



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

**Přehřívání obytných budov během návrhového  
velmi teplého období**

Overheating of residential buildings in the design hot period

**Diplomová práce**

**2021**

Autorka: Bc. Hana Jarolímková

Vedoucí práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D.

Studijní obor: Budovy a prostředí – zaměření konstrukce pozemních stav



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jarolímková Jméno: Hana Osobní číslo: 459043  
 Zadávající katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb  
 Studijní program: Budovy a prostředí  
 Studijní obor: Budovy a prostředí - zaměření konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Přehřívání obytných budov během návrhového velmi teplého období

Název diplomové práce anglicky: Overheating of residential buildings in the design hot period

Pokyny pro vypracování:

- 1) Diplomantka vytvoří stručný úvod do problematiky letního přehřívání obytných budov. Stručně vysvětlí, proč může docházet k přehřívání budov a popíše zavedený způsob hodnocení letní tepelné stability v ČR. Na příkladu modelové místnosti bude ilustrována korelace plochy solární apertury a přehřívání.
- 2) Diplomantka provede analýzu změny klimatických podmínek v letním období. Nejprve popíše zvolený způsob výběru návrhového velmi teplého období z klimatických údajů. Následně vyhodnotí časový vývoj návrhového velmi teplého období pro tři časová období (1970-1999, 2000-2010, 2010-2020) a pro alespoň dvě lokality.
- 3) Na konkrétní modelové budově diplomantka provede případovou studii pro zjištění a kvantifikaci jednotlivých vlivů ovlivňujících letní přehřívání obytných budov. Zejména bude hodnocena závislost vnitřní teploty vzduchu na způsobu stínění prosklených ploch, režimu větrání a změně parametrů návrhového velmi teplého období.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D

Datum zadání diplomové práce: 23. 9. 2020

Termín odevzdání diplomové práce: 4. 1. 2021

*Údaj uvedte v souladu s datem v časovém plánu příslušného sk. roku*

[Podpis]  
Podpis vedoucího práce

[Podpis]  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

23. 9. 2020

Datum převzetí zadání

[Podpis]  
Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Přehřívání obytných budov během návrhového velmi teplého období vypracovala samostatně pod vedením Ing. Pavla Kopeckého Ph. D. a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje.

Nemám námitek proti použití školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Jičíně dne 3. ledna 2021

Bc. Hana Jarolímková

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Pavlu Kopeckému, Ph.D. za vedení mé práce, poskytnutí podkladů, odborné rady a čas mně a mé práci věnovaný. Dále děkuji panu Ing. Kamilu Staňkovi Ph.D. za poskytnutí přístupu k výpočtu Letního přehřívání v Microsoft Office Excel a za výpočetní model žaluzií pro výpočet stínícího faktoru v programu Matlab Simulink.

V Jičíně dne 3. ledna 2021

Bc. Hana Jarolímková

## Abstrakt

Stále častěji se můžeme setkat s přehříváním obytných budov v letním období. Zásadní vliv na přehřívání mají solární zisky získané přes prosklené plochy obálky budov. Cílem této práce je popsat vliv parametrů ovlivňujících letní přehřívání na teplotu vnitřního vzduchu obytných budov. Nejprve je provedena analýza klimatických podmínek za posledních 50 let, z které je evidentní zvyšování teplot během velmi teplého letního období. Na základě této analýzy je stanoveno 14denní velmi teplé období, s kterým je dále v práci uvažováno. V tomto teplotním období je na konkrétním případě rodinného domu počítána teplota vnitřního vzduchu v obytné místnosti. Teplota je počítána pro změny jednotlivých parametrů ovlivňujících letní přehřívání jako je stínění, větrání a geometrie prosklených ploch. V práci je popsán vliv a účinnost těchto parametrů na teplotu vnitřního vzduchu. Jednotlivé parametry jsou ve variantách měněny a následně vzájemně kombinovány. Na základě dostupných klimatických dat je následně sestaveno velmi teplé období v blízké budoucnosti a je tak popsána i předpokládaná teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti. Pro sdružení parametrů je zavedena agregovaná veličina – plocha solární apertury obálky budovy. Tato veličina je vypočtena pro všechny uvažované varianty a vzniká tak síť výsledků závislosti plochy solární apertury na maximální teplotě vnitřního vzduchu. Díky této závislosti lze při určené požadované maximální teplotě vnitřního vzduchu přiřadit příslušnou hodnotu plochy solární apertury a měnit ovlivňující parametry při navrhování budov tak, aby danou hodnotu splnily.

## Klíčová slova

Letní přehřívání, tepelné zisky, teplota vnitřního vzduchu, stínění, plocha solární apertury

## **Abstract**

More and more we can observe overheating of residential buildings in the summer. Solar gains through the glazed surfaces of the building envelopes have a major influence on overheating. The aim of this thesis is to describe the influence of parameters affecting summer overheating on the indoor air temperature of residential buildings. First an analysis of climatic conditions over the last 50 years is performed, thanks to which the increase in temperatures of a very hot summer period is shown. Based on this analysis there is a 14day very hot period determined, which is considered further in the work. In this temperature period, the temperature of the indoor air in the living room is calculated in the specific case of a family house. The indoor temperature is calculated for changes in individual parameters affecting summer overheating such as sun-shading, ventilation, and geometry of glazed surfaces. The thesis describes the influence and effectiveness of these parameters on the indoor air temperature. The individual parameters are changed in variants and then combined with each other. Based on the available climatic data a very warm period in the near future is compiled and thus the expected indoor air temperature in the near future is also described. An aggregated quantity is introduced for the association of parameters – the solar aperture of the building envelope. This quantity is calculated for all considered variants and thus a network of results of the dependence of the solar aperture on the maximum indoor air temperature is created. Thanks to this dependence, it is possible for determined maximum indoor air temperature allocate the related solar aperture and change the affected parameters during the building design to achieve this value.

## **Key words**

Overheating in buildings, heat gains, indoor air temperature, shading, solar aperture

# Seznam veličin

Značka	Popis	Jednotka
A	plocha prvku	m <sup>2</sup>
A <sub>col</sub>	účinná sběrná plocha jednotlivých prvků	m <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	plocha solární apertury	m <sup>2</sup>
C	účinná tepelná kapacita budovy	J/K
c	měrná tepelná kapacita	J/kgK
d	tloušťka vrstvy prvku	m
F <sub>sh</sub>	korekční činitel stínění	-
g	solární propustnost zasklení	-
G <sub>Gh</sub>	globální solární ozáření na horizontální rovinu	W/m <sup>2</sup>
G <sub>Gt</sub>	globální solární ozáření na orientovanou plochu	W/m <sup>2</sup>
H <sub>Gh</sub>	dávka solárního ozáření na horizontální plochu	J/m <sup>2</sup>
H <sub>Gt</sub>	dávka globálního solárního ozáření o dané orientaci	J/m <sup>2</sup>
H <sub>p</sub>	měrný tepelný tok prostupem	W/K
H <sub>s</sub>	měrný solární tepelný tok	W/K
H <sub>v</sub>	měrný tepelný tok větráním	W/K
K	tepelná vodivost	W/m <sup>2</sup> K
Q <sub>aku</sub>	tepelná ztráta akumulací hmoty	W
Q <sub>i</sub>	vnitřní tepelné zisky	W
Q <sub>p</sub>	tepelná ztráta prostupem	W
Q <sub>s</sub>	solární tepelné zisky	W
Q <sub>sh</sub>	solární tepelné zisky skrz stínící překážku	W
Q <sub>v</sub>	tepelná ztráta větráním	W
T <sub>ae</sub>	teplota venkovního vzduchu	K, °C
T <sub>ai</sub>	teplota vnitřního vzduchu	K, °C
T <sub>e</sub>	venkovní teplota	K, °C
T <sub>i</sub>	vnitřní teplota	K, °C
U	součinitel prostupu tepla	W/m <sup>2</sup> K

Značka	Popis	Jednotka
$\alpha_{ci}$	součinitel přestupu tepla prouděním	W/m <sup>2</sup> K
$\alpha_{ri}$	součinitel přestupu tepla sáláním	W/m <sup>2</sup> K
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	W/mK
$\rho$	objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>
$\Phi_c$	tepelný tok prouděním	W
$\Phi_r$	tepelný tok sáláním	W

Index	Popis
int	interiér
ext	exteriér
w	průsvitné prvky
op	neprůsvitné prvky

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teorie.....	11
2.1	Tepelná bilance budovy .....	11
2.1.1	Ustálený stav.....	11
2.1.2	Neustálený stav.....	13
2.2	Metodika výpočtu letního přehřívání .....	14
2.3	Normová návrhová venkovní teplota během dne .....	16
2.4	Popis plochy solární apertury obálky budovy .....	18
2.4.1	Odvození veličiny .....	18
2.4.2	Příklad – Solární apertura modelové místnosti .....	20
3	Analýza klimatických podmínek .....	27
3.1	Teplota venkovního vzduchu v typickém dni velmi teplého období .....	27
3.2	Teplota venkovního vzduchu v časovém období po velmi teplém období .....	31
3.3	Vliv lokality na podobu kritického dne.....	32
3.3.1	Liberec.....	32
3.3.2	Přimda.....	33
3.4	Porovnání a doporučení.....	34
4	Případová studie .....	36
4.1	Výběr objektu.....	36
4.2	Parametry místnosti.....	39
4.3	Časové profily veličin uvažované ve výpočtu.....	41
4.4	Korekční činitele stínění .....	42
4.4.1	Výpočtový model .....	42
4.4.2	Posuzované zasklené plochy.....	43
4.4.3	Vypočtené hodnoty korekčních činitelů stínění .....	47
4.5	Uvažované varianty výpočtu .....	49
4.5.1	Výchozí varianta místnosti.....	49
4.5.2	Varianty stínění.....	49
4.5.3	Varianty větrání .....	51
4.5.4	Varianty geometrie oken .....	51
4.6	Teplota vnitřního vzduchu pro základní varianty.....	52



4.6.1	Výchozí varianta.....	52
4.6.2	Vliv stínění.....	53
4.6.3	Vliv větrání.....	56
4.6.4	Změna geometrie prosklených ploch.....	58
4.7	Teplota vnitřního vzduchu pro vzájemné kombinace variant stínění, větrání a geometrie prosklených ploch.....	59
4.7.1	Maximální teplota vnitřního vzduchu při původní geometrii oken.....	60
4.7.2	Maximální teplota vnitřního vzduchu po zmenšení východních oken.....	62
4.7.3	Maximální teplota vnitřního vzduchu po zmenšení jižního okna.....	63
4.8	Předpokládaná teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti.....	64
4.8.1	Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti při původní geometrii oken.....	66
4.8.2	Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti po zmenšení východních oken.....	67
4.8.3	Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti po zmenšení jižního okna.....	68
4.9	Porovnání současných a budoucích maximálních teplot vnitřního vzduchu.....	70
4.10	Korelace měrné plochy solární apertury a teploty vnitřního vzduchu.....	72
4.10.1	Maximální teplota vnitřního vzduchu za současných venkovních podmínek.....	72
4.10.2	Maximální teplota vnitřního vzduchu za budoucích venkovních podmínek.....	75
4.10.3	Doporučené přiměřené hodnoty měrné plochy solární apertury pro současnost a předpokládanou blízkou budoucnost.....	77
5	Závěr.....	78
6	Literatura.....	81
7	Seznam grafů, tabulek a obrázků.....	83
8	Přílohy.....	86



## 1 Úvod

Přehřívání vnitřních prostorů budov v letním období je významným faktorem ovlivňujícím navrhování budov. Tendence posledních let a zároveň legislativa [1] kladou velký důraz na kvalitu vnitřního prostředí. Kvalita vnitřního prostředí je posuzována v mnoha směrech, tepelně – vlhkostní podmínky, kvalita vzduchu, akustika, osvětlení, psychika atd. Teplota a vlhkost vnitřního vzduchu souvisí s obálkou budovy a větráním. Nároky na kvalitu obálky jsou především na prostup tepla, průvzdušnost a solární tepelné zisky.

Obytné budovy postavené v posledních letech vykazují opakující se trend – kvalitně zateplená obálka budovy a velké prosklené plochy. Tento trend je patrně podpořen i současnou legislativou [2], která vyžaduje, aby budovy dosahovaly téměř nulové spotřeby energie. Co nejnižší tepelný tok obálkou budovy a zároveň tepelné zisky ze slunečního záření, zajišťují velmi nízkou potřebu energie na vytápění v zimním období. Vysoké solární tepelné zisky v letním období a zároveň kvalitně tepelně izolovaná obálka budovy mohou způsobit zvýšení teploty vnitřního vzduchu nad mez komfortu. V těchto dnech je tedy zapotřebí naopak tepelné zisky slunečním zářením potlačovat a navrhovat pomocná stínící zařízení. Důležitým faktorem v problematice přehřívání je i akumulace tepla v obalových konstrukcích, záleží tedy i na materiálovém řešení stavebních prvků.

Tato diplomová práce se zabývá přehříváním obytných budov. Na modelové situaci je popsána vzájemná souvislost plochy solární apertury obálky budovy a teploty vnitřního vzduchu. Cílem této práce je popsat závislost vnitřní teploty obytných budov na parametrech stínění, režimu větrání a změně geometrie prosklených ploch během letního velmi teplého období. Kritický den letního období se vybírá pomocí vlastní metodiky, přičemž se vychází z dostupných klimatických údajů. [3]

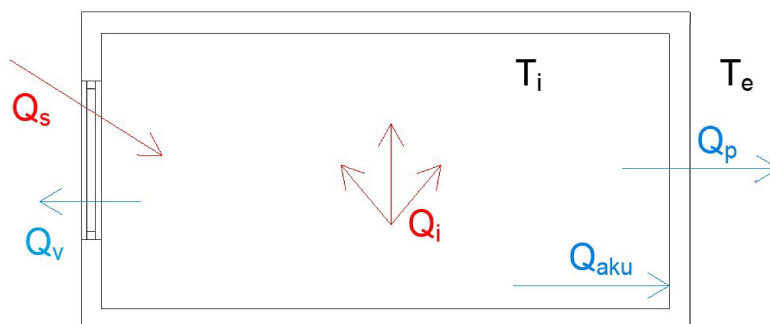


## 2 Teorie

V teoretické kapitole budou jednoduše popsány principy tepelné bilance budovy a použité výpočtové modely. Na konkrétním případě bude popsáno chování plochy solární apertury. Informace jsou čerpány především ze studijních materiálů získaných během studia [4] [5] či z českých norem, které jsou odkazovány u konkrétních případech.

### 2.1 Tepelná bilance budovy

Vliv na vnitřní prostředí mají zejména solární zisky prosklenými plochami obálky, vstup tepla konstrukcí, vnitřní zisky, větrání a akumulace tepla v hmotných stavebních prvcích.



