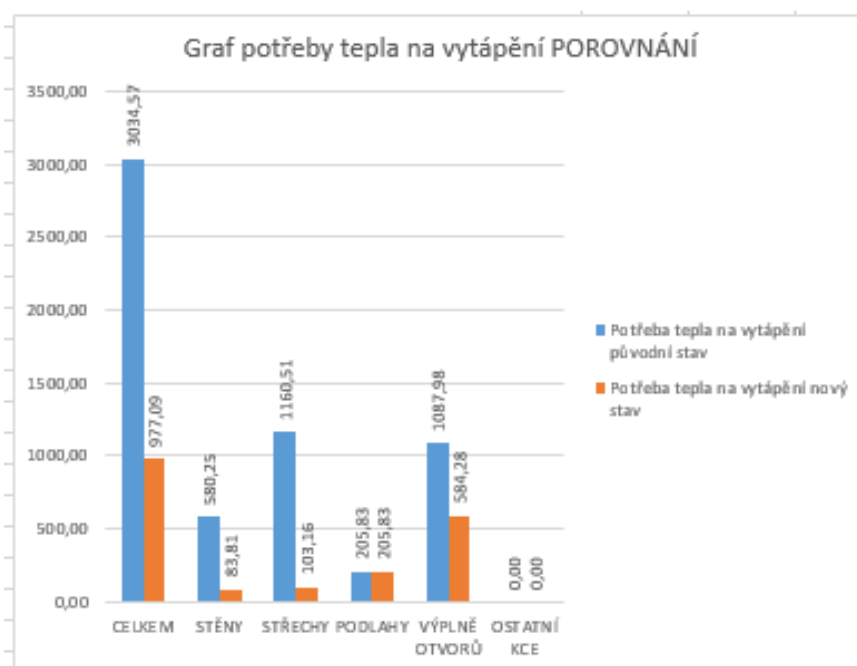
- Jedná se o podobný styl a výpočet, zadání je stejné (lokalita, denostupně, opravné součinitele) avšak liší se v zadání kW, tedy v zadání tepelné ztráty, a to vždy pro určitou konstrukci obálky budovy. Tím získáme dílčí potřeby tepla pro dílčí konstrukce obálky budovy.

Graf potřeby tepla na vytápění původní a nový stav

Pro oba dva stavy a pro jejich dílčí konstrukce je vytvořen dílčí graf. Grafy znázorňují potřebu tepla na vytápění na určitou konstrukci obálky budovy.



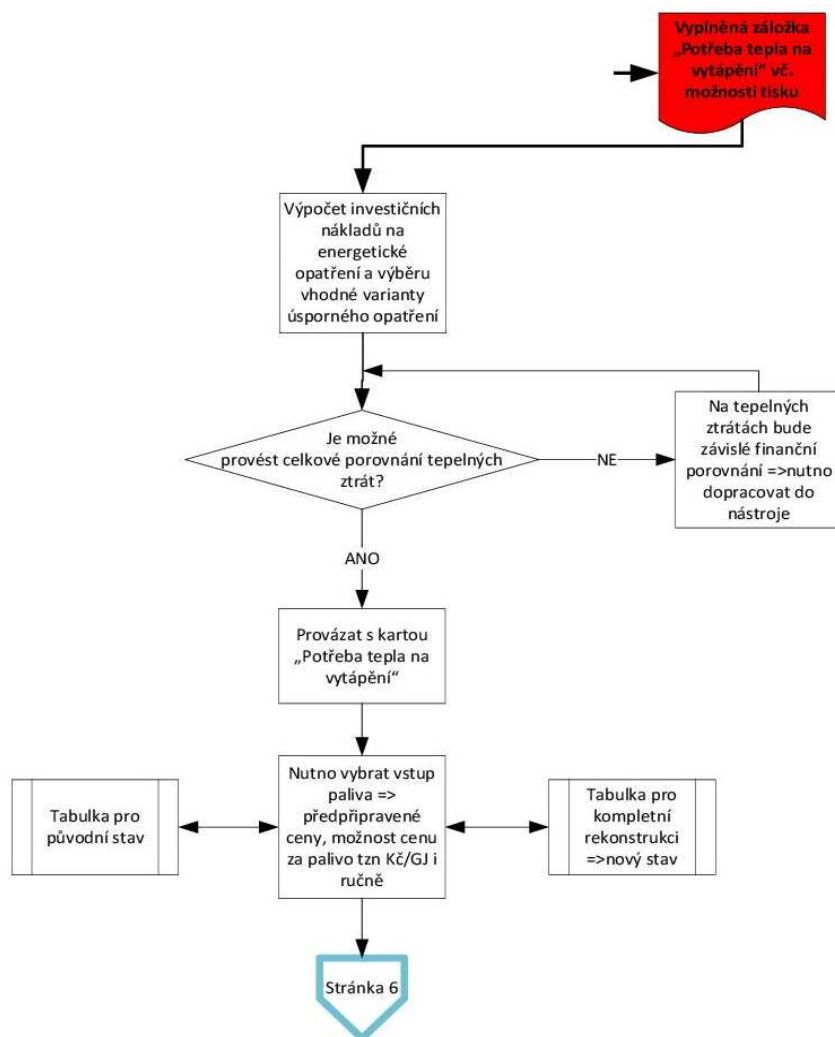
Obrázek 90: Ukázka grafického výstupu => graf původního stavu a jeho potřeby tepla na vytápění [vlastní]



Obrázek 91: Ukázka grafického výstupu => graf POROVNÁNÍ původního a nového stavu a jejich potřeby tepla na vytápění v GJ/rok [vlastní]

h) Zadávání na kartě „Finanční rozvaha“

Na této kartě je možné posoudit finančně úspory, které mi přinese zateplení, resp. rekonstrukce obálky budovy. Karta obsahuje propsané výsledky z předchozích karet a dílčí ceny. Uživatel může jednoduše posoudit, zda se mu a za jak dlouho vrátí investice.



Obrázek 92: Vývojový diagram 3–8. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ [vlastní]

TEPELNÉ ZTRÁTY KONSTRUKCÍ, POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ => SOUHRNNÁ TABULKA

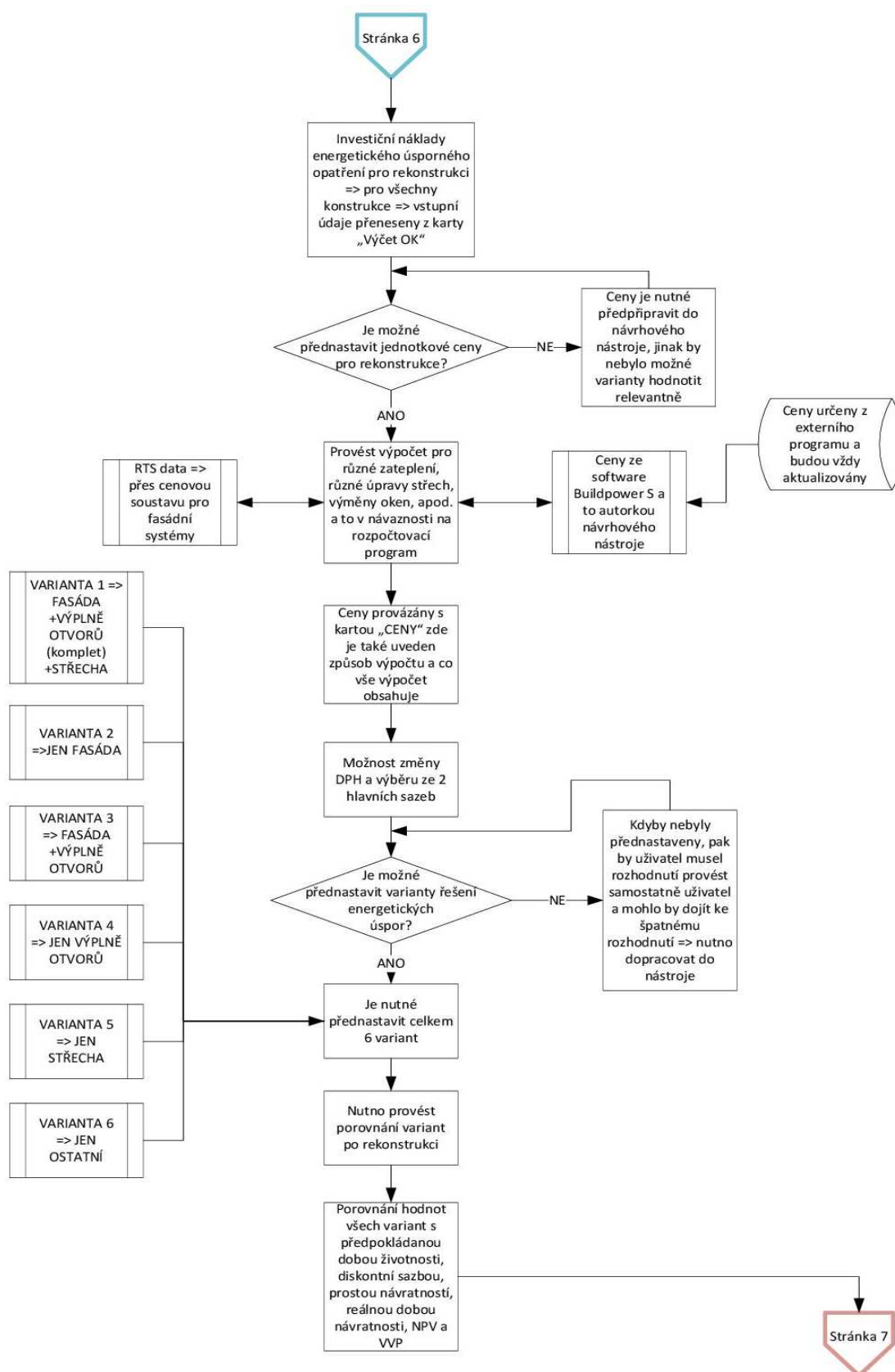
- V této tabulce je proveden souhrn veškerých tepelných ztrát obálkou budovy a tím také propsané potřeby tepla na vytápění, a to jak pro původní stav, tak pro nový stav. Dále je zde sloupec, který vyjadřuje zlepšení konstrukce v kW a také procentuálně.

SOUPIS ENERGETICKÝCH VSTUPŮ PRO VYTÁPĚNÍ (NEZAHRNUJE ELEKTRINU, PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY APOD.) PŮVODNÍ STAV/NOVÝ stav

- **Vstupy paliv a Cena:** Uživatel vybere z nabídky, jakým způsobem je objekt vytápěn, resp. jaké palivo je používáno. Tyto ceny, které se propíší do sloupce „Cena“ jsou určeny z různých stránek různých

dodavatelů. V případě nutnosti je možné zadat vlastní cenu, tato buňka je odemčena a je možné do ni zapisovat vlastní hodnoty například z faktur apod.

- **Hodnota GJ/rok:** Jedná se o hodnotu, která je přenesena z předchozí tabulky, uživatel je nemůže změnit, navazuje na předchozí různá zadávání.
- **Roční náklady v Kč:** Jedná se o hodnotu, tedy součin mezi hodnota GJ/rok * Cena. Tím je dána cena, a to hlavně tedy celkové roční náklady na původní stav a také na nový stav (po realizaci kompletních úprav).



Obrázek 93: Vývojový diagram 3–9. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ a „Ceny“ [vlastní]

Investiční náklady energeticky úsporného opatření pro rekonstrukci

- V této tabulce jsou některé parametry opět propsány z dřívějších výpočtů, aby se uživatel lépe zorientoval, je v některých případech proveden hypertextový odkaz na předchozí výpočty. Jedná se tedy o: POPIS/JEDNOTKY, plocha konstrukce [m²].
- Dál je nutné provést do výpočtu u obvodových stěn, o jaké zateplení se jedná. Toto rozdělení bylo provedeno na základě statistických informací od RTS, a.s. z RTS DATA. Tyto informace jsou aktuální pro rok 2017.
- Ohledně dalšího zadávání a to střechy, tam je opět nutno zadat, zda se jedná o plochou střechu, nebo jestli se jedná o zateplení šikmé střechy tedy resp. půdy a tepelná izolace se vkládá na stropní konstrukci. Pro všechny případy byla určena cena pro tl. 260 mm.
- Cena u podlahy nebyla určena, tato konstrukce je natolik „svěrázná“, že nebylo možné určit cenu/1m² zateplení podlahy u rekonstrukcí. Návrhový nástroj sice počítá s tím, že i podlaha může být rekonstruována, avšak paušalizovat cenu není možné. Proto je nutné ji uvažovat vlastním výpočtem.
- **Sloupec Jednotkové ceny pro rekonstrukce:** Jedná se tedy o ceny, které jsou vypočteny zpracovatelkou návrhového nástroje, avšak tyto ceny jsou určeny pro rok 2017 a je předpoklad, že se budou stále vyvíjet a upravovat. Proto jsou buňky otevřeny a uživatel může cenu upravit dle vlastních předpokladů, případně dle informací z vlastního rozpočtu. Ceny, které jsou zde uvedeny, jsou vypočteny v programu BUILDpowerS rok 2017/II. Jejich kalkulaci nalezne uživatel na kartě „CENY“. U každé položky, resp. u každé konstrukce je popsáno, co zahrnuje, co nezahrnuje a na co dát pozor. **Celkově je nutné brát tuto finanční kalkulaci jako předběžnou, v žádném případě ji nelze považovat za náhradu přesného položkového rozpočtu.**
- **Cena bez DPH:** Jedná se o výpočet pomocí vzorce a to (jednotková cena*plocha konstrukce). Tato cena je stanovena vždy pro každou dílčí konstrukci a na konci sloupce je cena sečtena.
- **DPH (Kč):** Pod názvem této položky je růžové pole s rolovacím seznamem, jsou zde uvedeny dvě sazby a to 21 % (tato sazba je pro

všechny budovy vyjma těch, pro které platí 15% sazba). Snížená 15% sazba slouží pro rodinné domy a domy pro bydlení. Sazby je možné měnit v kartě „CENY“ na 1. listu, kde je možná jejich editace dle aktuální vývoje.

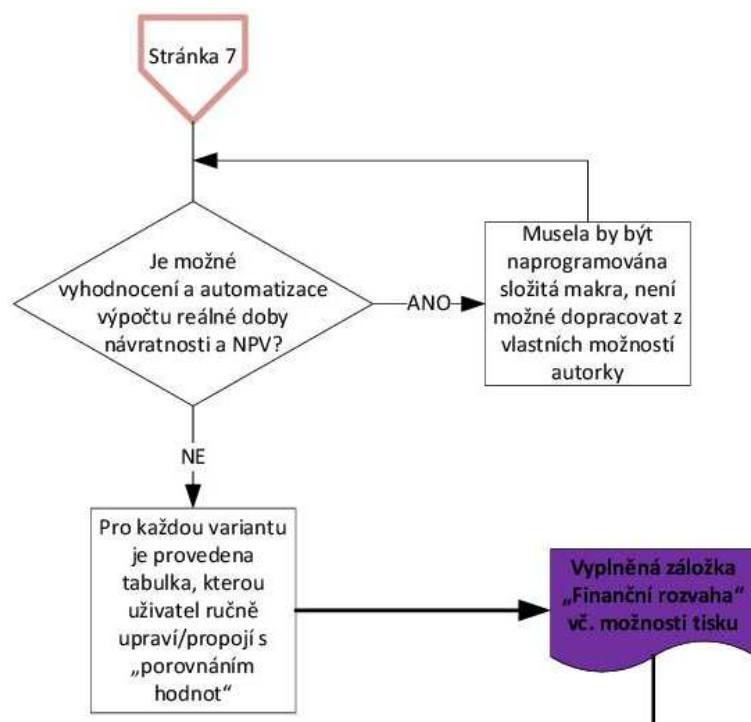
- **Cena s DPH (Kč):** Jedná se o součet ceny bez DPH+DPH.
- **Ve spodní části strany => varianty:** Jedná se o výpis variant, které jsou uživateli nabízeny.
 - Varianta 1 je kompletní tzn. od obvodových stěn až po ostatní konstrukce, zahrnuje vše.
 - Varianta 2 zahrnuje jen opravu/zateplení fasády bez úprav střechy, otvorů apod.
 - Varianta 3 zahrnuje zateplení fasády a výměnu všech výplní otvorů.
 - Varianta 4 zahrnuje pouze výměnu otvorů.
 - Varianta 5 zahrnuje pouze zateplení střechy.
 - Varianta 6 zahrnuje pouze ostatní konstrukce.

Hodnocení energeticky úsporného opatření po rekonstrukci

Každá z výše uvedených variant je vyhodnocena z několika směrů.

- **Výdaje na rekonstrukci:** Jedná se o propsanou sumu, kterou bude nutné vynaložit na tuto variantu. Suma je propsána z předchozího listu.
- **Úspory energie:** Dělí se na úsporu v GJ/rok, procentuální vyjádření a Kč/rok. Tyto hodnoty vyjadřují **„kolik ušetřím peněz a zároveň tedy GJ/rok na vytápění, a to pokud provedu úsporné opatření, které je uvedeno v nadpisu, tedy kolik peněz ročně uspořím po zvoleném opatření“**.
- **Prostá návratnost:** Jedná se o jednoduchou prostou návratnost, která nezahrnuje diskontní sazby a ani žádné další parametry. Jedná se o podíl:

Výdaje na rekonstrukci (Kč)/Úspory energie (Kč). Jedná se tedy o návratnost vyjádřenou v letech.



Obrázek 94: Vývojový diagram 3–10. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ [vlastní]

Porovnání hodnot

Na dalším listu č. 4 je provedeno porovnání hodnot, a to před realizací opatření a po realizaci všech dílčích variant tedy variant 1-6. Porovnání nabízí srovnání:

- **Spotřebovaná energie:** Jedná se souhrn, který je přenesen z předchozích výpočtů, uživatel nemá možnost upravit hodnotu
- **Provozní náklady:** Jedná se o náklady, které bude uživatel stavby vynakládat v každém roce na vytápění objektu. Opět udáno pro všechny varianty se srovnáním s novým stavem.
- **Investiční výdaje:** Jedná se o investici do úsporného opatření (zateplení/výměna oken apod.)
- **Prostá návratnost:** Jen propsaná z předchozího listu k porovnání.
- **Předpokládaná doba životnosti opravy:** je dána na 20let. Tento předpoklad vychází z vyhlášky č. 480/2012Sb. V tomto případě je ale nutné na dalších stránkách prodloužit výpočty, které jsou přednastaveny.
- **Diskont:** Tato hodnota je vyjádření $(1+r)$ a je opět určena dle vyhlášky č. 480/2012Sb. Jedná se o 4 %, která se u veřejných staveb

předpokládá, tato hodnota je předem vepsána, avšak je možné ji upravit dle vlastních možností.

- K dalšímu popisu sloupců tabulky porovnání hodnot zpracovatelka pokračuje až po popsání dílčích výpočtů na stránkách 5-10.

Strana 5-10

Na dalších stranách je k dispozici další výpočet, a to čisté současné hodnoty NPV, vnitřního výnosového procenta IRR a reálné doby návratnosti. V podstatě je to určení toho, pokud bychom neinvestovali peníze do tohoto objektu, ale například nechali peníze na spořicímu účtu, tak zda se nám investice vyplatí nebo nikoliv. V případě, že je investice vyšší než 20 let a také v případě, že čistá současná hodnota je nižší než 0, tedy vyjde záporně, pak se investice nevyplatí a je tedy ztrátová.

- **Počáteční investice:** propsána z tabulky „porovnání hodnot“
- **Roční úspora:** propsána z listu č. 3
- **roky:** ve sloupci jsou vypsány roky, které jsou současně mocnitelem
- **SHCF:** současná hodnota cash flow v období let a s diskontní mírou, která je dána v tabulce „porovnání hodnot“.
- **SHCF-KV:** Jedná se o dílčí výpočet:
současná hodnota cash flow-kapitálový výdaj
- **CF/(1+i)^t:** Jedná se opět o dílčí výpočet a to $\text{cash flow}/(1+0,04)^t$. S tím, že t je rok ve kterém je výpočet prováděn.
- **Kumulovaná:** Jedná se vždy o součet počátečního stavu SHCF + kumulovaná hodnota z předchozího roku. Tento sloupec je naformátován tak, aby se zvýraznily červeně s červeným textem ty hodnoty, které jsou již vyšší než počáteční investice. Toto je velice důležité a je potřeba dbát na správné zadávání. V případě, že se pole nenaformátuje je potřeba provést kontrolu formátování, případně je skutečně možné, že je investice natolik nevýhodná, že její návratnost je za výše než 20 let a je tedy neekonomická, a protože hodnocení je prováděno jen pro 20 let, pak pole (i když naformátované), se jednoduše nezmění. V případě zčervenání je potřeba provést další vyhodnocení ručně.

Pokračování „porovnání hodnot“

- Uživatel se vrátí do tabulky „porovnání hodnot“ na str. 4 a ve sloupci s názvem „Reálná doba návratnosti“ je nadefinován vzorec, který je nutno upravit. Např. pro 1. variantu je zde vzorec:

$$15+((\$AN\$2-AQ20)/(AQ21-AQ20)) \quad (\text{uveden příklad vzorce})$$

Ten tedy říká:

- 15 je číslovka poslední nezabarvená tedy bude reálná návratnost 15+nějaké desetinné číslo roku, tzn. jedná se o hodnotu, která se může měnit a je potřeba vzorec v tomto místě upravit;
 - \$AN\$2 = počáteční investice té dané varianty, znaky\$ jsou zadány záměrně, jelikož se jedná o neměnnou hodnotu;
 - AQ20 = jedná se o hodnotu poslední nezabarvenou, není se znakem \$ tzn., že se jedná o hodnotu, která se může měnit a je potřeba vzorec v tomto místě upravit;
 - AQ21 = jedná se o hodnotu, která je 1. zabarvená, tzn. hodnotu, kde kumulovaná hodnota je již vyšší než počáteční investice. Hodnota není se znakem \$ tzn., že se jedná o hodnotu, která se může měnit a je potřeba vzorec v tomto místě upravit.
- Tím je tedy hodnota vepsána do sloupce reálná doba návratnosti
 - **Čistá současná hodnota (NPV) [Kč]:** V případě, že čistá současná hodnota vyjde vyšší než 0 => projekt je přijatelný a hodnocená investice do dílčího zateplení objektu se finančně vyplatí. Je zaručena požadovaná míra výnosu, vyjádřená úrokovou sazbou a zvyšuje tržní hodnotu investice.

vyjde nižší než 0 => projekt je nepřijatelný, není zajištěna požadovaná míra výnosu. Diskontované peněžní příjmy jsou menší než výdaj (počáteční investice)

vyjde = 0 není ani přijatelné, ani nepřijatelné tzn. nezvýší ani nesníží tržní hodnotu investice, popř. stavby.

- **Vnitřní výnosové procento IRR [%]:** Jedná se o automatický výpočet hodnoty, tento výpočet je proveden funkcí Excelu. Jedná se o ukazatel pro relativní výnos, kterou objekt během svého cyklu poskytne.

POROVNÁNÍ HODNOT									
Varianty	Vstup paliva na vytápění		investiční výdaje projektu	Prostá návratnost	Předpokl. doba životnosti opravy	diskont	Reálná doba návratnosti	Čistá současná hodnota NPV	Vnitřní výnosové procento IRR (VVP)
	Spotř. energie	Provozní náklady							
	GJ/rok	Kč/rok							
PŘED REALIZACÍ REKONSTRUKCE	3035	1 718 416	-	-	-	-	-	-	-
PO REALIZACI 1. VARIANTY	977	553 305	13 154 742	12	20	1,04	15,32	2 679 501	6,19%
PO REALIZACI 2. VARIANTY	2538	1 437 293	1 697 872	7	20	1,04	7,05	2 122 690	15,65%
PO REALIZACI 3. VARIANTY	2034	1 152 062	10 198 122	19	20	1,04	>20let	-2 501 179	1,02%
PO REALIZACI 4. VARIANTY	2531	1 433 185	8 500 250	30	20	1,04	>20let	-4 623 869	-3,53%
PO REALIZACI 5. VARIANTY	1977	1 119 659	3 418 488	6	20	1,04	6,61	4 718 812	16,72%
PO REALIZACI 6. VARIANTY	3035	1 718 416	0	0	20	1,04	0,00	0	0,00%

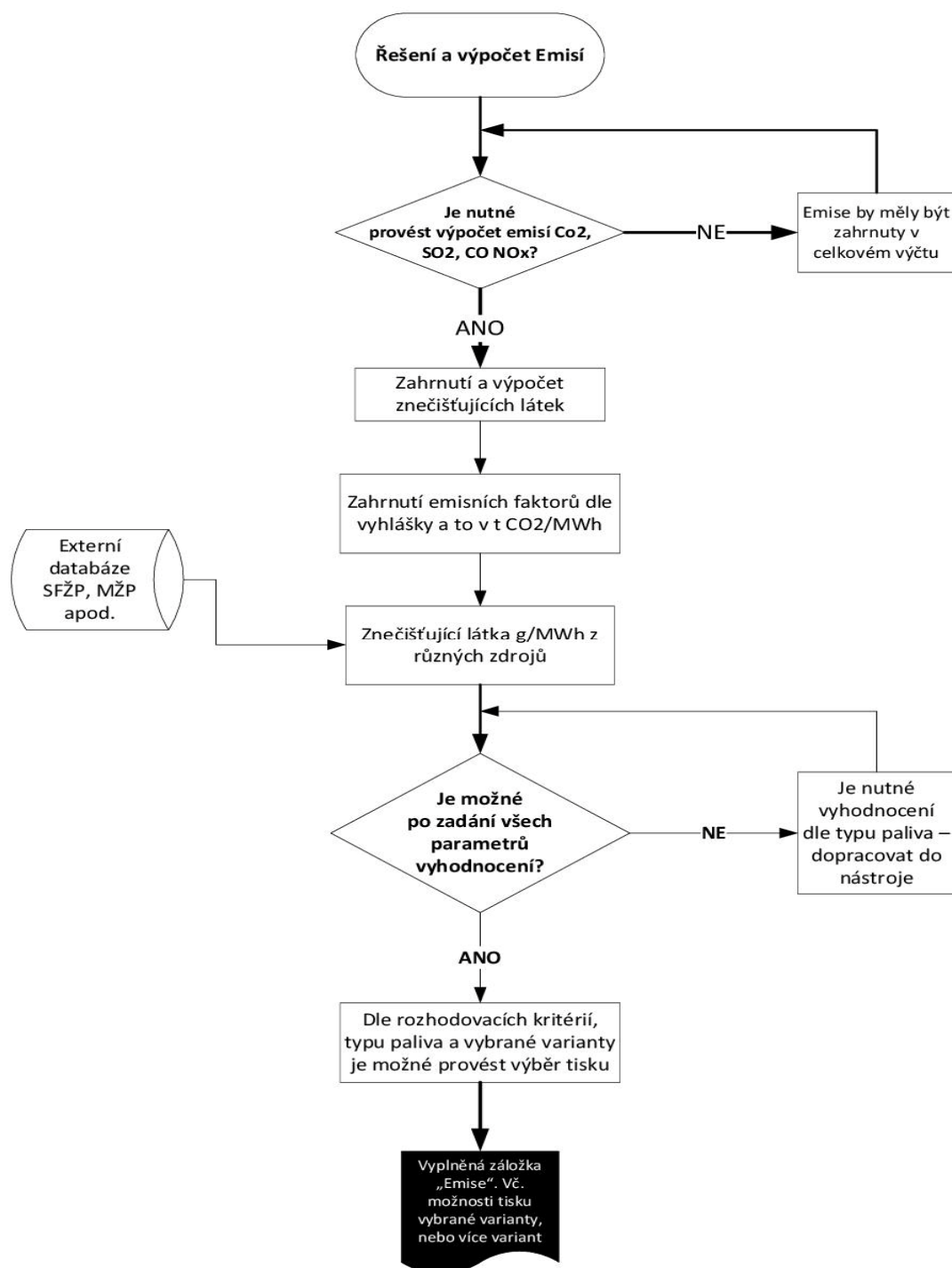
Obrázek 95: Porovnání hodnot před realizací a různých variant z finančního hlediska [vlastní]

i) Zadávání na kartě „Emise“

Na této kartě je možné provést hodnocení emisí, a to jak CO₂, tak také CO, NO_x, SO₂. Jedná se o základní posouzení. Posouzení je možné provést pro několik základních typů paliva.

VŠEOBECNÉ EMISNÍ FAKTORY (str. 1):

- V této tabulce je proveden souhrn emisních faktorů rozdělen na základní typy paliv, a to pro hnědé uhlí, černé uhlí, TTO, LTO, zemní plyn, biomasu a elektřinu. Zde je tedy hlavně určena hodnota CO₂ pro tato paliva, a to v t CO₂/MWh výhřevnosti paliva. Tato tabulka není editovatelná. Jedná se o dané hodnoty dle metodických pokynů z věstníku MŽP.



