



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

COWORKINGOVÉ CENTRUM, OSTRAVA

COWORKING CENTRE, OSTRAVA

ENERGETICKÉ POSOUZENÍ BIM MODELU

PŘÍLOHA C

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Kryštof Zelenkov

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Jan Müller, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2023

Obsah

1.	Úvod	3
2.	Model.....	4
3.	Základní informace	8
4.	Data podnebí ArchiCAD 23	9
5.	Vlastnosti modelu.....	11
6.	Postup zpracování energetické modelu v ArchiCAD	13
7.	Energetické porovnání s DEKSOFT aplikacemi	20
8.	Solární analýza LOP	29
9.	Porovnání cenových nákladů při změně tepelných zdrojů.....	34
10.	Závěr	37
11.	Použité právní předpisy	38
12.	Seznam tabulek	39
13.	Seznam obrázků	39
14.	Přílohy.....	40

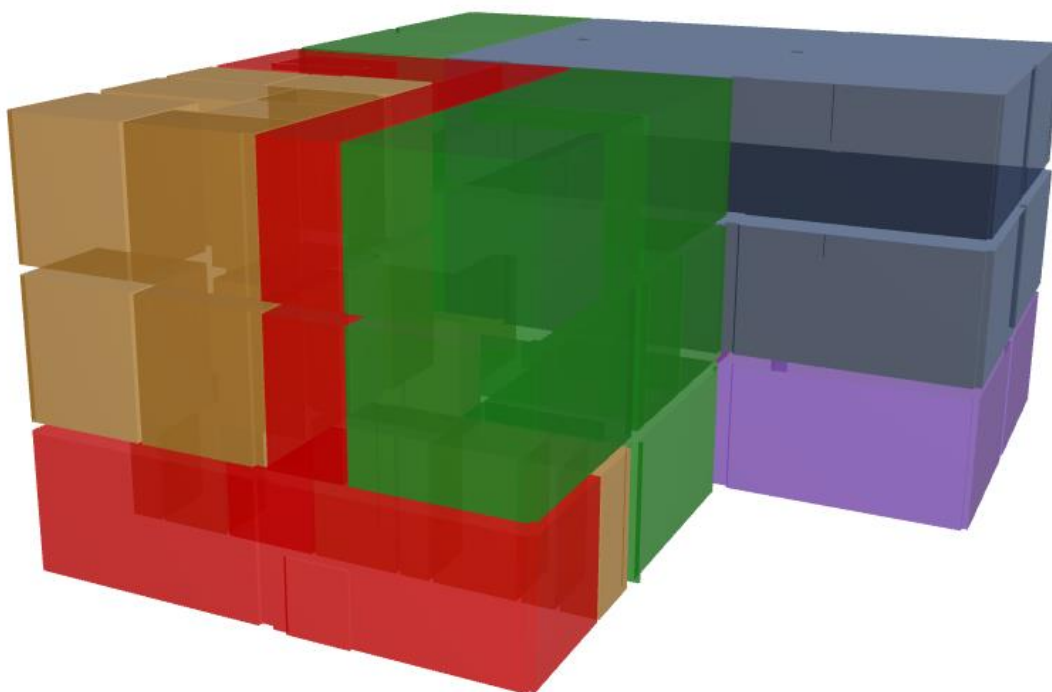
1. Úvod

Budovou s téměř nulovou spotřebou energie se rozumí budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. Požadavek na výstavbu NZEB (Nearly zero-energy buildings) vychází ze směrnice Evropského parlamentu.

Ta vyžaduje, aby projekty novostaveb od 1. ledna 2020 byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie. V dnešní době, kdy se nacházíme uprostřed energetické krize, ceny téměř všech energonositelů se rapidně zvedají, proto se tato část diplomové práce bude zabývat jak vytvoření BIM model v software ArchiCAD může být nápomocný pro aktualizaci a optimalizaci objektu z hlediska úspor, solárních zisků a spotřeby energie a případně jak moc je tato energetická analýza konkrétní a dostatečná v porovnání z energetické analýzy vytvořené aplikacemi DEKSOFT.

Objekt diplomové práce je navržen v BIM modelu v software ARCHICAD 23. Pomocí tohoto software bude vypočítán se současnými podmínkami a cenami energií energetický posudek. Současně se provede analýza hodnot objektu se specializovanou aplikací od DEKSOFT jako průkaz energetické náročnosti budov (Energetika, Tepelná technika 1D a Komfort- Komfort pro vytvoření PENB není zapotřebí) a provedeme názorné porovnání. V rámci vytvořeného BIM 3D modelu bude také demonstrováno využití vytvořených dat pro aktualizaci objektu a snížení solárních zisku a ceny spotřeby provozu.