Obrázek 1: Letní tepelná bilance

Na Obrázku 1 je naznačen tok tepelných zisků a ztrát v případě letního velmi teplého období. Za zisky se považuje solární záření a vnitřní zisky (např. osoby, zvířata, spotřebiče). Tepelné ztráty představuje větrání a vstup tepla konstrukcí spolu s akumulací tepla do samotné konstrukce. Oboje za předpokladu, že teplota v exteriéru je nižší než teplota v interiéru. Takový stav v letním období nastane pravděpodobně pouze v noci.

#### 2.1.1 Ustálený stav

Pro prvotní zjednodušení předpokládejme ustálený stav: **zisky = ztráty**.

$$Q_s + Q_i = Q_v + Q_p \quad (1)$$

$Q_s[W]$  jsou solární tepelné zisky;  $Q_i[W]$  jsou vnitřní tepelné zisky.

$Q_v[W]$  je tepelná ztráta větráním;  $Q_p[W]$  je tepelná ztráta prostupem.



Vztah pro teplotu uvnitř budovy dostaneme po dosazení za  $Q_v$  a  $Q_p$ :

$$Q_s + Q_i = H_v * (T_i - T_e) + H_p * (T_i - T_e) \quad (2)$$

$$Q_s + Q_i = (H_v + H_p) * (T_i - T_e) \quad (3)$$

$$Q_{zisk} = H_{ztráta} * (T_i - T_e) \quad (4)$$

$$T_i = \frac{Q_{zisk}}{H_{ztráta}} + T_e \quad (5)$$

Vnitřní teplota (průměrná hodnota za delší období) je tedy odhadována jako teplota venkovního vzduchu navýšená o podíl  $Q_{zisk}/H_{ztráta}$ . Pokud se průměrná teplota venkovního vzduchu přibližuje mezi komfortu interiéru, musí podíl  $Q_{zisk}/H_{ztráta}$  dosahovat malých hodnot (typicky <4 K).

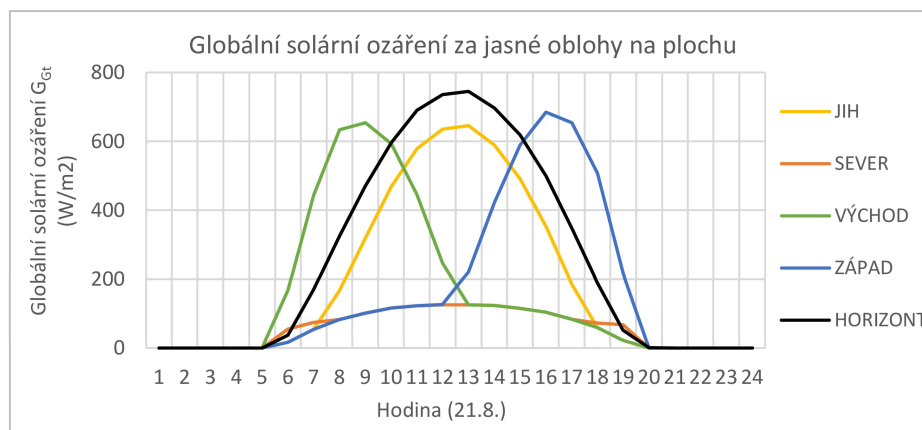
Nejvýraznějšími tepelnými zisky v letním velmi teplém období jsou solární tepelné zisky. Pokud se zaměříme pouze na ně, pak:

$$Q_s = H_s * (T_i - T_e) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n (F_{sh} * g * A * G_{Gt}) = H_s * (T_i - T_e) \quad (7)$$

$$T_i = \frac{\sum_{i=1}^n (F_{sh} * g * A * G_{Gt})}{H_s} + T_e \quad (8)$$

Ze vztahu je evidentní, že vliv na teplotu vnitřního vzduchu mají vlastnosti prosklených ploch a solární ozáření na danou plochu ( $G_{Gt}$ ), viz Graf 1.



Graf 1: Globální solární ozáření za jasné oblohy na plochu



Parametry prosklených ploch jsou solární propustnost zasklení ( $g$ ), činitel stínění ( $F_{sh}$ ) a samotná velikost dané plochy ( $A$ ). Výraz v čitateli je možné také zapsat jako součin plochy a globálního solárního ozáření horizontální plochy.

$$T_i = \frac{As * G_{Gh}}{H_s} + T_e \quad (9)$$

kde  $As$  [ $m^2$ ] se nazývá plocha solární apertury obálky budovy a  $G_{Gh}$  [ $W/m^2$ ] je globální solární ozáření na horizontální rovinu (průměrná hodnota za delší časové období). Průměrná teplota vnitřního vzduchu tedy souvisí s dvěma klimatickými parametry ( $T_e$ ,  $G_{Gh}$ ) a jedním parametrem budovy, podílem  $As/H_s$ .

### 2.1.2 Neustálený stav

Pro posouzení letního přehřívání, je potřeba zavést časový úsek, v kterém bude teplota vnitřního vzduchu posuzována. Během tohoto časového úseku dochází ke změnám venkovní teploty, jejíž hodnoty se během dne mění a pravidelně neopakují. Nelze tedy předpokládat ustálený stav. V neustáleném stavu se projeví vliv akumulace tepla ve stavebních prvcích budovy. V energetické bilanční rovnici považujeme tepelný tok do akumulární hmoty za tepelnou ztrátu.

$$Q_s + Q_i = Q_v + Q_p + Q_{aku} \quad (10)$$

$$Q_{aku} = C \frac{dT}{dt} \quad (11)$$

$C$  [ $J/K$ ] je účinná tepelná kapacita budovy;  $T$  je teplota hmotných vrstev podílejících se na akumulaci tepla.

$$Q_s = H_s * (T_i - T_e) + C \frac{dT}{dt} \quad (12)$$

$$T_i = \frac{A_s * G_{Gh} + C \frac{dT}{dt}}{H_s} + T_e \quad (13)$$

Teplota vnitřního vzduchu tedy souvisí s dvěma klimatickými parametry ( $T_e$ ,  $G_{Gh}$ ) a dvěma parametry budovy, podílem  $A_s/H_{ztráta}$  [ $K$ ] a podílem  $C/H_{ztráta}$  [ $s$ ], který se někdy nazývá časová konstanta budovy.

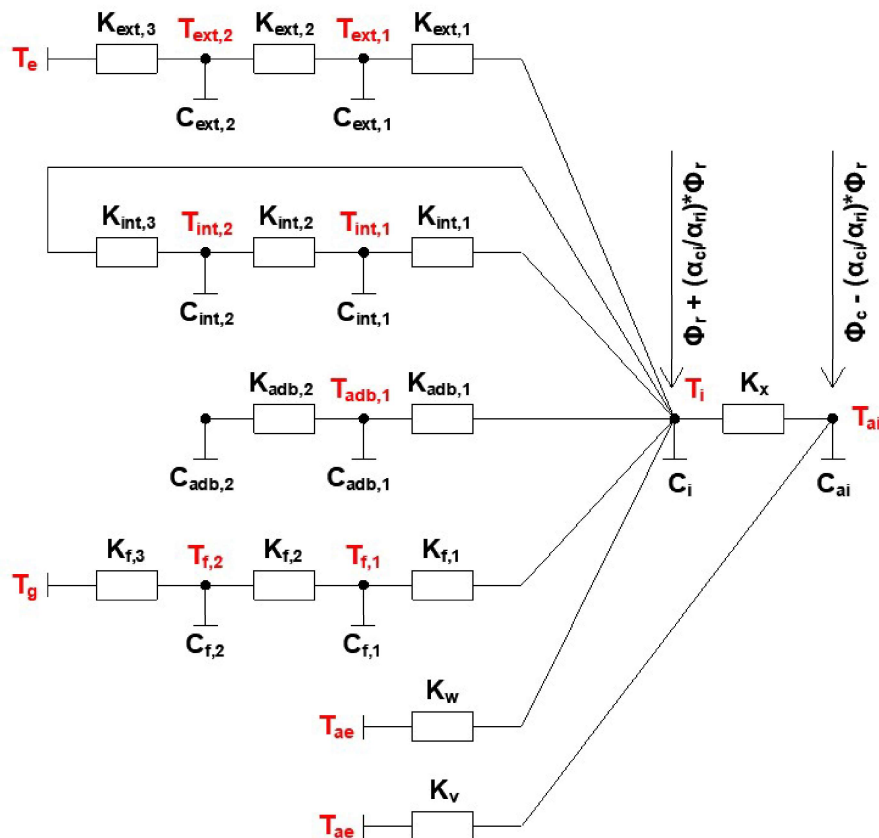


## 2.2 Metodika výpočtu letního přehřívání

Neustálený stav tepelné bilance byl popsán nejjednodušším způsobem. Pro výpočet letního přehřívání v této práci byl použit výpočetní model „Letní přehřívání“ [6] v softwaru Excel, který byl vytvořen pro účely výuky. Výpočet je proveden dle ČSN EN ISO 52016-1. [7]

Výsledkem výpočtu jsou hodinové hodnoty teploty vnitřního vzduchu v posuzované místnosti. Vstupními hodnotami jsou: popis konstrukcí obálky budovy včetně materiálových charakteristik, popis konstrukcí nacházející se v hodnocené zóně, popis zasklených ploch a solárního záření do nich směřující (včetně stínění), intenzita větrání a vnitřní zdroje tepla.

Model je graficky znázorněn v následujícím elektrickém schématu. Jednotlivé uzly schématu představují neznámé, v tomto případě dílčí teploty. Každý z těchto uzlů má svoji tepelnou kapacitu. Cesta mezi uzly je vyjádřena tepelnou vodivostí, což je převrácená hodnota tepelného odporu.



Obrázek 2: Elektrické schéma výpočtového modelu



Schéma modelu bude popsáno od shora dolů. Prvním vlivem je exteriérová teplota působící na obvodovou konstrukci. Prostup tepla přes obvodové konstrukce je modelován pomocí dvou teplotních uzlů vhodně umístěných uvnitř konstrukce. V každém uzlu je zohledněna tepelná kapacita materiálu, kam se teplo může uvolňovat.

Další součástí modelu jsou konstrukce nacházející se v posuzované zóně, i tento prostup je dvouuzlový. Třetí větev modelu je prostup z konstrukcí, které obalují posuzovanou místnost, avšak nesousedí s exteriérem, pouze s vedlejší zónou. I tento prostup je dvouuzlový. Čtvrtá větev modelu představuje podlahu na zemině. Velký vliv má prostup tepla prosklenými plochami. Všechny větve jsou napojeny na uzel představující vnitřní prostředí. Na vnitřní prostředí má vliv konvektivní a radiační složka vnitřních zisků a větrání.

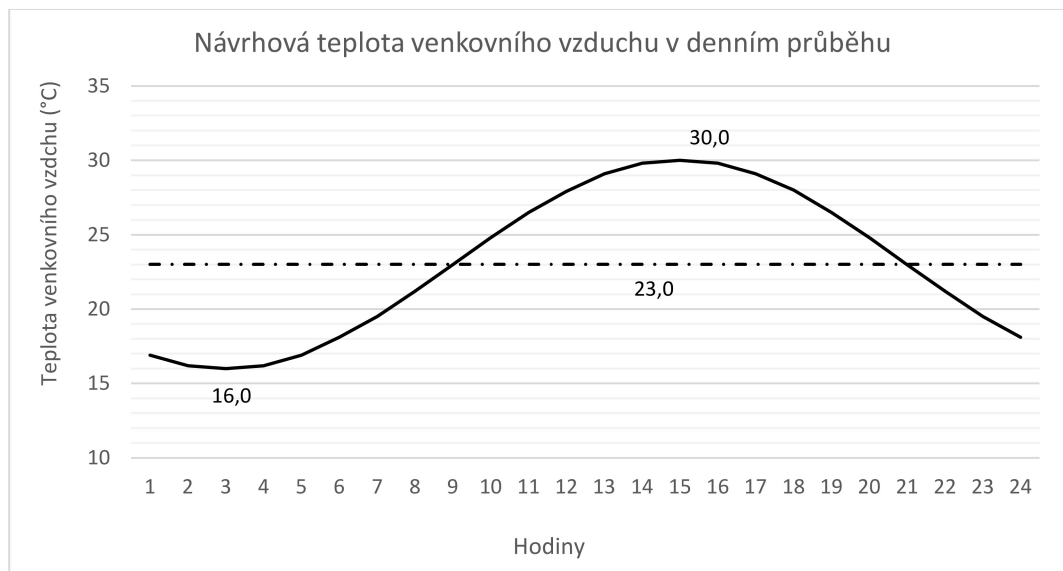
Jako druhý model byl zvolen software Simulace 2018, který slouží pouze pro porovnání a ověření správnosti nastavení výpočtu při modelové místnosti. [8]



### 2.3 Normová návrhová venkovní teplota během dne

Návrhové hodnoty jednotlivých parametrů venkovního prostředí jsou dány českou normou ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov. Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování. [9] Průměrná návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období  $\Theta_{em}$ , se stanoví dle místa budovy. Česká republika je rozdělena na dvě letní teplotní oblasti.

Pro výpočet letního přehřívání za určité velmi teplé letní období, jsou potřeba hodinové hodnoty teplot. Tyto hodnoty, návrhové teploty venkovního vzduchu v denním průběhu ( $\Theta_e$ ; °C), uvádí příloha H.8. této normy.



Graf 2: Návrhová teplota venkovního vzduchu v denním průběhu dle ČSN 73 0540-3

Tyto teploty jsou normou stanoveny pro veškeré výpočty v průběhu denní doby po celé České republice. Původ těchto hodnot odkazuje norma na ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů z roku 1985. [10] Dle této normy se průběh venkovní teploty během dne určuje ze vztahu:

$$t_e = t_{e,max} - A * (1 - \sin(15 * t - 135)) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (14)$$

$t_{e,max}$ ...maximální teplota v příslušném dnu

$A$ ...amplituda kolísání venkovního vzduchu (K)

$t$ ...sluneční čas (h)





Takto lze určit venkovní teploty pouze v odůvodněných případech daných klimatickými podmínkami, které nejsou v normě nijak specifikovány. Norma dále doporučuje pro výpočty používat maximální teploty pro daný měsíc, které uvádí v tabulce 1 normy. Pro posuzovaný 21. srpen je tato teplota  $t_{e, max} = 30 \text{ °C}$  a amplituda  $A = 7 \text{ K}$ .

Výpočtová norma ČSN 73 0540-4 při výpočtu tepelné stability místnosti v letním období odkazuje na použití teploty venkovního vzduchu během denní doby dle ČSN 73 0540-3, kde je použita pouze teplota  $t_{e, max} = 30 \text{ °C}$  a amplituda  $A = 7 \text{ K}$ . Odlišnosti klimatických podmínek kvůli nadmořské výšce či poloze v rámci ČR nejsou zohledněny. [9] [11]



## 2.4 Popis plochy solární apertury obálky budovy

Pro případné analýzy vnitřního prostředí je potřebné zavést sdruženou veličinu sloužící k jednoduššímu posuzování závislosti obálky na kvalitě vnitřního vzduchu.