Obrázek 96: Vývojový diagram 3–12. část – Práce na záložce „Emise“ [vlastní]

TYP PALIVA PRO VARIANTY A POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ (str. 1):

- V této tabulce jsou uvedeny hlavní varianty a pro tyto varianty jsou uvedeny hodnoty potřeby tepla na vytápění původního a nového stavu každé dílčí varianty, a to v MWh/rok. Tyto hodnoty jsou propojeny s kartou „Potřeba tepla na vytápění“.

- V položce „Typ paliva“ uživatel vybere jakým palivem je objekt vytápěn. Tím bude provedeno propsání hodnot z tabulky na stránce č. 3.

Všeobecné emisní faktory:				
Hnědé uhlí	0,36	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
Černé uhlí	0,33	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
TTO	0,27	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
LTO	0,26	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
Zemní plyn	0,2	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
Biomasa	0	t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva		
Elektřina	1,17	t CO ₂ /MWh elektřiny		
TYP PALIVA PRO VARIANTY A POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ				
typ varianty	Typ paliva	potřeba tepla stávající stav	potřeba tepla nový stav	
	-	MWh/rok	MWh/rok	
VARIANTA 1=> FASÁDA+VÝPLNĚ OTVORŮ(komplet)+STŘECHA	Zemní plyn	842,94	271,41	
VARIANTA 2=>JEN FASÁDA		161,18	23,28	
VARIANTA 3=> FASÁDA+VÝPLNĚ OTVORŮ		463,40	185,58	
VARIANTA 4=> JEN VÝPLNĚ OTVORŮ		302,22	162,30	
VARIANTA 5=> JEN STŘECHA		322,36	28,65	
VARIANTA 6=> JEN OSTATNÍ		0,00	0,00	

Obrázek 97: Tabulka všeobecných emisních faktorů pro CO₂ a výběr typu paliva včetně provázané dílčí/celkové potřeby tepla na vytápění [vlastní]

TABULKA NA STR. Č. 3:

- Tato tabulka udává hodnoty dle typu znečišťující látky v g/MWh. Je důležité si uvědomit jednotky, protože do tabulky „EKOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ“ jsou tyto hodnoty přepočteny na tuny. Šedě podbarvené názvy jsou názvy, se kterými je počítáno při výběru hlavních typů paliv, je možné je měnit, případně hodnoty měnit dle revizních zpráv. U každé znečišťující látky je uvedena poznámka (komentář), ve které je uvedeno, kde byly hodnoty získány.

TABULKA NA STR. Č. 3							
Znečišťující látka g/MWh	g/MWh						
	VOC	CO	NOx	SO ₂	TZL	PM2,5	CO ₂
Elektřina dle SFŽP pro EA a EP		141,48	1496,51	1761,75	93,28		1170000
Elektřina dle vyhlášky 309/2016	2,49	86,21	567,64	841,24	36,8	22,08	1011600
Teplo CZT-ČEZ Mělník 2		46,8	504	1126,8	36		
Teplo CZT-Plzeň - ZČE		39,6	158,76	1814,4	74,16		366840
SFŽP - zemní plyn obecně (uhlík 15,30 kg/GJ, oxidovaný podíl uhlíku 99,50%)		33,88	169,41	1,02	2,12		200016
Věstník MŽP 2013		34,41	139,78	1,03	2,15	2,15	199440

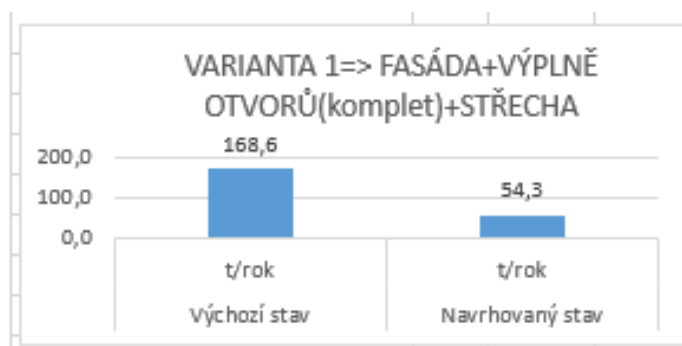
Obrázek 98: Ukázka z nástroje přednastavené znečišťující látky uvedeny v g/MWh [vlastní]

EKOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ:

- Ekologické vyhodnocení je provedeno pro 4 základní parametry, a to pro CO₂, SO₂, NOx a CO. Každá dílčí varianta je posouzena na základě dílčího parametru výchozího (původního) stavu a jeho potřebu tepla na vytápění, a to samé je provedeno pro navrhovaný stav. Dále je zde pro každou variantu proveden graf porovnání výchozího stavu a navrhovaného stavu.

EKOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ						
VARIANTA 1=> FASÁDA+VÝPLNĚ OTVORŮ(komplet)+STŘECHA						
Znečišťující látka		Varianta	Výchozí stav	Navrhovaný stav	Rozdíl	
			t/rok	t/rok	t/rok	%
0,2	CO ₂	Varianta 1	168,6	54,3	114,3	67,8%
0,00000102	SO ₂		8,6E-04	2,8E-04	5,8E-04	67,8%
0,00016941	NOx		1,4280E-01	4,5980E-02	9,7E-02	67,8%
0,00003388	CO		2,8559E-02	9,1955E-03	1,9E-02	67,8%

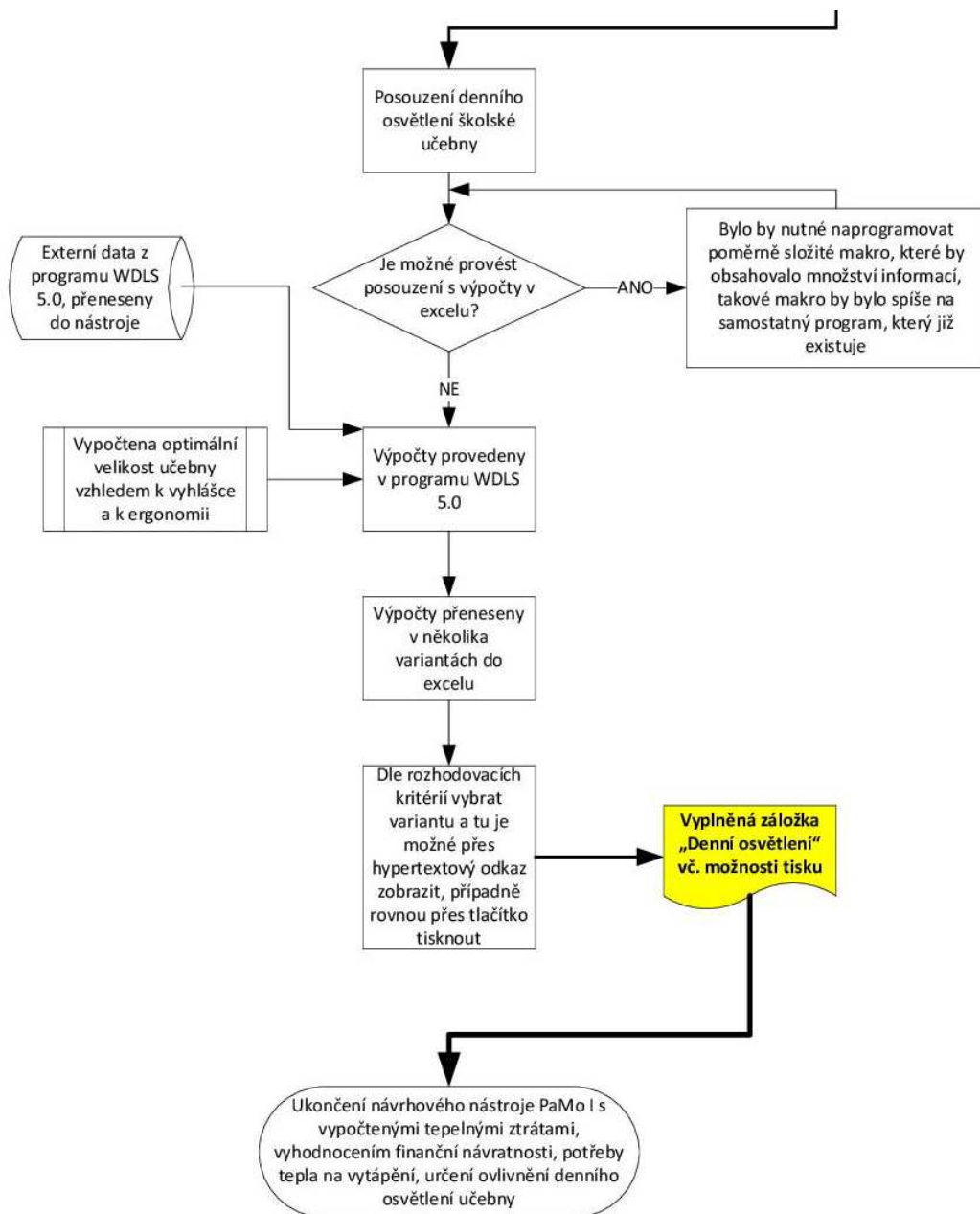
Obrázek 99: Ekologické vyhodnocení, příklad varianty č. 1 [vlastní]



Obrázek 100: Ekologické vyhodnocení, příklad grafu pro variantu č. 1. [vlastní]

j) **Zadávání na kartě „Denní osvětlení“**

Na této kartě je možné vybrat přednastavené hodnocení denního osvětlení vybrané kombinace učebny. Učebna byla zadána v software WDLS 5.0 zpracovatelkou návrhového nástroje.



Obrázek 101: Vývojový diagram 3–13. část – Práce na záložce „Denní osvětlení“ [vlastní]

Nástroj nabízí hodnocení 2 základních velikostí místností a to varianty 1-6, 7-12 pro první velikost a 13-18 a 19-24. Každá varianta je tedy rozdělena podle druhu odrazností. Velikost místnosti je zadána 8200x6600x3300 mm a druhá varianta 8407x6120x3214 mm, jsou zde 3 otvory, je zde umístěna

tabule velikosti 4000x1200 a 900 mm od podlahy. Jako barva byla vybrána bílá s odrazností 0,9. Jako neměnná je pro obě dvě základní barva dveří, a to světlé s odrazností 0,9, další neměnná je velikost oken pro 1. a 2. část=> 2000 x 2200 mm a pro 3. a 4. část 1772 x 2096 mm. Proměnné jsou pro všechny části tloušťka konstrukce, kterou uživatel může měnit dle tloušťky v kartě „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“. Další proměnná, kterou může uživatel měnit je počet skel, tj. jestli dvojsklo nebo trojsklo. Toto jsou základní proměnné.

V části „1“ je přednastavena barva stěn s odrazností 0,6, barva podlahy je dána jako tmavě žlutá s odrazností 0,45. Barva ostění je s odrazností 0,76 a stěna s okny také.

V části „2“ je přednastavena barva stěn jako světle žlutá s odrazností 0,7 a barvou podlahy písek světlý s odrazností 0,5. Barva ostění je 0,76 a stěna s okny 0,75.

Jsou zadány předpoklady, a to pro velikost učebny byla vypočtena z minimálních rozměrů pro 30 žáků a z ergonomického rozmístění lavic. Dále je předpoklad toho, že u každého okna je poměr rámu okna a zasklení roven 20/80. Dalším předpokladem je barva stropu, a to bílá s odrazností 0,75 tzn. barva bílá. V grafickém znázornění výsledků jsou pro izočáry činitele denní osvětlenosti zvoleny tyto barvy pro lepší rozlišení dobře a méně osvětlených ploch. Modrá značí vyhovující hodnoty, a to ať čísel, tak také linií, které jsou na půdorysech zobrazeny. Dále je zde barva zelená a ta zobrazuje požadované hodnoty. V případě, že již hodnoty nesplňují minimální hodnoty, pak jsou číslice zbarveny do červena.

Uživatel tedy vybere nejdříve barvu stěn a podlahy, to je základní rozdělení a poté již může vybírat z tloušťky konstrukce (ostění) a tedy také počet skel oken. Jakmile vybere, bude mu pod tabulkou nabídnuta vybraná varianta. Po kliknutí na tuto variantu bude přenesen na list, který variantu zobrazuje.

Vybraná varianta

Na kartě vybrané varianty, na kterou bude uživatel po výběru přenesen, jsou zobrazeny 2 dílčí varianty a to vždy „A“ a „B“. Zde jsou zobrazeny tedy základní zadané hodnoty (zopakované ze základního listu) a je vždy provedeno posouzení vybrané varianty ze dvou hledisek.

Varianta A: ta je provedena pro počet 2 skel tedy pro dvojsklo s hodnotou světelné propustnosti 0,76.

Varianta B: ta je provedena pro počet 3 skel tedy pro trojsklo s hodnotou světelné propustnosti 0,72.

Jsou zde uvedeny minimální hodnoty požadované normou ČSN 730580-3 [15], a to činitel denní osvětlenosti 1,5 % a rovnoměrnost 0,2. Toto jsou hodnoty, které u školních učeben musí být splněny v celém prostoru na pracovní rovině. Dále zde jsou vždy 2 půdorysy pro každou variantu. Vždy levý půdorys zobrazuje místnost bez zařízení pouze s okny, dveřmi a s bílou tabulí. Pravý půdorys zobrazuje upravené osvětlení v případě, že zde budou osazeny lavice včetně katedry pro učitele. Lavice jsou hnědé s odrazností 0,35 a jejich velikost je 1300x500x50 mm, umístěny ve výšce 0,8 m tedy přímo ovlivňují denní osvětlení místnosti. Pokud se uživatel podívá na výsledky, tak některé jsou splněny jen pro místnosti bez zahrnutí vlivu lavic. Každá zobrazená varianta má také slovní zhodnocení, kdy zpracovatelka nástroje zhodnotila, jestli místnost vyhoví dennímu osvětlení či nikoliv. Výsledky, které vyhovují minimálním hodnotám, jsou zeleně podbarveny se zeleným písmem, výsledky, které nejsou splněny, jsou červeně podbarveny s červeným písmem. Výsledky jsou hodnoceny však pro všechny body, tzn. i tam, kde se zrovna nenacházejí lavice, proto jsou zde také půdorysy, na kterých jsou body znázorněny a je z těchto půdorysů patrné kde se body nachází a jestli mají vliv na denní osvětlení v prostoru lavic. V případě, že zasahuje zelená linie již do prostoru lavic, pak se jedná o funkčně vymezený prostor, tj. prostor, kde by za zelenou hranicí linie neměly lavice být, protože zde není splněna hodnota min. 1,5 % činitel denní osvětlenosti.

Varianta 12	Varianta 12A => DVOJSKLO			Varianta 12B => TROJSKLO		
tloušťka konstrukce	barva stěn (činitel odrazu světla)	barva podlahy (činitel odrazu světla)	Barva tabule (činitel odrazu světla)	barva dveří	velikost okna šxv	počet oken
600	světle žlutá (0,7)	plisek světlý (0,5)	tmavě zelená (0,15)	světlá (0,7)	2000x2200	3
			počet skel oken	počet skel oken		
			2	3		
Výsledky:			bez zahrnutí lavic	bez zahrnutí lavic		
	Hodnoty dle normy		Vypočtená	Vypočtená		
Činitel denní osvětlenosti	1,5		1,4	1,3		
Rovnoměrnost	0,2		0,2	0,2		
			se zahrnutím lavic	se zahrnutím lavic		
			Vypočtená	Vypočtená		
			1,4	1,2		
			0,19	0,19		

Podbarvení určuje, zda prostor vyhoví či nikoliv

Slovní hodnocení varianty:
 Hodnocení pro dvojsklo: Hodnoty v posuzovaných bodech dostatečně vyhoví dennímu osvětlení místnosti. Jsou tedy dobře navrhnuté osvětlovací otvory. Pro IV. zrakovou činnost ve třídách je požadavek minimální hodnoty roven 1,5% a zároveň musí být splněna rovnoměrnost a to hodnota minimálně 0,2. V případě, který je zobrazen na levé straně jsou splněny obě podmínky, v případě, že se do prostoru umístí překážky ve směru lavic, pak není splněna podmínka rovnoměrnosti avšak podmínka minimálního činitele denního osvětlení je splněna a to i v místech, kde jsou umístěny lavice. V tomto případě je tedy funkčně vymezený prostor určen zelenou linií.

Slovní hodnocení varianty:
 Hodnocení pro trojsklo: Hodnoty v posuzovaných bodech již ve všech místech nevyhoví dennímu osvětlení místnosti. Tloušťka ostění a zároveň trojsklo již zhoršuje denní osvětlení místnosti. Pro IV. zrakovou činnost ve třídách je požadavek minimální hodnoty roven 1,5% a zároveň musí být splněna rovnoměrnost a to hodnota minimálně 0,2. V obou dvou případech není splněna podmínka 1,5%, rovnoměrnost je splněna pro variantu bez lavic. Proto je místnost z tohoto hlediska nevyhovující. Dále již u obou místností je patrné zhoršení činitele denního osvětlení v levém horním rohu tzn. u lavice. V případě, kdy jsou osazeny lavice je patrné zhoršení v celém prostoru u lavic se stěnou. Tedy žsi sedací u stěny jsou již v nevyhovujícím prostoru denního osvětlení.

Obrázek 102: Ukázka varianty se zobrazením půdorysů s grafickým vyhodnocením rozložení činitele denní osvětlenosti na pracovní rovině v učebně [vlastní]

Posouzení denního osvětlení je provedeno v programu WDLs ASTRA MS Software s.r.o.							
ČÁST 1 => Niže vyberte rozhodovací kritéria							
tloušťka konstrukce	barva stěn (činitel odrazu světla)	barva podlahy (činitel odrazu světla)	Barva tabule (činitel odrazu světla)	barva dveří	počet skel oken	velikost okna šxv	počet oken
mm					ks	mm	ks
250	bílá (0,85)	tmavě žlutý (0,55)	tmavě zelená (0,15)	světlá (0,7)	2	2000x2200	3
Vybraná varianta							
Varianta 1A => DVOJSKLO		TISK VARIANTA 1					

Obrázek 103: Ukázka výběru posouzení denního osvětlení a výběru u „ČÁST 1“ včetně ukázky vybrané varianty [vlastní]

4.6.5 Práce s tabulkovou částí

Většina položek, které jsou propojeny s tabulkami, je popsána přímo v záložce u konkrétní položky, která je propojená s normami, případně přes hypertextový odkaz je provedeno provázání. V tabulkách je možno vyhledávat dle požadavku uživatele.

Každá tabulka je označena proto, aby bylo možné ji dohledat zpětně v normě. Tabulky jsou zpracovány pro účely návrhového nástroje, a proto neobsahují veškeré informace uváděné normou. V případě požadavků na doplňující informace je ponechán prostor uživateli pro vyhledání normativních předpisů.

4.6.6 Tisk, výstupy

Celý soubor „PaMo I“ obsahuje několik „tlačítek“, což jsou naprogramovaná makra ve Visual Basic a vždy podle popisu je možné vytisknout buď část souboru, nebo například tlačítko s názvem „**TISK VŠECH VÝPOČTŮ (bez tabulek ČSN)**“ vytiskne veškeré výpočty, resp. stránky, které jsou důležité z celého sešitu. Tato tlačítka jsou netisknutelná, tedy nebudou zatěžovat uživatele na stránkách při tiscích.

Na příklad na kartě „**VÝPOČTOVÁ ČÁST**“, kde je tlačítko „**TISK STRÁNKY 1-4**“, je možné vždy po ukončení tohoto výpočtu vytisknout tuto část pro každou konstrukci a je doporučeno ji ukládat pod názvem z 1. stránky tj. „Popis konstrukce“.

Kliknutím na tlačítko „Tisk“ se vyvolá nabídka a výběr tiskárny, vč. Možností nastavení tisku a to standardně tak, jak je vždy u MS office zvykem.

VÝPOČET SOUČINITĚLE PROSTUPU TEPLA PRO JEDNOTLIVÉ KONSTRUKCE (dle 5.2.1 ČSN 73 0540-2)

č.	Název dle tab.	tl. (m)	Ohranič. tloušťka	Měrná tepelná kapacita (J/(kgK))	μ	λ (W/(mK))	δn * 10 ² (s)	R _{si} (m ² K/W)	Tepelný odpor konstrukce
1	Omláčka vápenná	0,005	2000	750	1,9	0,89	1,00E-11	0,0051	0,0000
2	Plynosilikát	0,5	880	840	1,0	0,04	2,00E-11	0,5000	0,0000
3	Tepelná izolace	0,1	2000	750	1,9	0,04	1,00E-11	2,5000	0,0000
4								0,0000	0,0000
5								0,0000	0,0000
6								0,0000	0,0000
7								0,0000	0,0000
8								0,0000	0,0000
9								0,0000	0,0000
10								0,0000	0,0000
Celková tloušťka kce		0,605	m		Suma tepelný odpor KCE - R=		3,0051		

Největší vnitřní povrchové teploty konstrukce

č.	Teplota (°C)
1	22,0
2	-1,5
3	19,5
4	19,5
5	19,5
6	19,5
7	19,5
8	19,5
9	19,5
10	19,5

Součinitel prostupu tepla vypočet

U	W/(m ² K)
U	0,330

Korekce součinitele prostupu tepla

U _{kor}	W/(m ² K)
U _{kor}	0,02

Obrázek 104: Náhled tisku po stisknutí tlačítka pro tisk na jednotlivých listech [vlastní]

Pro tisk všech souborů je doporučeno, aby uživatel nainstaloval zdarma tiskárnu PDF a to např. PDF Creator, která je vhodná pro PDF, a tedy slouží jako náhled, jak bude tisk vypadat na standardní tiskárně.

Samozřejmostí je, že si uživatel může tisk nastavit také sám, není zakázán tisk ani tabulek, které nejsou standardně nastaveny k tisku a slouží pouze k náhledu.

5 SHRnutí VÝSLEDKŮ DISERTACE

Počáteční úvahy jsou vedeny směrem k energetickým úsporám objektu základních škol. Energetické úspory byly zúženy na zateplení stěn objektu a výměnu oken. V případě, že se mění okna ze starších dřevěných oken na jiné konstrukce včetně zasklení a při tom dochází k zateplení ostění a také přilehlé fasády je nutné uvažovat s ovlivněním těchto dvou faktorů tedy míra zateplení vs. denní osvětlení uvnitř místností. Nejdůležitější jsou místnosti učeben, proto je disertační práce zaměřena právě na hodnocení u oken/fasády učeben.

5.1 Shrnutí analyzovaných budov

Lze konstatovat, že všechny vybrané hodnocené budovy jsou v oblasti nakládání s energií značně nevhodné. Budovy jsou ze stavebně-technického hlediska v dobrém stavu. Avšak dle požadavku na energetický štítek obálky budovy nevyhovuje žádná z těchto budov.

Objekty jsou z velké části zděné z cihel plných pálených či keramických bloků. Okna jsou převážně dřevěná zdvojená nebo dvojitá. V průměru se klasifikační ukazatel energetického štítku CI pohybuje okolo hodnoty 1,68, tedy klasifikační třída E – nevhodná. Není výjimkou ani CI = 2,06, tedy F – velmi nevhodná.

Ani součinitele prostupu tepla obálkou budovy nejsou vyhovující dnes platným normám. Ať už se jedná o průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em} [W/m²K], který se v průměru pohybuje u hodnocených budov okolo hodnoty 1,33 W/m²K (normou požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/m²K] je pro hodnocené budovy v průměru 0,63 W/m²K, tak o součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí (stěn, střechy, výplní otvorů), viz následující tabulka:

Tabulka 13: Součinitel prostupu tepla, jaké se průměrně vyskytují u 23 hodnocených budov[vlastní]

Konstrukce	Stávající součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Požadovaný součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Doporučený součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]
Obvodové stěny	1,12	0,38	0,25
Stropy, střechy	0,76	stropy 0,30 (střecha 0,24)	stropy 0,20 (střecha 0,16)
Okna	2,9	1,7	1,2
Dveře	4,9	3,5	2,3

Pozn.: V tabulce jsou uvedeny součinitele prostupu tepla, jaké se průměrně vyskytují u 23 hodnocených budov. Je zřejmé, že nevyhovují požadovaným normovým hodnotám dle ČSN 73 0540-2:2007, které se dnes už obecně nedoporučují. Aby byla realizace tepelně technických opatření skutečně efektivní, je vhodné se návrhem opatření řídit doporučenými hodnotami.

Největší a zcela zásadní potenciál úspor energie je tedy jistě v možnosti zlepšení tepelně technických vlastností nevyhovujících konstrukcí, které jsou ve styku s venkovním prostorem (zateplení obvodových stěn, výměna stávajících oken a dveří za nová s izolačním zasklením, zateplení stropu či střechy). Tak lze výrazně snížit spotřebu energie na vytápění budov a tím i roční náklady na vytápění. V neposlední řadě pak dojde ke snížení environmentální zátěže v podobě snížení emisí CO₂ z vytápění. Zlepšením tepelné ochrany budov zároveň dojde k výraznému zlepšení vnitřní tepelné pohody a k prodloužení životnosti objektu.

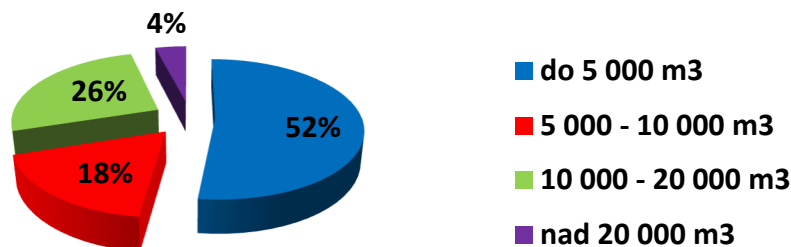
Energie je jedním z významných a snadno kontrolovatelných vstupů hospodaření budov. Úspory energie se ihned promítají do snížení provozních nákladů. Účelná opatření na snížení energetické náročnosti a efektivnějšího využívání energie významně zlepšují ekonomické výsledky daného subjektu a přináší i prospěch celospolečenský snížením zátěže životního prostředí.

5.1.1 Výsledky srovnání analyzovaných budov

Výsledky jsou pro přehlednost prezentovány prostřednictvím grafů, ze kterých lze jednoduše porovnat jednotlivé budovy a určit jejich možné nedostatky pro zohlednění v případě jejich renovace, stejně jako je možné stanovit pozitivní příklady řešení, na základě kterých je možné upravit

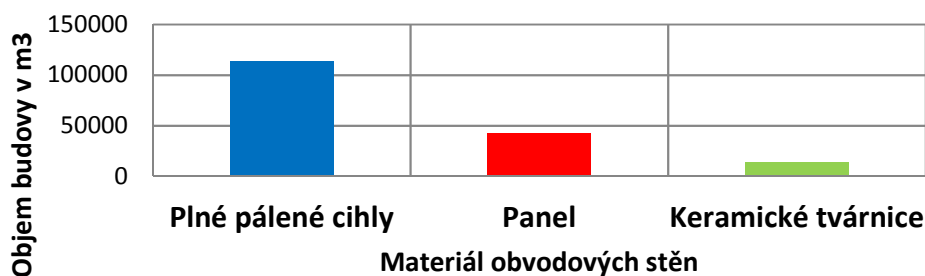
energetickou spotřebu a zajistit tak vhodnější a energeticky úspornější využívání budov.