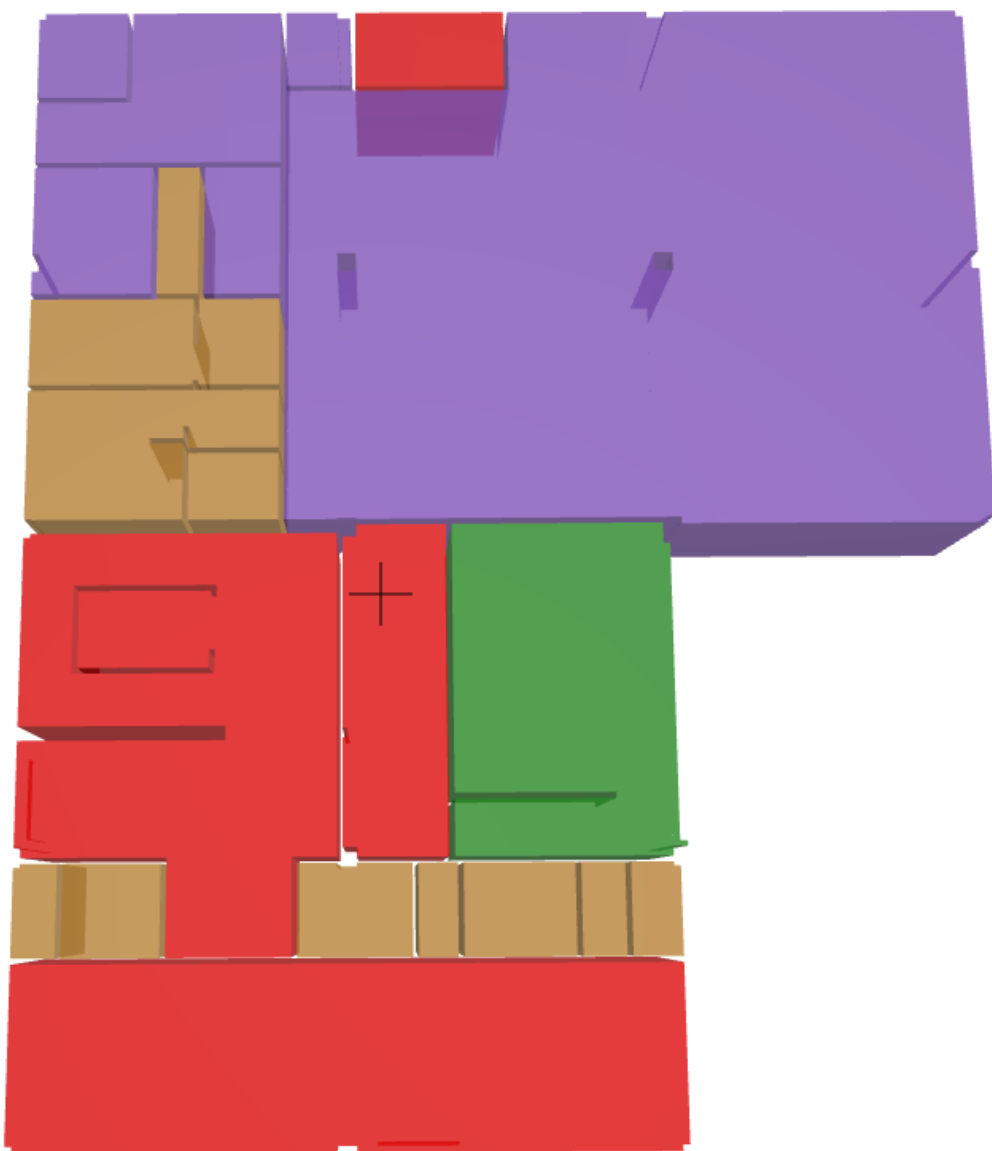
2. Model



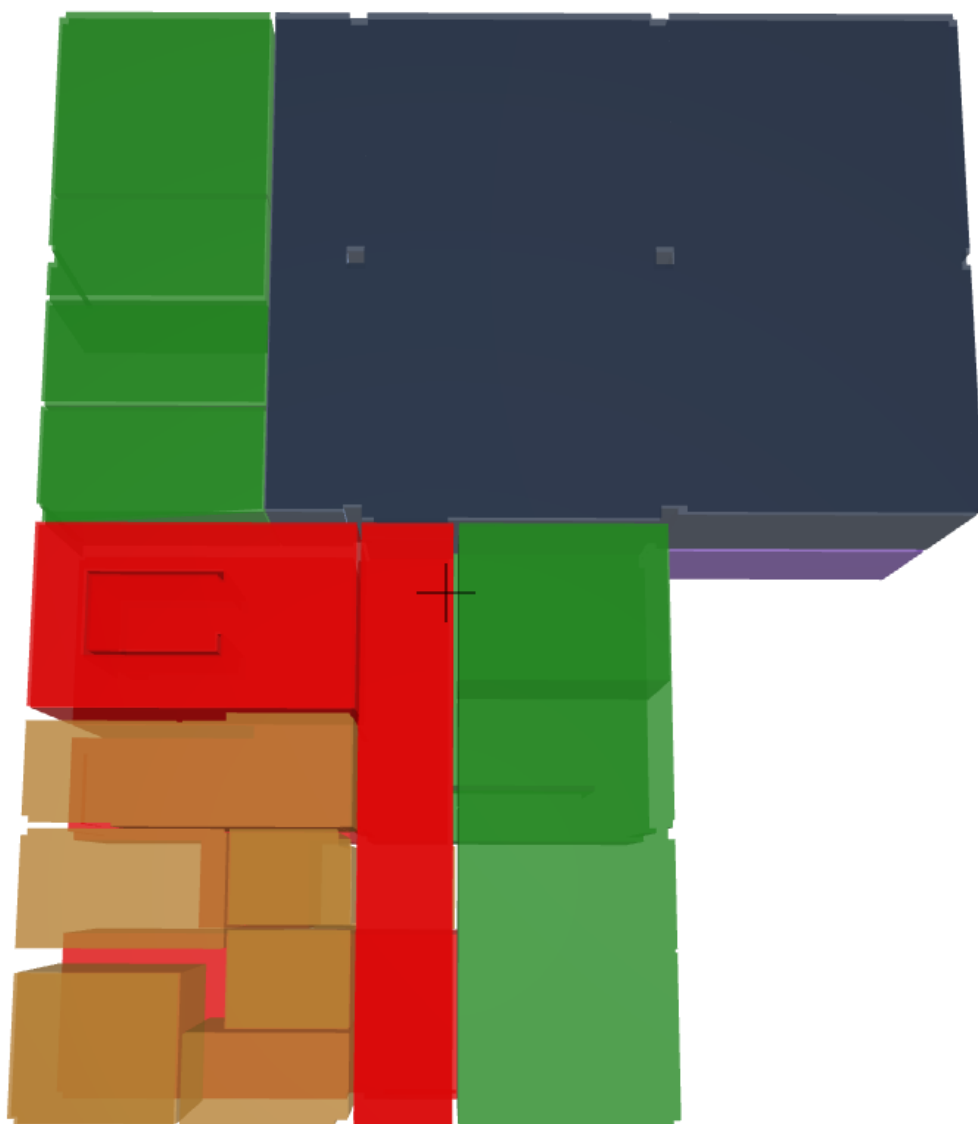
1 Zónový model objektu

Komunikační prostor
WC
Openspace office
Café bar
Uzavřené kanceláře

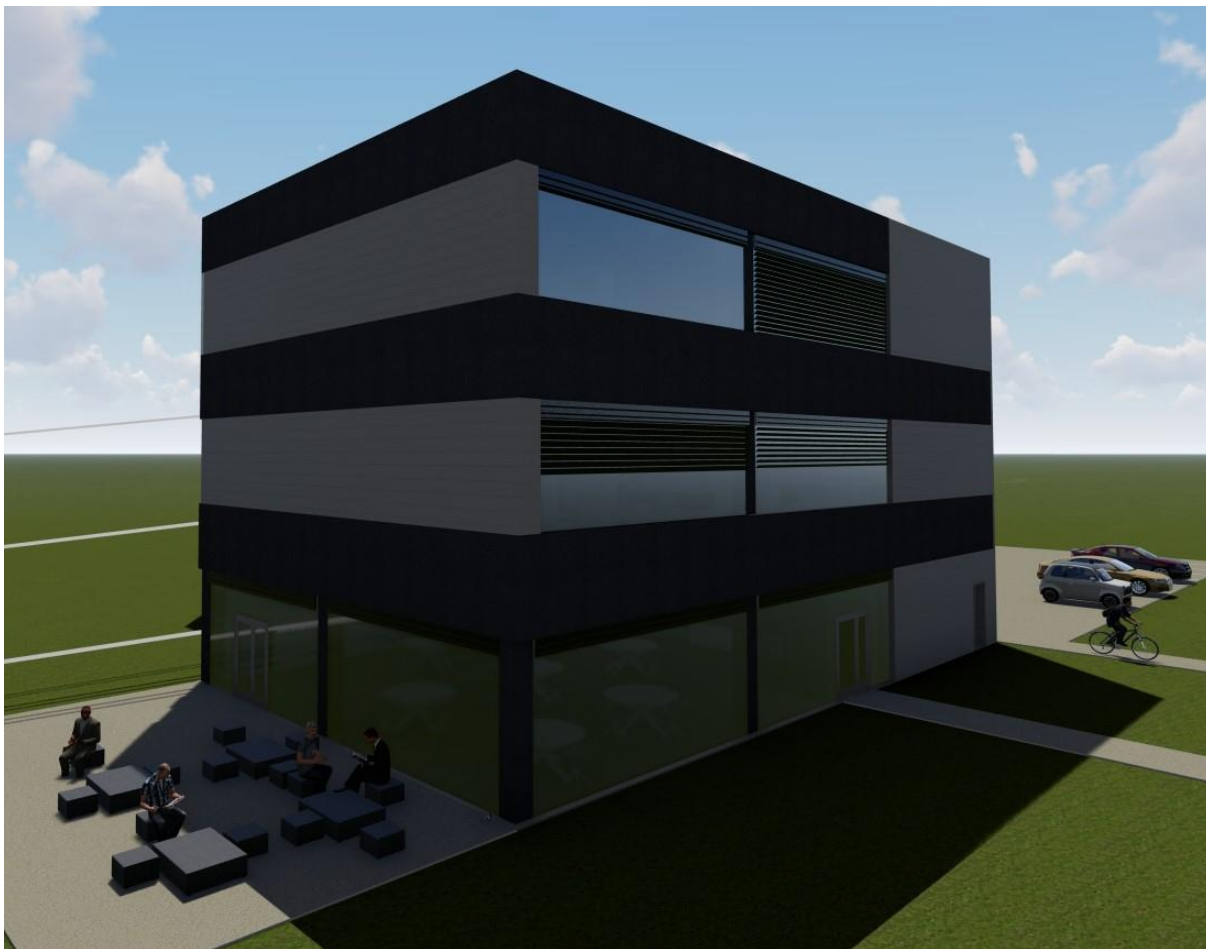
Tabulka 1 Tepelné bloky



2 Půdorys tepelných bloků 1.NP



3Půdorys tepelných bloků 2.NP+3.NP



4 model objektu

Model vytvořený v ArchiCAD software je rozdělen pro účel energetické simulace do tepelných bloků. Tepelné bloky byly rozděleny na části objektu s obdobnými vlastnostmi a tepelnými požadavky jako např. komunikační prostory.

3. Základní informace

Řešený pozemek je na parcele č. 2308/3 ulice U Stadionu nacházející se ve městě Ostrava v části Mariánské hory. Nově vzniklá občanská budova se bude nacházet na bývalém zastavěném území určený pro autobusové stání. Toto území je označováno za brownfield. Dnes se jedná o z části vybetonovanou plochou a z části zarostlou zelení. Pozemek je přístupný z místní komunikace na ulici U Stadionu a z ulice Sládkova. Část parcely bude zpevněná plocha sloužící jako parkoviště a příchod k objektu. Objekt bude přístupný z jižní strany z ulice U Stadionu. V okolí objektu se nachází nákupní centrum Futurum s parkovištěm, autobusová a tramvajová zastávka a několik panelových sídlišť.

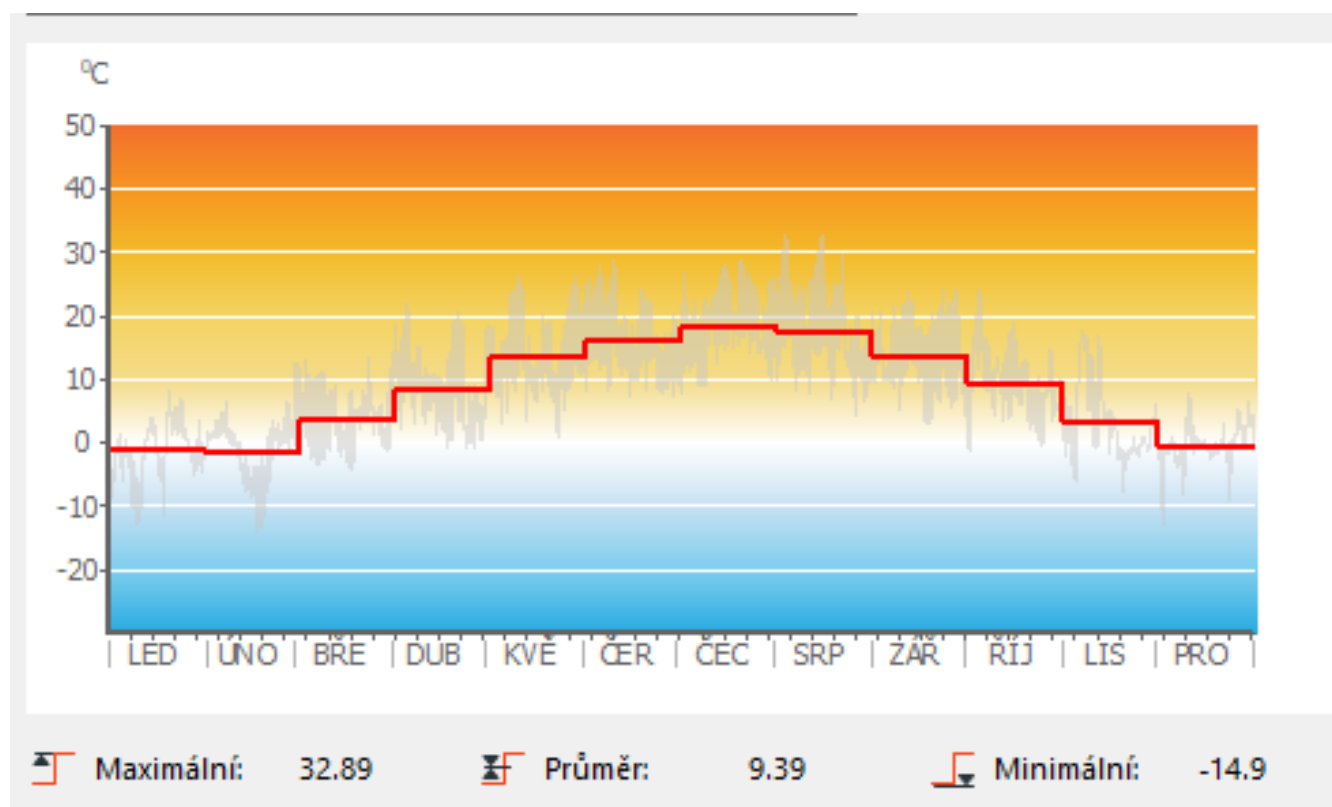
Objekt je řešen jako hmota 2 obdélníkových tvarů do tvaru L. Objekt obsahuje 3 nadzemní podlaží a žádné podzemní podlaží. Materiálově novostavba bude vyřešena systémem jako montovaný skelet na základových patkách a základovým překladem vyplněná z části lehkým obvodovým pláštěm a z větší části výplňovým zdivem z pórobetonových tvárnic YTONG zateplena tepelnou izolací a jako vodorovné konstrukce budou využity předem předpjaté panely SPIROLL. Střecha je řešena jako vegetační. Tepelný zdroj objektu jsou 2 tepelné čerpadla země/voda vyřešena s vrty zapuštěnými do země o délce 125 metrů a 150 metrů. Objekt také má 40 fotovoltaických monokrystalických panelů osazených na střeše objektu.