*„Plocha solární apertury obálky budovy je agregovaný parametr vyjadřující kvalitu obálky budovy z hlediska její schopnosti propouštět solární tepelné zisky do interiéru.“ [12]*

Plochu solární apertury lze tedy chápat jako plochu horizontálního zasklení s jednotkovou propustností. Veličina je závislá na parametrech obálky jako je plocha stavebních prvků, energetická propustnost prvku či typ stínění. Závisí ale i na klimatických poměrech jako jsou dávky ozáření či orientace ke světovým stranám. Můžeme tak charakterizovat plochu solární apertury obálky dané budovy za různá časová období či vztáhnout veličinu k patřičnému objemu nebo ploše budovy.

### 2.4.1 Odvození veličiny

**Odvození veličiny je převzato, zdroj [12]**

Předpokládáme dva stavební prvky – průsvitný a neprůsvitný.

Solární tepelný zisk přes stavební prvky:

$$Q_{s1} = A_{col,1} * H_{Gt,1} \quad [J/období] \quad (15)$$

$$Q_{s2} = A_{col,2} * H_{Gt,2} \quad [J/období] \quad (16)$$

$H_{Gt} [J/m^2]$  je dávka globálního solárního ozáření na jednotkovou plochu rovnoběžnou se stavebním prvkem o dané orientaci a sklonu

$A_{col} [m^2]$  je účinná sběrná plocha jednotlivých prvků vypočtená z celkových ploch prvků.

$$A_{col} = F_{sh} * g * A \quad [m^2] \quad (17)$$

$F_{sh} [-]$  je činitel stínění souhrnně vyjadřující všechny stínící vlivy.

$g [-]$  je energetická propustnost stavebního prvku.

$A [m^2]$  je celková plocha stavebního prvku.



Celkový solární tepelný zisk přes oba stavební prvky lze vyjádřit jako:

$$Q_s = A_{col,1} * H_{Gt,1} + A_{col,1} * H_{Gt,1} = A_s * H_{Gh} \quad [J/období] \quad (18)$$

$A_s[m^2]$  je plocha solární apertury obálky budovy.

$H_{Gh}[J/m^2 * období]$  je dávka ozáření na vodorovnou rovinu.

$$A_s = A_{col,1} * \frac{H_{Gt,1}}{H_{Gh}} + A_{col,2} * \frac{H_{Gt,2}}{H_{Gh}} \quad [m^2] \quad (19)$$

Pro celou budovu lze plochu solární apertury zapsat jako součet průsvitných a neprůsvitných stavebních prvků.

$$A_s = A_{s,w} + A_{s,op} = \sum_{i=1}^n A_{col,i} * \frac{H_{Gt,i}}{H_{Gh}} + \sum_{j=1}^m A_{col,j} * \frac{H_{Gt,j}}{H_{Gh}} \quad [m^2] \quad (20)$$

$A_{s,w}[m^2]$  je plocha solární apertury průsvitných prvků.

$A_{s,op}[m^2]$  je plocha solární apertury neprůsvitných prvků.

Předpokládá se, že solární tepelné zisky přes dobře tepelně izolované neprůsvitné prvky jsou v porovnání se solárními tepelnými zisky přes transparentní prvky obálky zanedbatelné, přibližně tedy platí:

$$A_s \approx A_{s,w} = \sum_{i=1}^n A_{col,i} * \frac{H_{Gt,i}}{H_{Gh}} \quad [m^2] \quad (21)$$



### 2.4.2 Příklad – Solární apertura modelové místnosti

Pro modelovou místnost byl proveden výpočet plochy solární apertury obálky budovy. Výpočetní model byl vytvořen v softwaru Excel.

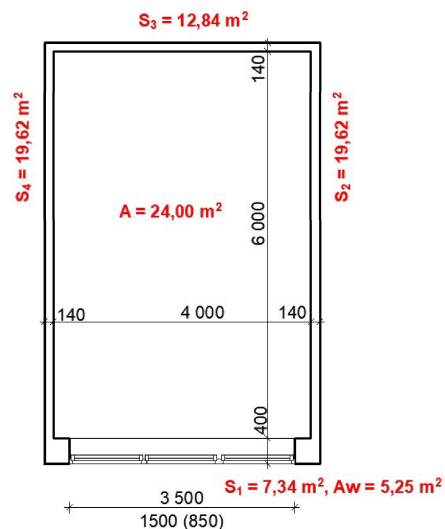
- Popis místnosti

Zvolená místnost je obdélníkového půdorysu, jejíž vnitřní rozměry jsou 6 x 4 m, světlá výška 2,6 m. S exteriérem sousedí pouze kratší stěna, ve které se nachází okno 3,5 x 1,5 m. Zbylé stěny místnosti tvoří příčky do stejné vytápěné zóny budovy, stejně tak podlaha. Stropní konstrukce se skladbou střechy taktéž tvoří obálku přiléhající k exteriéru.

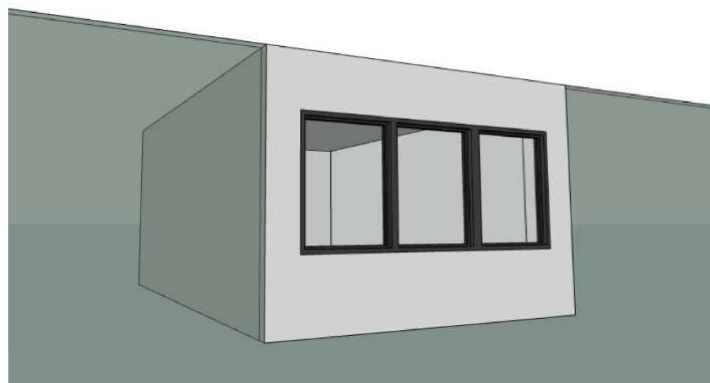
- Rozměrové charakteristiky

Vnitřní objem	83,97 m <sup>3</sup>
Zastavěná plocha	28,0 m <sup>2</sup>
Plocha fasády	7,34 m <sup>2</sup>
Plocha příček	52,1 m <sup>2</sup>
Plocha podlahy	24,0 m <sup>2</sup>
Plocha stropu	24,0 m <sup>2</sup>
Plocha okna	5,25 m <sup>2</sup>
Plocha zasklení	4,11 m <sup>2</sup>
Energetická propustnost okna	0,7
Činitel stínění	1/0,75/0,5

Tabulka 1: Rozměrové charakteristiky místnosti



Obrázek 4: Půdorys místnosti



Obrázek 3: 3D vizualizace modelové místnosti



- Tepelně technické vlastnosti stavebních prvků obálky místnosti

### Těžká konstrukce

<b>Obvodová stěna</b> $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Omítka Baumit jádrová	0,015	0,83	2000
Zdivo Porotherm 30 Profi	0,3	0,18	800
Izolace Isover EPS Greywall	0,16	0,033	16
Omítka Baumit Nanopor	0,005	0,7	1800

<b>Příčky</b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Omítka Baumit jádrová	0,015	0,83	2000
Zdivo Porotherm 14 Profi	0,14	0,27	850
Omítka Baumit jádrová	0,015	0,83	2000

<b>Podlaha</b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Dlažba keramická	0,015	1,01	2000
Betonová mazanina	0,055	1,36	2300
Kročejová izolace Steprock	0,03	0,043	140
Stropní železobetonová deska	0,25	1,58	2400
Sádrová omítka tenkovrstvá	0,005	0,7	1200

<b>Střecha</b> $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Hydroizolace Alkorplan	0,0015	0,16	1300
Izolace XPS Austrotherm	0,26	0,035	30
Separáční folie Jutadach	0,004	0,39	375
Lehký spádová beton	0,05	0,091	300
Stropní železobetonová deska	0,25	1,58	2400
Sádrová omítka tenkovrstvá	0,005	0,7	1200

Tabulka 2: Tepelně technické parametry obálky, těžká konstrukce



## 2 Teorie

### Lehká konstrukce

<b>Obvodová stěna</b> <b><math>U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
SDK deska Knauf	0,012	0,21	850
Dřevěný rošt + Steico flex	0,04	0,056	72,4
OSB deska	0,015	0,13	650
KVH hranoly + Steico flex	0,16	0,093	133,9
Izolace Steico protect L	0,16	0,043	190
Omítka exteriérová weber	0,005	0,49	1200

<b>Příčky</b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
SDK deska Knauf	0,012	0,21	850
KVH hranoly + Steico flex	0,16	0,056	133,9
SDK deska Knauf	0,012	0,21	850

<b>Podlaha</b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Dlažba keramická	0,015	1,01	2000
Betonová mazanina	0,050	1,36	2300
Izolační deska Steico therm	0,03	0,041	50
OSB deska	0,015	0,13	650
Nosník Steico LVL R + Steico flex	0,24	0,074	160
SDK deska Knauf	0,012	0,21	850

<b>Střecha</b> <b><math>U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti	Objemová hmotnost
	$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$	$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Střešní krytina	0,0015	-	-
Latě + kontralatě	0,08	-	-
Izolační deska Steico universal	0,035	0,050	270
Krokev BSH profil + Steico flex	0,16	0,057	105
Izolace Steico flex	0,20	0,040	50
Parozábrana	0,0003	0,39	580
SDK deska Knauf	0,015	0,21	850

Tabulka 3: Tepelně technické parametry obálky, lehká konstrukce



- **Nastavení větrání, stínění a vnitřních zisků**

Výchozí vnitřní teplota byla nastavena na 22 °C. Násobnost větrání je během dne, od 6:00 do 18:00, nastavena na normou doporučenou hodnotu 0,5 h<sup>-1</sup>. [7] V noci je aktivováno noční větrání, a násobnost tak stoupne na 4 h<sup>-1</sup>.

Stínění bylo nejprve pro obě varianty konstrukcí zanedbáno. Následně bylo pro větší síť výsledků zvoleno pevnou hodnotou po celý den, 0,75 a 0,5. Vnitřní zisky jsou pro modelový výpočet neměnné, 50 W po celý den.

- **Výsledky, vyhodnocení použitých výpočetních modelů**

Orientace světových stran hodnocené místnosti vyjadřuje směr orientace, kterému je vystavena obvodová stěna posuzované místnosti.

#### Těžká konstrukce

Orientace místnosti	Plocha solární apertury obálky budovy $A_s$ [m <sup>2</sup> ]	Teplota vnitřního vzduchu EXCEL $T_{ai}$ (°C)		
		$F_{sh} = 1$	$F_{sh} = 0,75$	$F_{sh} = 0,5$
SEVER	0,491	24,8	24,2	24,0
VÝCHOD	1,365	30,6	28,2	25,9
ZÁPAD	1,401	31,3	28,4	26,3
JIH	1,641	33,1	30,4	27,2

Tabulka 4: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel, těžká konstrukce

#### Lehká konstrukce

Orientace místnosti	Plocha solární apertury obálky budovy $A_s$ [m <sup>2</sup> ]	Teplota vnitřního vzduchu EXCEL $T_{ai}$ (°C)		
		$F_{sh} = 1$	$F_{sh} = 0,75$	$F_{sh} = 0,5$
SEVER	0,491	26,1	25,3	24,6
VÝCHOD	1,365	32,6	29,8	26,9
ZÁPAD	1,401	33,8	30,9	28,0
JIH	1,641	36,0	32,4	29,0

Tabulka 5: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel, lehká konstrukce



### Porovnání výsledků Excel x Simulace, těžká konstrukce, jih a sever

Orientace místnosti	Plocha solární apertury obálky budovy $A_s$ [ $m^2$ ]	Teplota vnitřního vzduchu $T_{ai}$ ( $^{\circ}C$ )		
		$F_{sh} = 1$	$F_{sh} = 0,75$	$F_{sh} = 0,5$
SEVER Excel	0,491	24,8	24,2	24,0
SEVER Sim.	0,491	26,3	25,5	25,0
JIH Excel	1,641	33,1	30,4	27,2
JIH Sim.	1,641	34,3	31,5	28,7

Tabulka 6: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel x Simulace

Pro vlastní ověření výpočtů a výsledků byl proveden kontrolní výpočet v programu Simulace, ve kterém byla vypočtena jižní a severní orientace místnosti těžké konstrukce.

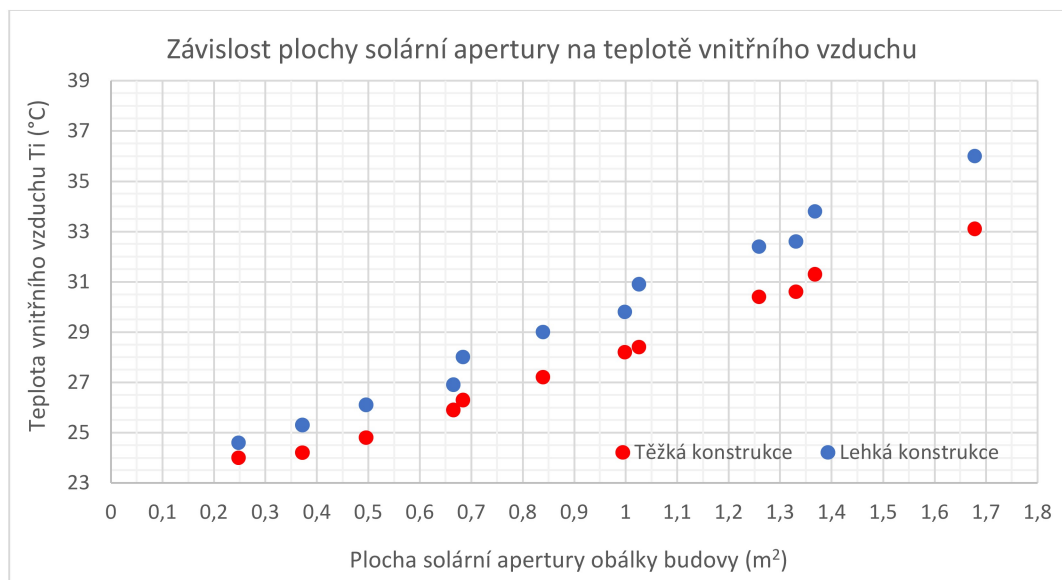
Program Simulace počítá maximální teplotu vnitřního vzduchu v ustáleném stavu. Ve výpočetním modelu v Excelu byl proto výpočet opakován tolik dní, dokud se mezi denní maximální teplota nelišila o víc než  $0,1$   $^{\circ}C$ . Při severní orientaci je rozdíl teplot vypočtených Excelem a Simulací v rozmezí od  $1,0$  do  $1,5$   $^{\circ}C$ . U jižní orientace je rozdíl teplot v rozmezí od  $1,1$  do  $1,5$   $^{\circ}C$ . Vyšší teplota je vždy z výpočtu pomocí softwaru Simulace. Odlišnost v jednotlivých teplotách může být způsobena výpočtem solárních zisků prosklenými plochami. V zadání Simulace jsou uváděny pouze hodnoty horizontálního ozáření a program samotný si jednotlivé orientace přepočítává. Do tohoto přepočtu nelze v Simulaci zasahovat, ani si jednotlivá ozáření zobrazit. Naopak Excel „Letní přehřívání“ pracuje přímo s hodnotami ozáření na danou plochu, které se mohou ručně zadat, případně upravit.