Objemový podíl budov



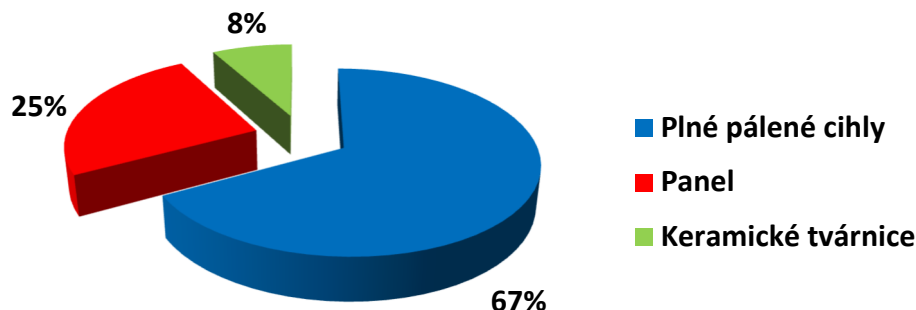
Obrázek 105: Graf – vyjádřen počet budov v procentech, které jsou zastoupeny v jednotlivých kategoriích dle objemu budovy v m³ [vlastní]

Objemový podíl budov dle materiálu obvodového pláště



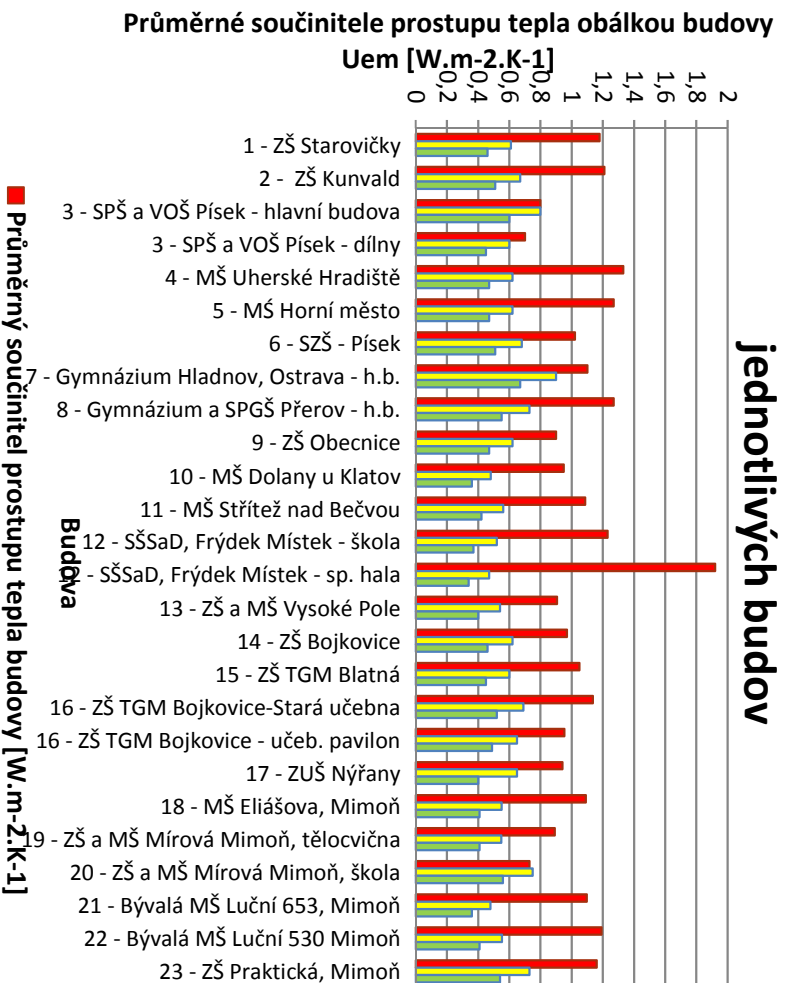
Obrázek 106: Graf – vyjádřeny součty objemů všech hodnocených budov, které jsou postaveny z daného materiálu [vlastní]

Počet školských budov v procentech dle materiálu obvodového pláště



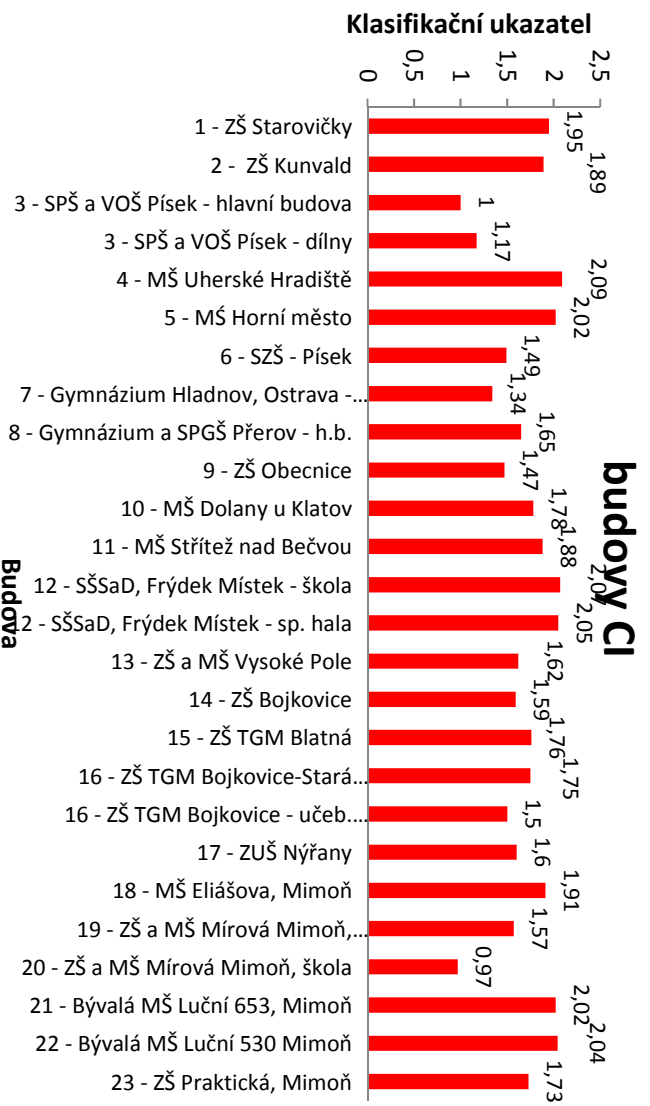
Obrázek 107: Graf – vyjádřen procentuálně počet budov, které jsou postaveny z daného materiálu, z celkového počtu hodnocených budov [vlastní]

Průměrné součinitele prostupu tepla jednotlivých budov



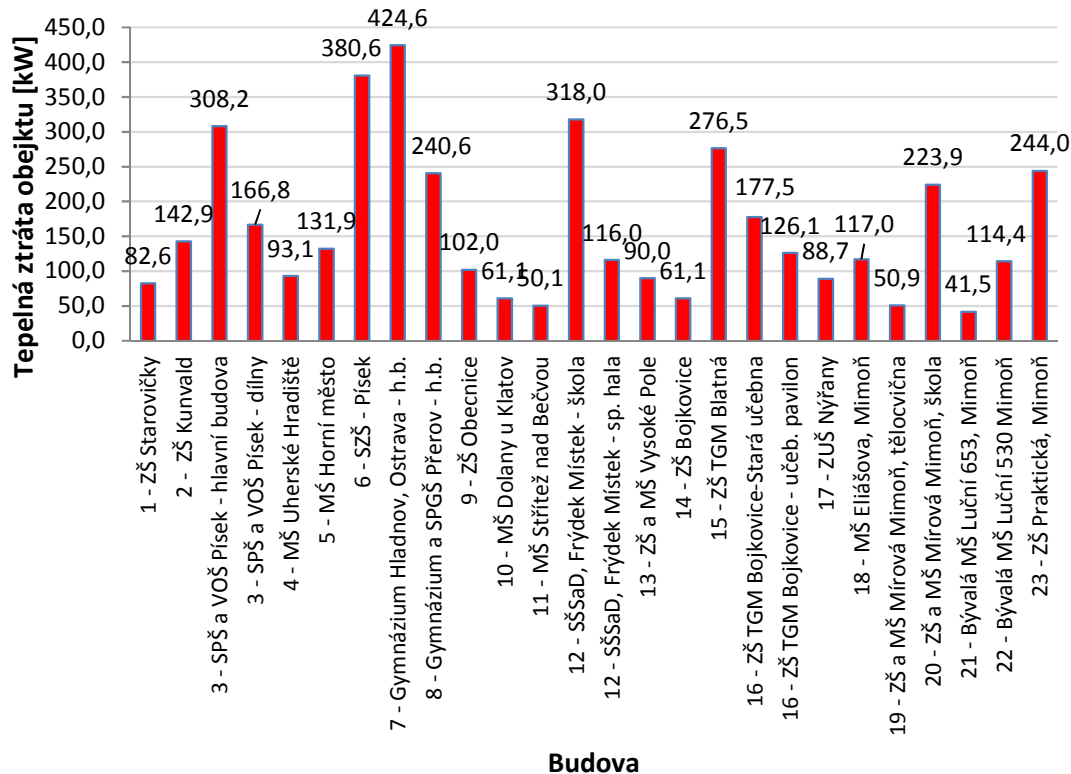
Obrázek 108: Graf – průměrné součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em} [W/m²K] budov [Vlastní]

Klasifikační ukazatele energetického štítku



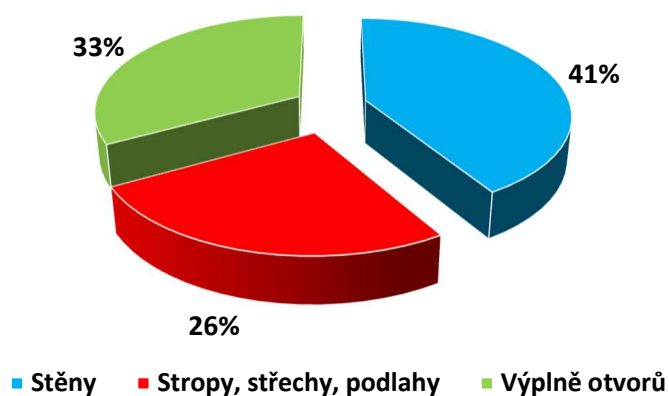
Obrázek 109: Graf – klasifikační ukazatele CI energetického štítku obálky budovy. Nejvíce budov spadá do klasifikační třídy E – nevhodná, méně pak do D – nevyhovující, některé do F – velmi nevhodná [Vlastní]

Tepelné ztráty objektů



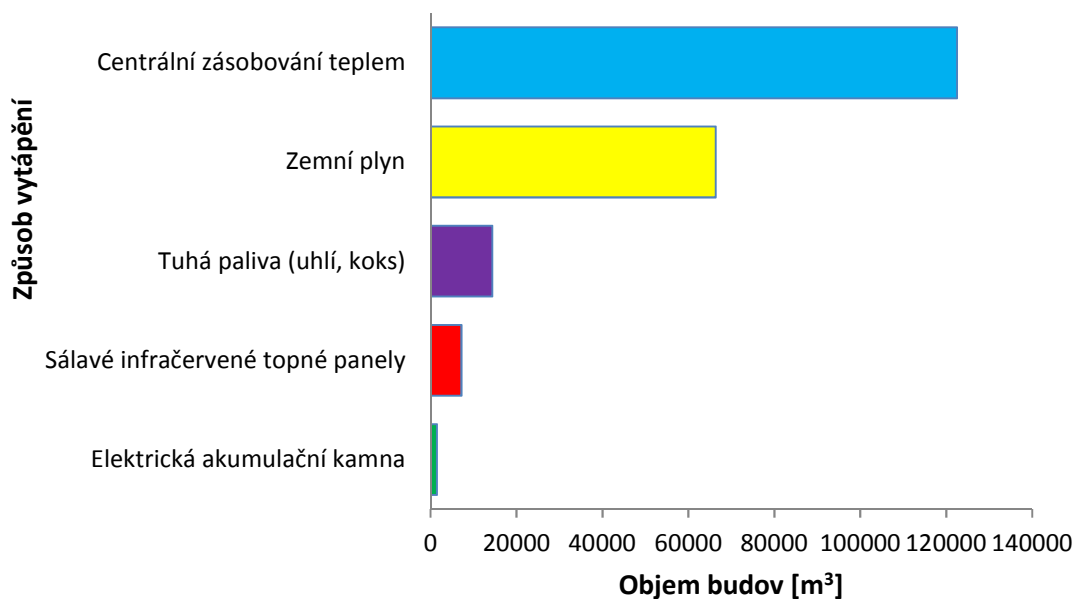
Obrázek 110: Graf – tepelné ztráty objektů v kW. Tepelné ztráty jsou součtem tepelných ztrát prostupem tepla a větráním [vlastní]

Průměrný podíl tepelných ztrát prostupem jednotlivých konstrukcí



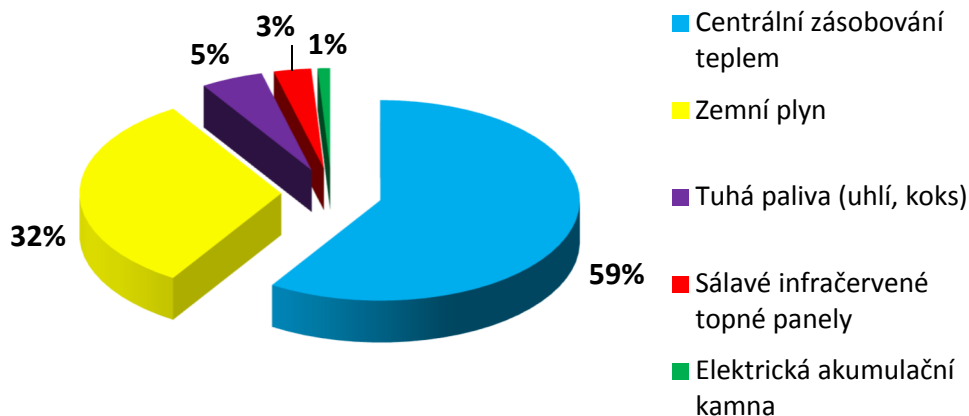
Obrázek 111: Graf – procentuální podíl jednotlivých konstrukcí na celkové tepelné ztrátě prostupem tepla. Jde o přibližnou hodnotu, kdy do výpočtu vstupovaly podíly konstrukcí jednotlivých budov a následně se hodnoty zprůměrovaly [vlastní]

Objemový podíl budov dle způsobu vytápění

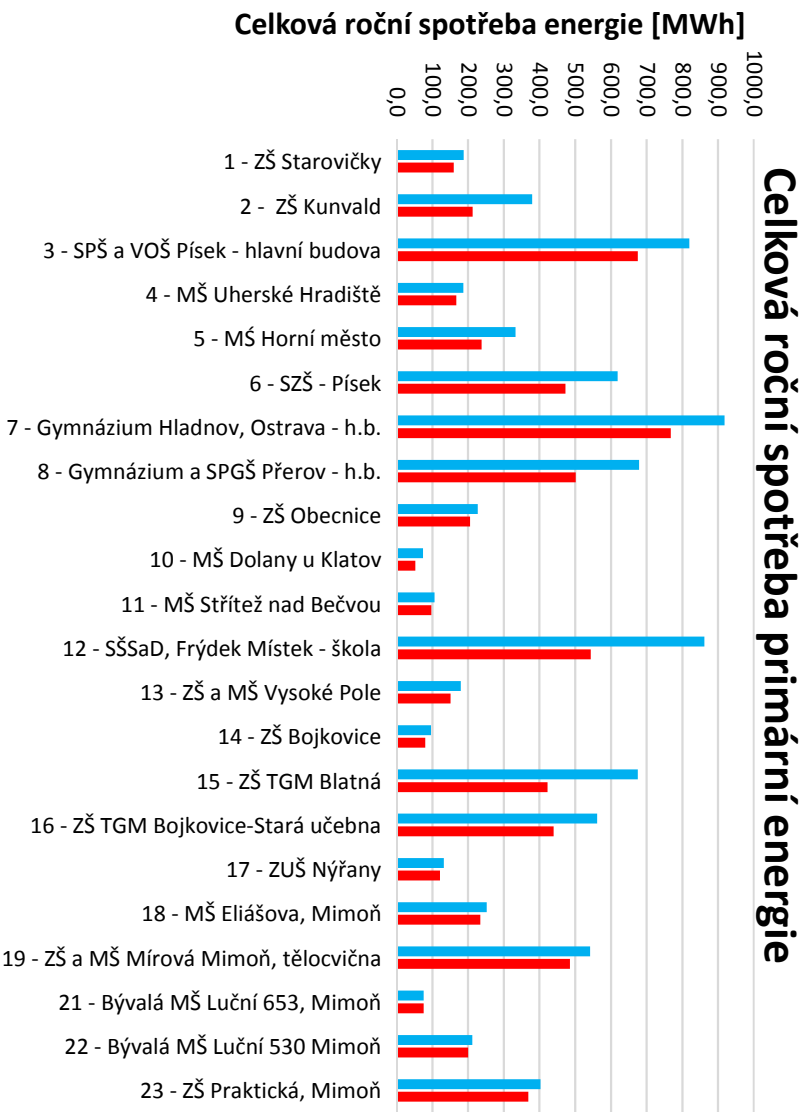


Obrázek 112: Graf – vyjádřeny součty objemů všech hodnocených budov, které mají daný systém vytápění [vlastní]

Počet školských budov v procentech dle způsobu vytápění

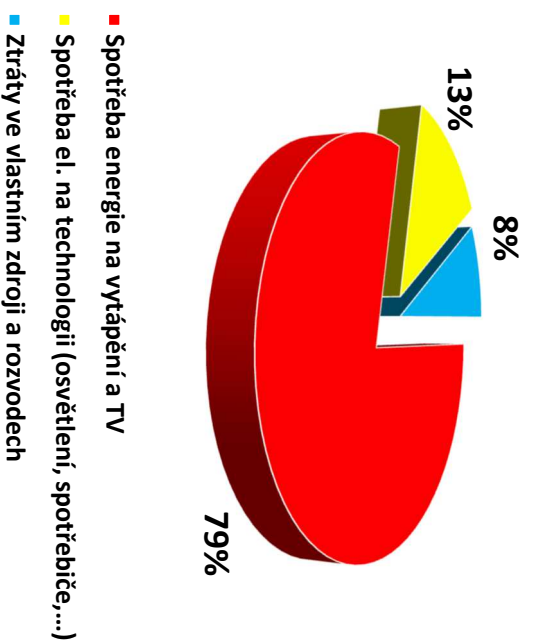


Obrázek 113: Graf – vyjádření počtu budov, které mají daný způsob vytápění, z celkového počtu hodnocených budov [vlastní]



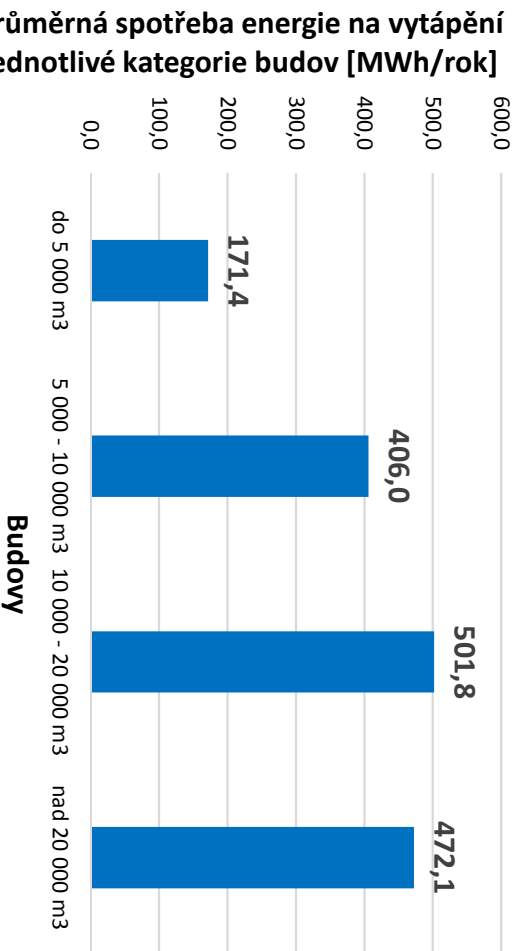
Obrázek 114: Graf – celkové roční spotřeby energií hodnocených budov v MWh [vlastní]

Průměrný podíl spotřeby energie

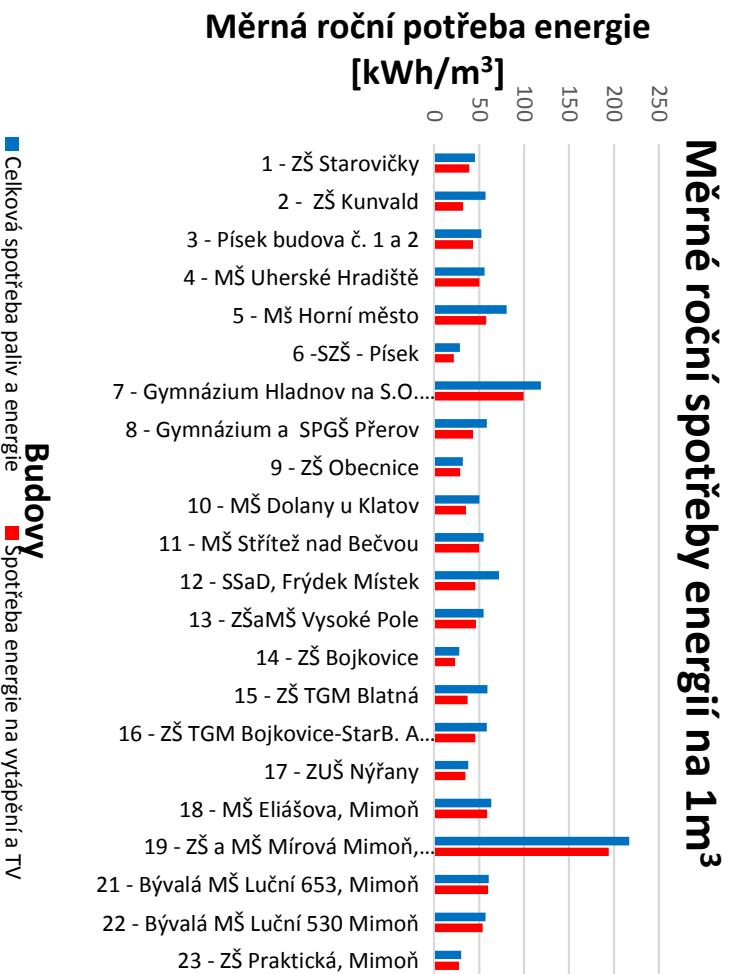


Obrázek 115: Graf – procentuální průměrný podíl dílčích spotřeb energií z celkové roční spotřeby [vlastní]

Průměrné přibližné hodnoty spotřeby energie na vytápění a ohřev TUV

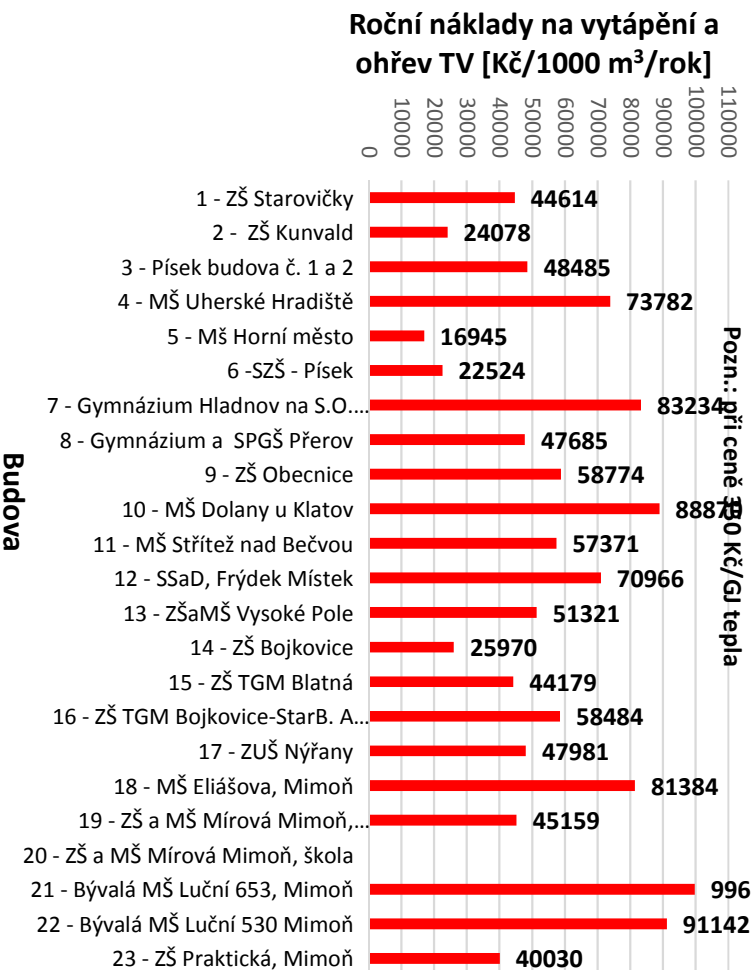


Obrázek 116: Graf – průměrné roční spotřeby energie v MWh v jednotlivých kategoriích objemu budov [vlastní]

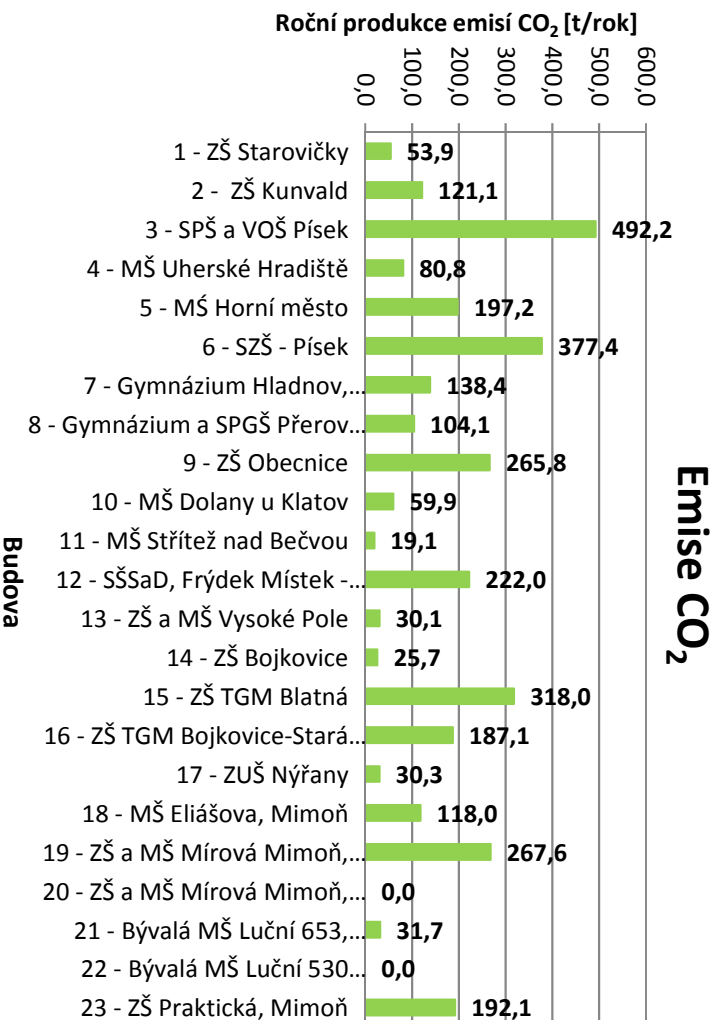


Obrázek 117: Graf – celková měrná roční spotřeba energie a měrná roční spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ev. [kWh/(m³/rok)] [vlastní]

Měrné roční náklady na vytápění na 1000 m³ vytápěného prostoru



Obrázek 118: Graf – roční náklady na vytápění a ohřev TUV (při ceně tepla 350 Kč/GJ). Ceny jsou uvedeny v Kč za 1000 m³ za rok [vlastní]



Obrázek 119: Graf – roční produkce emisí CO₂ za současného stavu hodnocených budov v tunách za rok [vlastní]

5.2 Dílčí závěry vybraných požadavků na vnitřní prostředí školských budov

Požadavky, způsoby měření, postupy a měřicí technika jsou popsány v odstavci 4.3 této práce.

5.2.1 Dílčí výsledek mikrobiálního rozboru ve vybrané učebně

Na vzorcích byly zjištěny mikroorganismy – bakterie, plísňe, kvasinky. V tabulce je patrné, že kvasinky byly zjištěny jen na některých vzorcích.

Tabulka 14: Výsledky CPM a mykromycety KTJ/m²[vlastní]

Počty mikroorganismů v KTJ v 50 ml			
vzorek	CPM	Mikromycety	
		Kvasinky	Plísňe
1	95033	ND	926
2	112626	ND	1111
3	411544	9511	185
4	67656	185	93
5	344444	3033	12889
6	57033	ND	1111
7	4717	ND	417
8	6117	417	417
CPM = Celkové počty mikroorganismů			
ND = nedagnostikováno			

Plísňe se vyskytují na všech vzorcích. Patrně byly setřeny spory, ale nebyly viditelné porosty plísni. Celkově nejhorším místem ve všech třech hodnocených částech byl vzorek č. 5 - podlaha PVC v severní učebně. Jedná se o místo pod tabulí v pruhu, kde byla patrna také viditelná špína. Celkově lze konstatovat, že místa nejsou ohrožena mikroorganismy ve velké míře. Jedná se o běžný výskyt těchto mikroorganismů. K detekci mikroorganismů přispělo také to, že byly vzorky odebrány po výuce. Třídy jsou denně uklízeny čisticími prostředky a lavice jsou umývány desinfekčními prostředky jednou za týden. V závěru lze konstatovat, že lavice, podlahy a stěny mají počty organismů v normálu.

Tímto zjištěním došlo k dílčímu výsledku, ke kterému dospěl řešitelský kolektiv a to, že dostatečné větrání vnitřních prostor a umožnění vnikání přímého slunečního světla příznivě ovlivňuje vnitřní mikroklima, tzn. také koncentraci mikrobů v ovzduší a na stavebních plochách.

5.2.2 Dílčí výsledek měření koncentrace CO₂ ve vybrané učebně

Měření proběhlo v několika dnech. Výsledky jsou uvedeny chronologicky pro původní stav a pro nový stav. Výsledky jsou uvedeny pro srovnatelné dny, avšak bylo naměřeno mnohem více hodnot ve více dnech. Zde je ukázka části měření a závěry z těchto měření včetně porovnání původního a nového stavu.