4. Data podnebí ArchiCAD 23

ArchiCAD dokáže získat aktuální data o podnebí v daném místě dvěma způsoby. První způsob lze získat při on-line a to stáhnout ze serveru StruSoft. Druhý způsob lze použít data z ASHRAE IWEK, TMY nebo WTEC2. data z WTEC2 jsou vztažena vždy k větším městům, pro naši zemi jsou k dispozici pouze pro města Praha, Brno a Ostrava, ale data z ASHRAE IWEK jsou rozdělena v České republice na více než 35 míst, ale rozdělena časově na roky 2009, 2013, 2017 a 2021. Data ze StruSoft jsou konkrétnější údaje vytvořené ze statistických údajů poskytnuté Klimatickým diagnostickým centrem NOAA-CIRES (USA). Pro tento účel byly použity data ze serveru WTEC 2 pro Ostravu Mošnov.

Pro zajímavé porovnání dat, byly porovnány výše zmíněné využitá data a data z okrajových podmínek z aplikace DEKSOFT. Výsledky ze serveru WTEC 2 se ukázaly velice přibližné s hodnotami DEKSOFT, kde se lišily v některých měsících jen o +- jednu desetinu. Jediná odchylka byla ve měsíci únor, kde WTEC 2 měla v průměru -0,7 °C a aplikace DEKSOFT za měsíc únor počítá s 0,0 °C. Průměrný průběh lze vidět na obr. 5 Informace o podnebí Ostrava.

V nastavení úrovně terénu si lze zvolit, zda se jedná o rovný terén v definované výškové úrovni, nebo zda je modelován sítěmi. Dále se nastaví typ zeminy přilehlého okolí. Pro případ zvolení terénu modelovaného sítěmi nesmí být žádná konstrukce budovy modelována nástrojem Síť.



5 Informace o podnebí Ostrava

5. Vlastnosti modelu

Tabulka 2 Specifikace lokality Ostrava

Lokalita	
Katastrální území	Moravská Ostrava
Parcela	2308/3
Obec	Ostrava [554821]
Zeměpisná šířka	49.8366736N
Zeměpisná délka	18.2697878E
Zeměpisná výška	220 m.n.m.
θ_e	- 15°C
θ_i	20 °C

Informace o projektu

Jméno projektu:	Energetická si...
Umístění města:	Ostrava-město
Zeměpisná šířka:	49,84° S
Zeměpisná délka:	18,27° V
Nadmořská výška:	220,87 m
Zdroj informací o podnebí:	CZE_O...EC.epw
Datum hodnocení:	02.01.2023 15:44

Informace o tvaru budovy

Hrubá plocha podlah:	1325,90	m ²
Hodnocená podlahová plocha:	1182,09	m ²
Plocha vnější obálky:	1114,23	m ²
Větráný objem:	4371,05	m ³
Poměr zasklení:	25	%

Vlastnosti obálky budovy

Infiltrace při 50 Pa:	1,26	1/hod
-----------------------	-------------	-------

Koeficienty prostupu tepla

Průměr obálky budovy:	0,22
Podlahy:	0,18 - 0,21
Externí:	0,14 - 0,80
Podzemní:	--
Otvory:	0,40 - 1,20

Hodnota U [W/m²K]**Měrné roční hodnoty**

Čistá energie na vytápění:	28,94	kWh/m ² rok
Čistá energie na chlazení:	5,76	kWh/m ² rok
Čistá energie celkem:	34,70	kWh/m ² rok
Spotřeba energie:	37,30	kWh/m ² rok
Spotřeba paliva:	14,89	kWh/m ² rok
Hlavní energie:	70,54	kWh/m ² rok
Cena paliva:	118,28	CZK/m ² rok
Emise CO ₂ :	3,22	kg/m ² rok

Stupňodny

Topné (HDD):	5051,60
Chladicí (CDD):	931,20

Tepelný blok	Zóny Přiřazeno	Provozní profil	Hrubá podlahová m ²	Objem m ³
001 Open space	28	Otevřené kanceláře	1005,40	3340,13
002 WC	26	Veřejné záchody ...	320,50	1030,92
Součet:	54		1325,90	4371,05

7 tepelné bloky

6. Postup zpracování energetické modelu v ArchiCAD

Ke zpracování energetického modelu je zapotřebí mít k dispozici veškeré materiálové informace o nosné konstrukci, typu prvků dveří a oken a také veškeré skladby objektu. Pro tuto energetickou simulaci není zapotřebí mít vypracovaný TZB model.

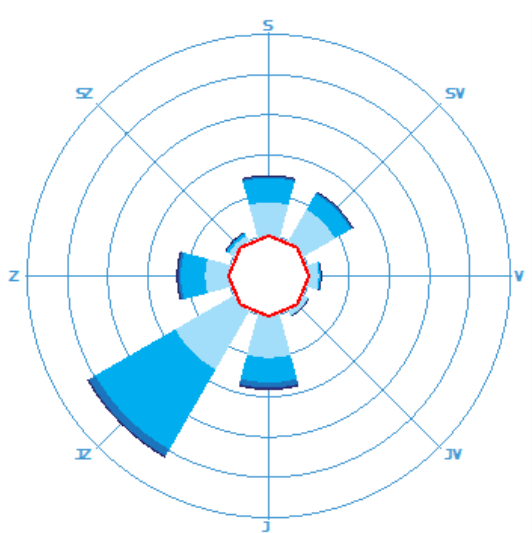
TZB systémy se zadávají manuálně. Skladby konstrukcí se vytváří již při tvorbě modelu. Výplně se dají stáhnout od daného výrobce a zakomponovat do modelu v případě, kdy výrobce neposkytuje tyto modely musí se zadat manuálně klíčové hodnoty.

ArchiCAD má základní modely otvorů od pevného zasklení až po trojsklo vyplněné argonem a rámy vždy několik druhů z materiálu dřeva, kovu a plastu. ArchiCAD také dokáže vypočítat pro každý otvor (okno, dveře) zvlášť součinitel prostupu tepla z velikosti rámu a zasklení.

Po vytvoření modelu je potřebné pro výsledný výpočet zadat informace o podnebí a klimatu, viz. Kapitola 4. Data pro podnebí ArchiCAD a zadat umístění objektu. Umístění objektu se provede díky GPS souřadnicím. ArchiCAD dokáže počítat i s možným vodorovným

zastíněním a ochranou proti větru. Vodorovné zastínění se počítá s velikostí a množstvím zeleně, které stíní objekt. Ochrana před větrem se nedá v software více specifikovat.

V případech složitějších detailů v objektu, dokážeme v ArchiCADu upozornit na tyto detaily vytvořením manuálně detailu a provedením simulace na tepelný most. Simulace tepelných mostů nám ukáže průběh teplot ve vytvořeném detailu a započítá se i do energetického modelu. Zde již zacházíme do tepelné techniky a tato část již není dále součástí diplomové práce.