Důležitým hlediskem je, že rozdíl teplot u všech variant je přibližně stejný a nedochází k žádné systematické chybě v zadání výpočtu. Pro další výpočty bude používán výpočetní model v programu Excel, kde lze nastavení výpočtu a výpočet samotný libovolně upravovat dle vlastních potřeb.





- **Výsledky korelace plochy solární apertury a teploty vnitřního vzduchu**



Graf 3: Korelace plochy solární apertury a teploty vnitřního vzduchu

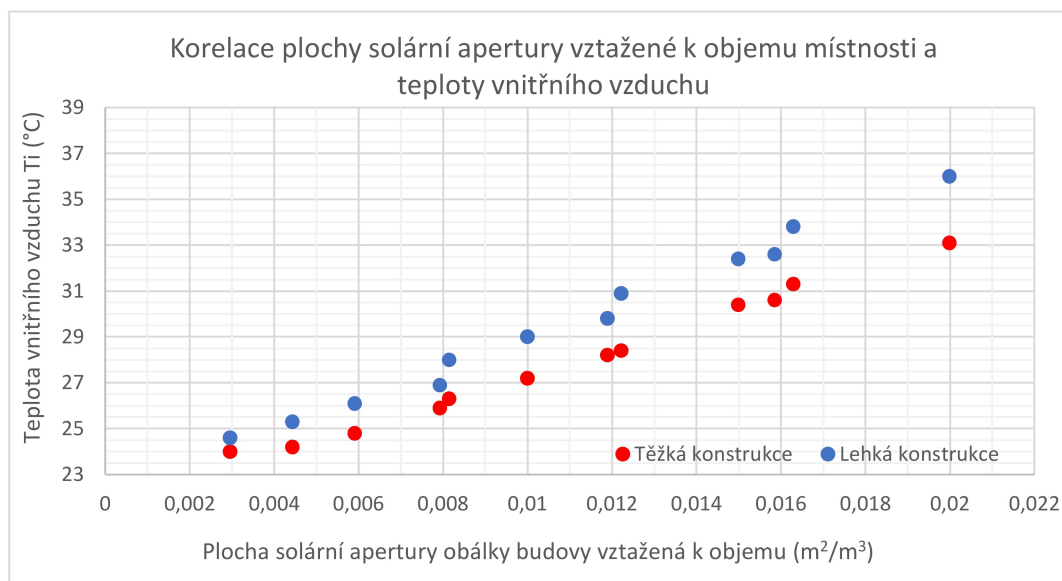
V Grafu 3 je popsána korelace mezi solární aperturou a teplotou vnitřního vzduchu místnosti. Solární apertura obálky budovy je znázorněna v m<sup>2</sup>.

Sít bodů má u obou typů konstrukce stoupající tendenci. U lehké konstrukce můžeme sledovat vyšší teploty při stejné velikosti solární apertury jako má konstrukce těžká. Čím je plocha solární apertury vyšší, tím je rozdíl v teplotách mezi lehkou a těžkou konstrukcí vyšší. Důvodem je rozdílná akumulace přijímaného solárního záření lehkou a těžkou konstrukcí obálky. V případě těžké konstrukce tedy dosáhneme nižších teplot vnitřního vzduchu než u konstrukce lehké.

Pro splnění požadavku meze komfortu, která je 27 °C, je potřeba držet hodnoty solární apertury obálky místnosti pod hranicí 0,8 m<sup>2</sup> u konstrukce těžké. V případě konstrukce lehké se maximální přijatelná hodnota solární apertury pohybuje na hranici 0,7 m<sup>2</sup>. V případě této modelové místnosti to při stínění 0,75 a 1,0 znamená orientaci oken na sever. U jiných orientací oken, by muselo dojít ke stínění se stínícím činitelem 0,5 a nižším.



Solární apertura vztažená k objemu modelové místnosti (objem z vnějších rozměrů) v  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) je znázorněna v Grafu 4. Je zřejmé, že pro nepřekročení horní hranice komfortu v modelové místnosti ( $27\text{ }^\circ\text{C}$ ), musí měrná plocha solární apertury dosahovat nižších hodnot, než je  $0,008\text{ m}^2/\text{m}^3$ , přičemž u těžké konstrukce si můžeme dovolit dosahovat přibližně o  $0,002\text{ m}^2/\text{m}^3$  vyšších hodnot.



Graf 4: Korelace plochy solární apertury vztažené k objemu místnosti a teploty vnitřního vzduchu

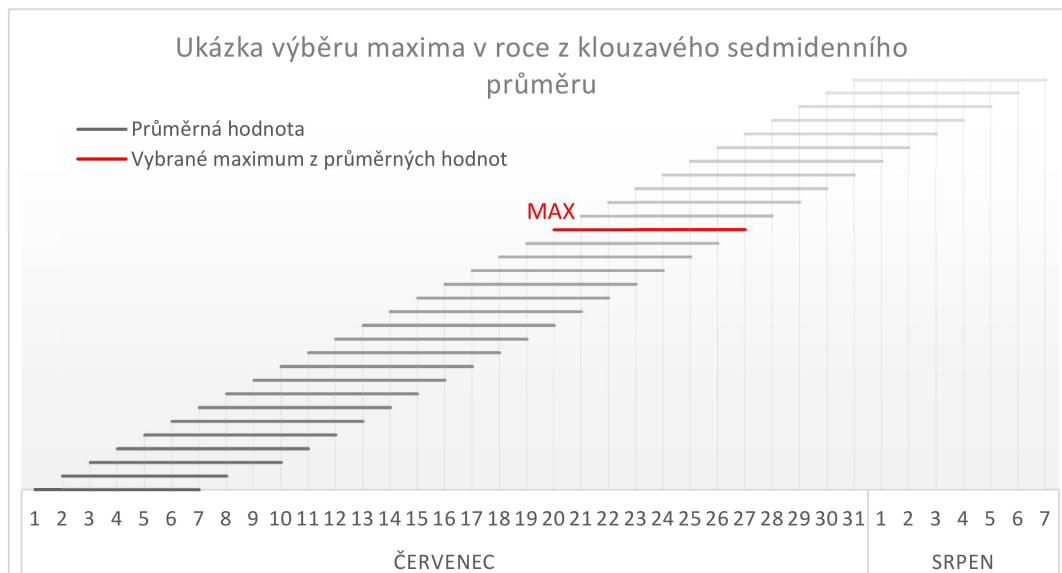


## 3 Analýza klimatických podmínek

### 3.1 Teplota venkovního vzduchu v typickém dni velmi teplého období

Na základě dostupných historických klimatických dat z webové stránky Českého hydrometeorologického ústavu [3], byla provedena analýza průměrných a maximálních denních teplot v letech 1971-2019. Použité hodnoty byly naměřeny na stanici Praha Libuš. Stanice se nachází 302 m n.m., 50° 50' zeměpisné šířky a 14° 26' zeměpisné délky.

Cílem této analýzy bylo zjistit rozdíl mezi reálnými teplotami a teplotami normového kritického dne dle. [1] Časové období bylo rozděleno do třech kratších úseků: 1971-1999, 2000-2009, 2010-2019. Ve všech letech byl nejprve vypočten klouzavý sedmidenní průměr, na jehož základě byla z každého roku vybrána jeho maximální hodnota.

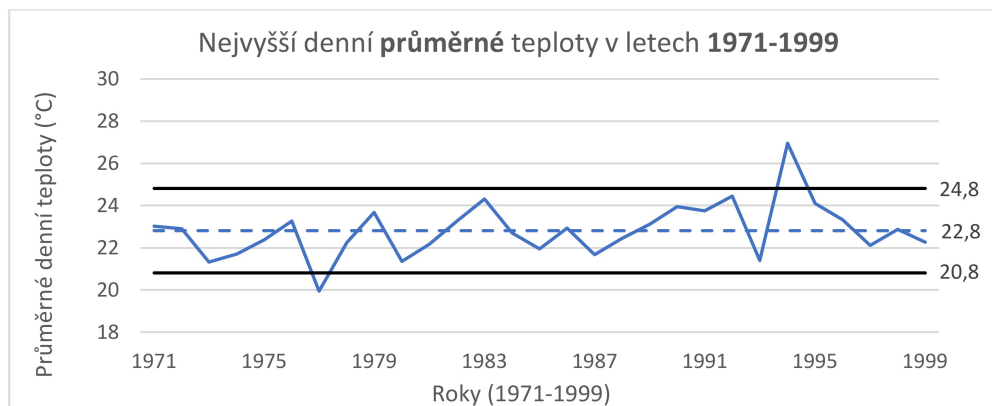


Obrázek 5: Ukázka výběru kritického dne

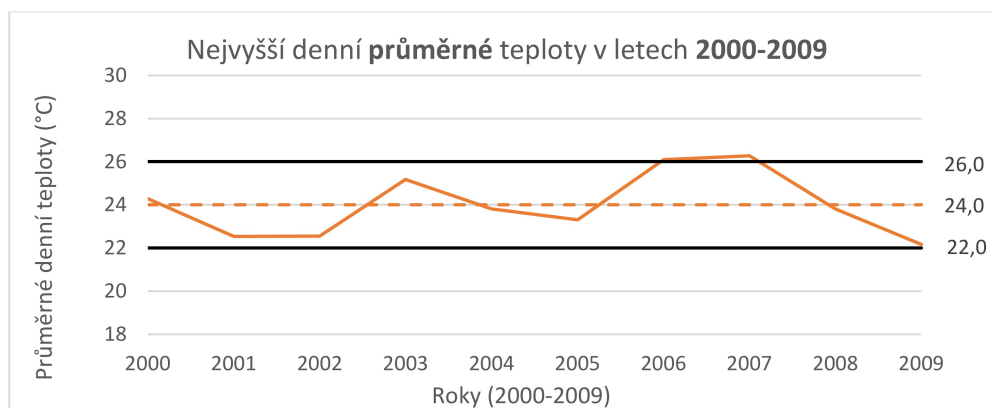
Z maximálních hodnot v každém období byly odstraněny hodnoty vyčnívající o  $\pm 2$  °C od průměru těchto hodnot. Po vyčlenění odchylek, byly hodnoty zbylých maxim zprůměrovány po jednotlivých obdobích. Stejný postup výběru kritických hodnot byl použit jak pro data průměrných teplot, tak pro teploty maximální.

**3 Analýza klimatických podmínek**

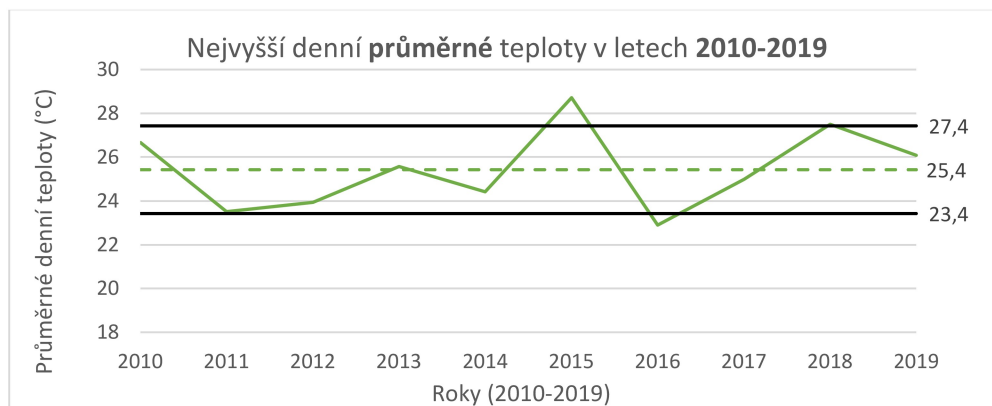
Průměrné hodnoty teplot za jednotlivé roky ve všech třech časových obdobích jsou znázorněny v Grafech 5,6,7. Pod a nad černou čarou jsou vidět odchylky, který byly z výpočtu odstraněny. V období 1971-1999 a 2000-2009 se jedná o dva vyčnívající roky. V období nejmladším 2010-2019 pak o tři.



Graf 5: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 1971-1999; Praha



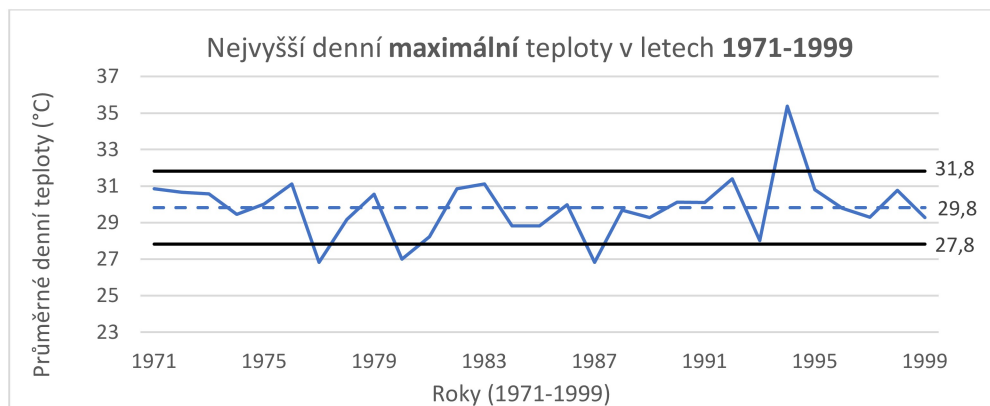
Graf 6: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 2000-2009; Praha



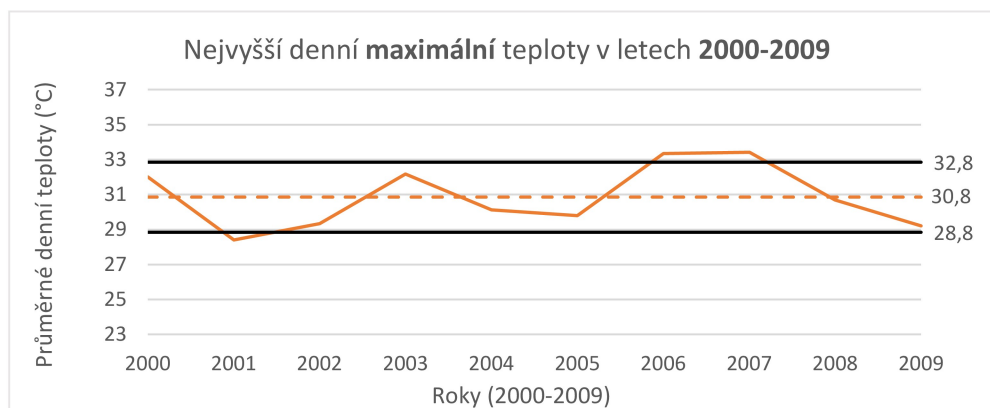
Graf 7: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 2010-2019; Praha

**3 Analýza klimatických podmínek**

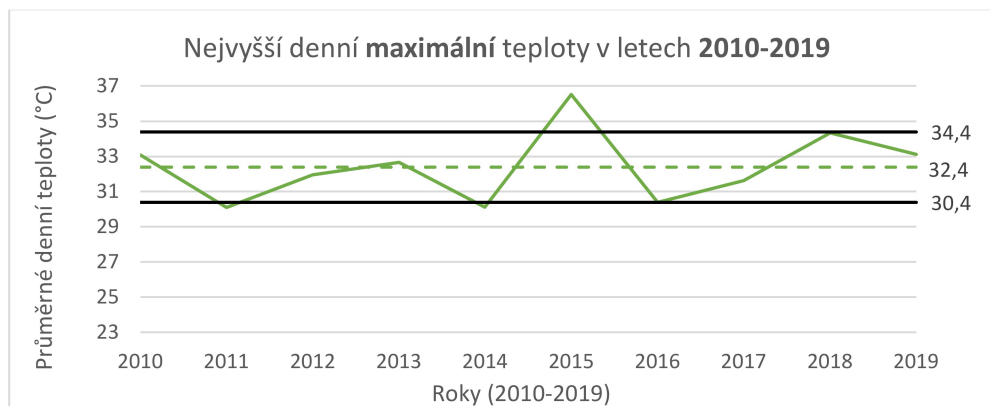
Stejný postup byl proveden u teplot maximálních. Z ročních průměrů byly odstraněny odchylky  $\pm 2$  °C. Výkyvy byly u maximálních teplot vyšší. U období 1971-1999 došlo k výkyvu ve 4 letech. V Období 2000-2009 a 2010-2019 pak vždy třikrát. Jednotlivé průměrné hodnoty za posuzované roky jsou v grafech (Graf 8, Graf 9, Graf 10).