Původní (stávající) stav:

Měření 2. 3. 2017

Tabulka 15: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]

Měření CO ₂ v interiéru školských budov		
Místo:	ZŠ a MŠ	
Nadmořská výška:	280,00	m. n. m.
Barometrický tlak (průměrně):	1003,00	hPa
Datum:	2.3.2017	
Počasí:	Jasno, bez mraků po ranním dešti	
Venkovní teplota průměrně za dobu měření:	7,50	°C
Vnitřní teplota průměrně za dobu měření:	22,76	°C
Typ oken:	původní dřevěné, zdvojené, nerozšroubovatelné, otočné	
Velikost oken:	1,93	m ²
Velikost dveří do exteriéru:	2,32	m ²
Větrání:	pouze okny a dveřmi do exteriéru	
Celkový objem vzduchu:	131,04	m ³
Počet osob – dětí:	26	děti
Počet osob – dospělých:	2	osoby
Průměrný objem vzduchu na osobu:	4,68	m ³
Průměrný věk osob – dětí	7	
Průměrný věk osob – dospělých:	34	

Tabulka 16: Tabulka s hodnotami a popsáním dějem přímo v čase měření [vlastní]

	Popis děje při měření	začátek (čas- hh:mm:ss)	konec (čas- hh:mm:ss)	délka měření (čas- hh:mm:ss)	střední hodnota	vnitřní teplota (°C)	relativní vlhkost uvnitř (%)	venkovní teplota (°C)	relativní vlhkost (%)	venkovní atmosferický tlak (hPa)
1)	Naměřeny veškeré údaje- okna, dveře, prostor+otevření dveří do zahrady od 7:02-7:17	7:00:00	7:17:00		-	-	-	-	-	-
2)	Zakreslen půdorys, vybráno místo měření,	7:05:00	7:10:00		-	-	-	-	-	-

5 Shrnutí výsledků disertace

3)	Aklimatizace přístrojů, výška měřáku uvnitř 1,35m, aklimatizace vnitřní 1/2hodiny, vnější 10 minut	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-venku	7:15:00	7:25:00		-	-	-	-	-	-
	-uvnitř	7:05:00	7:35:00		-	-	-	-	-	-
5)	Měření na parapetu z venkovní strany po aklimatizaci	7:28:42	7:39:13	0:10:31	516	20,50	35,00	4,1	99,3	1002,8
6)	Vnitřní měření – začátek v místnosti učebny, s otevřenými dveřmi do chodby 7:42 - otevřeny dveře do chodby, 7:41 příchod 1. žáků do učebny,	7:42:08	7:52:21	0:10:13	857	21,80	35,00	4,3	99,4	1002,6
7)	v 7:54 otevřeny dveře do zahrady=v polovině času měření, žáci na svých místech v 8:00 začátek výuky, ale děti na svých místech již od 7:54	7:52:39	8:02:39	0:10:00	963	22,00	35,00	5	97,1	1002,5
8)	Začátek výuky, 1.hodina ČJ, děti mají interaktivní výuku, s tím, že také chodí odevzdávat úkoly paní učitelce, hodina není statická, děti chodí také po třídě, 8:07 - puštěn počítač a interaktivní tabule, DVEŘE STÁLE OTEVŘENY DO ZAHRADY, 8:11-uzavřeny dveře do exteriéru	8:02:59	8:13:00	0:10:01	880	21,10	33,00	5,5	94,9	1002,5
9)	8:15 otevřeno okno na „větračku“ na žádost žáka u okna. Bylo mu teplo od radiátoru	8:13:19	8:23:19	0:10:00	1122	22,00	35,00	6,3	90,2	1002,5
10)	8:26 otevřeny dveře na zahradu jedním žákem- důvod otevření=horko, jelikož do učebny svítilo prudce ranní sluníčko	8:23:40	8:33:40	0:10:00	1218	24,00	38,00	6,8	87,5	1002,4
11)	STÁLE OTEVŘENY DVEŘE DO ZAHRADY	8:33:58	8:43:58	0:10:00	863	23,50	38,00	7,1	86,5	1002,3
12)	8:46-uzavřeny dveře na zahradu, 8:50 vyklizení učebny+přesun exteriérem do tělocvičny	8:44:12	8:52:04	0:07:52	838	23,00	35,00	7,3	84,9	1002,4
13)	Přesun do tělocvičny, orientačně proměřena také tělocvična, cvičí všichni studenti + učitelka, měřeno uprostřed místnosti v kruhu, při příchodu učitelka spustila 2 větráky přes úhlopříčku místnosti	9:03:17	9:18:17	0:15:00	1055	18,00	35,00	8,2	80,3	1002,5
14)	TĚLOCVIČNA	9:18:41	9:33:41	0:15:00	962	18,00	38,00	8,7	77,9	1002,4
15)	TĚLOCVIČNA	9:34:28	9:40:24	0:05:56	976	20,00	45,00	8,5	75,5	1002,6

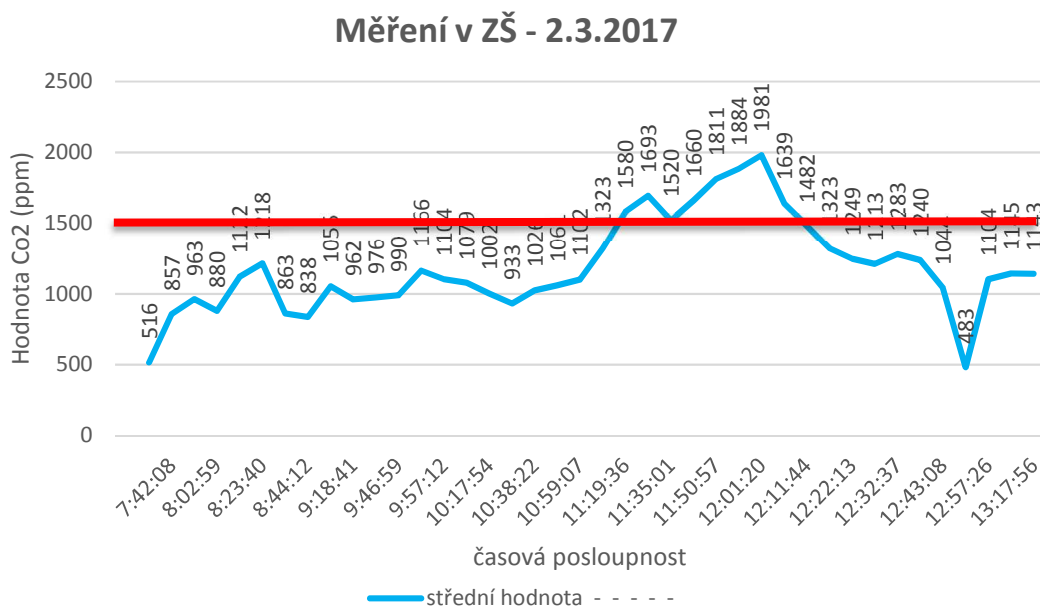
5 Shrnutí výsledků disertace

16)	9:47-Návrat zpět do učebny=SVÁČENÍ V LAVICÍCH, HRANÍ FOTBÁLKU PRO DĚTI V ZADNÍ ČÁSTI UČEBNY, DVEŘE DO CHODBY OTEVŘENY, VOLNÝ POHYB ŽÁKŮ, DVEŘE NA ZAHRADU UZAVŘENY, OKNO NA „VĚTRAČKU“ OTEVŘENO	9:46:59	9:56:59	0:10:00	990	23,00	46,00	9,1	71,7	1002,5
17)	Chodba o přestávce, dveře z učeben otevřeny	9:59:32	10:01:32	0:02:00	1166	22,00	33,00	9,1	70	1002,7
18)	učebna v 10:00 zahájena výuka – matematiky, dveře uzavřeny, ponechány otevřeny 3 okna	9:57:12	10:07:12	0:10:00	1104	22,50	36,00	9,1	70	1002,7
19)	3x okno otevřeno stále	10:07:26	10:17:39	0:10:13	1079	21,00	40,00	9,3	67,4	1002,6
20)	Všechna okna zatemněna učitelem, žaluzie jsou ve starších oknech mezi skly. Jsou uzavřeny všechny dveře, okna 3x otevřena na „větračku“. Okna jsou otočná	10:17:54	10:27:54	0:10:00	1002	20,80	38,00	10,2	62	1002,6
21)	10:32=uzavřeno okno uprostřed, 2 stále ponechána otevřena	10:28:06	10:38:06	0:10:00	933	20,50	36,00	9,7	60,2	1002,7
22)	dtto	10:38:22	10:48:23	0:10:01	1026	20,90	36,00	8,7	62,6	1003
23)	10:48=přestávka otevřeny dveře na chodbu, 10:55=uzavřeny dveře na chodbu	10:48:41	10:58:41	0:10:00	1061	21,00	37,00	8,1	64,7	1003,3
24)	11:07=Okno u učitele uzavřeno, zůstává jen jedna „větračka“	10:59:07	11:09:12	0:10:05	1102	21,50	38,00	7,6	66,4	1003,5
25)	beze změn	11:09:24	11:19:24	0:10:00	1323	22,00	36,00	8,6	62,7	1003,7
26)	1. PŘEKROČENÍ 1500 ppm	11:19:36	11:29:36	0:10:00	1580	22,50	35,00	9,1	61,4	1003,9
27)	dtto	11:29:48	11:34:48	0:05:00	1693	23,00	35,00	9,6	59,8	1004
28)	11:35=otevření dveří do zahrady, 11:41=uzavření dveří do zahrady, 11:35=učitelka velí dětem 20 dřepů + u toho intenzivní větrání, žáci jsou evidentně unavení, nevnímají, učitelka se tak snaží je rozproudit/probudit k další činnosti, 11:42začátek výuky-volný pohyb žáků po učebně, žáci jsou evidentně klidnější než na začátku výuky	11:35:01	11:45:31	0:10:30	1520	23,50	36,00	9,7	57	1004
29)	11:49=žáci na svých místech=měření zintenzivnělo, překročena hodnota 1500 ppm, již zde není vidět, že by intenzivní větrání dveřmi na zahradu výrazně pomohlo prostoru, střední hodnota za 5 minut je stále překročena	11:45:45	11:50:45	0:05:00	1660	24,00	35,00	8,9	54,9	1004,1

5 Shrnutí výsledků disertace

30)	žáci na svých místech, pouze 1 „větračka“ u dveří, ostatní uzavřeno + zatemněny žaluzie, rozsvícena všechna světla	11:50:57	11:55:57	0:05:00	1811	25,60	36,00	8,9	44,9	1004,4
31)	žáci na svých místech, pouze 1 „větračka“ u dveří, ostatní uzavřeno + zatemněny žaluzie, rozsvícena všechna světla	11:56:08	12:01:08	0:05:00	1884	25,70	35,00	8,9	44,9	1004,4
32)	12:04-otevřeno prostřední okno+ okno u učitele=tzn 3 okna na „větračku“	12:01:20	12:06:20	0:05:00	1981	26,10	37,00	8,9	44,9	1004,4
33)	dtto	12:06:31	12:11:31	0:05:00	1639	26,40	36,00	8,7	44,5	1004,5
34)	12:12-12:14=dveře na chodbu pootevřeny, v tomto okamžiku zapůsobilo otevření 3 oken	12:11:44	12:16:44	0:05:00	1482	26,10	35,00	8,7	44,5	1004,5
35)	dtto	12:16:59	12:22:00	0:05:01	1323	25,80	36,00	9	42,2	1004,6
36)	dtto	12:22:13	12:27:13	0:05:00	1249	25,20	36,00	9	42,2	1004,6
37)	dtto	12:27:24	12:32:24	0:05:00	1213	24,30	35,00	8,7	42,1	1004,9
38)	Uzavřeno okno u učitele=2 „větračky“ stále otevřeny, 12:36-ukončena výuka+ otevřeny dveře na chodbu	12:32:37	12:37:37	0:05:00	1283	23,50	34,00	8,7	42,1	1004,9
39)	12:40-prázdná učebna, okna otevřena uprostřed a u dveří do zahrady,	12:37:54	12:42:54	0:05:00	1240	23,00	36,00	8,9	39,4	1004,8
40)	12:44-přichází učitelka pro své věci + uzavírá okno uprostřed, nechává jen okno u dveří do zahrady + otevřeny dveře do chodby.	12:43:08	12:53:08	0:10:00	1044	22,50	36,00	8,7	38,6	1005,2
41)	exteriér, sonda umístěna na lavici pro sezení ve stínu + aklimatizace 10minut před měřením	12:46:10	12:56:40	0:10:30	483	22,50	35,00	8,7	38,6	1005,2
42)	chodba po skončení výuky, úklid místnosti učebny uklízečkou=vytření	12:57:26	13:07:26	0:10:00	1104	23,00	32,00	8,7	36,7	1005,3
43)	dtto	13:07:41	13:17:41	0:10:00	1145	23,20	33,00	8	40,1	1005,3
44)	dtto	13:17:56	13:27:56	0:10:00	1143	23,30	33,00	7,5	42,2	1005,5

Pozn.: Měření, kde přesáhla hodnota více než 1500 ppm je zvýrazněno šedou barvou.



Obrázek 120: Graf – průběhu koncentrace CO₂ – stávající stav [vlastní]

Zhodnocení:

Z výše uvedených naměřených hodnot vyplývá, že k překročení 1500 ppm došlo po více než 3 hodinách od začátku výuky. Dle popsání situace ve třídě žáci vykazovali únavu, která se odrazila na jejich výkonu. Učitelka sama zřejmě postřehla jejich zvýšenou únavu a snažila se reagovat, avšak nedošlo k tak velkému snížení koncentrace, jaké by bylo vhodné. K reálnému snížení koncentrace pod hranici došlo, až s provedením průvanu tzn. otevření oken a dveří do chodby. Tím došlo k vyvětrání prostoru. K prudkému poklesu opět došlo až po opuštění třídy žáky po skončení výuky, kdy učitelka provádí větrání tak, že nechá otevřeny „větračky“ a dveře do chodby, tím dojde ke snížení na nižší hodnotu.

Jelikož nebylo možné regulovat otopnou soustavu, tzn. radiátory nebylo možné vypnout, nebo zmírnit, docházelo v učebně k přehřátí. V tomto případě sama učitelka nařizovala větrání, a to, dle jejích slov, hlavně proto, protože bylo ve třídě „nedýchateľno“.

V exteriéru byly naměřeny hodnoty 516 a 483 ppm. Z tohoto vyplývá, že větrání do exteriéru bylo vhodné. Chodba v interiéru měla hodnoty přibližně 1100 ppm. I v tomto případě je možné provádět větrání do tohoto prostoru.

Do dalšího dne byly přes noc nechány otevřeny 2 „větračky“.

Měření 3. 3. 2017

Tabulka 17: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]

Měření CO ₂ v interiéru školských budov		
Místo:	ZŠ a MŠ	
Nadmořská výška:	280,00	m. n. m.
Barometrický tlak:	1003,00	hPa
Datum:	3.3.2017	
Počasí:	Jasno, bez mraků bez deště	
Venkovní teplota průměrně za dobu měření:	6,62	°C
Vnitřní teplota průměrně za dobu měření:	24,77	°C
Typ oken:	původní dřevěné, zdvojené, nerozšroubovatelné, otočné	
Velikost oken:	1,93	m ²
Velikost dveří do exteriéru:	2,32	m ²
Větrání:	pouze okny a dveřmi do exteriéru	
Celkový objem vzduchu:	131,04	m ³
Počet osob – dětí:	26,00	dětí
Počet osob – dospělých:	2,00	osoby
Průměrný objem vzduchu na osobu:	4,68	m ³
Průměrný věk osob – dětí	7	
Průměrný věk osob – dospělých:	34	

Tabulka 18: Tabulka s průběhem měření – stávající stav 2. 3. 2017 [vlastní]

	Popis děje při měření	začátek (čas- hh:mm:ss)	konec (čas- hh:mm:ss)	délka měření (čas- hh:mm:ss)	střední hodnota	vnitřní teplota (°C)	relativní vlhkost (%RH)	venkovní teplota (°C)	venkovní relativní vlhkost (%RH)	venkovní atmosferický tlak (hPa)
1)	Naměřeny veškeré údaje z předchozího dne, bylo potřeba aklimatizovat všechny přístroje na měření	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2)	Aklimatizace 30 min + Měření na chodbě objektu, do 7:24 uzavřeny všechny dveře na chodbu z učeben, poté otevřeny dveře do vedlejší učebny, na chodbě otevřeny „větračky“ starších oken, po dobu měření byli na chodbě 3 dospělé osoby	7:19:44	7:30:44	0:11:00	637	22,40	36,00	4,2	73,8	1017,7
3)	Aklimatizace 30 min + Exteriér cca 5m od fasády	7:27:00	7:37:05	0:10:05	528	22,40	36,00	2,4	77,9	1017,8
4)	učebna bez dětí, 1 malá „větračka“ otevřena celou noc	7:32:56	7:41:33	0:08:37	513	21,10	36,00	3,6	75,1	1017,7
5)	Učebna - příchod dětí + otevření dveří na chodbu+(výměna baterie)	7:41:45	7:46:45	0:05:00	579	21,10	35,00	3,6	75,1	1017,7
6)	Příchod většího počtu dětí + učitel, otevřeny dveře stále na chodbu + pouze malá	7:48:38	7:53:38	0:05:00	760	21,60	35,00	2,7	78,4	1017,9

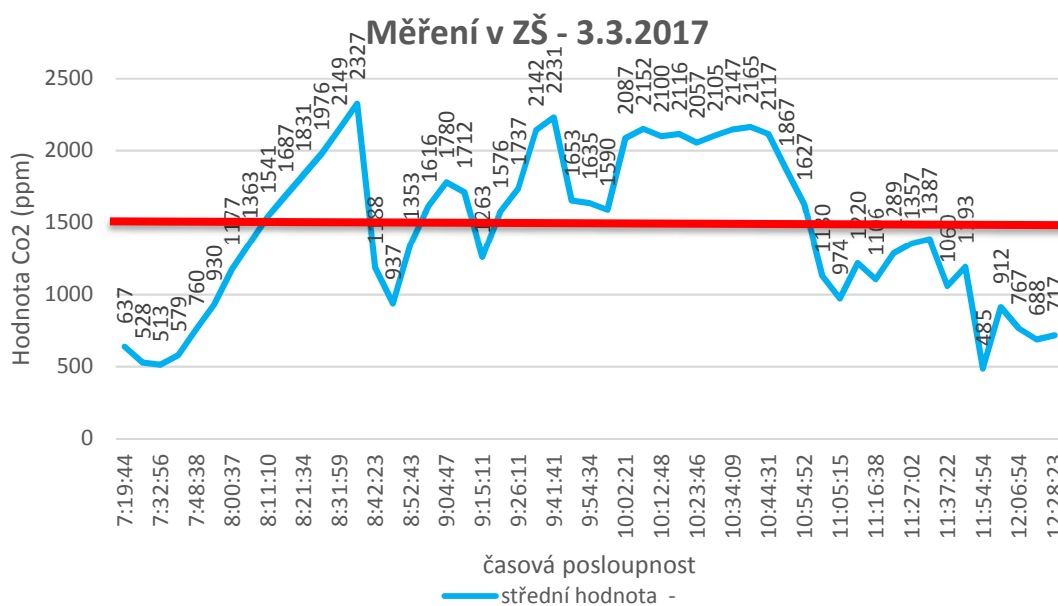
5 Shrnutí výsledků disertace

	„větračka“ v učebně										
7)	Plný počet dětí+ spouštění počítače, děti chodí po třídě, dveře do chodby stále otevřeny	7:53:50	8:00:26	0:06:36	930	22,00	36,00	2,7	78,4	1017,9	
8)	Stále jedna „větračka“ otevřena (vedle vstupní dveří na zahradu), uzavřeny dveře do chodby	8:00:37	8:05:49	0:05:12	1177	22,10	37,00	2,7	78,5	1017,9	
9)	Děti sedí na svých místech + otevřena 1 „větračka“ stále na málo	8:05:59	8:10:59	0:05:00	1363	22,50	37,00	2,7	78,5	1017,9	
10)	1 „větračka“	8:11:10	8:16:10	0:05:00	1541	23,00	37,00	2,9	79,2	1017,9	
11)	1 „větračka“	8:16:21	8:21:21	0:05:00	1687	23,40	37,00	5,3	69,2	1017,8	
12)	Uzavřeno okno úplně-tzn. Uzavřena celá místnost	8:21:34	8:26:34	0:05:00	1831	23,80	38,00	5,3	69,2	1017,8	
13)	Uzavřena celá místnost	8:26:46	8:31:46	0:05:00	1976	24,10	38,00	5,5	68,6	1017,8	
14)	Uzavřena celá místnost	8:31:59	8:37:01	0:05:02	2149	24,60	38,00	5,5	68,6	1017,8	
15)	Otevřeny dveře do zahrady učitelem	8:37:12	8:42:12	0:05:00	2327	24,20	38,00	6,2	64,9	1017,6	
16)	Po 4 minutách klesla hodnota ppm pod hranici 1500	8:42:23	8:47:23	0:05:00	1188	24,00	33,00	6,2	64,9	1017,6	
17)	8:48 zavřeny dveře do zahrady, přestávka	8:47:34	8:52:34	0:05:00	937	24,00	33,00	6	64,7	1017,5	
18)	Otevřeny dveře na chodbu 8:55-8:56	8:52:43	8:59:13	0:06:30	1353	24,40	34,00	6	64,7	1017,5	
19)	vše uzavřeno + po 11 minutách od uzavření dveří překročena hodnota 1500 ppm	8:59:26	9:04:37	0:05:11	1616	24,80	35,00	7,9	58,7	1017,1	
20)	9:04-otevřena „větračka“ u učitelky	9:04:47	9:09:48	0:05:01	1780	25,10	36,00	7,9	58,7	1017,1	
21)	9:12-děti v lavicích na píseň tančí, učitelka bez ohledu na výsledky měření sama od sebe otevřela dveře na zahradu + „větračku“ a rozhýbala děti, tančili na píseň a zpívali, 9:14-hodnota ppm klesla 1500	9:09:59	9:14:59	0:05:00	1712	24,00	33,00	6,1	60,9	1017	
22)	9:15-uzavřeny dveře ven + okno u učitele	9:15:11	9:20:12	0:05:01	1263	24,50	33,00	6,4	61,2	1016,9	
23)	Vše uzavřeno + v 9:20 překročena hodnota 1500ppm	9:20:23	9:25:23	0:05:00	1576	24,80	34,00	6,4	61,2	1016,9	
24)	9:28-děti vstaly a cvičí v lavicích=hra	9:26:11	9:30:27	0:04:16	1737	25,40	35,00	6,1	62,1	1016,9	
25)	9:30-9:35=výměna baterie, tzn. Bez měření, vše uzavřeno	9:36:28	9:41:29	0:05:01	2142	26,10	37,00	5,7	64,9	1016,9	
26)	9:42 - otevřeny dveře na chodbu, 9:45-otevřeny dveře na zahradu	9:41:41	9:46:41	0:05:00	2231	26,00	36,00	5,7	64,9	1016,9	
27)	9:51-otevřeny dveře na zahradu	9:46:52	9:51:52	0:05:00	1653	26,10	34,00	6,3	62,5	1016,7	
28)	Chodba o velké přestávce, dveře z učeben, 4ks dveří z učeben otevřeny	9:54:34	9:56:04	0:01:30	1635	25,50	33,00	6,3	62,5	1016,7	
29)	Uzavřeny dveře ven,	9:52:03	9:57:03	0:05:00	1590	25,70	35,00	6,3	62,5	1016,7	

5 Shrnutí výsledků disertace

	otevřeny dveře do chodby									
30)	10:03-otevření „větračky“ okna u učitelky	10:02:21	10:07:22	0:05:01	2087	26,00	37,00	5,9	62,2	1016,5
31)	Stále 1 „větračka“ otevřena	10:07:35	10:12:35	0:05:00	2152	26,10	37,00	5,7	63,4	1016,5
32)	Stále 1 „větračka“ otevřena	10:12:48	10:17:48	0:05:00	2100	26,20	37,00	5,7	63,4	1016,5
33)	Stále 1 „větračka“ otevřena	10:18:34	10:23:34	0:05:00	2116	26,30	37,00	6,4	61,9	1016,4
34)	Stále 1 „větračka“ otevřena	10:23:46	10:28:46	0:05:00	2057	26,40	37,00	6,4	61,9	1016,4
35)	Stále 1 „větračka“ otevřena	10:28:58	10:33:58	0:05:00	2105	26,50	37,00	7,6	57,6	1016,2
36)	Otevřeny dveře na chodbu 3 minuty +stále 1 „větračka“	10:34:09	10:39:09	0:05:00	2147	26,70	38,00	7,6	57,6	1016,2
37)	1 „větračka“	10:39:20	10:44:20	0:05:00	2165	26,90	37,00	8,2	54	1016
38)	10:48-otevřeny dveře do chodby	10:44:31	10:49:31	0:05:00	2117	27,10	37,00	8,2	54	1016
39)	Větrání okno + dveře na chodbu=průvan	10:49:41	10:54:41	0:05:00	1867	27,00	36,00	8,9	50,8	1015,9
40)	10:56-zavřeny dveře na chodbu, 10:57-otevřeny dveře na zahradu, 10:59-hodnota klesla pod 1500ppm	10:54:52	10:59:52	0:05:00	1627	26,50	33,00	8,9	50,8	1015,9
41)	Po celou dobu měření otevřené dveře na zahradu + okno u učitele	11:00:04	11:05:04	0:05:00	1130	23,00	33,00	8,6	49,4	1015,9
42)	11:05-uzavřeny dveře na zahradu + necháno otevřeno okno stále u učitele	11:05:15	11:10:15	0:05:00	974	25,50	31,00	8,6	49,4	1015,9
43)	11:15-na 1 minutu otevřeny dveře na zahradu, poté hned uzavřeny, ponechána 1 „větračka“	11:10:26	11:16:26	0:06:00	1220	26,00	31,00	8,5	51,1	1016
44)	Stále 1 „větračka“ otevřena u učitele	11:16:38	11:21:38	0:05:00	1106	26,30	32,00	8,4	52,3	1015,6
45)	Stále 1 „větračka“ otevřena u učitele	11:21:50	11:26:50	0:05:00	1289	26,90	32,00	8,4	52,3	1015,6
46)	Stále 1 „větračka“ otevřena u učitele	11:27:02	11:32:02	0:05:00	1357	26,90	32,00	9,6	49,8	1015,5
47)	11:33-překročeno 1500 ppm + hned po překročení nezávisle na měření otevřela učitelka dveře na zahradu	11:32:12	11:37:12	0:05:00	1387	25,50	30,00	9,6	49,8	1015,5
48)	11:39-dveře na zahradu uzavřeny	11:37:22	11:42:22	0:05:00	1060	26,00	30,00	8,9	49,6	1015,5
49)	11:43-ukončení výuky – otevření dveří na chodbu, 11:45-prázdná učebna	11:42:35	11:52:35	0:10:00	1193	26,10	33,00	9,5	47,8	1015,3
50)	exteriér	11:54:54	11:59:54	0:05:00	485	25,50	33,00	9,5	47,8	1015,3
51)	Otevřena „větračka“ vedle dveří + 1 u učitele	11:53:19	12:03:19	0:10:00	912	25,50	33,00	9,3	48,6	1015,2
52)	Měření na chodbě, průvan z učebny, 2x učebna otevřena na chodbu	12:06:54	12:16:54	0:10:00	767	23,00	35,00	9,1	48,9	1015,1
53)	měřeno mimo citelný průvan, v prostoru	12:17:42	12:27:42	0:10:00	688	23,20	34,00	9,8	48,4	1015
54)	měřeno u vstupu do dvou učeben	12:28:23	12:38:23	0:10:00	717	23,20	34,00	9	48,2	1014,8

Pozn.: Měření, kde přesáhla hodnota více než 1500 ppm je zvýrazněno šedou barvou.



Obrázek 121: Graf – průběhu koncentrace CO₂ – stávající stav [vlastní]

V dalším dni bylo domluveno s vyučujícím to, že se nebudou otvírat okna tak často, ale jen po domluvě. Tím, že nedocházelo k takovému ovlivnění větrání učitelem, stoupla hodnota nad 1500 ppm již za 11 minut od začátku výuky, a to i přes to, že 1 „větračka“ zůstala otevřena. Tím, jak stoupala koncentrace CO₂, stoupala také teplota v interiéru, opět vše bylo způsobeno nemožností vypnutí radiátoru. Místnost je na jihovýchod tzn. v podstatě od rána docházelo k intenzivnímu svitu slunce do učebny, bylo jasno. Žaluzie bylo sice možné zatáhnout, ale ne již na dveřích a v nadsvětlíku. Navíc bylo autorkou zamezeno plynulé větrání. Došlo tedy sice k omezení tepelných ztrát, avšak koncentrace CO₂ i teploty v interiéru značně stoupaly. Tak jak byl interiér větrán, docházelo ke kolísání koncentrace i teploty. Nejhorší situace nastala před velkou přestávkou, tj. v rozmezí 9:36-9:40, kdy vystoupala hodnota nad 2100, resp. 2200 ppm. S velkou přestávkou byla otevřena okna do exteriéru a dveře do chodby. Tím došlo k intenzivnímu průvanu. Děti měly možnost se jít proběhnout ven (po přezutí). Místnost byla tedy jen částečně zaplněna dětmi. Ovšem i když byl v místnosti průvan, děti byly jen z části v učebně, i přes to koncentrace neklesla pod 1500 ppm. V 11 hodin již učitelka nevydržela vysokou teplotu kolísající kolem 27 °C a s dovolením otevřela dveře do zahrady. Intenzivně tedy došlo k vyvětrání, a to až na hodnotu 1130 ppm, a to za pouhých 10 minut. Poté bylo opět vše uzavřeno

(ponechána jen nezbytná 1 „větračka“) a koncentrace již udržela svou hladinu pod 1500 ppm (jen v jedné chvíli slabě nad, ale ihned sražena vyvětráním). V exteriéru byly naměřeny hodnoty 528 ppm resp. 485 ppm. Na chodbě objektu bylo naměřeno před výukou 637 ppm. O velké přestávce byla naměřena hodnota 1635 ppm, to bylo způsobeno otevřenými dveřmi do učeben a velkou koncentrací dětí na chodbě školy. Dále byla změřena koncentrace ppm na chodbě po skončení výuky, která dosahovala 767 ppm, 668 ppm a 717 ppm.