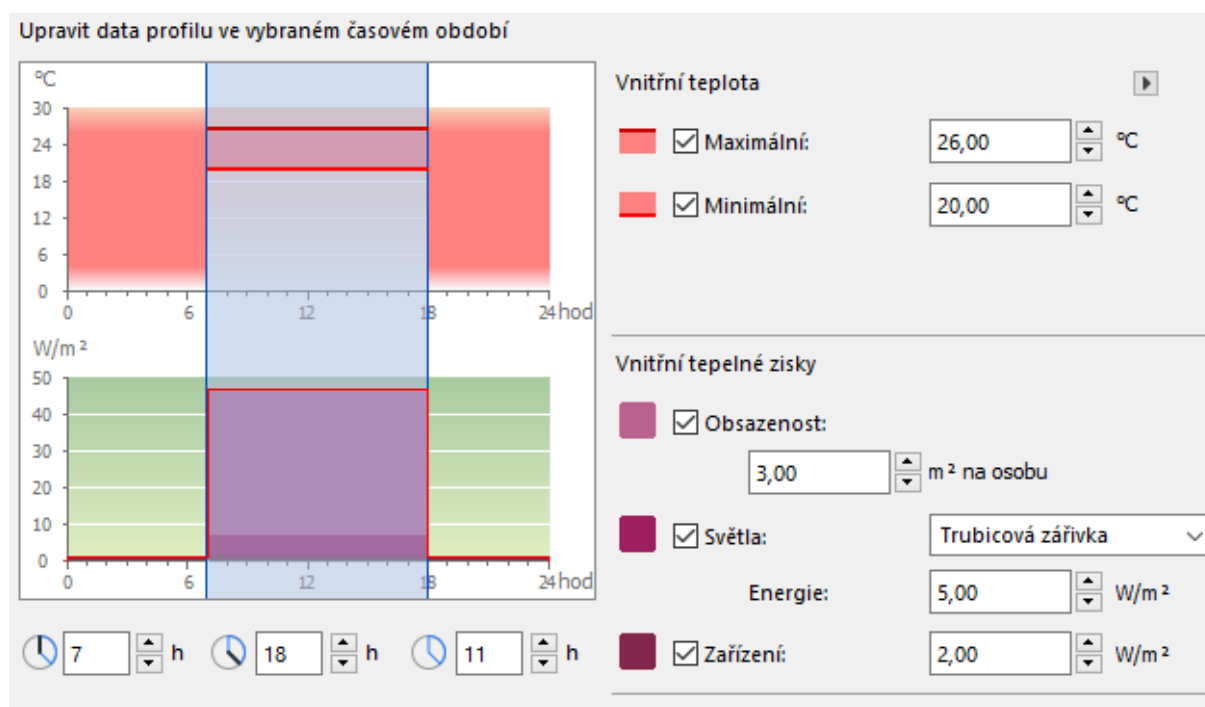


8 ochrana před větrem

Červená křivka ukazuje z jakých světových stran je objekt chráněný před větrem. Na obr. 8. lze vidět, že objekt nemá žádnou ochranu před větrem. Lze nastavit 4 možnosti: žádná, řídká, střední a hustá.

Objekt se musí poté rozdělit do tepelných bloků. Tepelné bloky lze rozdělit podle jednotlivých zón, místností nebo skupině místností s podobnými vlastnostmi a požadavky na místnost. Každý tepelný blok bude zařazen podle přednastaveného operačního profilu. Operační profily jsou přednastavené účely pro vytvoření aktuálních podmínek v objektu, obr. 9 kde lze přednastavit v závislosti na čase vnitřní teplotu, osvětlení a tepelné zisky. Lze tedy zde nastavit:

- Typ užívání
- Tepelné zisky od lidí (na osobu)
- Spotřebu teplé vody (na osobu a den)
- Případná vlhkost (na m² a den)
- Rozvržení jednotlivých dnů celého roku



9 Operační profil

V nastavení rozvržení jednotlivých dnů viz. Obr 9 je možné nastavit pro daný čas:

- Maximální vnitřní požadovanou teplotu
- Minimální vnitřní požadovanou teplotu
- Obsazenost pro vnitřní tepelné zisky od osob (m² na osobu)
- Vnitřní tepelné zisky ze světla (W/m²)
- Vnitřní tepelné zisky od zařízení (W/m²)

Pokud je stejný počet osob u místností s různou podlahovou plochou, tak je nutné vytvořit jednotlivá nastavení s rozdílnou obsazeností.

Pro získání spotřeby energie a předběžných nákladů na provoz objektu je také nutné zadat ceny energie. ArchiCAD v tomto případě nabízí základní energie, obnovitelné, fosilní a vedlejší. V případě přidání dalších neobvyklých energonositelů není možné. Tyto ceny se

zadávají zvlášť a ručně, jde tedy pouze počítat s přítomnými cenami bez možnosti predikce budoucích cen. Tudíž se výsledné spotřeby a náklady ukáží v cenách, které jsou v době při výpočtu aktuální.



10 energonositelé

Je nutné poté ke každému tepelnému bloku doplnit TZB systém. ArchiCAD nabízí:






- Vytápění
- Větrání
- Chlazení

Každý tepelný zdroj se definuje svým zdrojem a jeho výkonem. ArchiCAD má přednastavené typy zdrojů. Při náročnějším zadávání a kombinace se tyto systému musí

provést přes TZB modelář, kde TZB modelář vymodeluje 3D strukturu všech systémů. TZB systém modelář není součástí studentské verze ArchiCAD 23 a není součástí diplomové práce, proto se tím dále nebudeme zabývat a budeme vycházet s nabízených možností.

V záložce Konstrukce je možné si prohlédnout a zkontrolovat jednotlivé konstrukce, které ArchiCAD zaznamenal v kontaktu s posuzovanými zónami. Lze tedy zkontrolovat, zda všechny skladby konstrukcí, jejich ploch a součinitele prostupu tepla sedí. ArchiCAD vygeneruje:

- Informace o orientaci
- Kategorie
- Návaznost na tepelný blok
- Plocha (lze přímo zvýraznit v modelu pro přehled)
- Korekce- plocha
- Tloušťka
- Součinitel prostupu tepla (v případě nesouladu lze přepsat vlastní hodnotou)
- Infiltrace (také možné přepsat)
- Absorpce slunečního záření (také lze přepsat)
- Stav při rekonstrukci

▼ Vlastnosti konstrukce	
Typ	 zed'
Orientace	Východ
Kategorie	 Externí
Tepelné bloky	 001 Open space
Jméno	 Z02 - YTONG 200 KLASIK, mi...
Plocha	91,89 m ²
Tloušťka	420
Hodnota U	 0,14 W/m ² K
Infiltrace	1,10 l/sm ²
Absorpce slunečního záření	85,00 %

11 Vlastnosti konstrukce









V případě tvoření skladeb a sendvičových konstrukcí je možné přednastavit a upravit si dle vlastní potřeby. Přednastavená skladba se poté může upravit, např. při změny tloušťky tepelné izolace a samotná změna se projeví ve všech vytvořených skladbách. V případě vytvořených konstrukcí se musí dbát na nastavenou referenční čaru u jednotlivých modelovaných prvků. Od referenční čary se totiž odvíjí veškeré změny tloušťek. Referenční čára vždy zůstává na totožném místě. Dále výhodou přednastavených sendvičových skladeb je automatické vykazování skladeb, např. podlaha v řezech. Nevýhodou těchto skladeb je, při nastavení všech vrstevch skladby poté může vzniknout reálná tloušťka skladby např. 157 mm. Proto se při modelování zadává do skladby pouze ty nejdůležitější vrstvy a další se sloučí např. keramická dlažba + lepidlo. K tomuto tématu slouží již několik doplňků jako BIMDEK.

Informace o tvaru budovy neodpovídají normovým hodnotám. Z tohoto důvodu veškeré výstupní informace jsou pouze přibližné a není možné v žádném případě jimi nahradit Průkaz energetické náročnosti budovy. Pouze je možné provést předběžné posouzení, zda

požadavky budou splněny. Dále je možné rychle zjistit, jak ovlivní určitá změna v návrhu energetické hodnoty.

7. Energetické porovnání s DEKSOFT aplikacemi

V rámci diplomové práce bylo provedeno porovnání výsledku energetického modelu z ArchiCADu s výsledným průkazem energetické náročnosti budov viz, Příloha č. 2 Průkaz energetického hodnocení budov.

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI		
	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	0.22 $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ B
	Měrná potřeba tepla na vytápění	24.6 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$
	Celková dodaná energie	55.3 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ A
	Vytápění	32.4 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ A
	Chlazení	2.41 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ C
	Nucené větrání	5.40 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ B
	Úprava vlhkosti	-
	Příprava teplé vody	7.71 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ A
	Osvětlení	7.43 $\text{kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$ A

12 Ukazatel energetické náročnosti budovy

Energetická simulace ze software ArchiCAD se relativně dost liší nejběžnějšími vlastnostmi od posudku z aplikací DEKSOFT, které jsou přímo zaměřené na Průkaz energetické náročnosti budov. Energetická simulace ukazuje více základní informace týkajícího přímo samotného objektu. V rámci této kapitoly se podíváme jaké mají společné výsledky a zda se shodují, či neshodují a čím se případné vzniklé odchylky mohly způsobit.

Celý energetický model a jeho vlastnosti jsou zobrazeny viz. Příloha č. 5 – Energetická zpráva modelu. Jak lze vidět z obr. 13 Vlastnosti objektu a obr. 14 Vlastnosti objektu DEKSOFT se shoduje s posudkem v parametrech jako jsou objemy, obsahy, součinitel prostupu tepla. Energetický model BIM jsou tyto fyzické vlastnosti zjištěné z navrženého modelu, vlastnosti objektu z DEKSOFT se zadávaly manuálně. Musel být tedy vytvořen přes Sketch Up tvarový model včetně vnějších otvorů, tento model byl vytvořen dle projektu objektu. Podlahová plocha a objem se v DEKSOFT musí zadávat opět ručně, buď přesným vymodelováním projektu nebo více používaným způsobem procentuálně.

Menší odchylka lze usoudit z toho, že samotné aplikace DEKSOFT fungují na % v objemech a obsahu, ale simulace z ArchiCADu dokáže vypočítat tyto hodnoty přesněji, jelikož vypočítává hodnoty přímo z modelu, kde jsou vymodelované i vnitřní příčky, předstěny a podhledy. Je tedy počítáno s tím, že model BIM software je vytvořený i stejným způsobem interiérově a ne pouze vymodelovanou obálkou budovy.