Graf 8: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 1971-1999; Praha



Graf 9: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 2000-2009; Praha

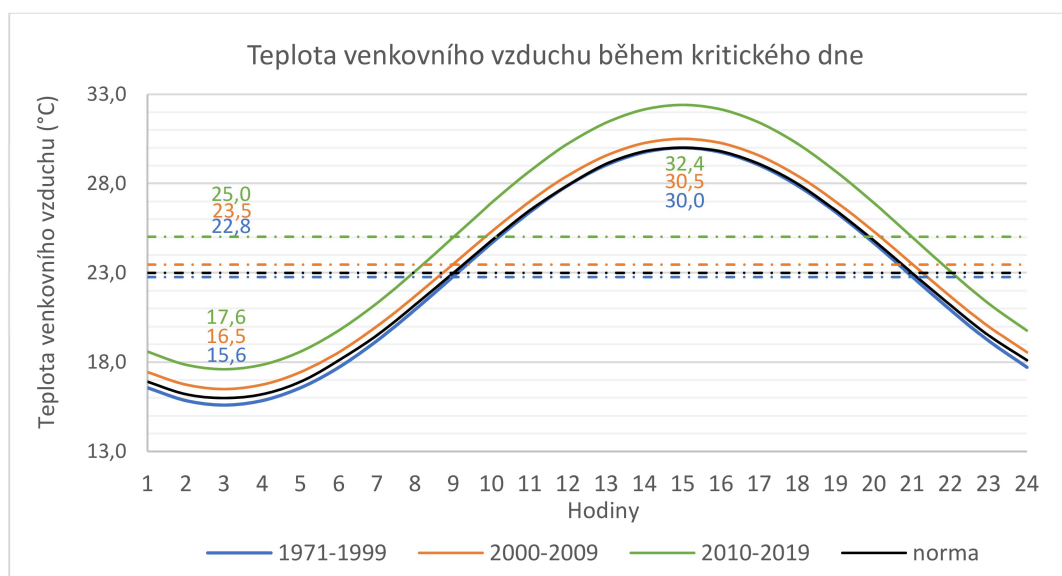


Graf 10: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 2010-2019; Praha



Pro všechny tři časové úseky pak vznikly dvě hodnoty – hodnota maxima a hodnota průměru. Na základě tohoto výběru, byl sestaven modelový kritický den. Zpoždění teplotního kmitu bylo uvažováno stejné jako v normovém kritickém dni, a to maximum teploty v 15:00, minimum ve 3:00. Veškeré kritické teploty byly naměřeny v měsících červnu až září. Nejčteněji se kritické hodnoty klouzavých průměrů nacházely v červenci, na rozdíl od normového kritického dne, který má představovat 21. srpen.

Výsledné kritické dny po zvolených časových úsecích jsou zobrazeny v Grafu 11. Porovnané jsou s hodnotami normového denního průběhu teplot.



Graf 11: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Praha

Z výsledků je patrný nárůst teplot převážně v posledních deseti letech. Podoba normového kritického dne téměř kopíruje data z let 1971-1999. Průměrná hodnota v těchto letech je dokonce o 0,2 °C nižší, a tak byly výpočty při návrhu v tomto období vždy na straně komfortu, což zaručovalo příznivější teploty v interiéru, než bylo vypočteno.

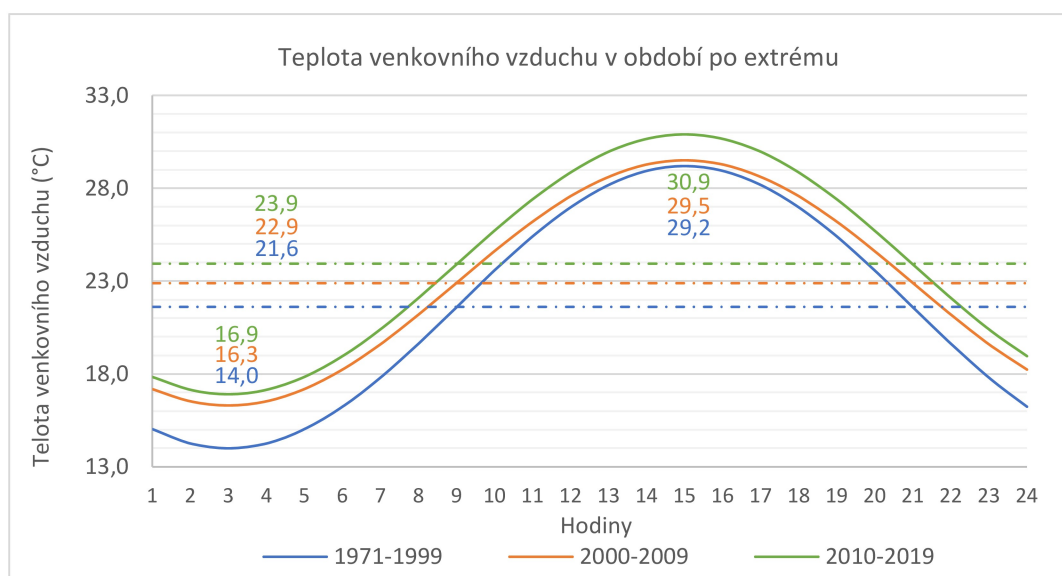
V dalších dvou časových úsecích můžeme vždy pozorovat teplotní nárůst. V letech 2000-2009 se maximum zvedlo o 0,5 °C od normového kritického dne, minimum o 0,9 °C. Průměrná hodnota se pak zvýšila z 23 °C na 23,5 °C. V posledních deseti letech je nárůst ještě markantnější, maximální teplota se navýšila dokonce o 2,4 °C, průměr pak o 2 °C. Z výsledků vyplývá, že pokud je v aktuálních výpočtech uvažováno s hodnotami kritického normového dne, reálné hodnoty naměřené v interiéru pak mohou být vyšší.



### 3.2 Teplota venkovního vzduchu v časovém období po velmi teplém období

Pro co nejpřesnější zobrazení reálné situace klimatických podmínek není důležité pouze období extrémních teplot, ale také období nadcházející. Byla tedy provedena analýza teplot, které nastávají po velmi teplém týdnu. Podrobněji byla vybrána data ze sedmi nadcházejících dní po vybraném maximálním dnu v předchozí analýze. Těchto sedm dní bylo vybráno v každém roce a následně zprůměrováno stejně jako v předchozím případě výběru. I tentokrát byla provedena analýza odchylek a roky, v kterých teplota vyčnívala o  $\pm 2$  °C, nebyly do průměru započítávány.

Na základě tohoto výběru byla vytvořena podoba typického dne, který charakterizuje období po extrému. Takový typický den byl opět vytvořen pro stejné tři časové úseky.



Graf 12: Teplota venkovního vzduchu v období po extrému; Praha

Z výsledků je patrné, že po období teplotních extrémů nenastává žádný výrazný teplotní skok. V letech 1971-1999 je teplotní rozdíl maxima od kritického dne pouze 0,8 °C. Minimum se liší o 2 °C, což může zásadně ovlivnit teplotu v interiéru vlivem nočního větrání. V letech 2000-2009 je rozdíl minimální. Nejvýznamnější období je pro nás 2010-2019, dochází tu k největšímu rozdílu od kritického dne. V maximu, o 1,5 °C, v minimu pak pouze o 0,7 °C.



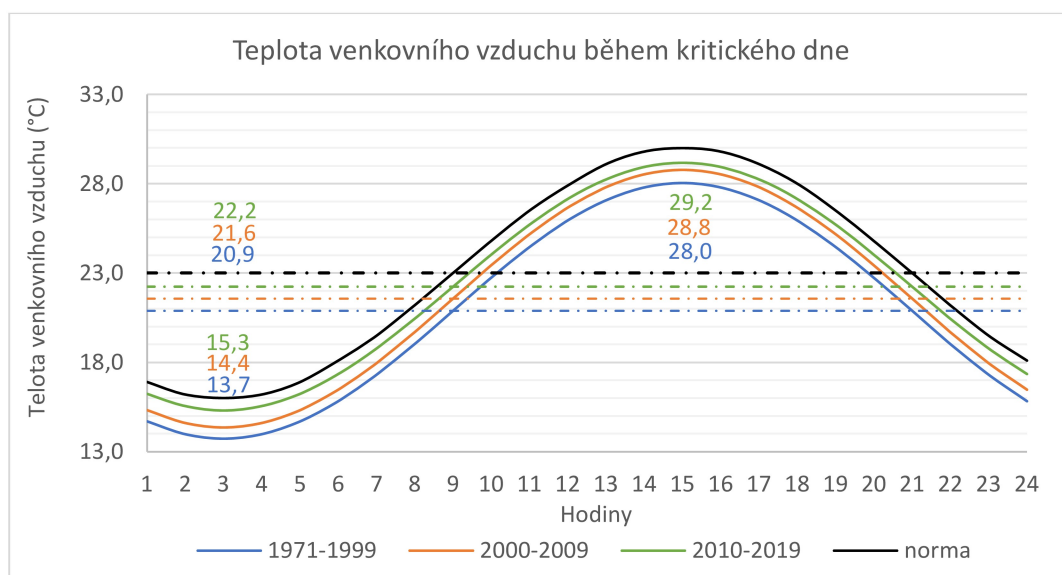


### 3.3 Vliv lokality na podobu kritického dne

Ačkoliv normový kritický den nezohledňuje polohu objektu, a venkovní výpočtovou teplotu udává stejnou pro veškeré lokality, reálné naměřené teploty v různých lokalitách se odlišují. Pro konkrétní představu byla stejným postupem jako v kapitole 3.1 zanalyzována klimatická data naměřená ve stejném období v Liberci a Přimdě. Podrobné grafy průměrných teplot za určitá období jsou v příloze.

#### 3.3.1 Liberec

Meteorologická stanice Liberec leží v nadmořské výšce 398 m, 50°46' zeměpisné šířky, 15°01' zeměpisné délky. Sněhová oblast je V. Výsledné průměrné hodnoty průměrných a maximálních teplot jsou znázorněny v grafech pro jednotlivá období. Z analýzy byly opět vyřazeny roky, kdy se teplota vychýlila od průměru o  $\pm 2$  °C.



Graf 13: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Liberec

Zaměříme-li se na výsledný kritický den, oproti Praze vidíme výrazný pokles teplot. Stejně jako v prvním případě, dochází během sledovaných období k oteplování. Teplotní nárůst mezi jednotlivými roky je obdobný jako ve výsledcích z Prahy Libuš, pouze poslední období není odskočeno v tak velkém intervalu.

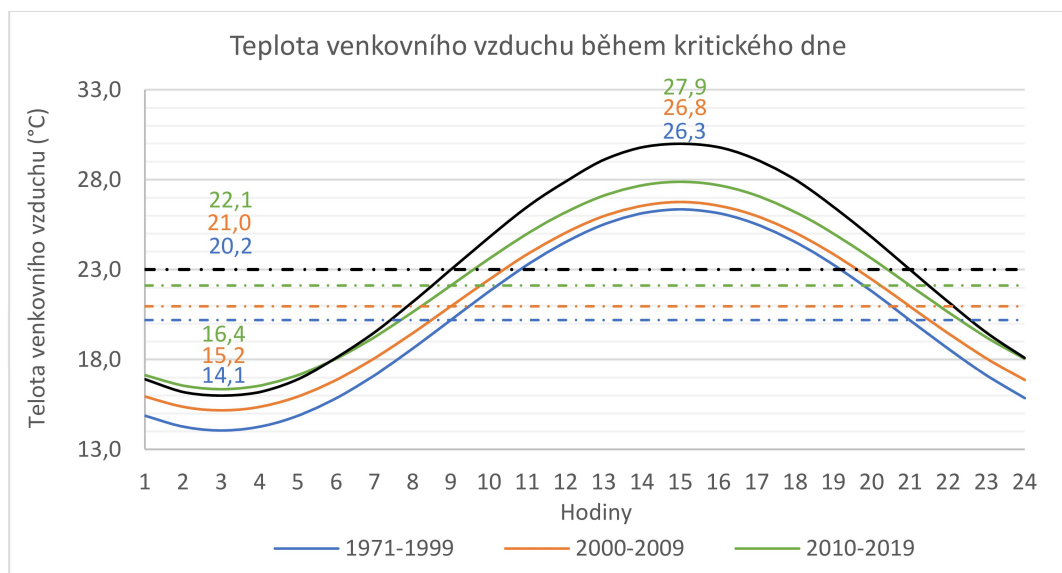




Získané teplotní průběhy jsou položeny o něco níže a naměřené teploty nedosahují normových hodnot v žádném z období. Rozdíl průměrných hodnot v letech 2010-2019 je mezi Prahou a Libercem 2,8 °C.