Shrnutí z měření koncentrace v původním stavu:

Závěrem lze tedy říci, že měření proběhlo úspěšně, byly zjištěny hodnoty koncentrace CO₂. V uvedených dvou dnech bylo nejdříve větrání ponecháno na uvážení učitelky. Ve druhém dni bylo regulováno autorkou. V první fázi bylo předběžně možné konstatovat, že učitelka dobře rozpoznávala chování svých žáků, jakmile ztrácely koncentraci, nebo byly ospalí, okamžitě reagovala otevřením oken, nebo dveří do exteriéru. Nicméně ve druhém dni bylo zjištěno (po rozmluvě s učitelkou), že více než ospalost žáků, nebo jejich apatie jí byla nepříjemná vysoká teplota. Sama uvedla, že větrala hlavně z toho důvodu, že bylo v učebně „nedýchatelno“, že jí bylo intenzivně teplo a že v tomto teple nebylo možné vyučovat. Dále uvedla, že bylo vidět, jak je dětem také teplo. Toto uvedla na příkladu: *„tím, jak se větrá v učebně, jak jsou neustále otevřeny „větračky“ a nelze regulovat topení, děti nejbližší oknům nosí dlouhé rukávy, někdy i roláky, sice na nohy jim je teplo (sedí vedle radiátorů), ale na ruce, díky otevřeným oknům, je jim zima. Děti sedící nejdále od oken standardně chodí v tričku s krátkým rukávem. Z tohoto důvodu (ale i z edukativních) měním žákovi pozice, střídám umístění žáků po lavicích tak, aby neseseděli celý školní rok jen u okna, nebo jen uprostřed.“*

Z tohoto zjištění jasně vyplývá, že vyučující nereguluje koncentraci CO₂ větráním na základě pocitu únavy, ale na základě pocitu tepla.

Nový stav (po zateplení obálky budovy a výměně oken):

Měřeno 30.11.2017

V průběhu léta 2017 byla provedena rekonstrukce objektu, včetně přístavby šaten. Objekt byl zateplen, došlo k výměně oken.

Tabulka 19: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]

Měření CO ₂ v interiéru školských budov	po zateplení	
Místo:	ZŠ a MŠ	
Nadmořská výška:	280,00	m. n. m.
Barometrický tlak:	1004,3	hPa
Datum:	30.11.2017	
Počasí:	zataženo, rovnoměrně, bez srážek	
Venkovní teplota průměrně za dobu měření:	0,9	°C
Vnitřní teplota průměrně za dobu měření:	21,2	°C
Typ oken:	původní dřevěné, zdvojené, rozšroubovatelné, otočné	
Velikost oken:	1,9	m ²
Velikost dveří do exteriéru:	2,3	m ²
Větrání:	pouze okny a dveřmi do exteriéru	
Celkový objem vzduchu:	131,0	m ³
Počet osob – dětí:	21,00	dětí
Počet osob – dospělých:	2,00	osoby
Průměrný objem vzduchu na osobu:	5,70	m ³
Průměrný věk osob – dětí	8	
Průměrný věk osob – dospělých:	35	

Tabulka 20: Tabulka s průběhem měření – nový stav 30. 11. 2017 [vlastní]

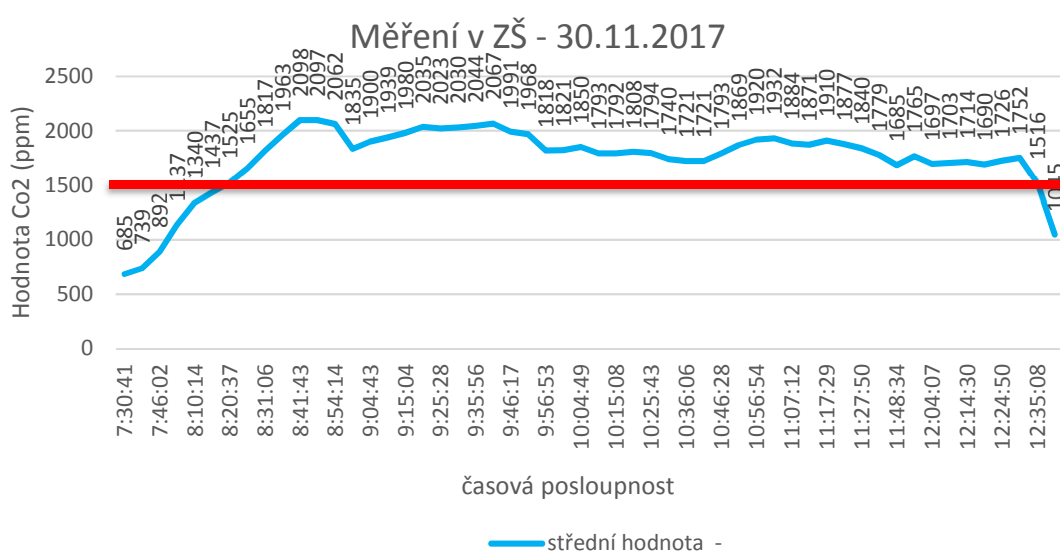
	Popis děje při měření	začátek (čas-hh:mm:ss)	konec (čas-hh:mm:ss)	délka měření (čas-hh:mm:ss)	střední hodnota	vnitřní teplota (°C)	relativní vlhkost uvnitř (%)	venkovní teplota (°C)	venkovní relativní vlhkost (%)	venkovní atmosferický tlak (hPa)
1)	Naměřeny veškeré údaje z předchozího jako velikost učebny, oken apod., bylo potřeba aklimatizovat všechny přístroje na měření	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2)	Exteriér	7:35:38	7:41:00	0:05:22	527	19,0	43	-0,3	100	1004,5
3)	učebna, okna uzavřena, dveře na chodbu uzavřeny	7:30:41	7:36:00	0:05:19	685	19,2	43	-0,3	100	1004,5
4)	Chodba-uzavřeny dveře do tříd, uzavřena okna	7:41:41	7:44:41	0:03:00	739	19,4	44	-0,1	100	1004,5
5)	Učebna s dětmi – otevřeny 2 větračky	7:46:02	7:59:35	0:13:33	892	19,2	52	-0,1	100	1004,5
6)	Učebna s dětmi – otevřeny 2 větračky	8:00:02	8:10:02	0:10:00	1137	19,6	51	0,4	100	1004,5
7)	Učebna s dětmi – otevřeny 2 větračky	8:10:14	8:15:14	0:05:00	1340	20,1	51	-0,2	100	1004,4
8)	Učebna s dětmi – otevřeny 1 větračka	8:15:25	8:20:25	0:05:00	1437	20,6	50	0,2	100	1004,4
9)	8:23 překročeno 1500 ppm => Učebna s dětmi – otevřeny 1 větračka	8:20:37	8:25:37	0:05:00	1525	21,6	50	0	100	1004,4
10)	8:28 překročeno 1700ppm => učebna s dětmi –	8:25:48	8:30:48	0:05:00	1655	22,1	51	-0,1	100	1004,6

5 Shrnutí výsledků disertace

	otevřena 1 větračka									
11)	8:34 překročeno 1800ppm => učebna s dětmi – otevřena 1 větračka	8:31:06	8:36:07	0:05:01	1817	22,0	52	-0,3	100	1004,7
12)	8:38 překročeno 1900ppm, 8:41 překročeno 2000 ppm => učebna s dětmi - otevřena 1 větračka	8:36:27	8:41:30	0:05:03	1963	22,3	52	-0,2	100	1004,6
13)	2100 ppm => učebna s dětmi - otevřena 1 větračka + dveře	8:41:43	8:48:43	0:07:00	2098	22,4	51	-0,1	100	1004,6
14)	2100 ppm => učebna s dětmi - otevřena 1 větračka + dveře	8:48:56	8:53:56	0:05:00	2097	22,8	50	-0,2	100	1004,6
15)	učebna s dětmi – otevřena 1 větračka + dveře	8:54:14	8:59:15	0:05:01	2062	22,6	51	-0,4	100	1004,6
16)	2 větračky + 1 celé okno nárazové větrání	8:59:29	9:04:29	0:05:00	1835	21,4	50	-0,5	100	1004,6
17)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:04:43	9:09:43	0:05:00	1900	21,5	51	-0,5	100	1004,8
18)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:09:53	9:14:53	0:05:00	1939	21,6	50	-0,2	100	1004,8
19)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:15:04	9:20:04	0:05:00	1980	22,0	49	-0,4	100	1004,7
20)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:20:13	9:25:14	0:05:01	2035	22,1	49	-0,5	100	1004,8
21)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:25:28	9:30:28	0:05:00	2023	22,0	50	-0,4	100	1004,9
22)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:30:37	9:35:37	0:05:00	2030	22,2	50	0	100	1004,9
23)	učebna s dětmi – otevřena 2 větračky	9:35:56	9:40:56	0:05:00	2044	22,3	51	0,6	100	1004,9
24)	přestávka – učebna s dětmi - otevřena 2 větračky+1dveře	9:41:05	9:46:05	0:05:00	2067	22,0	50	0,6	100	1004,7
25)	přestávka – učebna s dětmi - otevřena 2 větračky+1dveře	9:46:17	9:51:17	0:05:00	1991	21,6	47	0,8	100	1004,9
26)	přestávka – učebna s dětmi - otevřena 2 větračky+1dveře	9:51:35	9:56:35	0:05:00	1968	21,3	47	0,6	100	1004,9
27)	přestávka – učebna s dětmi - otevřena 2 větračky+1dveře	9:56:53	9:59:29	0:02:36	1818	20,9	46	0,6	100	1004,8
28)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	9:59:38	10:04:38	0:05:00	1821	20,8	43	0,4	100	1004,9
29)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:04:49	10:09:49	0:05:00	1850	20,8	44	0,3	100	1005
30)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:09:56	10:14:56	0:05:00	1793	20,9	43	0,3	100	1005,1
31)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:15:08	10:20:08	0:05:00	1792	20,5	42	0,8	100	1004,9
32)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:20:19	10:25:34	0:05:15	1808	20,3	41	0,5	100	1004,9
33)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:25:43	10:30:43	0:05:00	1794	20,2	42	0,5	100	1004,8
34)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:30:56	10:35:58	0:05:02	1740	20,5	43	1	100	1004,7
35)	14dětí+2dospělí => 2 větračky	10:36:06	10:41:06	0:05:00	1721	20,3	44	1,2	100	1004,5
36)	14dětí+2dospělí => 2	10:41:15	10:46:15	0:05:00	1721	20,2	44	0,9	100	1004,4

	větračky									
37)	přestávka=> plný počet dětí=>2 větračky+1 dveře	10:46:28	10:51:28	0:05:00	1793	20,8	45	1,7	100	1004,3
38)	přestávka=> plný počet dětí=>2 větračky+1 dveře	10:51:41	10:56:41	0:05:00	1869	20,9	44	2,4	99,9	1004,2
39)	přestávka=> plný počet dětí=> 3 větračky+1 dveře	10:56:54	11:01:54	0:05:00	1920	21,4	46	2,8	97,2	1004
40)	učebna=> 3 větračky	11:02:02	11:07:02	0:05:00	1932	21,6	45	2,8	95,3	1004
41)	učebna=> 3 větračky	11:07:12	11:12:12	0:05:00	1884	21,3	44	2,1	95,3	1004
42)	učebna=> 3 větračky	11:12:20	11:17:20	0:05:00	1871	21,3	46	2,3	96	1003,9
43)	učebna=> 3 větračky	11:17:29	11:22:29	0:05:00	1910	21,6	46	2,8	95,7	1003,9
44)	učebna=> 3 větračky	11:22:38	11:27:38	0:05:00	1877	21,8	47	2,4	95,5	1003,8
45)	učebna=> 3 větračky	11:27:50	11:33:11	0:05:21	1840	22,1	46	2,6	95,3	1003,7
46)	učebna=> 3 větračky	11:33:19	11:48:19	0:15:00	1779	21,8	47	2,7	95,2	1003,6
47)	učebna=> 3 větračky+1dveře	11:48:34	11:53:34	0:05:00	1685	21,3	46	2	94,6	1003,7
48)	učebna=> 3 větračky	11:53:42	11:58:43	0:05:01	1765	21,5	46	1,6	96	1003,8
49)	učebna=> 3 větračky	12:04:07	12:09:07	0:05:00	1697	21,3	46	1,8	97,4	1003,7
50)	učebna=> 3 větračky	12:09:18	12:14:18	0:05:00	1703	21,4	46	1,6	96,9	1003,7
51)	učebna=> 3 větračky	12:14:30	12:19:30	0:05:00	1714	21,5	46	1,6	97,5	1003,7
52)	učebna=> 2 větračky	12:19:39	12:24:39	0:05:00	1690	21,4	47	1,5	95,8	1003,6
53)	učebna=> 2 větračky	12:24:50	12:29:50	0:05:00	1726	21,8	46	1,5	96,2	1003,6
54)	ukončena výuka => učebna=> 2 větračky	12:30:00	12:35:00	0:05:00	1752	22,0	46	1,5	96,1	1003,6
55)	učebna 1větračka + dveře na chodbu	12:35:08	12:41:08	0:06:00	1516	21,1	45	1,6	95,9	1003,5
56)	učebna 1větračka + dveře na chodbu – průvan	12:56:06	13:11:06	0:15:00	1045	19,7	44	1,3	94,5	1003,7
57)	exteriér	12:38:35	12:43:36	0:05:01	620	-	-	1,6	95,9	1003,5
58)	chodba	12:45:11	12:50:11	0:05:00	1623	21,2	46	1,5	95,5	1003,4
59)	chodba	12:50:26	12:55:27	0:05:01	1626	21,1	45	1,5	95,4	1003,6

Pozn.: Měření, kde přesáhla hodnota více než 1500 ppm je zvýrazněno šedou barvou.



Obrázek 122: Graf – průběhu koncentrace CO₂ – nový stav [vlastní]

Zhodnocení:

Z výše uvedených naměřených hodnot vyplývá, že k překročení 1500 ppm došlo prakticky po 15 minutách od začátku výuky. K reálnému snížení koncentrace pod hranici došlo, až s provedením průvanu tzn. otevření oken a dveří do chodby **po skončení výuky**. Tím došlo k vyvětrání prostoru. Otopná soustava je již regulovatelná, proto učitelka nechává spuštěný radiátor jen jeden (ze tří). Z hlediska vytápění je nastaveno zapnutí otopné soustavy v 7:00 hod. Dále je naprogramováno snížení teploty ve 12 hod tzn. cca dvě hodiny před ukončením výuky. Z tohoto vyplývá, že vyučující neměla pocit tepla, teplota interiéru se pohybovala od 19,0 do max. 22,8 °C. Tím, že jsou okna i dveře těsná a bylo ponecháno jen málo oken otevřených (na „větračku“) nedocházelo k takovému proudění vzduchu. Tímto nedocházelo k vyvětrání učebny a nedocházelo v průběhu výuky ke snížení hodnot pod 1500 ppm. Dále byly změřeny hodnoty v exteriéru, které dosahovaly 527 ppm před výukou a 620 ppm po výuce. Před výukou byla také změřena hodnota na chodbě objektu, která dosahovala 739 ppm. Po výuce byla změřena hodnota na chodbě 1623 ppm a 1626 ppm. Z tohoto vyplývá, že větrání do chodby již ztrácelo svůj význam.

Dále bylo zjištěno, že štěrbina, která nyní představuje otvor k větrání u výklopného okna je několika násobně menší. Dříve bylo provedeno okno otočné, tím byly k dispozici v podstatě 2 štěrby, jedna u parapetu a druhá u překladu.

Do dalšího dne nebyla přes noc nechána otevřena okna, ani dveře na chodbu.

Měřeno 1.12.2017

Tabulka 21: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]

Měření CO ₂ v interiéru školských budov		
Místo:	ZŠ a MŠ	
Nadmořská výška:	280,00	m. n. m.
Barometrický tlak:	1013,6	hPa
Datum:	1. 12. 2017	
Počasí:	zataženo, rovnoměrně, bez srážek	
Venkovní teplota průměrně za dobu měření:	0,2	°C
Vnitřní teplota průměrně za dobu měření:	21,5	°C
Typ oken:	původní dřevěné, zdvojená,	

5 Shrnutí výsledků disertace

	rozšroubovatelné, otočné	
Velikost oken:	1,93	m ²
Velikost dveří do exteriéru:	2,32	m ²
Větrání:	pouze okny a dveřmi do exteriéru	
Celkový objem vzduchu:	131,04	m ³
Počet osob – dětí:	21,00	dětí
Počet osob – dospělých:	2,00	osoby
Průměrný objem vzduchu na osobu:	5,70	m ³
Průměrný věk osob – dětí	8	
Průměrný věk osob – dospělých:	35	

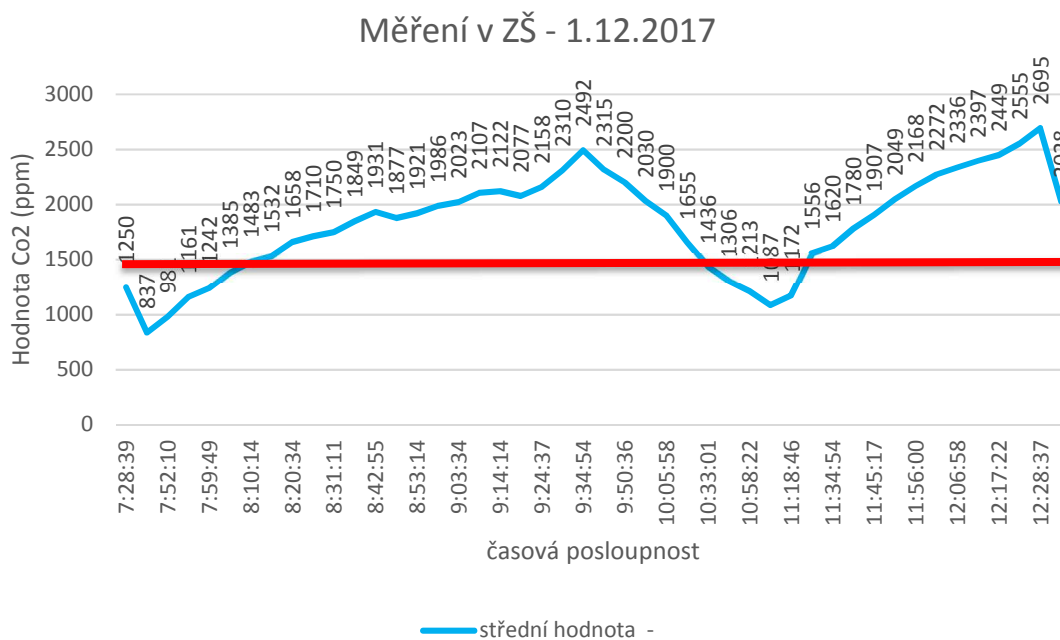
Tabulka 22: Tabulka s průběhem měření – nový stav 30.11.2017 [vlastní]

	Popis děje při měření	začátek (čas- hh:mm:ss)	konec (čas- hh:mm:ss)	délka měření (čas- hh:mm:ss)	střední hodnota	vnitřní teplota (°C)	relativní vlhkost uvnitř (%)	venkovní teplota (°C)	venkovní relativní vlhkost (%)	venkovní atmosférický tlak (hPa)
1)	Naměřeny veškeré údaje z předchozího jako velikost učebny, oken apod., bylo potřeba aklimatizovat všechny přístroje na měření	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2)	Exteriér	7:26:42	7:36:50	0:10:08	645	19,0	43	-3,1	100	1012,4
3)	Exteriér	10:09:50	10:29:50	0:20:00	611	-	-	-1,3	96,4	1014,2
4)	Exteriér	12:34:27	12:44:29	0:10:02	605	-	-	7,9	57,9	1014,1
5)	Chodba, dveře z učeben uzavřeny, okna uzavřena	7:41:02	7:46:02	0:05:00	829	19,2	43	-2,8	100	1012,5
6)	chodba	12:46:05	12:51:05	0:05:00	1633	19,2	44	5,1	58	1014,1
7)	učebna, otevřena 1větračka, bez dveří na chodbu	7:28:39	7:38:39	0:10:00	1250	19,4	45	-3,1	100	1012,4
8)	Učebna, z části s dětmi, postupně přichází, 3větračky+1dveře	7:46:49	7:51:59	0:05:10	837	19,6	45	-2,6	100	1012,6
9)	Učebna, z části s dětmi, postupně přichází, 3větračky+1dveře	7:52:10	7:57:10	0:05:00	981	20,1	44	-2,2	100	1012,6
10)	Učebna, z části s dětmi, postupně přichází, 2větračky+1dveře	7:57:24	7:59:36	0:02:12	1161	20,3	45	-2,3	99,5	1012,6
11)	Učebna, s dětmi, 2větračky	7:59:49	8:04:49	0:05:00	1242	20,4	44	-2,2	99,4	1012,6
12)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:05:03	8:10:05	0:05:02	1385	20,6	43	-1,8	98,9	1012,7
13)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:10:14	8:15:14	0:05:00	1483	21,1	45	-1,5	98,3	1012,8
14)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:15:24	8:20:24	0:05:00	1532	21,1	44	-2,1	99,8	1012,9
15)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:20:34	8:25:34	0:05:00	1658	21,4	45	-2,5	99,6	1013
16)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:25:43	8:30:58	0:05:15	1710	21,5	45	-2,3	99,6	1013
17)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:31:11	8:37:11	0:06:00	1750	21,5	44	-1,8	100	1013,1
18)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:37:45	8:42:45	0:05:00	1849	21,7	45	-2,2	99,4	1013,1
19)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:42:55	8:47:55	0:05:00	1931	21,8	44	-1,8	99,5	1013,2
20)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:48:05	8:53:05	0:05:00	1877	22,0	45	-1,3	98,1	1013,2

5 Shrnutí výsledků disertace

21)	Učebna=přestávka, s dětmi, 2větračky+1dveře	8:53:14	8:58:14	0:05:00	1921	21,9	44	-1,2	97,7	1013,2
22)	Učebna, s dětmi, 2větračky	8:58:25	9:03:26	0:05:01	1986	22,0	45	-1,2	97,1	1013,3
23)	Učebna, s dětmi, 2větračky	9:03:34	9:08:44	0:05:10	2023	22,1	44	-0,9	95,7	1013,3
24)	Učebna, s dětmi, 2větračky	9:08:53	9:14:08	0:05:15	2107	22,3	45	-1,7	96,2	1013,4
25)	Učebna, s dětmi, 2větračky	9:14:14	9:19:14	0:05:00	2122	22,6	46	-1,6	98,3	1013,6
26)	Učebna, s dětmi, 2větračky	9:19:25	9:24:25	0:05:00	2077	22,5	45	-1,1	98,1	1013,7
27)	Učebna, s dětmi, 1 větračka	9:24:37	9:29:37	0:05:00	2158	22,6	44	-1,2	97	1013,7
28)	Učebna, s dětmi, 1 větračka	9:29:46	9:34:46	0:05:00	2310	22,3	46	-0,3	95,8	1013,7
29)	Učebna, s dětmi, 1 větračka	9:34:54	9:39:54	0:05:00	2492	22,5	44	-1	95,4	1013,7
30)	Učebna, s dětmi, 1 větračka	9:40:24	9:50:24	0:10:00	2315	22,4	46	-1,6	96	1013,7
31)	Učebna, s dětmi, 1 větračka	9:50:36	9:55:36	0:05:00	2200	22,4	45	-0,9	97,7	1014
32)	učebna bez dětí, 1 větračka	9:55:47	10:05:47	0:10:00	2030	22,5	44	-0,2	94,5	1013,9
33)	učebna bez dětí, 1 větračka	10:05:58	10:16:13	0:10:15	1900	22,5	44	-0,1	91,8	1014,1
34)	učebna bez dětí, 1 větračka	10:16:24	10:26:24	0:10:00	1655	21,9	43	-1,2	97,7	1014,2
35)	učebna bez dětí, 1 větračka, nárazové vyvětrání 2okna	10:33:01	10:43:01	0:10:00	1436	21,3	43	-1,3	99,2	1014,5
36)	učebna bez dětí, 1 větračka, nárazové vyvětrání 2okna	10:43:11	10:58:11	0:15:00	1306	21,0	43	-1,2	100	1014,6
37)	učebna bez dětí, 1 větračka, nárazové vyvětrání 2okna	10:58:22	11:08:22	0:10:00	1213	20,6	44	-0,5	99,9	1014,6
38)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:08:34	11:18:35	0:10:01	1087	20,7	45	0,8	95,4	1014,4
39)	učebna, částečně s dětmi,	11:18:46	11:28:46	0:10:00	1172	20,7	44	-0,4	93,9	1014,5
40)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:29:08	11:34:08	0:05:00	1556	20,8	45	0,9	94,9	1014,4
41)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:34:54	11:39:54	0:05:00	1620	20,9	43	1,5	92,6	1014,4
42)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:40:02	11:45:02	0:05:00	1780	21,2	44	2,7	85,1	1014,3
43)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:45:17	11:50:18	0:05:01	1907	21,4	45	1,6	85,1	1014,3
44)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:50:55	11:55:55	0:05:00	2049	21,6	44	1,9	85,9	1014,3
45)	učebna bez dětí, 1 větračka	11:56:00	12:01:00	0:05:00	2168	22,0	44	0,9	87,3	1014,3
46)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:01:49	12:06:49	0:05:00	2272	22,1	44	2,5	83,9	1014,3
47)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:06:58	12:12:01	0:05:03	2336	22,4	45	5,3	75,4	1014,2
48)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:12:12	12:17:12	0:05:00	2397	22,6	44	7,3	62,3	1013,9
49)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:17:22	12:22:22	0:05:00	2449	22,8	46	4,1	67	1014
50)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:22:30	12:27:30	0:05:00	2555	22,9	45	4,7	66,4	1014,1
51)	učebna bez dětí, 1 větračka	12:28:37	12:33:38	0:05:01	2695	23,0	44	5,7	68,1	1014,2
52)	učebna bez dětí, 1 větračka, ukončení výuky, vyvětrání všemi větračkami, otevření dveří na chodbu	12:33:46	12:43:46	0:10:00	2028	22,6	43	9,4	57,4	1014

Pozn.: Měření, kde přesáhla hodnota více než 1500 ppm je zvýrazněno šedou barvou.



Obrázek 123: Graf – průběhu koncentrace CO₂ – nový stav [vlastní]

V dalším dni bylo domluveno s vyučujícím to, že se nebudou otvírat okna tak často, ale jen po domluvě. Tím, že nedocházelo k takovému ovlivnění větrání učitelem, stoupla hodnota nad 1500 ppm již za 10 minut od začátku výuky, a to i přes to, že 2 „větračky“ zůstaly otevřeny. Tím, jak stoupala koncentrace CO₂ stoupala také teplota v interiéru, ale jen v řádech desetin stupňů Celsia. Teplota v interiéru nepřesáhla 23 °C. Tím, že nebylo jasno, nedocházelo ani k tepelným ziskům z exteriéru. Navíc bylo autorkou zamezeno plynulé větrání. Došlo tedy k omezení tepelných ztrát (zateplením obálky budovy a regulací otopné soustavy), avšak koncentrace CO₂ v interiéru značně stoupala.

Intenzivní větrání nepomáhalo, ani co se přestávek týká. Okna jsou těžká (plastová s trojsklem) a úchyty pro otevření jsou výše, než dosáhnou děti. Z tohoto důvodu nedocházelo k otvírání oken dětmi, ale jen vyučujícím, a to jen po dobu výuky. Mimo výuku (o přestávkách) byla vyučující ve svém novém kabinetě. Dále nebyly otvírány ani dveře do exteriéru, učitelům prozatím nebyl předán klíč. Před výukou byla také změřena hodnota v exteriéru 645 ppm, v průběhu výuky 611 ppm, a po výuce 605 ppm. Dále také na chodbě objektu před výukou 829 ppm a po výuce 1633 ppm. Z uvedeného vyplývá, že větrání

do exteriéru má větší význam pro snížení koncentrace v učebně než větrání do chodby objektu.

V místnosti došlo k poklesu koncentrace jen krátkodobě, a to intenzivním vyvětráním a otevřením dveří do chodby budovy. Tím došlo k intenzivnímu průvanu. Význam toto vyvětrání mělo, ale jen cca na 1 vyučovací hodinu.