Informace o projektu			Koeficienty prostupu tepla		Hodnota U	[W/m²K]
Jméno projektu:	Energetická si...		Průměr obálky budovy:	0,22		
Umístění města:	Ostrava-město		Podlahy:	0,18 - 0,21		
Zeměpisná šířka:	49,84° S		Externí:	0,14 - 0,80		
Zeměpisná délka:	18,27° V		Podzemní:	--		
Nadmořská výška:	220,87 m		Otvory:	0,40 - 1,20		
Zdroj informací o podnebí:	CZE_O...EC.epw		Měrné roční hodnoty			
Datum hodnocení:	02.01.2023 15:44					
Informace o tvaru budovy			Čistá energie na vytápění:	28,94	kWh/m²rok	
			Čistá energie na chlazení:	5,76	kWh/m²rok	
			Čistá energie celkem:	34,70	kWh/m²rok	
			Spotřeba energie:	37,30	kWh/m²rok	
			Spotřeba paliva:	14,89	kWh/m²rok	
			Hlavní energie:	70,54	kWh/m²rok	
			Cena paliva:	118,28	CZK/m²rok	
			Emise CO ₂ :	3,22	kg/m²rok	
Vlastnosti obálky budovy			Stupňodny			
Infiltrace při 50 Pa:	1,26	1/hod	Topné (HDD):	5051,60		
			Chladicí (CDD):	931,20		

13 Vlastnost objektu

GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY		
Parametr	Jednotky	Hodnota
Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím	m³	5 647,7
Celková plocha hodnocené obálky budovy	m²	1 584,1
Objemový faktor tvaru budovy	m²/m³	0,28
Celková energeticky vztažná plocha budovy	m²	1 355,3
Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí	%	10,7

14 Vlastnosti objektu DEKSOFT

Výsledek měrné roční hodnoty z BIM objektu vykazuje pro vytápění 28,94 kWh/m³ za rok a chlazení 5,76 kWh/m³ za rok, u energetického posouzení z DEKSOFT vyšly dodané energie pro vytápění 32,4 kWh/m³ za rok a pro chlazení 2,41 kWh/m³ za rok. V celkovém součtu se






jedná o 34,7 kWh/m³ za rok a pro DEKSOFT 34,81 kWh/m³ za rok. Při finálním kroku se hodnotově tyto výsledné hodnoty liší minimálně, ale v rozděleném výsledku hodnoty chlazení v BIM modulu jsou dvakrát větší než výsledky od DEKSOFT. Zapříčinění tohoto rozdílu může být způsobeno, že ArchiCAD nedokáže lépe specifikovat stínění a stínící techniky objektu.

Tabulka 3 Porovnání energie vytápění/ chlazení

	EcoDesigner (ArchiCAD)	DEKSOFT
Čistá energie na vytápění (kWh/m ² rok)	28,79	32,4
Čistá energie na chlazení (kWh/m ² rok)	5,76	2,41
Celkem (kWh/m ² rok)	34,55	34,81

BIM model na rozdíl od aplikací DEKSOFT dokáže přibližně odhadnout špičkovou zátěž jednotlivých tepelných bloků. Při zpracování energetického průkazu pomocí aplikací DEKSOFT se v části ENERGETIKA objekt rozděluje na jednotlivé zóny. Tyto zóny jsou se liší dle druhu tepelného zdroje, zda zóna je vytápěna, či ne, zda se jedná o speciální místnosti s vyhrazenými nutnými vlastnostmi, jako vlhkost a minimální požadovaná teplota. V tomto případě tepelné bloky a zóny jsou účelově podobné, při výpočtu se mohou ztotožnit a být rozdělení identické, ale také nemusí, vše záleží na vykonateli energetického modulu. Tepelné bloky se často dělí podrobněji, jako například v bytu se rozdělí obytné místnosti i technické místnosti, ale při zpracování přes aplikace ENERGETIKA se téměř takové rozdělení neprovádí.

Jeden z významnějších rozdílů při vypracovávání energetického posudku, BIM objekt dokáže vypočítat infiltraci při 50 Pa, kdežto v aplikacích DEKSOFT se tento údaj zadává ručně. Další výhodou zřízení energetického hodnocení BIM modelu je také přehled emisí CO₂. Objekt vypočítá přibližnou energetickou zátěž a přibližnou váhu emisí CO₂ za rok. Tento údaj

Název cíle	Energie			CO2 kg/rok
	Kvantita MWh/rok	Hlavní MWh/rok	Cena CZK/rok	
 Vytápění	10	14	16507	448
 Chlazení	6	12	7951	216
 Teplá užitková voda	8	8	10068	273
 Ventilátory	8	8	39963	1086
 Osvětlení a spotřebiče	10	10	65331	1776
Součet:	42	52	139822	3801

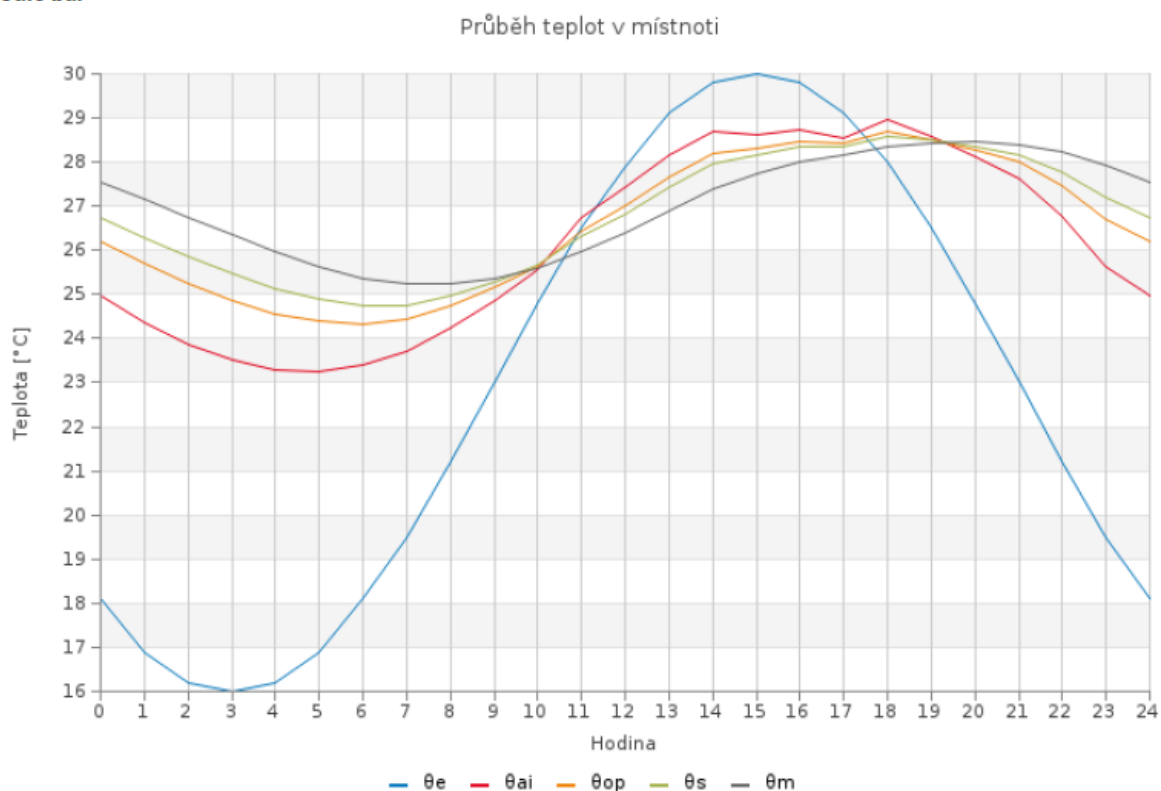
DEKSOFT nenabízí.

15 Emise CO₂ BIM

Energetický BIM model poté také dává přehled všech tepelných bloků a jejich týdenní energetickou bilanci a přehled fyzikálních vlastností. Také nabízí navrhovaná data pro VZT, tedy přehled vytápění a chlazení vzduchotechnikou se špičkovou dobou a počet hodiny s a bez zátěže. Pro každý tepelný blok také ukáže průběhy teplot vnějších, vnitřních výsledných teplot a jaký představuje rozsah vnitřní teploty během dne ve měsíci březen, červen, září a prosinec. Tyto údaje také nenabízí energetický posudek od DEKSOFT, jediné průběhy teplot přes aplikaci KOMFORT, kde je podrobně řešena jednotlivá místnost.

Ukázkou zůstane stále Café bar pro demonstraci a porovnání jednotlivých hodnot místnosti. Posuzovat budeme především teplotu vnitřního prostředí. ArchiCAD dokáže v rámci energetického modelu zjistit v posuzované místnosti. Konkrétně budeme řešit výsledky výpočtu letní tepelné stability. Letní období bude měřen k 1. červnu. Tyto data jsou vybrána z důvodu, že ArchiCAD nenabízí výběr konkrétního data pro posouzení, ale určitý měsíc. Komfort na druhou stranu nabízí i výběr přesného data pro posouzení. Výsledné

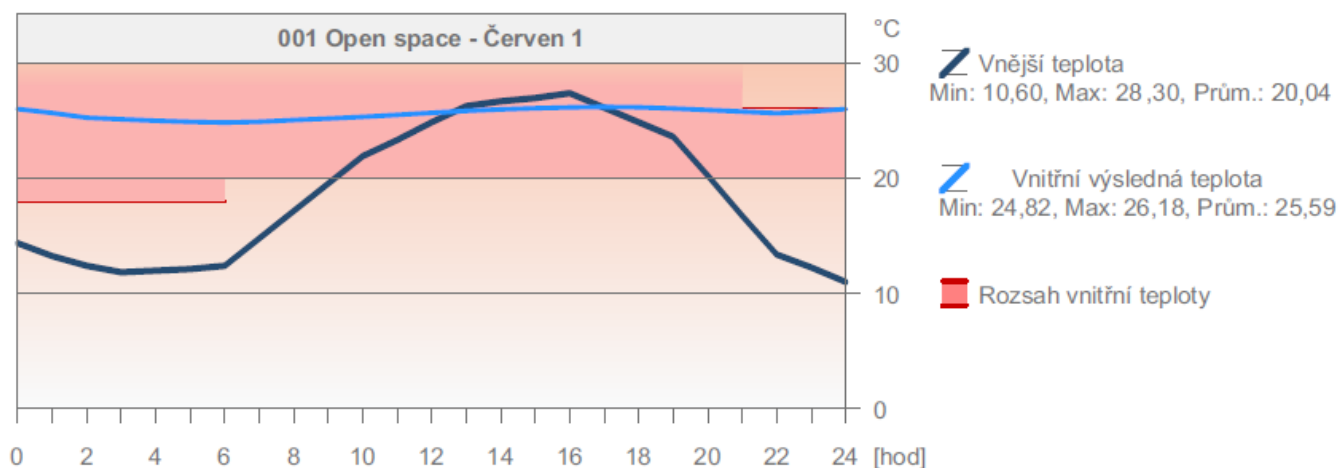
Café bar



16 DEKSOFT Komfort grafické znázornění

teploty nejsou ovlivněné maximální limitovanou teplotou chlazením a větráním, tudíž tato demonstrace nepředstavuje výsledné hodnoty, které objekt skutečně obsahuje.