### 3.3.2 Přimda

Třetí vybranou lokalitou je Přimda ležící 49° 40' zeměpisné šířky, 12°41' zeměpisné délky, 743 m n. m., sněhová oblast je IV. Teploty byly vybrány stejným postupem jako v předchozích lokalitách. Výsledný kritický den byl sestaven bez teplotních odchylek  $\pm 2$  °C.



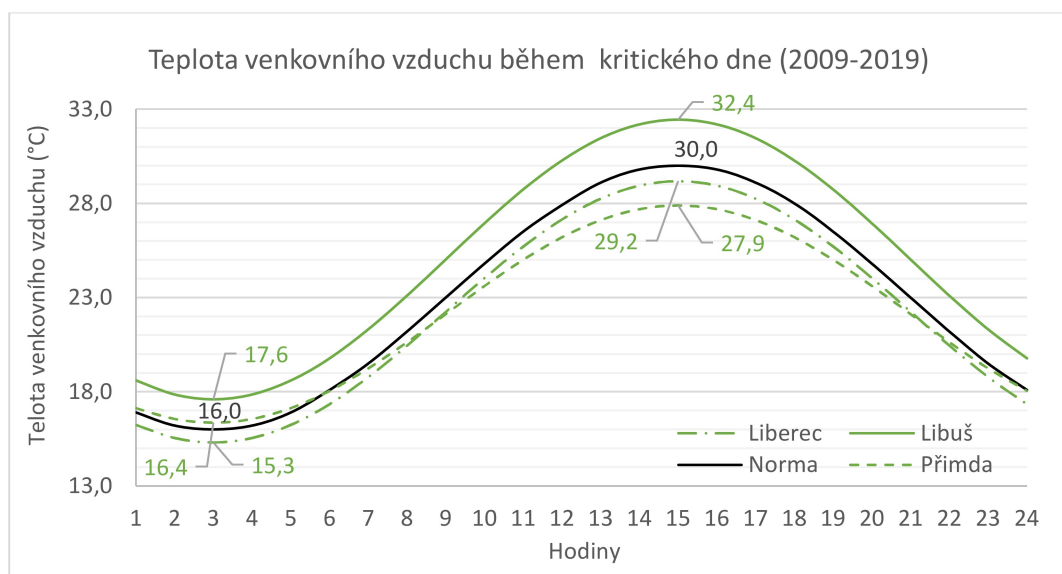
Graf 14: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Přimda

Výraznou změnou ve výsledném kritickém dni je zploštění celé křivky. Rozdíl mezi maximem a minimem kritického dne tvořil v lokalitách Praha a Liberec cca 13-15 °C. V Přimdě je tento rozdíl pouze 11,5 °C. Nedochází zde k tak velkým teplotním změnám během 24hodinové periody a tvar křivky se tak liší od normové křivky nejvíce ze všech posuzovaných lokalit. Maximum je v této lokalitě nejnižší ze všech třech zkoumaných. Minimum se naopak pohybuje mezi hodnotami Liberce a Prahy a přibližuje se tak nejvíce normě. Amplituda křivek je přibližně stejná ve všech třech časových úsecích.



### 3.4 Porovnání a doporučení

Ve výsledném porovnání všech třech zkoumaných lokalit, se zaměříme na kritické dny v nejmladším časovém úseku. Hodnoty z let 2009-2019 jsou pro dnešní navrhování pravděpodobně nejdůležitější informací.



Graf 15: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne 2009-2019

Jak již bylo popsáno u jednotlivých lokalit, křivka Prahy a Liberce kopíruje svojí amplitudou normovou křivku, zatímco křivka Přimdy je výrazně zploštělá. Denní rozdíly tak nejsou tolik vysoké. Když se zaměříme na rozdíly jednotlivých lokalit, křivky se zásadně liší. V minimu se výsledné hodnoty liší nejvíce o 2,3 °C, v maximu dokonce o 4,5 °C.

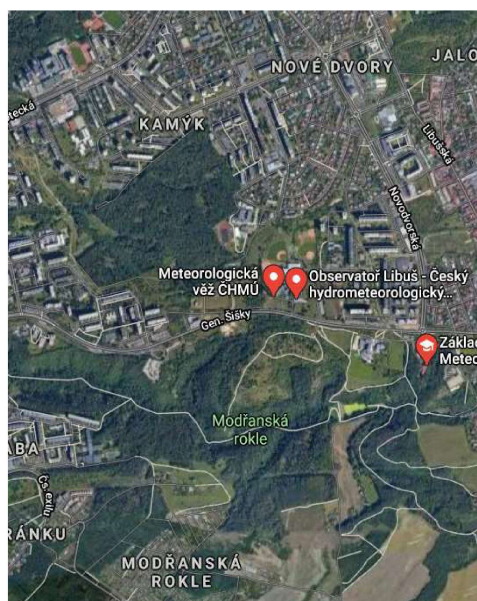
Pro výpočet teploty vnitřního vzduchu při posuzování letního přehřívání je teplota venkovního vzduchu zásadní. Rozdíl 4,5 °C tedy výrazně ovlivní návrh celého konceptu budovy a následných opatření proti přehřívání. Je důležité, do jaké lokality se daná budova navrhuje. Pokud se zaměříme na normový teplotní průběh, zdá se, že její hodnoty jsou přibližně uprostřed zkoumaných hodnot. Když bude budova umístěná v Praze navrhována na normovou teplotu, může se stát, že v letních extrémech bude docházet k přesáhnutí meze komfortu. Naopak u lokalit s vyšší nadmořskou výškou mohou být některá opatření vůči přehřívání nadbytečná a neekonomická.



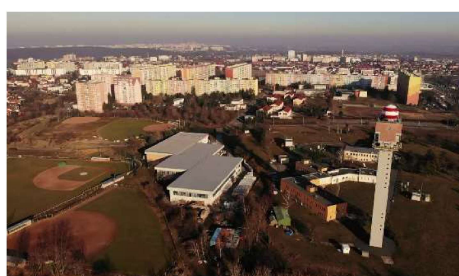
Teploty minimální nejsou pro jednotlivé lokality výrazně rozdílné. Dá se ale počítat s nočním větráním, či akumulací nočních nižších teplot do konstrukce a následné využití během extrémního dne. V případě dostatečně nízké noční teploty může dojít ke zchlazení vnitřního vzduchu natolik, že další přídatná opatření nejsou potřeba. Například v lokalitě Přimda, kdy je teplotní rozdíl menší, a zároveň teplota přes den nepřesahuje 30 °C, by opatření pro normový výpočet byla nadbytečná, a naopak mohla bránit získávání solárních zisků v zimním období.

Z výsledků analýzy klimatických podmínek je patrné, že lokalita navrhované budovy je pro návrh vnitřních podmínek objektu důležitá. Normová křivka by mohla mít několik podob na základě zvolené lokality. Křivky by mohly být rozděleny například dle nadmořské výšky a zároveň krajinné oblasti, ve které se budova nachází. Dalo by se tak ošetřit i riziko vysokých extrémů v tzv. městských tepelných ostrovech.

Pro následnou případovou studii bude pracováno s klimatickými daty pro zjištěné velmi teplé období v lokalitě Praha Libuš. Meteorologická stanice se nachází na kopci nedaleko Modřanské rokle. V bezprostředním okolí nedochází k husté zástavbě a nehrozí tak vliv zmiňovaného tepelného ostrova. Vzhledem k poloze stanice by tak použité hodnoty mohly simulovat situaci ve velké části mimo horských lokalit v České republice. [13] [14]



Obrázek 4: Mapa lokality



Obrázek 5; Obrázek 6: Fotografie okolí stanice Praha Libuš



## 4 Případová studie

### 4.1 Výběr objektu

Pro případovou studii byl zvolen rodinný dům s tepelně izolační kvalitou obálky pasivního domu. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům obdélníkového tvaru s klasickou sedlovou střechou. Vnitřní půdorysné rozměry objektu jsou 14 x 8,5 m.

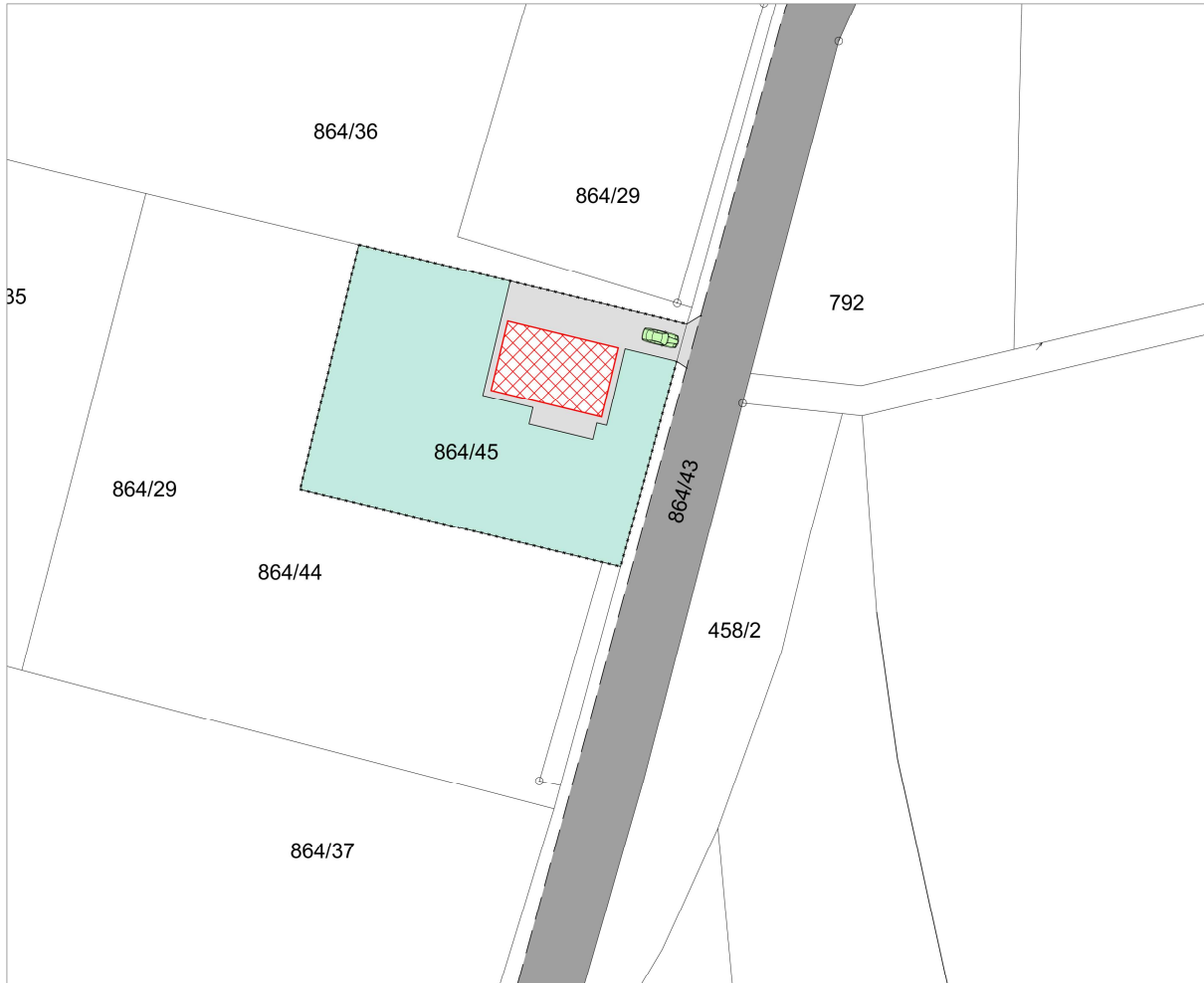
Rozmístění místností a velikost oken se řídí principy pasivního domu. [15] Na jižní a jihovýchodní straně se nachází největší prosklené plochy a pobytové místnosti. Naopak na straně severní se nachází malá okna, technické prostory a garáž. Přirozené stínění je zajištěno přesahy sedlové střechy. Na jižní straně je přesah výraznější a tvoří střechu terasy.



Obrázek 7, Obrázek 8: Vizualizace objektu [16]

Z vybraného rodinného domu bude posuzována místnost v 1NP, kde se nachází kuchyň a obývací pokoj. Místnost je orientovaná na jihovýchod, kam jsou také orientovány prosklené plochy. Kuchyňská linka s malým podlouhlým oknem je orientovaná severně.

SITUACE, M 1:500



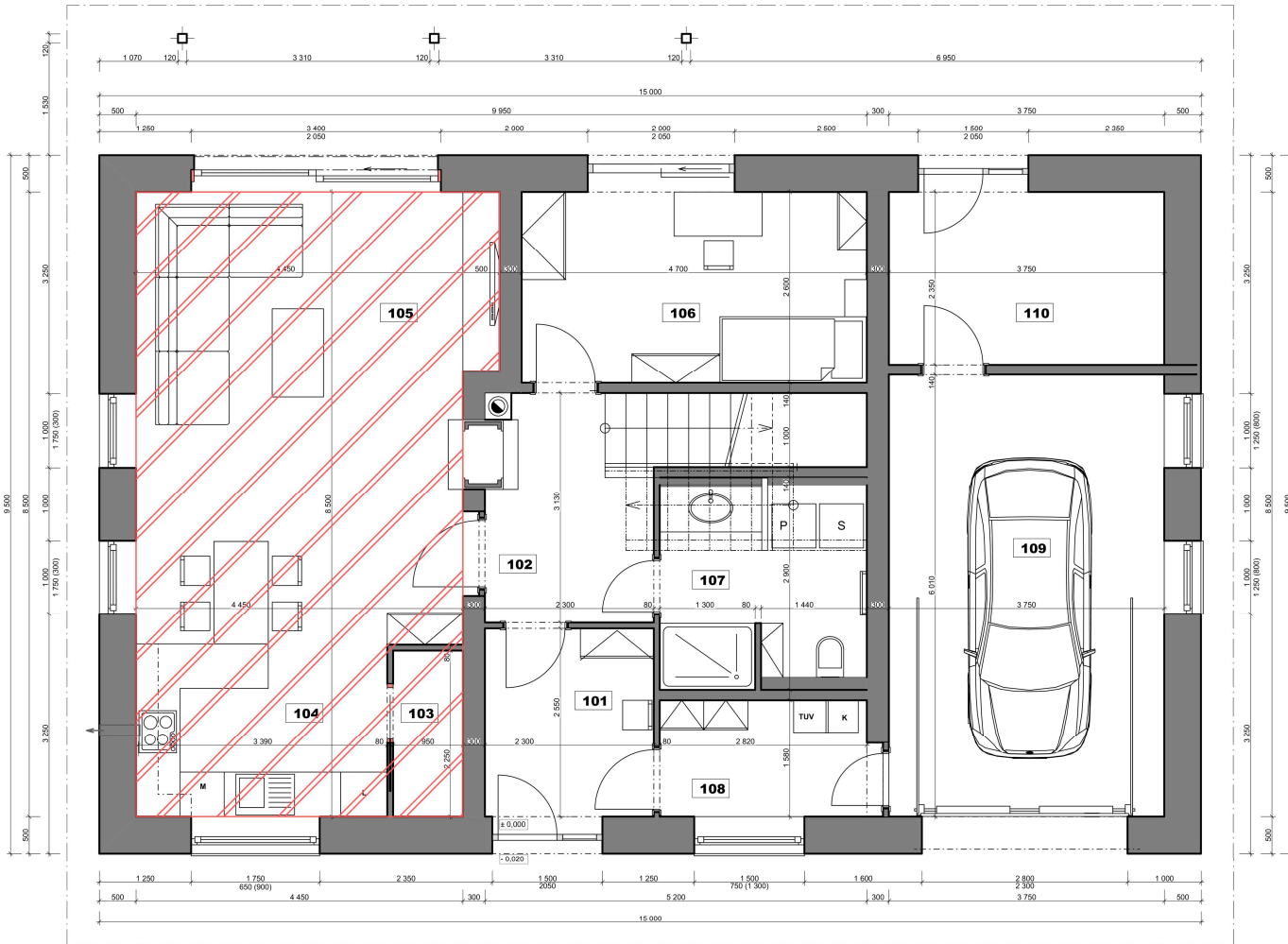
LEGENDA:

-  NAVRHOVANÁ NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU
-  NAVRHOVANÉ ZPEVNĚNÉ PLOCHY ZE ZÁMKOVÉ DLAŽBY
-  ZATRAVNĚNÁ ČÁST POZEMKU
-  NAVRHOVANÝ SJEZD NA KOMUNIKACI TR. III
-  STÁVAJÍCÍ VEŘEJNÁ ASFALTOVÁ SILNICE TR. III





# PŮDORYS 1.NP, M 1:50



## LEGENDA MÍSTNOSTI

ID	MÍSTNOST	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
101	Zároveň	6,17
102	Chodba	6,58
103	Špiž	2,14
104	Kuchyň	16,03
105	Obyvací pokoj	20,98
106	Pokoj	12,22
107	Koupeľna + WC	7,57
108	Technická miestnosť	4,84
109	Garáž	22,66
110	Sklad	9,17





## 4.2 Parametry místnosti

Místnost je obdélníková, její vnitřní rozměry jsou 8,5 m x 4,45 m. Výjimku tvoří výklenek v blízkosti komína o velikosti 2,6 m x 0,5 m. Celková vnitřní plocha místnosti je 39,1 m<sup>2</sup>. Obálka místnosti je tvořena třemi obvodovými stěnami sousedícími s exteriérem a podlahou na zemině. Jedna stěna a strop oddělují místnost od zbytku interiéru. Součástí místnosti je spíž, jejíž oddělovací konstrukce je ve výpočtu uvažována jako INT-INT tedy konstrukce zcela zanořené, oběma povrchy exponované, do uvažované zóny.

<b>Obvodová stěna</b> <b><math>U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b> <b>(36,7 m<sup>2</sup>)</b>	<i>Tloušťka</i> <i>vrstvy</i> <b><math>d \text{ [m]}</math></b>	<i>Součinitel tepelné</i> <i>vodivosti</i> <b><math>\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}</math></b>	<i>Měrná tepelná</i> <i>kapacita</i> <b><math>c \text{ [J/kgK]}</math></b>	<i>Objemová</i> <i>hmotnost</i> <b><math>\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}</math></b>
<i>Omítka Baumit jádrová</i>	0,015	0,83	790	2000
<i>Zdivo Porotherm 30 Profi</i>	0,3	0,18	1700	800
<i>Izolace Isover EPS Greywall</i>	0,16	0,033	1270	16
<i>Omítka Baumit Nanopor</i>	0,005	0,7	800	1800
<b>Vnitřní stěna (24,3 m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>d \text{ [m]}</math></b>	<b><math>\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}</math></b>	<b><math>c \text{ [J/kgK]}</math></b>	<b><math>\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}</math></b>
<i>Omítka Baumit jádrová</i>	0,015	0,83	790	2000
<i>Zdivo Porotherm 30 Profi</i>	0,3	0,18	800	800
<i>Omítka Baumit jádrová</i>	0,015	0,83	790	2000
<b>Příčka do spíže (8,4 m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>d \text{ [m]}</math></b>	<b><math>\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}</math></b>	<b><math>c \text{ [J/kgK]}</math></b>	<b><math>\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}</math></b>
<i>Omítka Baumit jádrová</i>	0,015	0,83	790	2000
<i>Zdivo Porotherm 8 Profi</i>	0,08	0,27	1020	
<i>Omítka Baumit jádrová</i>	0,015	0,83	790	2000
<b>Strop (39,1 m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>d \text{ [m]}</math></b>	<b><math>\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}</math></b>	<b><math>c \text{ [J/kgK]}</math></b>	<b><math>\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}</math></b>
<i>Vinyl s podložkou</i>	0,080	0,17	1400	1200
<i>Betonová mazanina</i>	0,062	1,3	1020	2200
<i>Systémová deska podlahové vyt.</i>	0,020	0,08	-	30
<i>PE folie</i>	-	-	-	-
<i>Kročejová izolace minerální vata</i>	0,040	0,043	840	140
<i>Předpjatý panel SPIROLL</i>	0,250	0,16	1150	600
<i>Vzduchová mezera</i>	0,1775	-	1010	1010
<i>SDK podhled</i>	0,0125	0,21	1060	1060



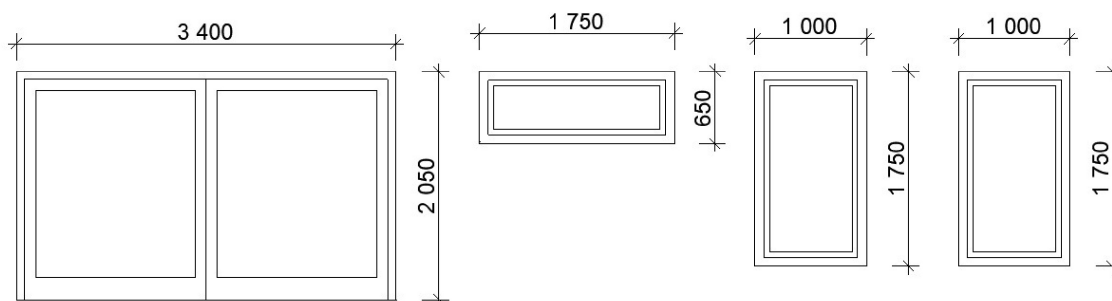
<b>Podlaha na zemině</b> <b><math>U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>	<i>Tloušťka vrstvy</i>	<i>Součinitel tepelné vodivosti</i>	<i>Měrná tepelná kapacita</i>	<i>Objemová hmotnost</i>
<i>(39,1 m<sup>2</sup>)</i>	<i>d [m]</i>	<i><math>\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}</math></i>	<i>c [J/kgK]</i>	<i><math>\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}</math></i>
Vinyl s podložkou	0,080	0,17	1400	1200
Betonová mazanina	0,064	1,3	1020	2200
Systémová deska podlahové vyt.	0,020	0,08	-	30
PE folie	-	-	-	-
Tepelná izolace EPS 150 S	0,100	0,035	1270	25
PE folie	-	-	-	-
Asfaltový pás 2x	0,008	0,21	1470	1400
Penetrační nátěr	-	-	-	-
Betonová mazanina + Kari síť	0,100	1,3	1020	2200
Hutněné drcené kamenivo	0,150	-	-	-
Rostlý terén	-	-	-	-

Tabulka 7: Tepelně technické vlastnosti stavebních prvků

Prosklené plochy se nachází ve všech třech obvodových stěnách místnosti. Největší okno je orientované na jih a slouží zároveň jako vstup na terasu. Dvě stejně velká okna se nachází symetricky ve štítové východní zdi. Poslední okno je orientované na sever, tudíž je ze všech prosklených ploch nejmenší, a slouží pouze pro přirozené osvětlení v kuchyni.

<b>Okna – trojsklo</b> <b>bez pokovení</b> <b><math>U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>	<i>Orientace</i>	<i>Celková plocha okna</i> <i><math>A_w \text{ [m}^2\text{]}</math></i>	<i>Plocha zasklení</i> <i><math>A_g \text{ [m}^2\text{]}</math></i>	<i>Propustnost sl. záření</i> <i><math>g \text{ [-]}</math></i>	<i>Účinná sběrná plocha</i> <i><math>A_{col} \text{ [m}^2\text{]}</math></i>
<i>Okno 1</i>	<i>JIH</i>	<i>6,97</i>	<i>4,8</i>	<i>0,7</i>	<i>3,36</i>
<i>Okno 2</i>	<i>SEVER</i>	<i>1,14</i>	<i>0,58</i>	<i>0,7</i>	<i>0,41</i>
<i>Okno 3</i>	<i>VÝCHOD</i>	<i>1,75</i>	<i>1,1</i>	<i>0,7</i>	<i>0,77</i>
<i>Okno 4</i>	<i>VÝCHOD</i>	<i>1,75</i>	<i>1,1</i>	<i>0,7</i>	<i>0,77</i>

Tabulka 8: Vlastnosti prosklených ploch posuzované místnosti



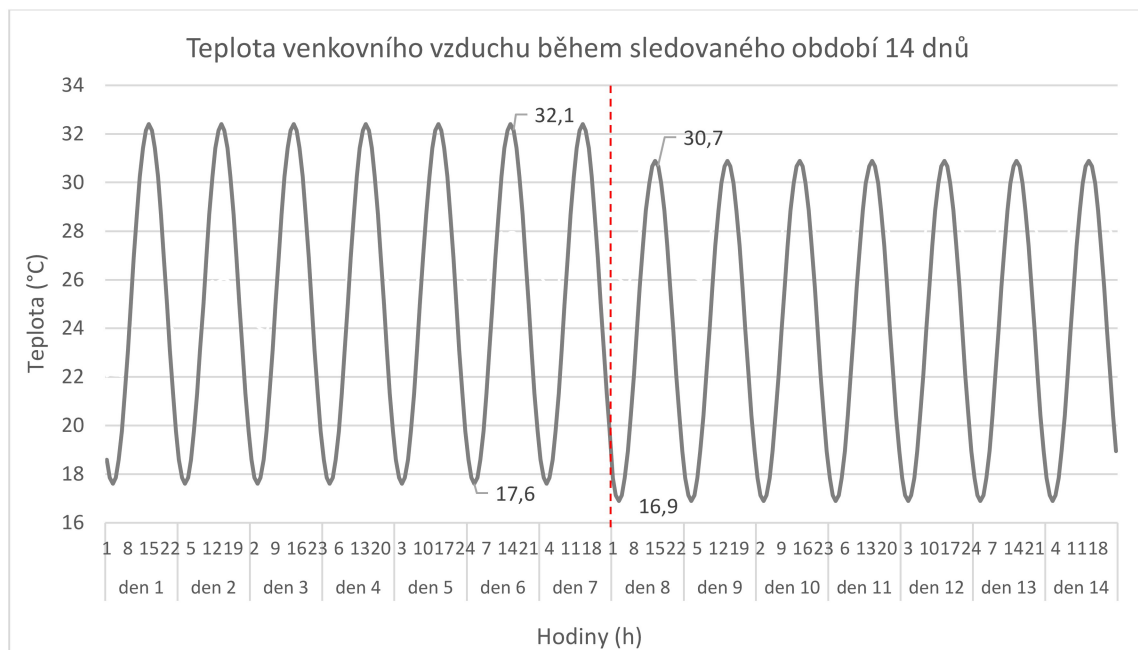
Obrázek 9: Zleva Okno 1, Okno 2, Okno 3, Okno 4





### 4.3 Časové profily veličin uvažované ve výpočtu

Výpočet teploty vnitřního vzduchu byl proveden pro časové období dlouhé 14 dní. První týden je teplota venkovního vzduchu nastavena na zjištěné hodnoty velmi teplého letního období v Praze Libuši (viz 3.1). Druhý týden teplota venkovního vzduchu odpovídá zjištěnému typickému období, které následuje po období velmi teplém (viz 3.2).



Graf 16: Průběh výpočtové venkovní teploty během sledovaného období 14 dnů

Počáteční výpočtová teplota vnitřního vzduchu je nastavena na 22 °C. Solární ozáření je pro všechny dny časového období uvažováno stejné. Hodinové hodnoty globálního solárního ozáření odpovídají jasnému dni 21. srpna. Násobnost větrání je dle národní přílohy Z1 k normě ČSN EN 15665 [17] nastavena na doporučenou hodnotu 0,5 h<sup>-1</sup>. Vnitřní tepelné zisky jsou zanedbány.

Mez komfortu je stanovena dle ČSN 73 0540-2. [1] Pro nevýrobní objekty je stanovena na 27 °C. U obytných budov je možné připustit překročení této hodnoty nejvýše o 2 °C nejvíce 2 hodiny v kuse během normového dne, pokud s tím stavebník souhlasí. Výše překročení teploty vnitřního vzduchu nad horní mez komfortního pásma je důležitým faktorem stejně jako doba, po kterou k překročení dochází.



## 4.4 Korekční činitele stínění

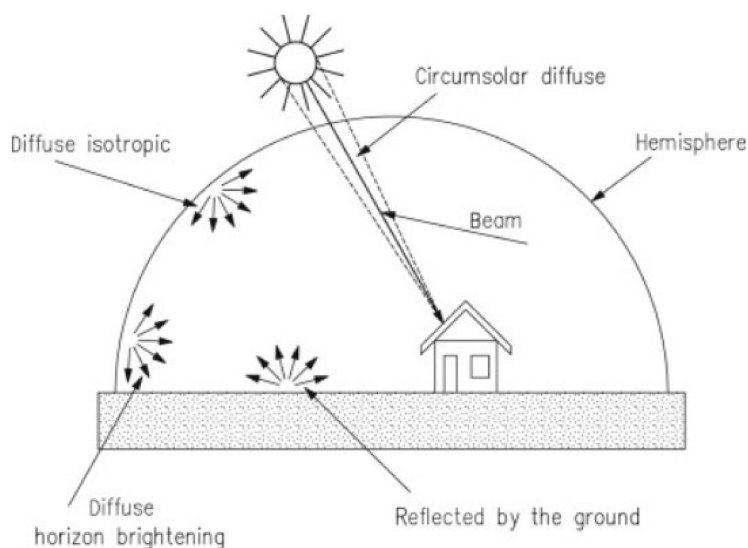
Pro hodinové výpočty teploty vnitřního vzduchu je potřeba stanovit hodinové hodnoty korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  [-]. Korekční činitel stínění slouží ve výpočtu k redukci dopadajícího slunečního záření na průsvitnou plochu v důsledku vnějšího stínícího prvku. Veličina je časově závislá a nabývá hodnot od 0 (plně stíněné) do 1 (nestíněné). [7]

Norma ČSN EN ISO 52016-1 [7] udává základní hodnoty korekčních činitelů pro typové příklady. Tyto hodnoty jsou určeny pro měsíční výpočtové postupy. Pro získání hodinových hodnot předepisuje norma postup výpočtu příslušného korekčního činitele.