Shrnutí z měření koncentrace v novém stavu:

Závěrem lze tedy říci, že měření proběhlo úspěšně, byly zjištěny hodnoty koncentrace CO₂. V uvedených dvou dnech bylo nejdříve větrání ponecháno na uvážení učitelky. Ve druhém dni bylo regulováno autorkou stejně jako v případě měření ve stávajícím stavu. Z těchto měření v novém stavu bylo zjištěno, že koncentrace CO₂ vystoupá nad 1500 ppm přibližně do 15 minut od zahájení výuky. V jednom případě nedošlo ke snížení koncentrace pod 1500 ppm za celou dobu výuky. V druhém případě bylo snížení pod 1500 ppm ovlivněno intenzivním vyvětráním (průvanem).

Závěr – porovnání původního stavu vs. nový stav:

V případě, že se porovná původní a nový stav (po renovaci) resp. koncentrace CO₂ v obou stavech je patrné, že na intenzivním větrání, a tedy ovlivnění koncentrace CO₂ působilo několik parametrů.

V první fázi se jednalo o kritérium pocitové teploty vyučujícího. Bylo zjištěno, že vyučující reguluje výměnu vzduchu v učebně otevřením okna, a to z toho důvodu, že uvnitř učebny stoupaly teploty k 27 °C. Z tohoto důvodu byla otvírána okna a dveře do exteriéru a tím docházelo hlavně ke snížení teploty a až v druhotném stavu ke snížení koncentrace CO₂. Zdánlivě se může zdát, že učitelka reagovala na sníženou koncentraci dětí, jejich apatii, po neformální rozmluvě s vyučujícím bylo zjištěno, že hlavním problémem pro ní byla vysoká teplota umocněná slunečním svitem. Vysoká teplota v interiéru byla zapříčiněna dvěma faktory => neregulovatelná otopná soustava a přímý sluneční svit do učebny tedy vysoké solární zisky.

V případě druhém, tedy u nového stavu, byla zjištěna koncentrace CO₂ v mnohem větším měřítku. Učitelka již nereagovala tak pružně na koncentraci CO₂, resp. na únavu svých žáků. K vyvětrání docházelo velice zřídka. Učitelka pro tepelnou pohodu ve třídě ponechala spuštěný pouze 1 radiátor. Otopná

soustava je také centrálně regulována a tím nedochází k přehřátí interiéru. Okna jsou nyní plastová s trojsklem a s osazenými vnitřními žaluziemi. Tím dochází k možnosti zatemnění interiéru (v případě přímého slunečního svitu) a tedy regulaci solárních zisků, dále pak dochází k možnosti regulování tepla v interiéru. Teplota interiéru nebyla vyšší než 23 °C.

V případě měření koncentrací v exteriéru nepřesahovala měřená koncentrace hodnotu 645 ppm. Dále z hlediska měření na chodbě objektu bylo zjištěno, že koncentrace v původním stavu nepřesáhla hodnotu 1500 ppm, u nového stavu byla koncentrace CO₂ vyšší než 1500 ppm vždy po výuce. V tomto případě je předpokladem zvýšených koncentrací hlavně vyšší koncentrace v učebnách, kdy po skončení výuky zůstávají otevřeny dveře do chodby a tím dochází k přenosu vyšších koncentrací z učeben. Dále poté těsnější výplně otvorů, kdy nedochází na chodbě k větším infilracím čerstvého vzduchu z exteriéru.

Z hlediska koncentrace CO₂ na chodbě objektu byly v původním stavu zjištěny koncentrace pod hladinou 1500 ppm, v novém stavu byla hladina v průběhu výuky výše, tj. nad hladinou 1500 ppm. V tomto případě se nabízí následující vysvětlení. Za prvé ve stávajícím stavu byla chodba neustále větrána, a to z toho důvodu, že zde byly místa pro odkládání svrchního oděvu a bot žáků. Za druhé vyučující neměly vlastní kabinet, ale seděly v průběhu přestávek i po vyučování přímo na chodbě. Z těchto důvodů byl prostor neustále větrán. V chodbách docházelo k tomu, že šatstvo i boty zde schly a byl zde intenzivní pocit zvýšené relativní vlhkosti. Po provedení stavebních úprav objektu a přístavbě bloku pro umístění šaten a denní místnosti/kabinetu pro vyučující, již není potřeba tak intenzivně větrat na chodbách. Při obhlídce interiéru bylo zjištěno, že po celou dobu výuky, ani po výuce nebyla okna do exteriéru v chodbě otevřena, pocitově nebyl důvod je otvírat. Nebyla zde zvýšena pocitová teplota a ani nebyla na první dojem patrná zvýšená relativní vlhkost vzduchu. Tímto docházelo k vyšší koncentraci CO₂ také na chodbě. V původním stavu prostor chodby, resp. otevřená okna do exteriéru napomáhala k vyvětrání učeben. V novém stavu (po zateplení a výměně oken) již nedochází k větrání, prostor je „uzavřen“ a koncentrace CO₂ je přenášena z učeben do chodby a zpět.

V případě nových výplní se jedná, na rozdíl od původního stavu, o sklopná okna. Tato okna nedovolují vyvětrání prostoru v takové míře, jako tomu bylo u kyvných oken v původním stavu. Na druhou stranu je možné jejich plné otevření pro intenzivní vyvětrání, čemuž bylo zamezeno u původních oken (nefunkční otočný kloub zamezoval jejich plné využití).

Porovnáním výsledků z původního a nového stavu došlo celkově ke zhoršení koncentrací CO₂. Žáci jsou více vystaveni vyšším koncentracím CO₂, což se může projevit na jejich koncentraci, pocitu únavy a vnímavosti.

Naopak zateplením objektu došlo k výraznému snížení tepelných ztrát, a to hlavně také možností regulace otopné soustavy, a to jak centrálně, tak také přímo v učebně pomocí termohlavic.

Jistým zlepšením situace by byla instalace centrálního systému nuceného větrání s rekuperací a s čidly CO₂. Jednotku VZT by bylo možné umístit na ploché střeše objektu. Avšak vzhledem k nízké světlé výšce místností by bylo velice problematické tato potrubí v interiéru vést i s tím, že by přívodní a odvodní potrubí bylo viditelné. Světlá výška učebny je pouhých 2,855 m což nevyhovuje vyhlášce č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, která udává výšku min. 3,0 m při splnění min. 5,3 m³ na 1 žáka. Dále je zde pořizovací cena VZT systému s rekuperací. Zřizovatel školy byl jediným investorem, regenerace objektu nebyla dotována žádným dotačním titulem. Z tohoto důvodu nebyl zřizovatel povinen splnit podmínku dotace, a to je snížení koncentrace CO₂ pomocí VZT systému, jak je tomu v nynějších vypsáních operačních programech OPŽP. Investice do VZT systému se v podstatě rovná dotaci na zateplení objektu.

Další možností by byla instalace lokálních rekuperačních jednotek. Jedná se v podstatě o systém rekuperace, který klade menší nároky na prostor. V podstatě lze tuto lokální rekuperační jednotku s přívodem a odtahem uložit do skříně, která je uzamčena a jsou ve skříně pouze otvory pro přívod čerstvého vzduchu a odvod vzduchu z místnosti. Nutností pro tento systém by bylo provedení přívodních a odvodních otvorů v obálce budovy.

5.2.3 Dílčí výsledek měření denního osvětlení ve vybrané učebně

Měření proběhlo dle informací v odstavci 4.3.4 této práce. V první části byly měřeny hodnoty před zateplením obálky budovy a výměnou oken. Ve druhé části byly měřeny hodnoty po zateplení obálky budovy včetně výměny oken.

V původním stavu byla původní dřevěná okna s tloušťkou rámu okna 55 mm. Křídlo okna mělo tloušťku 40 mm. Okno bylo zdvojené. Chyběla zde možnost okna rozšroubovat, to bylo způsobeno již nefunkčním šroubem, resp. strženou hlavou. Dále byla okna otočná a opatřena vnitřní žaluzií. Žaluzie byla již ve špatném stavu, proto byla ponechána roztažena na výšku skla, jen s lamelami bylo možné pohybovat. Další část, která byla rozdílná, je výmalba viz odstavec 4.3.1 a 4.3.4. Mobiliář je stejný.

Stanovení činitele prostupu světla:

V první fázi byl jasoměr připojen na stativ a poloha jasoměru byla zafixována kolmo k oknu. V této chvíli byl změřen jas oblohy. Následně byl otvor otevřen a byla změřena hodnota bez vlivu zasklení. Vše bylo provedeno v krátkém časovém sledu.

Tabulka 23: Tabulka výsledného stanovení prostupu světla měřením [vlastní]

Stav	L_s [cd/m ²]	L_o [cd/m ²]	$T_{s,nor}$ [-]
Původní stav	220,9	268,9	0,82
Nový stav	150,1	189,9	0,79

Z tabulky výše je patrné, že hodnota pro původní stav je vyšší, než pro nový stav. Nová okna tedy propouští méně světla.

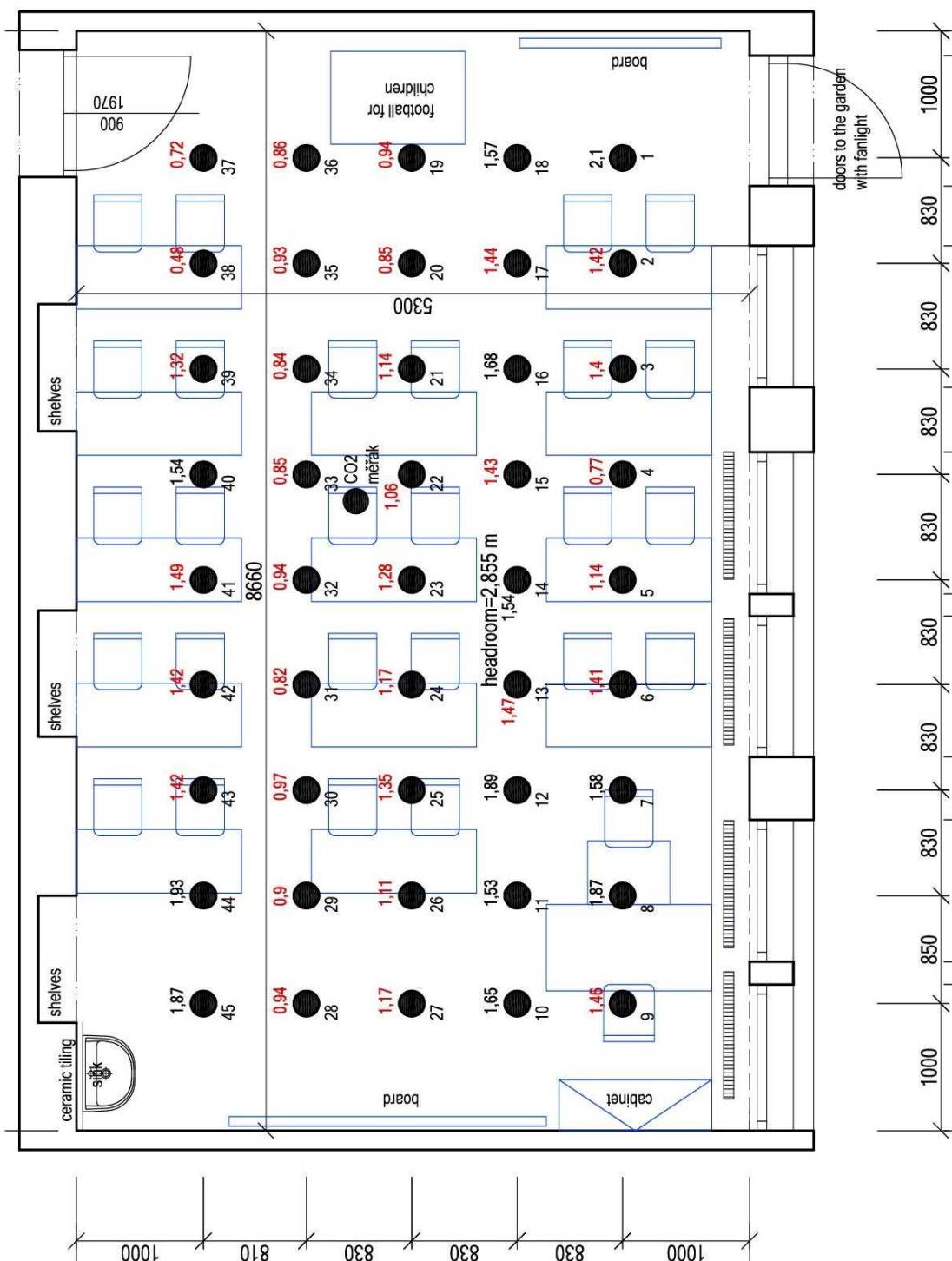
Byl proveden výpočet činitele denní osvětlenosti (dále č.d.o.) dle hodnot z naměřených dat. Data jsou srovnána chronologicky dle půdorysu.

Tabulka 24: Tabulka srovnání původního a nového stavu [vlastní]

4.3.2017		9.11.2017	
původní stav		nový stav	
	č.d.o.		č.d.o.
	$D=(E/Eh)*100$		$D=(E/Eh)*100$
bod č. 1	2,10	bod č. 1	2,50
bod č. 2	1,42	bod č. 2	2,79
bod č. 3	1,40	bod č. 3	3,11
bod č. 4	0,77	bod č. 4	3,84
bod č. 5	1,14	bod č. 5	4,31
bod č. 6	1,41	bod č. 6	3,36
bod č. 7	1,58	bod č. 7	3,57
bod č. 8	1,87	bod č. 8	2,71
bod č. 9	1,46	bod č. 9	3,87
bod č. 10	1,65	bod č. 10	1,95
bod č. 11	1,53	bod č. 11	2,16
bod č. 12	1,89	bod č. 12	2,07
bod č. 13	1,47	bod č. 13	1,88
bod č. 14	1,54	bod č. 14	1,94
bod č. 15	1,43	bod č. 15	2,13
bod č. 16	1,68	bod č. 16	1,89
bod č. 17	1,44	bod č. 17	1,71
bod č. 18	1,57	bod č. 18	1,37
bod č. 19	0,94	bod č. 19	0,89
bod č. 20	0,85	bod č. 20	1,14
bod č. 21	1,14	bod č. 21	1,27
bod č. 22	1,06	bod č. 22	1,39
bod č. 23	1,28	bod č. 23	1,48
bod č. 24	1,17	bod č. 24	1,49
bod č. 25	1,35	bod č. 25	1,64
bod č. 26	1,11	bod č. 26	1,42
bod č. 27	1,17	bod č. 27	1,49
bod č. 28	0,94	bod č. 28	1,08
bod č. 29	0,90	bod č. 29	1,05
bod č. 30	0,97	bod č. 30	1,21
bod č. 31	0,82	bod č. 31	1,18
bod č. 32	0,94	bod č. 32	1,15
bod č. 33	0,85	bod č. 33	1,05
bod č. 34	0,84	bod č. 34	1,13
bod č. 35	0,93	bod č. 35	0,94
bod č. 36	0,86	bod č. 36	0,82
bod č. 37	0,72	bod č. 37	0,70
bod č. 38	0,48	bod č. 38	0,74
bod č. 39	1,32	bod č. 39	0,81
bod č. 40	1,54	bod č. 40	0,87
bod č. 41	1,49	bod č. 41	0,87
bod č. 42	1,42	bod č. 42	0,89
bod č. 43	1,42	bod č. 43	0,96
bod č. 44	1,93	bod č. 44	0,84
bod č. 45	1,87	bod č. 45	0,68
max	2,10	max	4,31
min	0,48	min	0,68
rovnoměrnost	0,23	rovnoměrnost	0,16

Pozn.: Šedě jsou znázorněny hodnoty, které jsou menší než 1,5 % č.d.o..

Pro porovnání v půdorysech mezi sebou bylo proveden náčrtek včetně uvedených výsledných hodnot.



Obrázek 124: Půdorys učebny s umístěnými body a výsledky měření – původní stav, nevyhovující hodnoty zvýrazněny červeně (pod 1,5 % č.d.o.) [vlastní]



Obrázek 125: Půdorys učebny s umístěnými body a výsledky měření – nový stav, nevyhovující hodnoty zvýrazněny červeně (pod 1,5 % č.d.o.) [vlastní]

Shrnutí výsledků:

Dle výše uvedeného měření a výsledků byly zjištěny následující informace. V původním a novém stavu byly změřeny činitele denní osvětlenosti a upraveny vzorci dle kalibračního protokolu. Hodnoty byly měřeny při rovnoměrně zatažené obloze.

Nejdříve byly změřeny hodnoty s původními okny bez zateplení obálky => **původní stav**. Poté byly změřeny hodnoty s novými plastovými okny s trojskly a se zateplením obálky budovy => **nový stav**.

Původní budova má tloušťku zdiva 400 mm, dřevěná okna zdvojená jsou opatřena vnitřními žaluziemi. Žaluzie nebylo možné srolovat, ovládání nebylo funkční, bylo možné pouze lamely žaluzií ponechat ve vodorovné poloze. Z tohoto důvodu jsou hodnoty i blízko otvorů v některých případech nevyhovující. Výmalba byla z části tmavě zelená a z části bílá. Ostění bylo provedeno bílou barvou v interiéru a šedou v exteriéru.

V případě nového stavu byla obálka zateplena tloušťkou 200 mm EPS, okna jsou plastová s trojskly s vnitřními žaluziemi, které jsou nové, a tedy ovladatelné v plném rozsahu. Měření bylo provedeno se srolovanými žaluziemi. Vymalování prostoru je bílou barvou. V novém stavu byl po celém obvodu učebny u stropní konstrukce proveden falešný podhled, ve kterém jsou vedeny nové rozvody elektřiny. Podhled je jen v šířce 250 mm a výšce 185 mm. Vnitřní mobiliář je stejný, avšak lavice byly v jiném rozestavění.

V původním stavu takřka nevyhovuje většina hodnot v měřených bodech. V tomto stavu by bylo možné v podstatě využít pouze dvě lavice. Zvláštností jsou hodnoty v levém horním rohu při pohledu od oken. V tomto případě je předpoklad, že jsou hodnoty ovlivněny odrazností keramického obkladu za umyvadlem a také odrazností od lamel žaluzií, které byly ve vodorovné poloze.

V novém stavu naopak vyhovuje místnost do hloubky cca 2,5 m. V tomto případě v podstatě funkčně vymezený prostor končí v cca polovině hloubky místnosti. Z uvedeného rozmístění lavic vychází, že by výuka mohla probíhat jen pro 16 dětí, a to v půlce místnosti nejbližší oknům.

Výsledky jsou tedy v **původním stavu** ovlivněny nefunkčností zastiňovacího systému => žaluziemi. Dále jsou výsledky ovlivněny tmavou výmalbou a celkově vybavením stěn malbami žáků, které jsou také v některých případech tmavší. V **novém stavu** je výsledek prokazatelně zlepšen, ale opět je prostor funkčně vymezen. V tomto případě dochází k ovlivnění světlostou výškou prostoru, a tedy menší výškou výplní otvoru s naopak větší hloubkou místnosti.

Zateplením obálky tedy došlo ke zlepšení komfortu v učebně z hlediska tepelných ztrát, zlepšení čistoty prostředí a ke zkvalitnění ovládání osvětlovacích otvorů. Oslňování je možné regulovat funkčními žaluziemi. Okna bude možné čistit bez větších problémů a pravidelněji. Celkově považují zateplení obálky budovy s výměnou oken v tomto případě za zlepšení.

5.3 Stanovení velikosti referenční místnosti – učebny

Z poznatků, uvedených v odstavci 4.4, je určena velikost učebny pro 30 žáků.

- Při zajištění min. 1,65 m² na jednoho žáka je tedy minimální plocha učebny:
 - $30 \cdot 1,65 = 49,5 \text{ m}^2$
- Světlá výška je určena 3,3 m.
- Osvětlení je určeno jako jednostranné, osvětlení ideálně (vzhledem k převládajícím pravorukým žákům) z levé strany.
- Délka učebny je určena z minimálních rozměrů na 8,2 m.
- Šířka je vypočtena následovně:
 - Velikost jedné lavice pro 2 žáky je 1300/500 mm;
 - Šířka uličky u hlavní okenní stěny mezi pracovními plochami a lícem radiátorů – min. 0,7 m (přidáno 200 mm na radiátor);
 - Šířka střední uličky min. 0,6 m;
 - Šířka uličky u střední zdi je min. 0,6 m (nepředpokládá se vestavěná skříň);
 - Celkově je tedy určena šířka na 6,6 m.

5.3.1 Výpočet ideální velikosti místnosti dle hygienických požadavků

Z výše uvedených minimálních parametrů je tedy určena plocha učebny **6,6 x 8,2 m = 54,12 m²**. Světlá výška je určena na **3,3 m**. Touto velikostí je splněna jak velikost uliček mezi lavicemi, tak také minimální vzdálenost zadní hrany lavice od zadní stěny učebny. Dále je splněna podmínka, aby zorný paprsek procházející středem krajních míst na odlehlý okraj tabule svíral s plochou tabule min. 30°. Plocha na 1 žáka je tedy určena:

- $54,12/30 = 1,8 \text{ m}^2/1\text{žáka} \Rightarrow$ splňuje požadavek.

5.3.2 Zjištění velikosti místností učeben v analyzovaných budovách

Byly zjištěny velikosti místností a počty oken v analyzovaných budovách, a to z původní dokumentace, která byla k dispozici.

Tabulka 25: Porovnání velikosti učebny a velikosti a počtu oken [vlastní]

Název budovy	šířka	délka	výška	počet oken	šířka okna	výška okna	výška parapetu
1 - ZŠ Starovičky	6125	8440	3400	3	2100	2200	970
2 - ZŠ Kunvald	6500	8700	3500	3	2200	2450	870
3 - Písek budova č. 1 a 2	6740	9250	3750	3	2150	2500	980
4 - MŠ Uherské Hradiště	5500	6210	2600	3	1300	1500	900
5 - MŠ Horní město	5100	6150	2550	2	1300	1500	900
6 -SZŠ - Písek	6850	9125	3600	3	2200	2500	900
7 - Gymnázium Hladnov na S.O. budovy A-E	6300	8750	3300	3	2400	2350	850
8 - Gymnázium a SPGŠ Přerov	6100	7520	3100	3	2000	2000	900
9 - ZŠ Obecnice	6250	7800	3300	3	2000	2300	850
10 - MŠ Dolany u Klatov	4500	5500	2900	2	1200	1800	900
11 - MŠ Střítež nad Bečvou	6200	8800	3300	3	2000	2150	900
12 - SSaD, Frýdek Místek	6250	8650	3150	3	2200	2000	900
13 - ZŠaMŠ Vysoké Pole	6300	7700	3000	3	1800	1900	900
14 - ZŠ Bojkovice	6150	8250	3000	4	1500	1800	900
15 - ZŠ TGM Blatná	7300	11800	4000	4	2200	2800	900
16 - ZŠ TGM Bojkovice-StarB. A učebny	6150	7900	3150	3	1750	2000	900
17 - ZUŠ Nýřany	4500	5500	3000	3	1250	1900	850
18 - MŠ Eliášova, Mimoň	6800	11000	3100	5	1750	2000	900
19+20 - ZŠ a MŠ Mírová Mimoň, Tělocvična+škola	7630	11900	4000	3	2200	2800	900
21 - Bývalá MŠ Luční 653, Mimoň	5300	8660	2855	6	1115	1730	875
22 - Bývalá MŠ Luční 530 Mimoň	5300	8700	2855	6	1115	1730	875
23 - ZŠ Praktická, Mimoň	6800	8650	3300	4	1250	2200	900
Průměrná velikost	6120	8407	3214	3	1772	2096	896

Z výše uvedené tabulky vyplynula průměrná velikost učebny včetně počtu oken a jejich velikostí, a to u vzorku 23 školských budov.

Průměrně je tedy velikost učebny 6120 x 8407 mm, tj. podlahová plocha a světlá výška 3214 mm.

Průměrně jsou v učebně 3 okna velikosti 1772 x 2096 mm, výška parapetu je průměrně 896 mm.

5.4 Výstup z návrhového nástroje a zjištění

Pro ověření funkčnosti a zjištění, zda jsou výpočty v pořádku a fungují, je zpracován příklad vyhodnocení návrhových variant jedné základní školy, ke které je k dispozici energetický audit. Výstup z tohoto návrhového nástroje je **v příloze č. 3.**

Tímto výstupem bylo zjištěno, že výpočet stávajícího stavu v návrhovém nástroji je v pořádku a funkční, v případě, kdy se vybere varianta denního osvětlení z nabízených, pak je možné s touto variantou počítat. Je možné vybírat z několika dílčích variant.

V návrhovém nástroji bylo provedeno hodnocení základní školy popsané v bodě 4.3.1 této práce. V níže uvedených dílčích výsledcích jsou porovnány 3 varianty, a to pro zateplení fasády objektu tloušťkou zateplovacího systému:

- 90 mm => Varianta A
- 140 mm => Varianta B
- 200 mm => Varianta C

Pro všechny varianty bude porovnána **varianta 1** => zateplení fasády, výměna výplní otvorů a střechy. Podlahová konstrukce rekonstruována nebyla a u stávajících budov standardně nebývá rekonstruována vzhledem k vysokým investičním nákladům.

Podrobné řešení uvedeného příkladu řešení variant je uveden v příloze č.3 této disertační práce.

Tabulka 26: Porovnání variant zateplení obálky budovy a vlivu na hodnoty návrhového nástroje [vlastní]

Porovnání variant zateplení				
	původní stav	Varianta A (90 mm)	Varianta B (140 mm)	Varianta C (200 mm)
Vstupní informace				
Součinitel prostupu tepla fasády (W/m ² K)	1,601	0,343	0,245	0,185
Součinitel prostupu tepla okno (W/m ² K)	2,625	0,77	0,77	0,77
Součinitel prostupu tepla dveře (W/m ² K)	2,66	1,19	1,19	1,19
Součinitel prostupu tepla podlaha (W/m ² K)	0,527	0,527	0,527	0,527
Součinitel prostupu tepla střecha (W/m ² K)	1,693	0,135	0,135	0,135
Energetické informace				
Energetický štítek	G-mimořádně nevhodná	B - Úsporná	B - Úsporná	B - Úsporná
Tepelná ztráta – celková (kW)	171,07	38,25	35,13	33,22
Dílčí tepelná ztráta fasádou (kW)	50,97	10,92	7,8	5,89
Potřeba tepla na vytápění (GJ/rok)	1047,51	234,21	215,11	203,41
Náklady na vytápění (Kč)	593 184 Kč	132 629 Kč	121 810 Kč	115 186 Kč
Finanční zhodnocení				
Investiční náklad s DPH (Kč)		3 835 173 Kč	3 882 535 Kč	3 989 934 Kč
Prostá návratnost (rok)		9	9	9
Reálná doba návratnosti při realizaci kompletní regenerace objektu (varianta 1)		10,33	10,19	10,36
Ekologické informace				
Emise Varianty 1 (t/rok)				
CO ₂	96	21,47	19,72	18,6
SO ₂	4,20E-01	3,90E-02	8,50E-02	8,10E-02
NO _x	7,17E-02	1,60E-02	1,47E-02	1,39E-02
CO	1,61E+00	3,61E-01	3,3139E-0,1	3,13E-01
Denní osvětlení				
Nejbližší varianta odpovídající velikosti učebny	15A	17B	18B	18B
Výsledky denního osvětlení				
Vypočtený č.d.o. bez lavic	1,4	1,3	1,2	1,2
vypočtená rovnoměrnost bez lavic	0,19	0,2	0,21	0,21
Vypočtený č.d.o. s lavicemi	1,2	1,2	1,1	1,1
vypočtená rovnoměrnost s lavicemi	0,17	0,18	0,19	0,19

Pozn.: Červeně podbarvené jsou hodnoty součinitelů prostupu tepla, které nesplňují ani požadované normové hodnoty. Zeleně podbarvené jsou nejvhodnější výsledky ze všech variant.

Ve výše uvedené tabulce jsou srovnány 3 varianty zateplení stěn objektu a to tl. 90 mm, 140 mm a 200 mm. Toto porovnání bylo provedeno s pomocí návrhového nástroje „PaMo I“ a je součástí této práce, tj. v příloze č. 3. Výplně otvorů, střecha a podlaha jsou ve všech variantách řešeny stejně. Z výše uvedeného vyplývá, že při zateplení stěn objektu tloušťkou EPS 90 mm nebude splněna ani požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Tepelná ztráta objektu je v rozdílech do 3 kW, nejúspornější je varianta C (200 mm). Posouzení variant vzhledem k nákladům na vytápění je opět dle tabulky zdánlivě nejvýhodnější varianta C (200 mm). Vzhledem k investičním nákladům by nejideálnější byla varianta A, kde se investice pohybuje v nejnižších hodnotách. Pokud se však podíváme na porovnání prosté návratnosti, je patrné, že je pro všechny 3 varianty stejná tzn. 9 let. Prostá návratnost však neuvažuje se současnou hodnotou, ani s Cash Flow, proto je nutné porovnat podrobněji, a to na reálně době návratnosti. Z hlediska reálné návratnosti investice je nejvhodnější varianta B. Vzhledem k porovnání variant z ekologického hlediska je nejvhodnější varianta C, kde dojde k největšímu snížení emisí. Z hlediska denního osvětlení jsou zde 3 varianty, tj. původní – 15A a varianty 17B a 18B. Varianta 15A zobrazuje původní stav tj. stav před zateplením a výměnou oknem. Je zde patrný funkčně vymezený prostor, tj. prostor, kde by správně neměly být lavice, tj. řada nejdále od oken. Varianta 17 B ukazuje, že místnost bude ještě více ovlivněna, a to hlavně trojsklem, které bude více bránit pronikání slunečního záření. Z obrázku, který je v těchto variantách k vidění, je prostor funkčně vymezen. Z tohoto vyplývá, že by nemělo být využíváno lavic nejdále od oken. Velmi podobný případ nastává s variantou 18B, avšak funkčně vymezený prostor se ještě více blíží k oknům. Všechny varianty denního osvětlení jsou nejvěrněji posouzené s vlivem umístěných lavic.