Výsledky výpočtu letní tepelné stability					
Tepelná kapacita obalových konstrukcí			C_m	21 530,37	kJ/K
Celková plocha konstrukcí ve styku s vnitřním prostředím			A_t	587,88	m ²
Ekvivalentní akumulční plocha			A_m	521,83	m ²
Hodina		Centrální uzlová teplota	Teplota hmoty	Teplota vnitřního vzduchu	Operativní teplota
od	do	θ_s [°C]	θ_m [°C]	θ_{si} [°C]	θ_{op} [°C]
0	1	27,15	26,28	24,36	25,69
1	2	26,75	25,85	23,87	25,23
2	3	26,35	25,47	23,53	24,86
3	4	25,97	25,14	23,31	24,57
4	5	25,63	24,89	23,26	24,38
5	6	25,38	24,76	23,40	24,34
6	7	25,23	24,76	23,72	24,43
7	8	25,23	24,97	24,26	24,75
8	9	25,35	25,27	24,88	25,15
9	10	25,58	25,66	25,57	25,63
10	11	25,98	26,32	26,73	26,44
11	12	26,41	26,83	27,42	27,02
12	13	26,90	27,44	28,16	27,67
13	14	27,38	27,96	28,71	28,19
14	15	27,74	28,16	28,61	28,30
15	16	28,01	28,37	28,72	28,48
16	17	28,17	28,36	28,56	28,42
17	18	28,36	28,59	28,97	28,71
18	19	28,44	28,49	28,58	28,52
19	20	28,45	28,36	28,14	28,29
20	21	28,40	28,16	27,61	27,99
21	22	28,24	27,79	26,78	27,47
22	23	27,91	27,20	25,64	26,72
23	24	27,55	26,75	24,99	26,20
Minimální hodnota		25,23	24,76	24,26	24,34
Průměrná hodnota		25,94	25,74	26,16	25,56
Maximální hodnota		26,45	26,59	26,97	26,71



18 Denní teplotní profil BIM modelu

Při názorném porovnání na obr. 18 a obr 16 lze vidět, že vnější teploty z aplikace KOMFORT jsou o něco větší než jsou uvažovány v energetickém modelu. Příčinou této odchylky může být časová nepřesnost data výpočtu, kdy ArchiCAD bere data ze stejných serverů jako data o klimatu, viz. Kapitola 4 Data podnebí ArchiCAD 23 a bere zprůměrované hodnoty pro celý měsíc, Komfort má možnost výběru přesného dne v měsíci. Dále můžeme vidět jaká bude výsledná vnitřní teplota vzduchu v místnosti. Přehledná tabulka ukazuje, že výsledné vnitřní teploty se od sebe drasticky neliší.⁷

	Teplota vnitřního vzduchu °C	
Výsledné vnitřní teploty	ArchiCAD 23	KOMFORT
Minimální hodnota	24,82	24,26
Průměrná hodnota	25,59	26,16
Maximální hodnota	26,18	26,97

Tabulka 4 teplota vnitřního vzduchu

Procentuální rozdílnost těchto dvou software v průměrných hodnotách činí 2,18%, což se dá předpokládat jako velmi dobrý výsledek s odchylkou vytvořenou již dříve zmiňovanými rozdíly. Minimální a maximální hodnoty se od sebe liší v rámci desetin. Tyto hodnoty se dají také předpokládat jako obstojné. Jedná se tedy v tomto případě jako relativně přesný a spolehlivý výpočet. Vytvořená data z energetického modelu jsou oproti celkovému posouzení tepelné stability omezená, dá se předpokládat, že data z Komfort aplikace budou důvěryhodnější, ale i takto energetický BIM model nabízí obecný přehled a předpokládané teploty místnosti.

Kompletní celková zpráva z Komfort viz. Příloha č. 1 Tepelné posouzení stability místnosti a posouzení energetického modelu viz. Příloha č. 5 Energetická zpráva modelu.

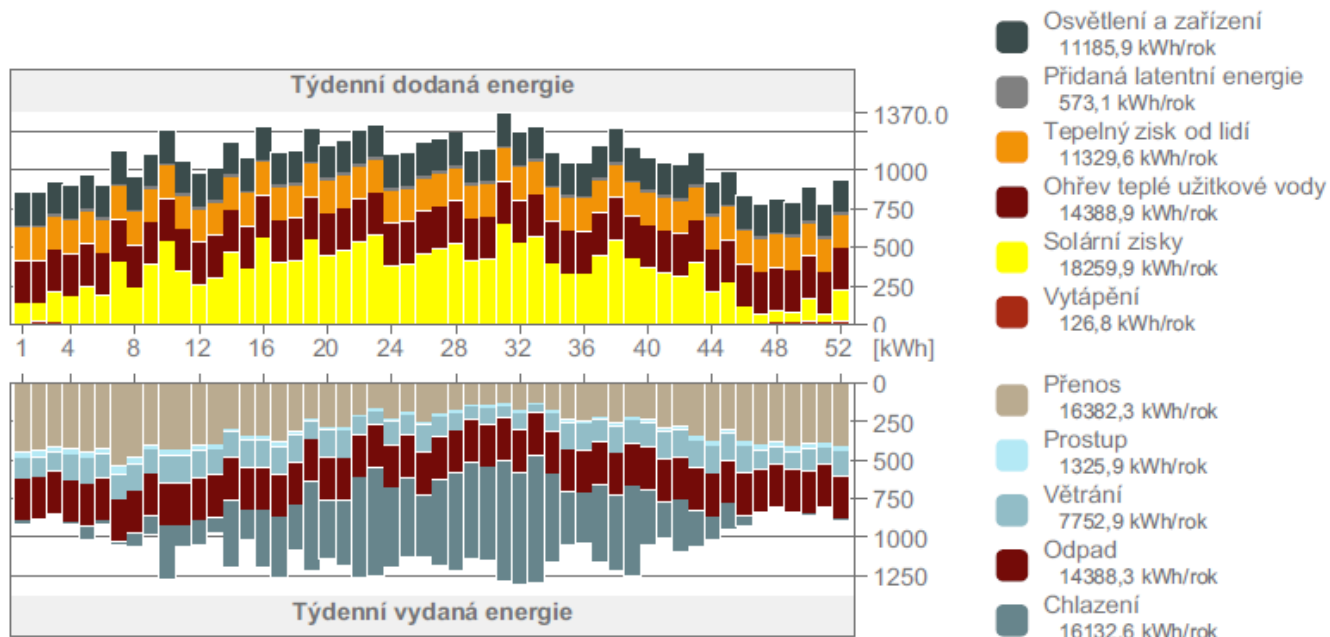
8. Solární analýza LOP

Součástí energetické analýzy software ArchiCAD je také solární analýza všech otvorů v objektu. Tato analýza má napovědět kdy a jak moc v dané oblasti bude do otvoru proudit sluneční záření.

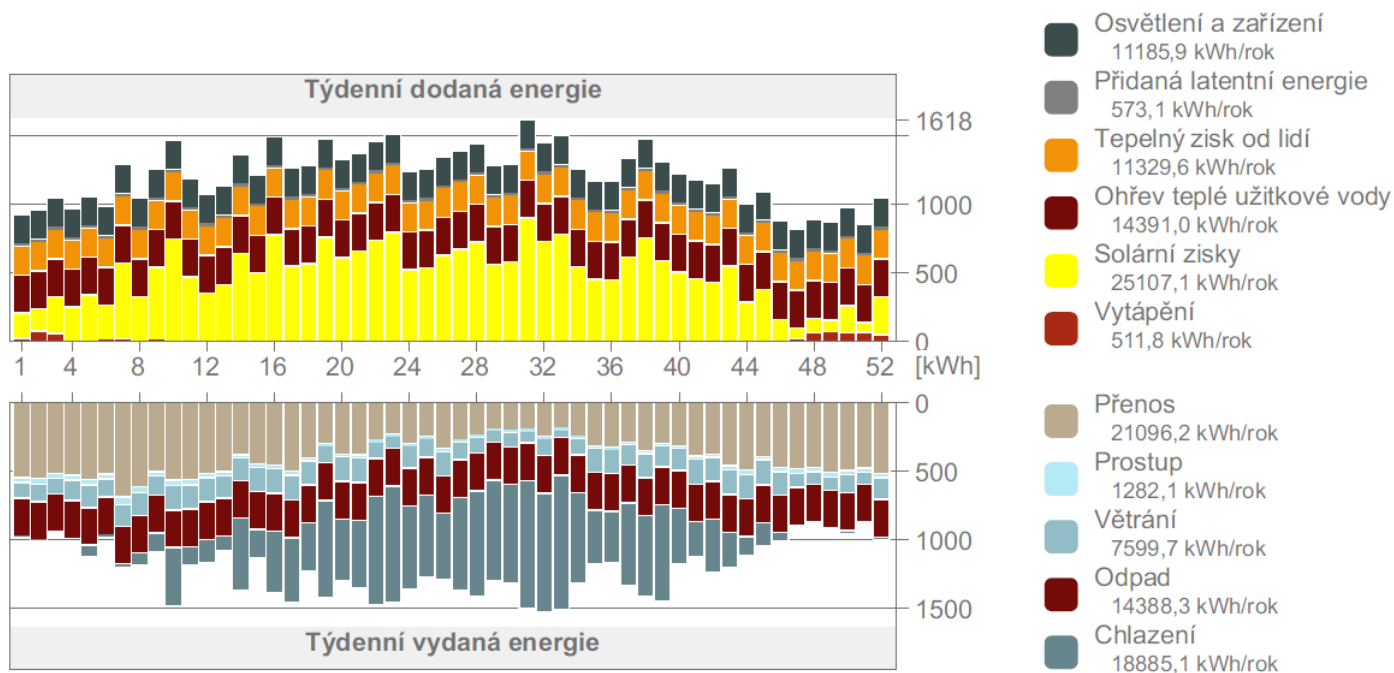
V rámci energetického posudku se musí vypočítat solární analýza pro celý objekt. V tomto případě k demonstraci analýzy provedeme výpočet na část objektu a jeho rozmístění LOP. Analýzu provedeme na Café bar, který se nachází v 1.NP, který je veden na všechny světové strany. Budeme porovnávat solární zisky a roční integrované přímé záření. Byl proveden výpočet solární analýzy při LOP s dvojitým zasklením plněné argonem $U = 1,1$ $[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ a druhá možnost s izolačním trojsklem $U = 0,41$ $[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ pro následné porovnání.