Shrnutí výsledků:

Vzhledem k tomu, že je objekt mimořádně nevhodný je vhodné jej energeticky regenerovat. Neoptimálnější variantou by byla varianta B

s tloušťkou zateplovacího systému fasády 140 mm. Vybraná varianta je střední cestou, avšak vzhledem k reálné době návratnosti, která je nejkratší, je ideální. Z hlediska denního osvětlení by však bylo vhodnější objekt nezateplovat a nezhoršovat již tak nevyhovující činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost v učebně.

Výpočet slouží k uvědomělému návrhu opatření na energetickou renovaci stávající školské budovy, případně pro předběžné propočty kalkulace a předběžné výpočty, zda bude počáteční investice výhodná či nikoliv. Návrhový nástroj je však velice otevřen, a proto je snadné, pro laika, v něm provést chybná zadání. Proto je tento návrhový nástroj spíše vhodný pro studenty stavebních škol (pod odborným vedením), energetické specialisty, vlastníky budov, správce budov, projektanty a architekty a pro vědecké pracovníky.

Návrhový nástroj neslouží k tomu, aby řekl jasné ANO, nebo jasné NE navrhovaným úpravám. Každému uživateli je ponecháno rozhodovací právo. Návrhový nástroj ukazuje cestu, a to jakým způsobem přemýšlet nad **optimalizací návrhu energetické renovace školské budovy** vzhledem k výsledným investičním nákladům, co vše neopomenout v případě obálky budovy a jaké nejčastější varianty jsou nejreálnější. Všeobecně je možné říci z hlediska tepelně-technického, že nejreálnější je vždy varianta komplexní (zateplení obálky budovy, výměna oken), také má nejreálnější návratnost investice, naopak nejméně vhodné z hlediska tepelně technického, je pouhá výměna výplní otvorů.

Z hlediska hodnocení denního osvětlení je naopak výměna oken velice vhodná, v dnešní době jsou starší budovy s původními okny již v tak havarijním stavu, že v některých případech není možné okna rozšroubovat, umýt z vnitřní strany (u zdvojených oken), případně ani manipulovat s vnitřními žaluziemi mezi křídly oken. V tomto případě se tedy zdá výměna oken jako velice příznivá i za předpokladu drobného zhoršení denního osvětlení vlivem horší propustnosti světla u trojskel a hodně členěných oken.

Pokud se podíváme na výsledky a jakousi optimální rovnováhu mezi kompletním zateplením obálky budovy a minimalizací zhoršení denního osvětlení, pak je nutné uvažovat nejen o tloušťce rámu, či druhu zasklení, ale

je nutné zvážit také tloušťku zateplovacího systému a v neposlední řadě také barvu ostění. Na uvedeném příkladu je patrné, že byla vybrána varianta B s tloušťkou zateplení fasády objektu 140 mm, a to právě uvážením jak investice, úspory, tak právě denního osvětlení. Tyto parametry zásadně ovlivňují denní osvětlení pracovních ploch uvnitř učeben. Tato porovnání jsou dobře patrna na ukázce různých variant posuzování učebny bez vlivu vnější překážky (viz karta denní osvětlení v návrhovém nástroji „PaMo I“). Stanovením ideální velikosti místnosti došlo k nepříznivému činiteli denního osvětlení a rovnoměrnosti již při tloušťce 250 mm.

6 ZÁVĚR

6.1 Hlavní výsledky disertační práce a doporučení pro praxi

Výsledky jsou vždy uvedeny v dílčích shrnutích v rámci jednotlivých kapitol. Na základě zjištění v této práci lze celkový přínos shrnout následovně:

- 1) Analyzováním vybraných budov bylo zjištěno, že školské budovy byly původně stavěny již bez splnění tepelně-technických parametrů platných v době jejich výstavby. Celkově lze konstatovat, že nynější stav budov je nevhodný a lze plošně doporučit řešit zateplení obálky budovy a výměnu oken. Tedy problém optimalizace návrhu energetické renovace z pohledu obálky budovy je velmi aktuální.
- 2) Posouzením vybraných požadavků na vnitřní klima učeben školských zařízení bylo zjištěno následující:
 - a. Mikrobiálními rozbory bylo zjištěno, že v případě, že jsou učebny dostatečně dobře udržovány, uklízeny, lavice desinfikovány a s tím, že jsou místnosti větrány, jsou dostatečně vytápěny a osvětlovány denním světlem, pak se kombinací těchto vstupních parametrů zjišťuje, že je příznivě ovlivněno vnitřní mikroklima, tzn. také koncentraci mikrobů v ovzduší a na stavebních plochách. Je tedy nezbytné při návrhu energetické renovace dbát na to, aby se v souvislosti s požadavky na pohodu vnitřního prostředí pamatovalo nejen na dostatečně kvalitní zateplení a utěsnění obálky budov, ale také se uvažovalo o tom, jaký vliv toto zateplení může mít na přirozenou větrání, denní osvětlení a proslunění učeben.
 - b. Měření koncentrace CO₂ v učebně v původním stavu a v novém stavu přineslo velmi zajímavé výsledky. V původním stavu nebylo možné regulovat otopnou soustavu. Teplota v interiéru stoupala až k 27 °C. Z tohoto důvodu vyučující pravidelně větrala a tím docházelo ke snižování koncentrace CO₂. Naopak rekonstrukcí otopné soustavy a zateplením obálky budovy s instalací nových výplňových otvorů došlo k tomu, že teplota v interiéru nebyla vyšší než

23 °C za celou dobu výuky. Vyučující neměla tendence ke snižování teploty větráním. Koncentrace CO₂ byla v novém stavu vyšší než v původním stavu. K navýšení nad hodnotu 1500 ppm došlo prakticky do 11 minut od začátku výuky a jen zřídka kdy došlo ke snížení hodnot pod tento limit. Výjimkou nebyla ani hodnota dosahující hodnoty 2700 ppm. Celkově lze doporučit v tomto případě řešení centrální výměny vzduchu s rekuperací, která by zamezovala zvýšené koncentraci CO₂ v učebnách. V tomto konkrétním případě by však instalace byla velmi složitá vzhledem k nízké světlé výšce místností v celém objektu. Alternativou by mohly být lokální rekuperační jednotky pro každou učebnu zvlášť s přívodem a odvodem přes fasádu objektu.

- c. Měření denního osvětlení bylo provedeno ve stejné učebně, kde bylo prováděno měření koncentrací CO₂, a to pro dva případy => pro původní nezateplený stav s původními okny a pro nový stav se zateplenou obálkou budovy a s novými plastovými okny. Měření bylo zjištěno, že základní nedostatek u původního stavu byla nefunkčnost vnitřních žaluzií, které nebylo možné shrnout, ale byla možná pouze manipulace s lamelami. Tím došlo k ovlivnění denního osvětlení, kde jen malá část učebny vyhověla požadavkům na denní osvětlení. Naopak v novém stavu došlo k výměně otvorů za nová včetně funkčního vnitřního stínění žaluziemi a tím bylo dosaženo zvýšení komfortu v učebně, co se denního osvětlení týče. I v tomto případě je však denní osvětlení v celé místnosti nedostačující. Hodnoty činitele denní osvětlenosti vyhovují jen cca do poloviny hloubky místnosti. Rovnoměrnost v obou stavech vyhovuje jen pro případ původního stavu a to hodnotou 0,23. V novém stavu se jedná o hodnotu 0,16, tedy nevyhovující.

- 3) Výpočtem velikosti ideální místnosti dle požadavků vyhlášky 410/2005 Sb. [54] došlo k ověření, že denní osvětlení takto určené místnosti je nevyhovující, a to již při tloušťce ostění 250 mm. Učebny byly vypočteny pro dvojsklo a trojsklo, a to pro bílé stěny a pro žluté vymalování. V další části byly zjištěny průměrné velikosti všech

vybraných 23 budov, tato průměrná velikost byla zanesena do návrhového nástroje a byly provedeny výpočty denního osvětlení. Pomocí návrhového nástroje si tedy uživatel spolu s navrženou variantou zateplení může relativně snadno průběžně ověřovat, zda denní osvětlení prostoru bude vyhovovat návrhovým požadavkům.

- 4) Výstup z návrhového nástroje je propojením řešení tepelně-technických parametrů obálky budovy v návaznosti na denní osvětlení.
 - a. V návrhovém nástroji je možné vybrat z několika variant učeben, a to ať už z ideální velikosti dle hygienických předpisů, tak také z průměrné velikosti z 23 budov.
 - b. Výsledkem je dále doplnění modulu pro ekonomické zhodnocení a výpočet doby návratnosti a dále předběžné posouzení dopadu na životní prostředí, výpočet snížení emisí CO₂ za spotřebovanou energii.
 - c. Ve shrnutí lze tedy konstatovat, že byl vypracován hodnotící nástroj, který může být využit při posuzování a jeho výhoda je v tom, že v rámci jednoho programu lze vyhodnotit a vzájemně porovnávat celou škálu parametrů, které významně ovlivňují optimální návrh energetické renovace školských objektů.

Výsledky vyhodnocené v návrhovém nástroji poukázaly na skutečnost, že zateplení objektu, a tedy zvyšování tloušťky ostění, nepříznivě ovlivňuje denní osvětlení v místnostech učeben, a to do takové míry, že poslední řada, tedy řada lavic nejdále od oken by v některých případech nesměla být využita a funkčně vymezený prostor je tedy posunut směrem k oknům. Dále je nutné si uvědomit, že také zařízení učeben, tedy hlavně lavice, ovlivňují denní osvětlení. Výsledky také ovlivňuje výměr oken tedy trojsklo vs. dvojsklo. Proto je pro praxi nutné při tepelně-technických výpočtech, a tedy při uvažování zateplení obálky budovy, brát také v potaz důležitost denního osvětlení v učebnách, a to nejen jako nutné doplnění k získání stavebního povolení, ale jako směrodatnou a důležitou součást návrhu.

6.2 Možnost dalšího pokračování v problematice

Na základě získaných teoretických poznatků, výsledků a závěrů v této disertační práci, lze jako směr pro výzkum problematiky optimalizace návrhu energetické renovace školských budov navrhnout následující témata:

- 1) Je vhodné provést nyní řadu měření denního osvětlení na nezatepleném objektu s původními okny a na stejném objektu po jeho zateplení a výměně oken. Ideální podmínky s rovnoměrně zataženou oblohou jsou jen několik dní v roce, proto by bylo vhodné tato měření provádět na experimentální budově, kde bude možné simulovat nejen různé tloušťky zateplení, ale také různé způsoby zasklení, případně různé druhy výplní otvorů, a to nejen ve smyslu počtu zasklení, ale také druhu materiálu rámu. Dále je vhodné použít různé barvy interiéru a také různé barvy ostění. Tím je možné provést taková zjištění, která by napomohla doplnit tyto informace do normy ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-3.
- 2) Další možností je jistě rozšíření návrhového nástroje dále, a to nejen pro zateplení občanské budovy – pro vzdělání, ale také na další typy budov například obytné či administrativní.
- 3) Další možností rozšíření návrhového nástroje o „katalog“ nejběžnějších konstrukcí, a to nejen pro panelové školské budovy, ale také pro ty nejběžnější a nejpoužívanější typy budov zděných, kde by si uživatel vybral skladbu dle období výstavby své budovy s možností editace.
- 4) Zahnutí do výčtu ovlivňujících faktorů také měření koncentrace CO₂, jakožto jednoho z dalších velmi důležitých parametrů vnitřního prostředí. Měření koncentrací CO₂ by mělo být řešeno také již před začátkem projekčních prací. Je to jeden z významných parametrů, který ve větších koncentracích nepříznivě působí na člověka a jeho soustředěnost. Tato část by měla být řešena a měřena v souladu s bodem č. 1 této části.

6.3 Přínos disertační práce

Předložená disertační práce se zabývá problematikou komplexního návrhu a posouzení renovace obálky školských budov z hlediska požadavků

na nízkou spotřebu energie, pohody vnitřního prostředí i nízkých investičních nákladů. To je tedy v souladu se základními principy udržitelné výstavby zohledňující hlediska ekologická, ekonomická i sociální.

Práce si kladla za cíl poukázat na nutnost komplexního návrhu školských budov již v jeho základních konceptech. Proto byl sestaven návrhový nástroj „PaMo I“ jako pomůcka pro hodnocení návrhových variant energetické renovace obálky budovy. Tento nástroj byl vytvořen pro účely výuky studentů na Fakultě lesnické a dřevařské Mendelovy univerzity v Brně. Je možné jej také doporučit pro studenty Stavebních fakult a středních průmyslových škol stavebních. Své uplatnění může také nalézt jako návrhový nástroj pro projektanty stavební části v praktickém projektovém navrhování. Lze jej také doporučit pro vedení a management školských budov, které si prostřednictvím tohoto nástroje mohou ověřovat možné návrhové varianty předkládané projektanty k realizaci.

V neposlední řadě může tato práce být prospěšná pro další disertační práce pokračující v dané problematice, neboť uvádí shrnutí široké odborné problematiky týkající se návrhu a posuzování školských staveb z pohledu úspor energií a požadavků na pohodu vnitřního prostředí v souborném přehledu hlavních reprezentantů školské výstavby v České republice a jejího vývoje za více než 100 let až po současnost.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7.1 Internetové zdroje

- [1] *Materiály historických omítek* [online]. Brno: studioaxis, 2013 [cit. 2015-07-02]. Dostupné z: www.studioaxis.cz/images/pamatky/rovnanikovapavla.doc
- [8] *Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov* [online]. Praha: tzb-info, 2010 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6739-revize-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [19] *K-CAD Energie 2017* [online]. Praha: K-CAD, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>
- [20] *K-CAD Teplo 2017* [online]. Praha: K-CAD, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/teplo/>
- [21] *Modul Průkaz 2013* [online]. Nový Bor: Protech, 2013 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/produkty/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov-2013>
- [22] *Optimalizace Budovy* [online]. Praha: ČVUT, 2013 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <http://optimalizacebudovy.fsv.cvut.cz/>
- [23] *DEKSOFT ENERGETIKA* [online]. Praha: DEKSOFT, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://stavebni-fyzika.cz/programy/energetika>
- [24] *NKN II* [online]. Praha: katedra technických zařízení budov, ČVUT, 2014 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/download-nkn>
- [25] *Plánovací nástroj PHPP 2007 CZ – Česká verze* [online]. Brno: Centrum pasivního domu, 2007 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/planovaci-nastroj-phpp-2007-cz-ceska-verze/t326>
- [26] *EnergyGauge Summit* [online]. USA: University of Central Florida, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.energygauge.com/energygauge-summit/>
- [27] *ESP-r Overview* [online]. United Kingdom: University of Strathclyde, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r_overview.htm
- [28] *EnergyPlus* [online]. Washington USA: Department of Energy's (DOE), 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://energyplus.net/>
- [29] *EcotectAnalysis* [online]. USA: AUTODESK, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/education/free-software/desktop-products>
- [30] *DesignBuilder - Simulation Made Easy* [online]. United Kingdom: DesignBuilder Software, 2016 [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: <https://www.designbuilder.co.uk/>

- [31] *EZ SIM* [online]. USA: New Buildings Institute, 2016 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <https://newbuildings.org/resource/ez-sim/>
- [32] *BuildingEnergy Use and CostAnalysisTool* [online]. USA: CaliforniaEnergy, 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://doe2.com/doe2/>
- [33] *WDL5 5.0 - Výpočet denního osvětlení* [online]. Zlín: ASTRA MS Software, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.astrasw.cz/cs/node/3>
- [34] *VELUX DaylightVisualizer* [online]. Denmark: VELUX Group, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/news.php?action=show&type=9&id=5760>
- [35] *Světlo+* [online]. Praha: JpSoft, 2014 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.svetloplus.cz/?p=blesk>
- [36] *The DIAL+* [online]. Switzerland: Estia, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.dialplus.ch/more-about>
- [37] *Autodesk REVIT Architecture* [online]. USA: California, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/revit-family/architecture>
- [38] *Operační program Životní prostředí 2014–2020* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2015 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/o-programu/>
- [39] *MŽP vyhláší druhou výzvu programu Zelená úsporám pro budovy veřejného sektoru* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2016 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/clanek/193/2733/mzp-vyhlasi-druhou-vyzvu-programu-zelena-usporam-pro-budovy-verejneho-sektoru/>
- [40] *VÝZVY* [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2012 [cit. 2013-10-20]. Dostupné z: <http://www.strukturalni-fondy.cz/cs/Microsites/IROP/Vyzvy>
- [41] *Přehled cen zemního plynu* [online]. Praha: tzb-info, 2014 [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-zemniho-plynu>
- [42] *Vytápíme plynem* [online]. Praha: tzb-info, 2014 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/zemni-plyn>
- [43] *Vyhodnocení cen* [online]. Praha: ERU, 2013 [cit. 2014-08-20]. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/Statistika%20teplo/vyhodnoceni%20cen/Vyhodnoceni%20cen%20TE%20k%201_1_2012.pdf
- [44] *Ceny vytápění 2011: Kolik zaplatíme za teplo* [online]. Cenyenergie.cz: NetBroker Holding, 2011 [cit. 2011-12-20]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/ceny-vytapeni-2011-kolik-za-co-zaplatime/#/promo-ele>
- [45] *Kotle na koks – čisté a výhřevné topení koksem* [online]. Ostrava: Ekomplex marketing, 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/koks.php>

- [46] *Vývoj cen elektrické energie v regionu západní a střední Evropy v letech 2001–2011* [online]. Praha: tzb-info, 2012 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/8998-vyvoj-cen-elektricke-energie-v-regionu-zapadni-a-stredni-evropy-v-letech-2001-2011>
- [47] *Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2017* [online]. Brno: RTS, 2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: http://www.cenovasoustava.cz/dok/ceny/thu_2017.html
- [48] *STAVĚT NÍZKOENERGETICKY, NEBO ENERGETICKY PASIVNĚ?* [online]. ASB-portal.cz, 2010 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/nizkoenergeticke-domy/stavet-nizkoenergeticky-nebo-energeticky-pasivne>
- [49] *ENERGETICKÁ RENOVACE BUDOV – CESTA K EFEKTIVITĚ A HOSPODÁRNOSTI* [online]. ASB-portal.cz, 2010 [cit. 2013-12-20]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/energie/energeticka-renovace-budov-cesta-kefektivite-ahospodarnosti>
- [50] Energetický audit. *Energetický audit* [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <http://www.aea.cz/energeticky-audit>
- [51] *MIKROKLIMA VE ŠKOLNÍCH BUDOVÁCH ENERGETICKÁ NÁROČNOST, KOMFORT, LEGISLATIVA* [online]. Zlín: Energetická agentura Zlínského kraje, 2014 [cit. 2014-07-15]. Dostupné z: <http://www.eazk.cz/wp-content/gallery/Mikroklima-skoly.pdf>
- [52] *Das risiko von krankheitenbeiverschiedenenrelativenLuftfeuchte*, [Online]. [cit. 2014-06-08]. Dostupné z: http://www.norbertleuters.de/index.php?text=textinnenausbau.inc&submenue=submenue_leistungen.inc
- [53] *JOKL, Miloslav. Ohrožení mikroby v interiéru budov*, [online]. 2008 [cit. 2014-06-09]. Dostupné z: <http://www.stavebniohbor.cz/clanek/ohrozeni-mikroby-v-interieru-budov/>
- [55] *Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2017* [online]. Brno: RTS, 2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2017.html
- [64] Školy a školská zařízení. *Český statistický úřad* [online]. Praha: ČSÚ, 2011 [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/skoly-a-skolska-zarizeni>
- [70] *Radsite* [online]. UK: Loughborough University, UK, 2017 [cit. 2017-06-11]. Dostupné z: <https://www.radiance-online.org/>

7.2 Citace

- [2] ŠIMEK, Jan. *Historie školních budov: od tereziánských reforem po současnost*. Praha: Národní pedagogické muzeum a knihovna J.A. Komenského, 2016. ISBN 978-80-86935-35-5. str. 19

- [3] ŠIMEK, Jan. *Historie školních budov: od tereziánských reforem po současnost*. Praha: Národní pedagogické muzeum a knihovna J.A. Komenského, 2016. ISBN 978-80-86935-35-5. str. 24

7.3 Použitá literatura

- [4] ŠIMEK, Jan. *Historie školních budov: od tereziánských reforem po současnost*. Praha: Národní pedagogické muzeum a knihovna J.A. Komenského, 2016. ISBN 978-80-86935-35-5.
- [5] *Zustand der normal-Bürger-u.Landschulen in Böhmenam Ende des Winterkurses 1787*, In: Josef Anton RIEGGER (Hg.), *Materialienzuraltenundneuen Statistik von Böhmen*, VII. Heft, Prag undLeipzig 1788.
- [6] EBEL, Martin. *Dějiny českého stavebního práva*. Praha: ABF - Arch, 2007. Stavební právo. ISBN 978-80-86905-21-1.
- [7] MORKEŠ, František. *Československé školy v letech 2. světové války*. Morkeš, František. Praha: Pedagogické muzeum J. A. Komenského, 2005. 35 s. ISBN 80-901461-8.
- [11] Sborník doporučených energeticky úsporných opatření na obvodových pláštích. *Informační portál Ministerstva průmyslu a obchodu: STÚ-E a.s.* [online]. Praha: Česká energetická agentura, 1999 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8129.pdf
- [62] ČUPROVÁ, Danuše. *Tepelná technika budov, modul 02, ustálený teplotní stav*. Brno, 2006.
- [71] Pérez-Lombard, L., et al. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 2008, 40(3), pp. 394-398.
- [72] Feist, W. *Das Passivhaus – behaglich. effizient. bewährt. Darmstadt: Passivhaus Institut. 2002.*
- [73] Gohardani, N., and Björk, F., Sustainable refurbishment in building technology. *Smart and Sustainable Built Environment*, 2012 1(3), pp. 241-252.
- [74] Butala, V., Novak, P., Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy and Buildings*, 1999, 29(3), pp. 241-246.
- [75] IEA, *Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex XV Energy Efficiency in Schools, Torino Final Report 1996*, [online]http://www.ieaebc.org/fileadmin/user_upload/docs/EBC_Working_Group_Energy_Efficiency_in_Educational_Buildings_Final_Report.pdf.
- [76] Zimmermann, M., 2011, School building renovation for sustainable second life, in IEA ECBCS Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings. Building Renovation Case Studies, Empa, Switzerland.
- [77] Erhorn-Kluttig, H., Mørck, O., Energy-Efficient Renovation of Educational Buildings. PEB Exchange Programme on Educational

- Buildings, 2005/09, OECD Publishing, CELE Exchange, Centre for Effective Learning Environments. pp. 1609-7548, [online] Available at: http://www.oecd-ilibrary.org/education/energy-efficient-renovation-of-educational-buildings_562284354371?crawler=true.
- [78] US Energy Protection Agency (EPA), 2011, Energy Efficiency Programs in K-12 Schools. A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs, [online] Available at: http://www.epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/k-12_guide.pdf, http://www.energystar.gov/ia/business/EPA_BUM_CH10_Schools.pdf.
- [79] Touchstone Energy Cooperatives (TEC), 2015, Schools A+ Energy Efficiency Program, [online] Available at: <http://www.schoolenergysaving.com/schoolProgram.php>.
- [80] Cash, 2009, Planning for Energy Efficiency, [online] Available at: <https://www.cashnet.org/EnergyBrochure09.pdf>.
- [81] Ensign, 2009, Schools Manual for the Solar and Energy Efficiency in Queensland State Schools Program, [online] Available at: <http://education.qld.gov.au/facilities/solar/pdfs/school-manual.pdf>.
- [82] Eco-Schools, 2015, England, [online] Available at: <http://www.eco-schools.org.uk/>.
- [83] Green-Schools, 2015, Ireland, [online] Available at: <http://www.greenschoolsireland.org/>.
- [84] School of the future (SF), 2013, Towards Zero Emission with High Performance Indoor Environment [online] Available at: <http://www.school-of-the-future.eu/index.php/project-results>, <http://www.school-of-the-future.eu/>, Deliverable D6.1, Design Phase Report, EU 7th Framework Programme – EeB-ENERGY, Project Number: 260102.
- [85] Gelfand, L., Freed, E.C., *Sustainable School Architecture: Design for Elementary and Secondary Schools*. John Wiley & Sons, 2010, New Jersey.
- [86] Gonzalo, R., Habermann, K.J., *Energy-Efficient Architecture: Basics for Planning and Construction*. Birkhäuser, 2002, Basel.
- [87] Chatzidiakou, E., et al., Indoor air quality in London schools. Part 1: 'Performance in use'. Intelligent Buildings International, Taylor & Francis, Special Issue: Designing Intelligent School Buildings: What do We Know, 2015, 7(2-3), pp. 101-129, [online] Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17508975.2014.918870#.VSix-txfWHg>.
- [88] D. Chiras, *The Solar House-Passive Heating and Cooling*. Chelsea Green Publ., Vermont, 2002.
- [89] Köster, H., *Dynamic Daylighting Architecture*. Birkhäuser, Berlin, 2004.
- [90] BS 8206-2, 2008, Lighting for Buildings – Part 2: Code of Practice for Daylighting.

- [91] *Oxid uhličitý* CO₂ [online]. Praha: Maxdorf, 2016 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/lexikon-pojem/oxid-uhlicity-co2-2>
- [92] *Oxid uhličitý - utajený nepřítel*. *TZB-info* [online]. Praha: TZB-info, 2011 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel>
- [94] Ficker T.: *Příručka tepelné techniky, akustiky a denního osvětlení (anglicko-česká příručka)*. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., Brno, 2004.

7.4 Použité normy, zákony a vyhlášky

- [9] *Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií*. In: . Praha: Sběrka zákonů, 2008, ročník 2008, číslo 61. Dostupné také z: <http://www.irin.cz/upload/Z406-2000.pdf>
- [10] *Vyhláška o energetické náročnosti budov*. In: . Praha: Praha, 2007, ročník 2007, číslo 148. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-148>
- [12] *ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov Část 1 - Část 4*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [13] *Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách*. In: . Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2001, ročník 2001, číslo 291. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-291>
- [14] *ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov Část 1 - Část 4*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [15] *ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov Část 1: Terminologie - Část 4*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [16] *ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [17] *ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [18] *ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [54] *Vyhláška č. 410/2005 Sb.: Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2005, ročník 2005, číslo 410. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-410>
- [56] *ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [57] *ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [58] *ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

- [59] ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [60] ČSN EN ISO 10077-1 *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [61] ČSN EN ISO 13788 *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [62] ČSN EN 12831 *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [63] ČSN 73 4108 *Hygienická zařízení a šatny*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [65] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov* [online]. Praha: Úřední věstník Evropské unie, 2010 [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/docu/predpisy/download/D31-2010.pdf>
- [66] *Vyhláška č. 291/2001 Sb.* [online]. Praha: MPO, 2001 [cit. 2013-01-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-291>
- [67] *Zákon č. 318/2012 Sb.* [online]. Praha: Parlament ČR, 2012 [cit. 2013-01-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>
- [68] *Zákon č. 458/2000 Sb.* [online]. Praha: Parlament ČR, 2000 [cit. 2013-01-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>
- [69] *Vyhláška č. 230/2015 Sb.* [online]. Praha: Parlament ČR, 2015 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-230>
- [93] *Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby* [online]. Praha: MMR, 2012 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20>
- [93] ČSN 36 0011-2: *Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení*. 2/14. Praha: Český normalizační institut, 2014.