K získání této analýzy je potřeba zadat buď manuálně typ a hodnoty otvoru nebo lze od výrobce získat BIM model výrobku, bohužel zatím tímto modelem nedisponují všichni výrobci. Obě kombinace skla jsou v sazené v hliníkovém rámu. Při zadání manuálně hodnot z technických listů od výrobce, dokáže software ArchiCAD pro každý otvor zvlášť vypočítat celkovou hodnotu součinitele prostupu tepla na základě součinitele prostupu tepla pro sklo a rám a jeho tvaru a procentuální zasklené a neprůhledné plochy.

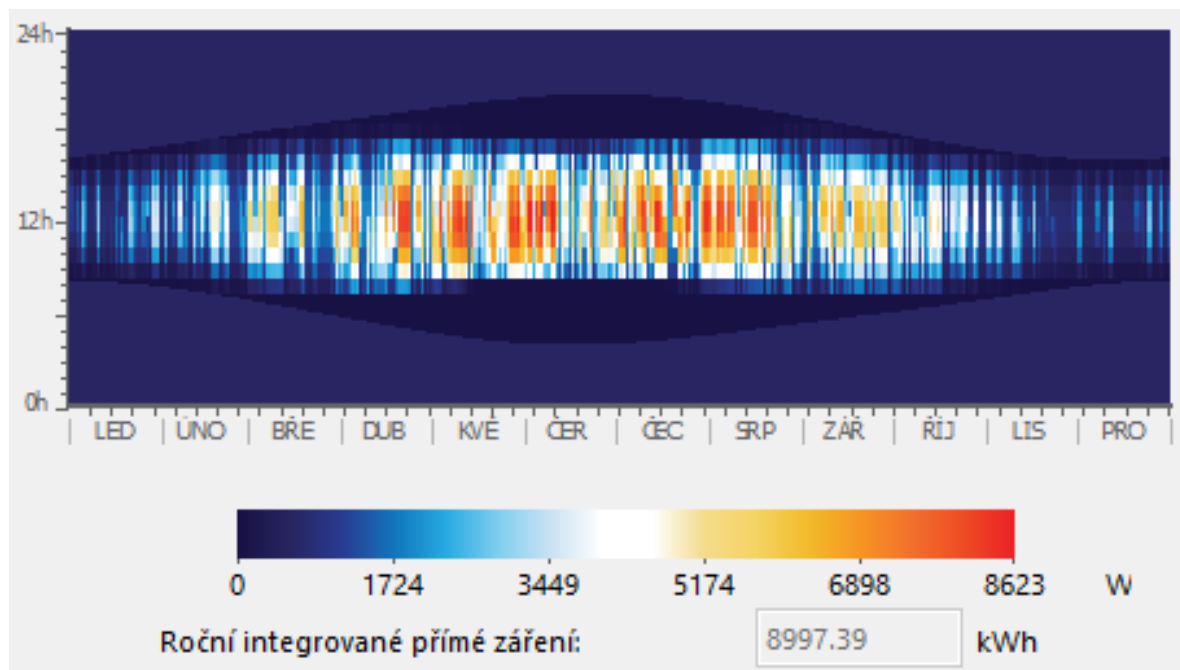
Energetická bilance projektu



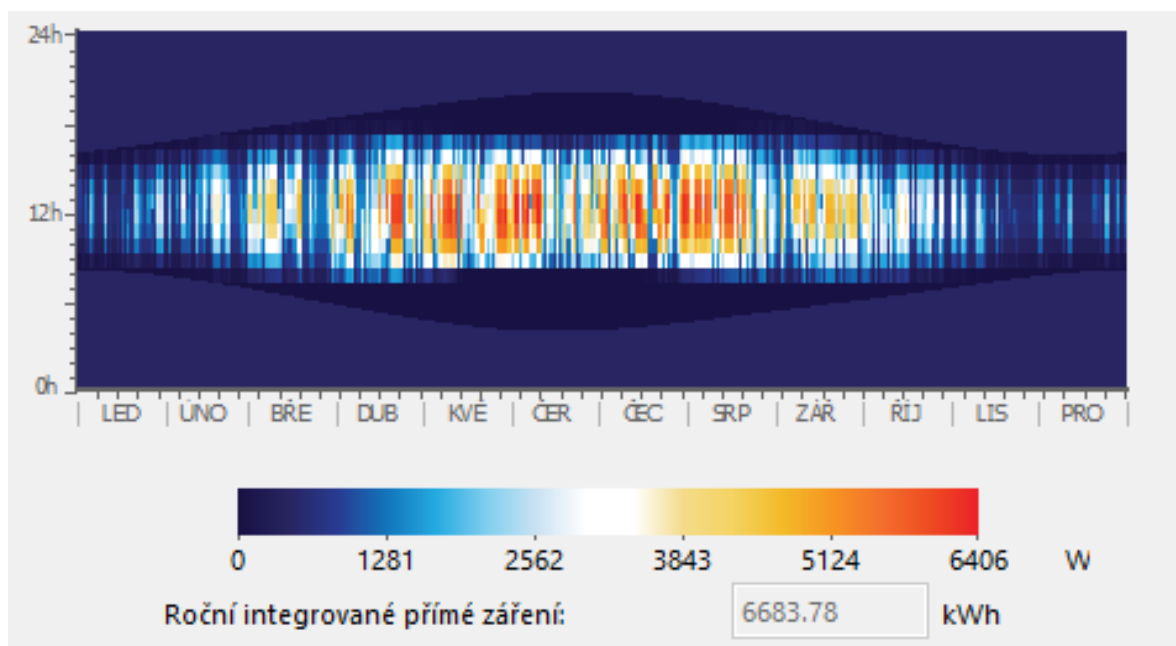
19 Solární zisky Café baru s izolačním trojsklem



20 Solární zisky Café baru s dvojsklem



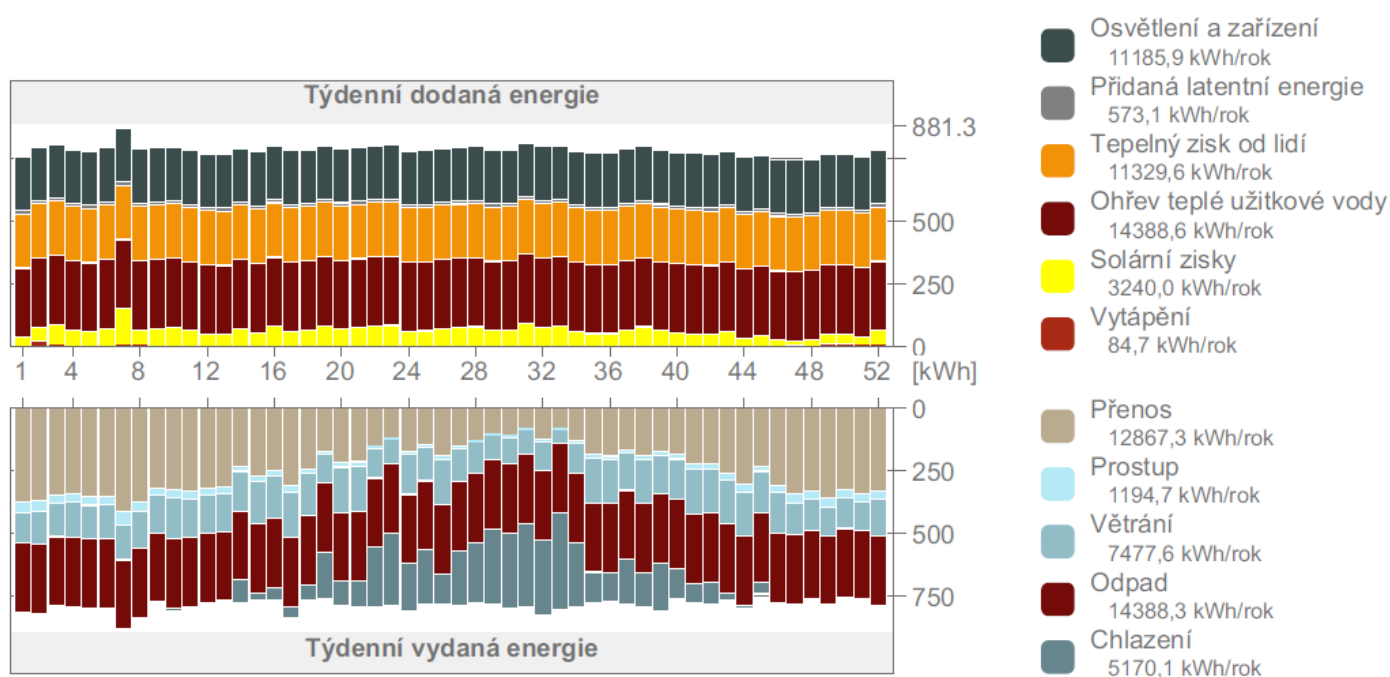
21 dvojsklo



22 izolační trojsklo

Z vyhodnocených čísel na obr. 4 a obr. 5 vyplývá, že výsledky izolačního trojskla, jsou sníženy solární zisky café baru až o 6 848 kWh/rok. Výpočet solární analýzy také dokázal ukázat roční integrované záření, které bylo u skla s izolačním trojsklem nižší o 2 314 kWh. Tento výsledek nám ukazuje, že skla s izolačním trojsklem, které mají lepší součinitele prostupu tepla, disponují nižšími solárními zisky. V tomto případě, kde café bar je z velké části prosklený, tyto skla s izolačním trojsklem snižují solární zisky a tím také vypomáhají chlazení, kde by v případě dvojsklem muselo být chlazení ve větším provozu.