7.5 Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf počet školských budov v období 1772-1798 v ČR z dat předchozí tabulky [vlastní]; [5].....	16
Obrázek 2:Vzorový plán z roku 1786 [4].....	17
Obrázek 3: Graf počet školských budov v období 1869-1898 dle předchozí tabulky [vlastní]; [4].....	18
Obrázek 4: Graf porovnání počtu škol měšťanských a obecných [vlastní]; [4]	21
Obrázek 5: Graf porovnání počtu žáků ve školách měšťanských a obecných [vlastní]; [4].....	22
Obrázek 6: Graf stáří škol k roku 1946 [4].....	22
Obrázek 7: Graf počet školských budov v průřezu let 1945-1989 [4].....	24
Obrázek 8: Graf vývoj počtu žáků ve stejných obdobích [vlastní]; [4].....	25

Obrázek 9: Graf počet školských budov v grafickém zobrazení dle hodnot Českého statistického úřadu k roku 2012 [vlastní]; [64]	26
Obrázek 10: Ukázka z programu PHPP [25].....	35
Obrázek 11: Ukázka výsledku z programu – jedná se o izočáry spojující místa se stejnou osvětleností v lux (na pracovní rovině) [33].....	38
Obrázek 12: Ukázka výsledku z programu [34].....	39
Obrázek 13: Ukázka simulování budov v programu SVĚTLO+ [35].....	40
Obrázek 14: Ukázka výstupu denního osvětlení ve 3D [70].....	41
Obrázek 15: Graf vývoje cen zemního plynu v ČR za období 1997-2015 [42]43	
Obrázek 16: Graf vývoj průměrných uplatňovaných cen tepelné energie vyrobené z uhlí [43].....	45
Obrázek 17: Graf vývoj spotřebitelských cen uhlí [14]	46
Obrázek 18: Graf vývoj spotřebitelských cen elektřiny	47
Obrázek 19: Graf vývoj výroby elektřiny z OZE (obnovitelných zdrojů energie) a její podíl na hrubé domácí spotřebě (převzato z ERU) [10].....	47
Obrázek 20: Graf porovnání součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] s potřebnou tloušťkou zdiva pro splnění [vlastní].....	55
Obrázek 21: Graf celkové porovnání součinitele prostupu tepla stěnou v průřezu let v návaznosti na stávající budovy [vlastní]	55
Obrázek 22: Graf celkové porovnání součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí v průřezu let v návaznosti na stávající budovy[vlastní]	57
Obrázek 23: Mapa umístění vybraných školských zařízení v ČR [vlastní]	59
Obrázek 24: Fotografie školských budov 1-23 [vlastní].....	59
Obrázek 25: Trhliny u atikového panelu [vlastní].....	64
Obrázek 26: Odpadávání soklových přizdívek [vlastní].....	65
Obrázek 27: Obnažená výztuž stěny [vlastní]	65
Obrázek 28: Sonda do střešní pláště-viditelná tloušťka hydroizolační vrstvy – 25 mm [vlastní].....	67
Obrázek 29: Původní starší okna s pohledem na parapet překrývající také otopná tělesa [vlastní]	69
Obrázek 30: Pohled na zvolenou budovu základní školy – stávající stav [vlastní].....	70
Obrázek 31: Situace umístění učebny vzhledem k severu [vlastní]	71
Obrázek 32: Půdorys učebny s umístěným mobiliářem – stávající stav [vlastní]	72
Obrázek 33: Pohled na stěnu s okny a dveřmi do zahrady tedy na jih [vlastní]	72
Obrázek 34: Foto učebny před ranní výukou v období 03/2017 [vlastní]	72
Obrázek 35: Pohled na zvolenou budovu základní školy – nový stav po zateplení a výměně oken [vlastní].....	73
Obrázek 36: Půdorys učebny s umístěným mobiliářem – nový stav [vlastní].	73
Obrázek 37: Foto učebny před ranní výukou v období 11/2017 – nový stav [vlastní].....	74

Obrázek 38: Faktory ovlivňující vnitřní prostředí a energetikou náročnost budov [52].....	75
Obrázek 39: Riziko onemocnění ve vztahu k relativní vlhkosti prostoru [52]..	76
Obrázek 40: Foto v odebírané učebně [vlastní].....	77
Obrázek 41: Foto vzorku č. 5 - místo pod tabulí [vlastní].....	78
Obrázek 42: Pomůcky k odebrání vzorků [vlastní]	78
Obrázek 43: Kultivace – celkové počty mikroorganismů na vzorku 1š a 2š [vlastní].....	80
Obrázek 44: Kultivace – celkové počty mikroorganismů na vzorku 3š a 6š [vlastní].....	80
Obrázek 45: Kultivace – na vzorcích jsou v některých miskách patrné plísně, jedná se o plísň Penicillium [vlastní].....	80
Obrázek 46: Měření CO ₂ s napojením na sondu – interiér, exteriér [vlastní]..	82
Obrázek 47: Měření denního osvětlení v interiéru vlevo na fotonku luxmetru, vpravo jasoměr [vlastní].....	84
Obrázek 48: Měření denního osvětlení v interiéru – nový stav [vlastní]	84
Obrázek 49: Cenový ukazatel pro výměnu oken velikosti 1,5x1,8 m – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní].....	88
Obrázek 50: Cenový ukazatel pro výměnu dveří velikosti 2x2,5 m – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]	89
Obrázek 51: Cenový ukazatel pro zateplení střechy tloušťka izolace 260 mm – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]	90
Obrázek 52: Cenový ukazatel pro zateplení střechy tloušťkou izolace 260 mm – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]	91
Obrázek 53: Souhrnná tabulka orientačních cen zateplení obálky budovy – ceny jsou uvedeny bez DPH [vlastní]	91
Obrázek 54: Vývojový diagram 1 – úvodní úvahy o vytvoření návrhového nástroje a v jakém výchozím rozhraní [vlastní].....	92
Obrázek 55: Vývojový diagram 2 – popis základní práce s návrhovým nástrojem až do spuštění nástroje [vlastní]	94
Obrázek 56: Karta Návod – stručný návod s barevným značením [vlastní]....	98
Obrázek 57: Karta Poznámky – ukázka značek, popisek a jednotek [vlastní] 98	
Obrázek 58: Vlastnosti, ve kterých je nutné na kartě „Souhrnné informace“ změnit jméno autora [vlastní].....	99
Obrázek 59: Vývojový diagram 3 – 1.část – Práce na záložce „ZADÁNÍ,POPIS“ a „VÝPOČTOVÁ ČÁST“ [vlastní].....	100
Obrázek 60: Vyvolaná tabulka kombinací CTRL+F [vlastní]	102
Obrázek 61: Příklad z 2. stránky => porovnaná vypočtená hodnota s normovými hodnotami [vlastní].....	106
Obrázek 62: Příklad z 3. stránky => porovnáno období výstavby a vypočtená hodnota, ostatní nedefinováno (nevybráno) [vlastní].....	107
Obrázek 63: Ukázka tabulky pro graf a výsledného grafu [vlastní].....	108
Obrázek 64: Vývojový diagram 3–2.část – Práce na záložce „PROSTUP VODNÍCH PAR“ [vlastní].....	110

Obrázek 65: Ukázka tabulky na 3. stránce (v nástroji) [vlastní].....	112
Obrázek 66: Zadávání v tabulce pro výpočet kondenzace [vlastní]	114
Obrázek 67: Průběhy částečných tlaků vodní páry v konstrukcích [vlastní], [94]	116
Obrázek 68: Názorná ukázka vzniku oblasti kondenzace [62].....	117
Obrázek 69: Názorná ukázka vzniku oblasti kondenzace, černě znázorněny ručně doplněné tečny, modrý obdélník, ručně vytvořený, vymezuje oblast prostupu vodních par [vlastní]	117
Obrázek 70: Vývojový diagram 3–3. část – Práce na záložce „Výčet OK“ [vlastní].....	119
Obrázek 71: Část „ZADÁNÍ“ [vlastní]	120
Obrázek 72: Část „REFERENČNÍ BUDOVA“ [vlastní]	121
Obrázek 73: Část „PŮVODNÍ KONSTRUKCE“ [vlastní]	122
Obrázek 74: Část „NOVÁ KONSTRUKCE“ [vlastní].....	123
Obrázek 75: Část „NORMA „U“ [vlastní]	124
Obrázek 76: Vývojový diagram 3–4. část – Práce na záložce „Energetického štítku“ včetně možnosti tisku [vlastní].....	125
Obrázek 77: Ukázka tabulek [vlastní].....	127
Obrázek 78: Zadávání, výpočet pro referenční budovu, původní stav a nový stav“ [vlastní]	128
Obrázek 79: Určení klasifikačního ukazatele CI pro původní stav a nový stav [vlastní].....	129
Obrázek 80: Energetický štítek obálky budovy [vlastní, zpracované dle ČSN a doplněné o klasifikační ukazatele].....	130
Obrázek 81: Vývojový diagram 3–5. část – Práce na záložce „Tepelné ztráty“ [vlastní].....	131
Obrázek 82: Tabulka vstupních parametrů a její barevné značení. Modrý podtržený text značí odkaz, modrý text v oranžovém poli je editovatelný, růžová pole mají rolovací seznam [vlastní]	133
Obrázek 83: Tabulka tepelných ztrát pro původní stav, je stejná i pro nový stav. Modrý podtržený text značí odkaz, růžová pole mají rolovací seznam, pole s červeným trojúhelníčkem v rohu mají vložen komentář [vlastní].....	134
Obrázek 84: Ukázka grafického vyjádření jednotlivých tepelných ztrát obálkou budovy [vlastní]	134
Obrázek 85: Ukázka grafického vyjádření jednotlivých tepelných ztrát obálkou budovy, porovnání vždy stejných konstrukcí a v druhém grafu je ukázka celkových ztrát také srovnání původního a nového stavu [vlastní].....	135
Obrázek 86: Vývojový diagram 3–6. část – Práce na záložce „Potřeba tepla na vytápění“ [vlastní]	136
Obrázek 87: Ukázka ZADÁNÍ, VSTUPNÍ PARAMETRY, opět je zde barevné vyjádření zadávání [vlastní].....	138
Obrázek 88: Vývojový diagram 3–7. část – Práce na záložce „Potřeba tepla na vytápění“ [vlastní]	139

Obrázek 89: Ukázka zadávání korekčních součinitelů, účinnosti systému a Výsledků, opět je zde barevné vyjádření zadávání a také komentář v rohu [vlastní]	140
Obrázek 90: Ukázka grafického výstupu => graf původního stavu a jeho potřeby tepla na vytápění [vlastní]	141
Obrázek 91: Ukázka grafického výstupu => graf POROVNÁNÍ původního a nového stavu a jejich potřeby tepla na vytápění v GJ/rok [vlastní]	141
Obrázek 92: Vývojový diagram 3–8. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ [vlastní]	142
Obrázek 93: Vývojový diagram 3–9. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ a „Ceny“ [vlastní]	144
Obrázek 94: Vývojový diagram 3–10. část – Práce na záložce „Finanční rozvaha“ [vlastní]	147
Obrázek 95: Porovnání hodnot před realizací a různých variant z finančního hlediska [vlastní]	150
Obrázek 96: Vývojový diagram 3–12. část – Práce na záložce „Emise“ [vlastní]	151
Obrázek 97: Tabulka všeobecných emisních faktorů pro CO ₂ a výběr typu paliva včetně provázané dílčí/celkové potřeby tepla na vytápění [vlastní]....	152
Obrázek 98: Ukázka z nástroje přednastavené znečišťující látky uvedeny v g/MWh [vlastní].....	153
Obrázek 99: Ekologické vyhodnocení, příklad varianty č. 1[vlastní]	153
Obrázek 100: Ekologické vyhodnocení, příklad grafu pro variantu č. 1. [vlastní]	153
Obrázek 101: Vývojový diagram 3–13. část – Práce na záložce „Denní osvětlení“ [vlastní].....	154
Obrázek 102: Ukázka varianty se zobrazením půdorysů s grafickým vyhodnocením rozložení činitele denní osvětlenosti na pracovní rovině v učebně [vlastní]	157
Obrázek 103: Ukázka výběru posouzení denního osvětlení a výběru u „ČÁST 1“ včetně ukázky vybrané varianty [vlastní]	157
Obrázek 104: Náhled tisku po stisknutí tlačítka pro tisk na jednotlivých listech [vlastní]	158
Obrázek 105: Graf – vyjádřen počet budov v procentech, které jsou zastoupeny v jednotlivých kategoriích dle objemu budovy v m ³ [vlastní].....	161
Obrázek 106: Graf – vyjádřeny součty objemů všech hodnocených budov, které jsou postaveny z daného materiálu [vlastní].....	161
Obrázek 107: Graf – vyjádřen procentuálně počet budov, které jsou postaveny z daného materiálu, z celkového počtu hodnocených budov [vlastní]	161
Obrázek 108:Graf – průměrné součinitele prostupu tepla obálkou budovy U _{em} [W/m ² K] budov [vlastní]	162
Obrázek 109: Graf – klasifikační ukazatele CI energetického štítku obálky budovy. Nejvíce budov spadá do klasifikační třídy E – nevhodná, méně pak do D – nevyhovující, některé do F – velmi nevhodná [vlastní].....	162
Obrázek 110: Graf – tepelné ztráty objektů v kW. Tepelné ztráty jsou součtem tepelných ztrát prostupem tepla a větráním [vlastní]	163

Obrázek 111: Graf – procentuální podíl jednotlivých konstrukcí na celkové tepelné ztrátě prostupem tepla. Jde o přibližnou hodnotu, kdy do výpočtu vstupovaly podíly konstrukcí jednotlivých budov a následně se hodnoty zprůměrovaly [vlastní]	163
Obrázek 112: Graf – vyjádřeny součty objemů všech hodnocených budov, které mají daný systém vytápění [vlastní]	164
Obrázek 113: Graf – vyjádření počtu budov, které mají daný způsob vytápění, z celkového počtu hodnocených budov [vlastní]	164
Obrázek 114: Graf – celkové roční spotřeby energií hodnocených budov v MWh [vlastní]	165
Obrázek 115: Graf – procentuální průměrný podíl dílčích spotřeb energií z celkové roční spotřeby [vlastní]	165
Obrázek 116: Graf – průměrné roční spotřeby energie v MWh v jednotlivých kategoriích objemu budov [vlastní]	166
Obrázek 117: Graf – celková měrná roční spotřeba energie a měrná roční spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV e_v [kWh/(m ³ /rok)] [vlastní]	166
Obrázek 118: Graf – roční náklady na vytápění a ohřev TUV (při ceně tepla 350 Kč/GJ). Ceny jsou uvedeny v Kč za 1000 m ³ za rok [vlastní]	167
Obrázek 119: Graf – roční produkce emisí CO ₂ za současného stavu hodnocených budov v tunách za rok [vlastní]	167
Obrázek 120: Graf – průběhu koncentrace CO ₂ – stávající stav [vlastní]	173
Obrázek 121: Graf – průběhu koncentrace CO ₂ – stávající stav [vlastní]	177
Obrázek 122: Graf – průběhu koncentrace CO ₂ – nový stav [vlastní]	181
Obrázek 123: Graf – průběhu koncentrace CO ₂ – nový stav [vlastní]	185
Obrázek 124: Půdorys učebny s umístěnými body a výsledky měření – původní stav, nevyhovující hodnoty zvýrazněny červeně (pod 1,5 % č.d.o.) [vlastní]	191
Obrázek 125: Půdorys učebny s umístěnými body a výsledky měření – nový stav, nevyhovující hodnoty zvýrazněny červeně (pod 1,5 % č.d.o.) [vlastní]	192

7.6 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj počtu škol v českých krajích v letech 1772-1798 [5]	16
Tabulka 2: Počet škol a jejich stavebních úprav v českých a německých školních okresech v letech 1869-1898 [4]	18
Tabulka 3: Počet škol obecných a měšťanských [4]	21
Tabulka 4: Počet jednotlivých škol v České republice v období 1989-2011. Údaje převzaty z Českého statistického úřadu České republiky [vlastní]; [64]	26
Tabulka 5: Průměrné ceny tepelné energie v roce 2011 s rozlišením paliv [43]	44
Tabulka 6: Vývoj průměrných uplatňovaných cen v letech 2004-2011 tepelné energie vyrobené z uhlí [43]	45
Tabulka 7: Vývoj součinitele prostupu tepla U [W/(m ² K)] stěnové konstrukce v porovnání s nutnou tloušťkou zdiva z CPP (m) a v porovnání se součinitelem prostupu tepla jednotlivých budov U [W/(m ² K)] [vlastní]	54

Tabulka 8: Vývoj součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] pro střešní konstrukce v porovnání se součiniteli prostupu tepla jednotlivých budov U [$W/(m^2K)$] a jejich střešních konstrukcí [vlastní]	56
Tabulka 9: V následující tabulce je stručný přehled hodnocených budov[vlastní]	58
Tabulka 10: Tabulka účinku koncentrace CO_2 na lidský organismus [92]	81
Tabulka 11: Tabulka průměrných hodnot výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [vlastní]; [54]	82
Tabulka 12: Cenový ukazatel pro modernizaci objektu Orientační cena na $1 m^2$ zateplení [55].....	87
Tabulka 13: Součinitel prostupu tepla, jaké se průměrně vyskytují u 23 hodnocených budov[vlastní]	160
Tabulka 14: Výsledky CPM a mykromycety KTJ/m^2 [vlastní]	168
Tabulka 15: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]	169
Tabulka 16: Tabulka s hodnotami a popsáním dějem přímo v čase měření [vlastní]	169
Tabulka 17: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]	174
Tabulka 18: Tabulka s průběhem měření – stávající stav 2. 3. 2017 [vlastní]	174
Tabulka 19: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]	179
Tabulka 20: Tabulka s průběhem měření – nový stav 30. 11. 2017 [vlastní]	179
Tabulka 21: Úvodní tabulka s popisem hodnocené budovy [vlastní]	182
Tabulka 22: Tabulka s průběhem měření – nový stav 30.11.2017 [vlastní]..	183
Tabulka 23: Tabulka výsledného stanovení prostupu světla měřením [vlastní]	189
Tabulka 24: Tabulka srovnání původního a nového stavu [vlastní]	190
Tabulka 25: Porovnání velikosti učebny a velikosti a počtu oken [vlastní]....	195
Tabulka 26: Porovnání variant zateplení obálky budovy a vlivu na hodnoty návrhového nástroje [vlastní].....	197

7.7 Seznam publikovaných prací autora

- A. MOCOVÁ, Pavla a VONDRUŠKOVÁ, Aneta. Energy evaluation of school buildings. In: *Solaris 2011: PhD poster session (CD) : annex to the proceedings of the 5th international conference Solaris 2011 : 10-11 August 2011. 1st ed.* Brno: University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 2011, s. 1. ISBN 978-80-214-4311-2.
- B. MOCOVÁ, Pavla. Energetická náročnost stávajících budov. In: Juniorstav 2012: 14. odborná konference doktorského studia: sborník anotací: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební = 14th Professional Conference of Postgraduate Students : [collection of abstracts] : Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering : : 26.1.2012. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2012, s. 5. ISBN 978-80-214-4393-8.
- C. MOCOVÁ, Pavla. Hodnocení energetické náročnosti stávajících budov. In: *Young scientist 2012: IX. International Scientific Conference FCE*

- TUKE. Košice, Slovakia: FCE TUKE, Košice, Slovakia, 2012, pp. 6. ISBN 978-80-553-0904-0.
- D. MOCOVÁ, Pavla. Hodnocení stávajících budov z hlediska energetické náročnosti. In: Juniorstav 2013: 15. odborná konference doktorského studia : sborník anotací : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební = 15th Professional Conference of Postgraduate Students : [collection of abstracts] : Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering : : 7.2.2013. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2013, s. 8. ISBN 978-80-214-4670-0.
- E. MOCOVÁ, Pavla. Současný stav vybraných školských budov v České Republice. In: Juniorstav 2014: 16. odborná konference doktorského studia: sborník anotací : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební = 165th Professional Conference of Postgraduate Students : [collection of abstracts] : Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering : : 30.01.2014. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014, s. 8. ISBN 978-80-214-4851-3.
- F. MOCOVÁ, P.; BROTAS, L.; MOHELNÍKOVÁ, J., Energy evaluation of school buildings, příspěvek na konferenci Proceedings of the 4th Masters Conference People and Buildings 2014, ISBN 978-0-9928957-1-6, London Metropolitan University, London, 2014
- G. MOCOVÁ, Pavla. Microbes in the Interior of Schools. *Advanced Materials Research* [online]. 2014, **1041**, 337-340 [cit. 2018-01-05]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1041.337. ISSN 1662-8985. Dostupné z: <http://www.scientific.net/AMR.1041.337>
- H. ALTAN, H.; MOHELNÍKOVÁ, J.; MOCOVÁ, P., Analysis of thermal and visual comfort in renovated school classrooms, příspěvek na konferenci Proc. ZEMCH 2016 - Zero Energy Mass Custom Home, ISBN 9788894152609, ZEMCH, University of Salento, Lecce, Italy, 2015
- I. PAIVA, A.; MOHELNÍKOVÁ, J.; HIRŠ, J.; MOCOVÁ, P., Renovation of kindergarten buildings in Brno, příspěvek na konferenci Proceedings of the 7th International Conference on Safety and Durability of Structures, ISBN 978-989-20-6683-7, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD Portugal, 2016
- J. MOCOVÁ, Pavla, *Kontrola chyb při realizaci dřevostavby z pohledu technického dozoru stavebníka* [online]. Brno: Stavební partner, 2017, I (2) [cit. 2018-01-18]. ISSN 1805-5958. Dostupné z: http://www.wood-cluster.cz/data/uploads/ecasopisy/NDK_stavebni_partner_15.pdf

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značky a jednotky,		
V	Objem budovy vnější vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	m^3
A_c	Celková plocha - součet všech vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	m^2
A	plocha	m^2
d	tloušťka	m
h	součinitel přestupu tepla	$W/(m^2K)$
R	návrhový tepelný odpor konstrukce (od povrchu k povrchu)	m^2K/W
R_g	tepelný odpor vzduchové vrstvy	m^2K/W
R_{se}	vnější odpor při přestupu tepla	m^2K/W
R_{si}	vnitřní odpor při přestupu tepla	m^2K/W
R_T	odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí)	m^2K/W
R'_T	horní mez odporu konstrukce při prostupu tepla	m^2K/W
R''_T	dolní mez odporu konstrukce při prostupu tepla	m^2K/W
R_u	tepelný odpor nevytápěného prostoru	m^2K/W
U	součinitel prostupu tepla	$W/(m^2K)$
λ	návrhová tepelná vodivost	$W/(mK)$
$f_{rsi, crit}$	kritický teplotní faktor vnitřního povrchu, stanovený podle vzorce	-
f_{rsi}	teplotní faktor vnitřního povrchu	-
M_a	se zkondenzované nebo vypařitelné množství vodní páry M_a určí podle vztahu (ČSN 73 0540-4:2005 čl. D.4.3 písm. a)	kg/m^2
t_c	celková doba trvání teploty venkovního vzduchu θ_e podle tabulky H.4 ČSN 73 0540-3:2005	s
g_A	hustota difúzního toku vodní páry, která proudí konstrukcí od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace;	$kg/(m^2s)$
g_B	hustota difúzního toku vodní páry, která proudí konstrukcí od hranice B oblasti kondenzace k vnějšímu povrchu	$kg/(m^2s)$
$M_{c,a}$	roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce	$kg/(m^2a)$
$M_{ev,a}$	roční množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ je součtem záporných hodnot M_a určených pro teploty venkovního vzduchu θ_e -15 °C až +25 °C čl. D.4.2 ČSN 73 0540-4:2005	$kg/(m^2a)$

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

$M_{c,N}$	pro jednopláškovou střechu a konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, pro konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, nebo pro konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami hodnota=0,1, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m ³ , pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100$ kg/m se použije 6% jeho plošné hmotnosti	0,1 kg/(m ² a)
$M_{c,N}$	pro ostatní stavení konstrukce je nižší z hodnot: = 0,5 kg/(m ² *a) nebo 5% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho obj. hmotnost vyšší než 100 kg/m ³ , pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100$ kg/m se použije 10% jeho plošné hmotnosti	0,5 kg/(m ² a)
M_{ev}	roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce	kg/(m ² a)
Částečný tlak vodní páry ve hmotných vrstvách		
p_i	částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnitřní straně konstrukce	Pa
p_e	částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnější straně konstrukce	Pa
Z_{pT}	odpor konstrukce při prostupu vodní páry $Z_{pT}=Z_{pi}+Z_p+Z_{pe}$	m/s
Z_{pi}	odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce	m/s
Z_{pe}	odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce	m/s
Z_p	difuzní odpor konstrukce	m/s
Z_{px}	difuzní odpor části konstrukce od jejího vnitřního povrchu k místu x (dle ČSN 73 0540-4, příloha G)	m/s
Z_{pj}	difuzní odpor j-té vrstvy konstrukce	m/s
$A_{e,z}$	Energeticky vztažná plocha = plocha zóny z vnějších rozměrů budovy vč. schodišť, šachet apod., vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy	m ²
U_w	Výpočet součinitele prostupu tepla	W/(m ² K)
b	šířka	m
d	vzdálenost, tloušťka	m
l	délka	m
q	hustota tepelného toku	W/(m ² K)
Ψ	lineární činitel prostupu tepla	W/(mK)
λ	tepelná vodivost	W/(mK)
U_g	součinitel prostupu tepla zasklení	W/(m ² K)
U_f	součinitel prostupu tepla rámu	W/(m ² K)
Ψ_g	lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu	W/(mK)
λ_j	tepelná vodivost skla nebo j-té vrstvy materiálu	W/(mK)
d_j	tloušťka skla nebo j-té vrstvy materiálu	m
R_{sj}	tepelný odpor vzduchové vrstvy j	(m ² K)/W
$U_{N,rc,j}$	Hodnota součinitele prostupu tepla odpovídající příslušné normové požadované hodnotě dle ČSN 730540-2:2011, tabulka 3=viz karta "POMŮCKY", pro rok 2011	W/(m ² K)

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

A_g	Plocha viditelné části zasklení	m^2
U_g	Součinitel prostupu tepla zasklení - většinou udává výrobce, nebo dle záložky v kartě ČSN EN ISO 10077-1	$W/(m^2K)$
A_f	Plocha rámu	m^2
U_f	Součinitel prostupu tepla rámu - ideálně od výrobce	$W/(m^2K)$
l_g	Délka viditelného obvodu zasklení	m
ψ_g	Hodnoty poskytuje výrobce okna, pokud je však neuvádí je možné využít tabulku v kartě ČSN EN ISO 10077-1	$W/(mK)$
b	Činitel teplotní redukce b se stanoví buď orientačně z tabulkových hodnot v ČSN 730540-3, nebo přesněji v závislosti na typu konstrukce a na působících okrajových podmínkách	-
H_T	měrná ztráta prostupem tepla	W/K
$U_{em, N, 20}$	Požadovaný součinitel prostupu tepla	$W/(m^2K)$
$U_{em, rec}$	Doporučený součinitel prostupu tepla	$W/(m^2K)$
V	Objem budovy V - vnější objem vytápěné části budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	m^3
A	Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	m^2
A/V	Objemový faktor tvaru budovy A/V , v souladu s ČSN 73 0540-2	m^{-1}
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla	$W/(m^2K)$
Cl	Klasifikační ukazatel => absolutní hodnota určuje se vynásobením $U_{em, N}$ a hodnotou klasifikačního ukazatele a tím jsou dosaženy hraniční hodnoty jednotlivých klasifikačních tříd	-
Δt_e	$\Delta t_e = \theta_i - \theta_e$ => vyjadřuje: rozdíl teplot interiér-(exteriér)	$^{\circ}C$
Δt_p	$\Delta t_p = \theta_i - \theta_{gr}$ => vyjadřuje: rozdíl teplot interiér - (teplota zeminy)	$^{\circ}C$
Δt_s	$\Delta t_s = \theta_i - \theta_s$ => vyjadřuje: rozdíl teplot interiér-(prostředí nad střechou)	$^{\circ}C$
θ_{gr}	Teplota přilehlé země θ_{gr} ve $^{\circ}C$ při návrhové teplotě venkovního vzduchu	$^{\circ}C$
Φ	Tepelná ztráta konstrukcí	kW
e_i	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0.8 až 0.9	-
e_t	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0.8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1.0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.	-
e_d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1.0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0.9 pro budovy se šestidenním a 0.8 pro budovy s pětidenním provozem.	-

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

η_o	účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy Volí se v rozmezí 0.9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1.0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací	-
η_r	účinnost rozvodu vytápění Volí se v rozmezí 0.95 až 0.98 podle provedení.	-
PN	Prostá návratnost	rok
SHCF	současná hodnota Cash Flow v období let a s diskontní mírou	Kč
CF/(1+i) ^t	Cash Flow	Kč
i	diskontní míra	%
t	doba/rok ve kterém je výpočet prováděn	rok
NPV	čistá současná hodnota	Kč
IRR	Vnitřní výnosové procento	%
CO	oxid uhelnatý	g/MWh
NO _x	oxidy dusíku	g/MWh
SO ₂	oxid siřičitý	g/MWh
TZL	tuhé znečišťující látky	g/MWh
PM _{2,5}	polévatý prach (z angličtiny particulatesmatter)	g/MWh
VOC	těkavé organické látky (VOC – z anglického názvu volatileorganiccompounds)	g/MWh
CO ₂	oxid uhličitý	g/MWh
č.d.o.	činitel denní osvětlenosti	%
r	rovnoměrnost	%

9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Vývoj součinitele prostupu tepla U [W/m^2K]
Příloha č. 2 Přehled normativních požadavků a výpočtů
Příloha č. 3 Ukázka výpočtu základní školy v návrhovém nástroji „PaMo I“
Příloha č. 4 Návrhový nástroj „PaMo I“ (pouze na CD v MS Excel)