Tato analýza nám může sloužit při výběru velikosti a výběru skla pro danou místnost, objekt. Objekt diplomové práce má skla z izolačního trojskla a právě Café bar je opatřen vnějšími lamely pro stínění. Výsledek s lamelami je na základě koeficientu, který je pro vnější lamely přiřazen, proto se tento výpočet a obr. 15 nedá brát jako kompletně spolehlivý při návrhu chlazení, jelikož vnější lamely nebudou v objektu plně vytažené po celou dobu.



23 Solární zisky café baru v diplomové práci (izolační trojsklo + vnější lamely při zatažení)

9. Porovnání cenových nákladů při změně tepelných zdrojů

Byla provedena demonstrace objektu pro výběr tepelného zdroje. Jako první příklad byl navržen plynový kondenzační kotel, v druhém případě tepelné čerpadlo země/voda (tento druh tepelného zdroje je využit v diplomové práci). Energetická simulace dokáže předběžně zjistit přibližnou roční spotřebu nákladů na provoz objektu. Jedná se pouze o odhad a přibližné roční spotřeby s nynějšími cenami energií, nepočítá se tedy s budoucí změnou ceny. Další faktor při výběru tepelného zdroje je velikost emisí CO₂, které byly níže také porovnány. Návrh tepelného čerpadla lze najít viz. Příloha A- Návrh zdroje tepla a návrh plynového kondenzačního kotle viz. Příloha C- Návrh plynového kondenzačního kotle.

	Navržené řešení		Referenční budova		Úspora	
	Spotřeba energie	Cena	Spotřeba energie	Cena	Spotřeba energie	Cena
	kWh/rok	CZK/rok	kWh/rok	CZK/rok	%	%
Součet:	256142	238100	17833	141670	-240	-68

24 Kotel x Tepelné čerpadlo země/voda

V tab. Č. 19 se porovnává jako navržené řešení plynový kondenzační kotel s budovou s tepelným čerpadlem země/voda, dále jako referenční budova. Plynový kondenzační kotel ve výsledku má vyšší spotřebu energie a to o více než 60 MWh/rok a na provoz budovy plynový kondenzační kotel ztrácí více než 80 000 Kč za rok.

Nakoupená energie	Navržené řešení		Referenční budova		Úspora	
	Spotřeba energie	Cena CZK/rok	Spotřeba energie	Cena CZK/rok	Spotřeba energie %	Cena %
Přír. palivo (m ³)	235015	127136	0	0	0	0
Elektřina (kWh)	13968	110964	17833	141670	22	22
Mezisoučet: (kWh)	248983	238100	17833	141670	-240	-68

25 Spotřeba energie s plynovým kondenzačním kotlem

Typ energie	Referenční náklady				Referenční budova Výkon CZK/rok (průměr)
	0° CZK/rok	90° CZK/rok	180° CZK/rok	270° CZK/rok	
Elektřina	143254	141114	143294	139557	141670
Celkem:	143254	141114	143294	139557	141670

26 Spotřeba energie s tepelným čerpadlem

V tab. č. 20 jako nakoupená energie přírodní palivo se bere v potaz zemní plyn. V tomto případě byl použit plynový kondenzační kotel 2x za orientační cenou 166 822,-Kč, tj. v celkovém součtu 333 644,-Kč a tepelné čerpadlo země/voda 2x za orientační cenu 272 250,-Kč, tj. 544 500,-Kč. Počáteční náklady za plynový kondenzační kotel jsou tedy nižší a to o 210 856,-Kč, ale díky energetickém posouzení z BIM modelu víme, že hned v prvním roce můžeme orientačně ušetřit až 80 000,-Kč, tzn. Že se nám počáteční investice vrátí již za 3 roky. Tyto cenové údaje jsou pouze orientační a udávají se v cenám bez DPH, jsou to pouze ukázkou, jak také lze využít energetický model a jeho předběžný cenový provoz.

10. Závěr

Energetické posouzení, které nabízí BIM software ArchiCAD, je velmi užitečným při fázi procesu navrhování a projektování objektu, k získání relativně přesným výsledkům s možností vědět dopředu cenové náklady na provoz objektu ze současných hodnot energií.

Avšak samotný energetický posudek, který BIM model nabízí, není dostačujícím ke kompletní analýze energetické náročnosti budovy oproti jiným software specializovaným přímo na energetické posouzení budovy jako v tomto případě využití aplikace od DEKSFOT (Energetika, Tepelná technika 1D a Komfort).

Jedním z hlavních výhod při projektování a vytvoření BIM modelu je přesnost výpočtu modelu a jeho materiálových a fyzikálních vlastností. Z modelu dokáže při přesném navržení vypočítat kromě plochy a objemu, také vnitřní objem každé místnosti, vnitřní plochu objektu. Také dokáže vypočítat individuálně součinitel prostupu tepla pro každé okno a dveře. V tomto ohledu by měl být model téměř bez chyby přesný narozdíl při vytváření energetického posudku v DEKSOFT. DEKSOFT hodnoty vnitřního objemu a plochy vypočítává procentuálně a součinitel prostupu tepla otvorů se zadává hodnotu nebo se dá vypočítávat manuálně, kde aplikace bude sloužit pouze jako kalkulačka.

Lze tedy shrnout, že zatím dostupné energetické posouzení z BIM modelu dokáže napomoci projektantovi a popř. investorovi k představení jakých základních údajů docílí objekt při návrhu a jakých cenových nákladů dosáhne, ale jako samotný posudek je zatím nedostačující pro získání průkazu energetické náročnosti budovy. V budoucnu je možné, že bude tento posudek sloužit jako nedílnou součástí a napomůže energetickému specialistovi k rychlejšímu zpracování průkazu energetické náročnosti budovy.

11. Použité právní předpisy

- [1] Vyhláška MPO č. 480/2012 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického posudku
- [2] Zákon č. 406/2000 Sb., zákon o hospodaření energií
- [3] Vyhláška MPO č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov
- [4] Vyhláška MPO č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- [5] Vyhláška MPO č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům.
- [6] ČSN EN 15 665 – změna Z1 – Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- [7] ČSN 73 0540-1 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie
- [8] ČSN 73 0540-2 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [9] ČSN 73 0540-3 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [10] ČSN 73 0540-4 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [11] ČSN EN ISO 13789 (73 0565) Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda
- [12] ČSN EN ISO 6946 (73 0558) Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda
- [13] ČSN EN ISO 13370 (73 0559) Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody
- [14] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov
- [15] Směrnice MŽP č. 2/2015 o poskytování finančních prostředků z programu Nová zelená úsporám včetně příloh v aktuálním znění
- [16] TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet

Pozn.: Všechny uvedené předpisy jsou v aktuálním znění (včetně změn platných ke dni zpracování energetického posudku)

12. Seznam tabulek

Tabulka 1 Tepelné bloky.....	4
Tabulka 2 Specifikace lokality Ostrava	11
Tabulka 3 Porovnání energie vytápění/ chlazení	23
Tabulka 4 teplota vnitřního vzduchu	28

13. Seznam obrázků

1 Zónový model objektu.....	4
2 Půdorys tepelných bloků 1.NP	5
3 Půdorys tepelných bloků 2.NP+3.NP	6
4 model objektu	7
5 Informace o podnebí Ostrava.....	10
6 Materiálové vlastnosti objektu.....	12
7 tepelné bloky.....	13
8 ochrana před větrem.....	14
9 Operační profil.....	16
10 energonositelé.....	17
11 Vlastnosti konstrukce	19
12 Ukazatel energetické náročnosti budovy	20
13 Vlastnost objektu.....	22
14 Vlastnosti objektu DEKSOFT	22
15 Emise CO ₂ BIM	24
16 DEKSOFT Komfort grafické znázornění.....	25
17 DEKSOFT Komfort	26
18 Denní teplotní profil BIM modelu	27
19 Solární zisky Café baru s izolačním trojsklem	30
20 Solární zisky Café baru s dvojsklem	31
21 dvojsklo.....	31
22 izolační trojsklo	32
23 Solární zisky café baru v diplomové práci (izolační trojsklo + vnější lamely při zatažení).....	33
24 Kotel x Tepelné čerpadlo země/voda	34
25 Spotřeba energie s plynovým kondenzačním kotlem	35
26 Spotřeba energie s tepelným čerpadlem	35

14. Přílohy

- Příloha č.1 – Posouzení tepelné stability místnosti
- Příloha č.2 – Průkaz energetické náročnosti budovy
- Příloha č.3 – Tepelně technické posouzení skladeb
- Příloha č.4 – Energetická zpráva modelu