### 4.4.1 Výpočtový model

Model pro výpočet pevného či pohyblivého stínění byl vytvořen Ing. Kamilem Staňkem, Ph.D. v programu Matlab. [18] Model vychází z pěti složek slunečního záření, viz

Obrázek 10. Obrázek 10: Složky slunečního záření dopadající na Zemi Konkrétně se jedná o složku přímého slunečního záření ( $G_{beam}$ ), složky difúzního záření – obzorová ( $H_{hor}$ ), izotropní ( $G_{iso}$ ) a při-sluneční ( $G_{cir}$ ), a složku difúzní odraženou ( $G_{ground}$ ). Jednotlivé složky pak dohromady dávají celkovou sluneční energii dopadající na svislou rovinu před posuzovanou plochu okna za časový krok výpočtu  $Q_s$  [Wh/h].



Obrázek 10: Složky slunečního záření dopadající na Zemi [19]



Posuzovaná plocha okna je rozdělena na trojúhelníkové plochy. Ve všech trojúhelníkových plochách je pro každý časový krok výpočtu vypočteno množství solárních tepelných zisků všech složek slunečního záření, které na ně přes dané stínící objekty dopadá. Součet všech těchto zisků ze všech trojúhelníkových ploch pak udává celkový solární tepelný zisk dopadající na svislou plochu s vlivem stínících překážek  $Q_{sh}$  [W]. Výsledný činitel stínění na danou zasklenou plochu  $F_{sh}$  [-] se rovná podílu celkových solárních tepelných zisků dopadajících skrz stínící překážky  $Q_{sh}$  [Wh/h] ku celkovým solárním tepelným ziskům dopadajících na svislou rovinu před posuzovanou plochu okna  $Q_s$  [W].

$$F_{sh}(t) = \frac{Q_{sh}(t)}{Q_s(t)} [-]$$

#### 4.4.2 Posuzované zasklené plochy

Ve výpočetním modelu byla nastavena geometrie všech oken v posuzované místnosti.

- **Okno 1**

orientace: jih

šířka: 3,4 m

výška: 2,05 m

výška parapetu: 0 m

hloubka ostění: 0,2 m

šířka rámu v ostění: 0,173 m

šířka rámu v prahu: 0,2 m

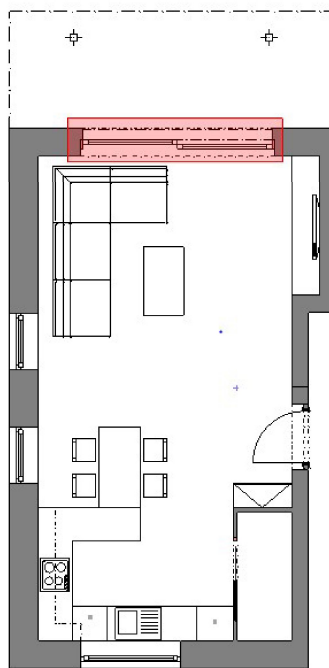
předsazení rámu: 0,04 m

žaluziový kastlík: zapuštěn ve fasádě

počet lamel: 20

šířka lamel: 0,103 m

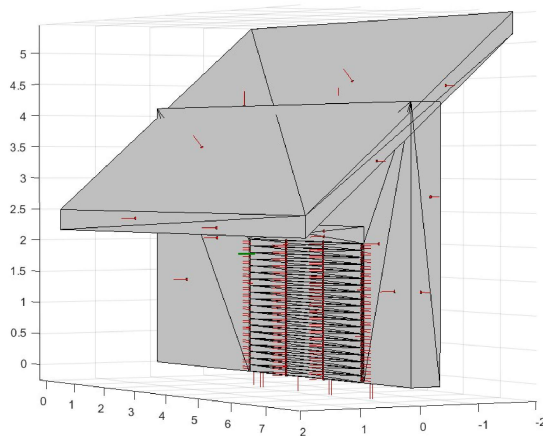
přesah střechy: 2,0 m; sklon 40 °



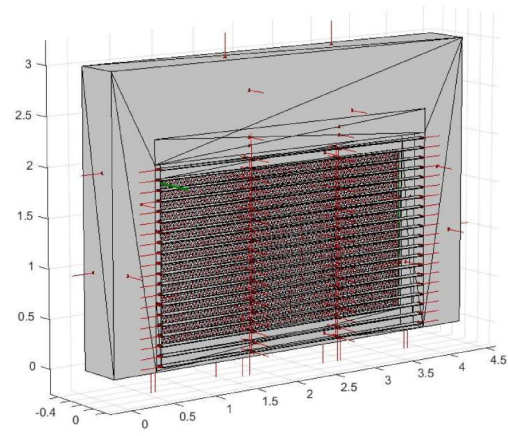
Obrázek 11: Zobrazení Okna 1 v půdorysu



Obrázek 12: 3D vizualizace Okna 1



Obrázek 13: Geometrie okna 1 s přesahem střechy



Obrázek 14: Geometrie okna 1 bez přesahu střechy

#### Varianty stínění:

1. Stínění pouze ostěním a rámem okna
2. Stínění ostěním a rámem okna + přesahem střechy
3. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 0°
4. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 45°
5. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 90°
6. Stínění ostěním a rámem okna + přesah střechy + žaluzie 0°
7. Stínění ostěním a rámem okna + přesah střechy + žaluzie 45°
8. Stínění ostěním a rámem okna + přesah střechy + žaluzie 90°



- **Okno 2**

orientace: sever

šířka: 1,75 m

výška: 0,65 m

výška parapetu: 0,9 m

hloubka ostění: 0,2 m

šířka rámu: 0,13 m

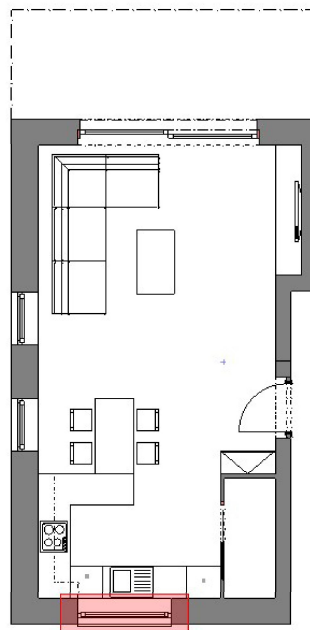
předsazení rámu: 0,03 m

žaluziový kastlík: zapařtěn ve fasádě

počet lamel: 5

šířka lamel: 0,13 m

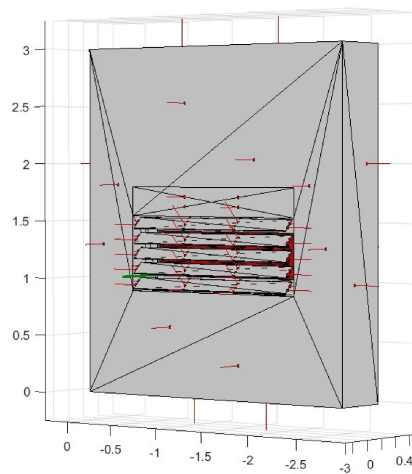
přesah střechy: zanedbán



Obrázek 15: Okno 2 vyznačené v půdorysu



Obrázek 16: 3D vizualizace Okna 2



Obrázek 17: Geometrie okna 2

Varianty stínění:

1. Stínění pouze ostěním a rámem okna
2. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 0°
3. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 45°
4. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 90°



- **Okno 3,4**

orientace: východ

šířka: 1,0 m

výška: 1,75 m

výška parapetu: 0,3 m

hloubka ostění: 0,2 m

šířka rámu v ostění: 0,13 m

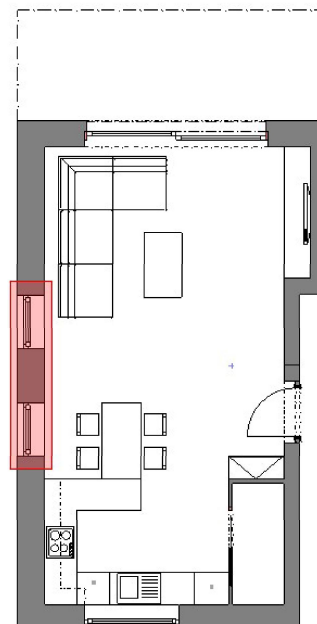
předsazení rámu: 0,03 m

žaluziový kastlík: zapařčen ve fasádě

počet lamel: 15

šířka lamel: 0,12 m

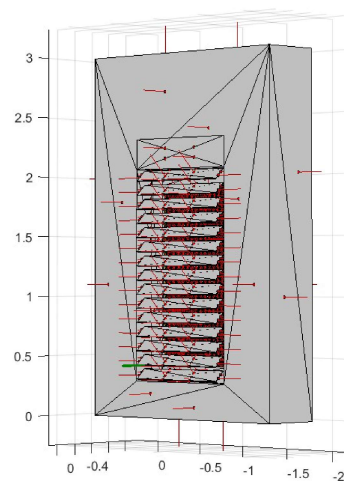
přesah střechy: zanedbán



Obrázek 18: Okno 3,4 vyznačené v půdorysu



Obrázek 19: 3D vizualizace Okna 3 a 4



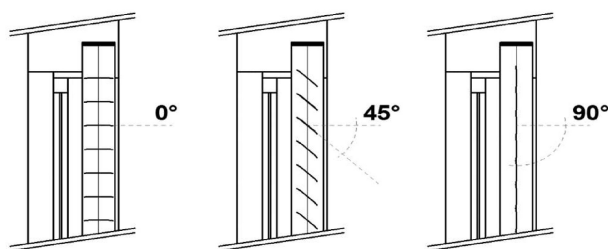
Obrázek 20: Geometrie okna 3 a 4

Varianty stínění:

1. Stínění pouze ostěním a rámem okna
2. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 0°
3. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 45°
4. Stínění ostěním a rámem okna + žaluzie 90°



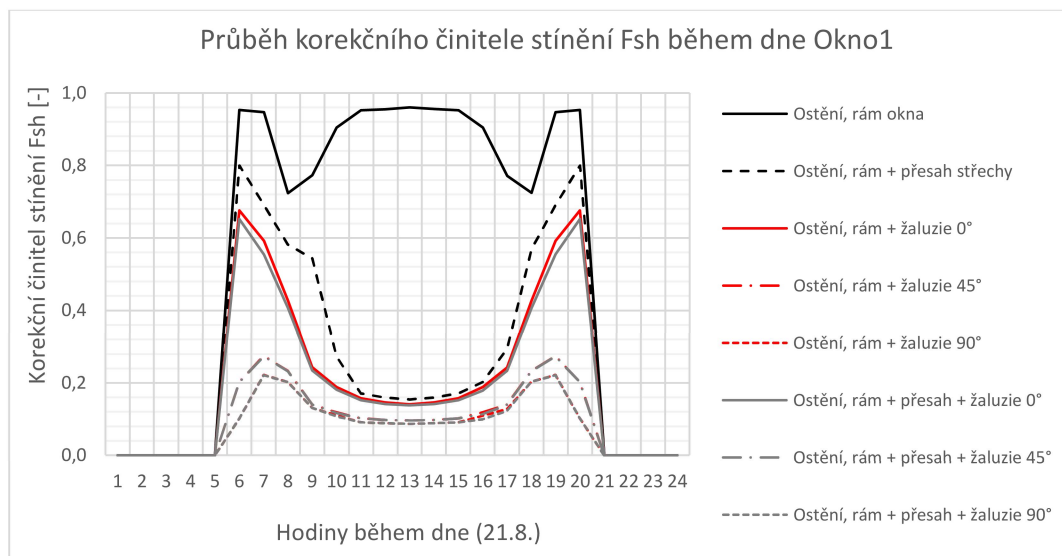
- Polohy žaluzií



Obrázek 21: Polohy žaluzií

#### 4.4.3 Vypočtené hodnoty korekčních činitelů stínění

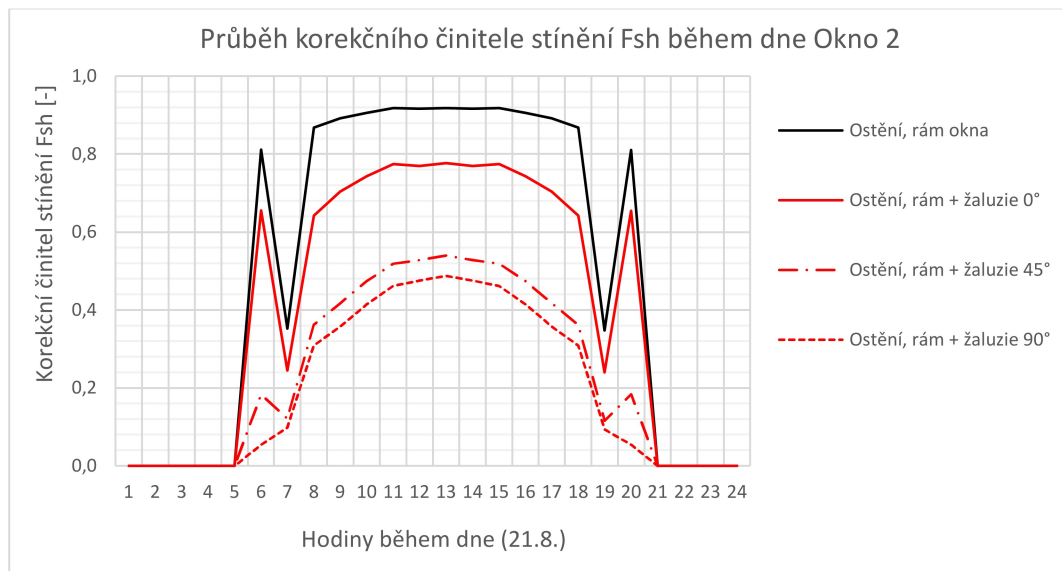
V grafech (Graf 17, Graf 18, Graf 19) jsou znázorněny hodnoty korekčního činitele stínění během 21. srpna na všech oknech posuzované místnosti. U žádného z oken nedochází k příliš významnému stínění vlastním rámem či hloubkou ostění. Korekční činitel se tak vlivem vlastní geometrie okna pohybuje v rozmezí 0,8-1. Nižší hodnoty v časných ranních a pozdních odpoledních hodinách jsou pravděpodobně způsobeny polohou letního slunce na obloze, kdy nedochází k záření přímou složkou na posuzovanou plochu. Významným stínícím prvkem je u jižního okna přesah střechy, který dokáže přes poledne snížit hodnoty až pod 0,2. Pro snížení ranních a večerních hodnot, kdy nejsou sluneční paprsky tak vysoko, účinně fungují žaluzie zavřené pod sklonem 45° a 90°.

Graf 17: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 1

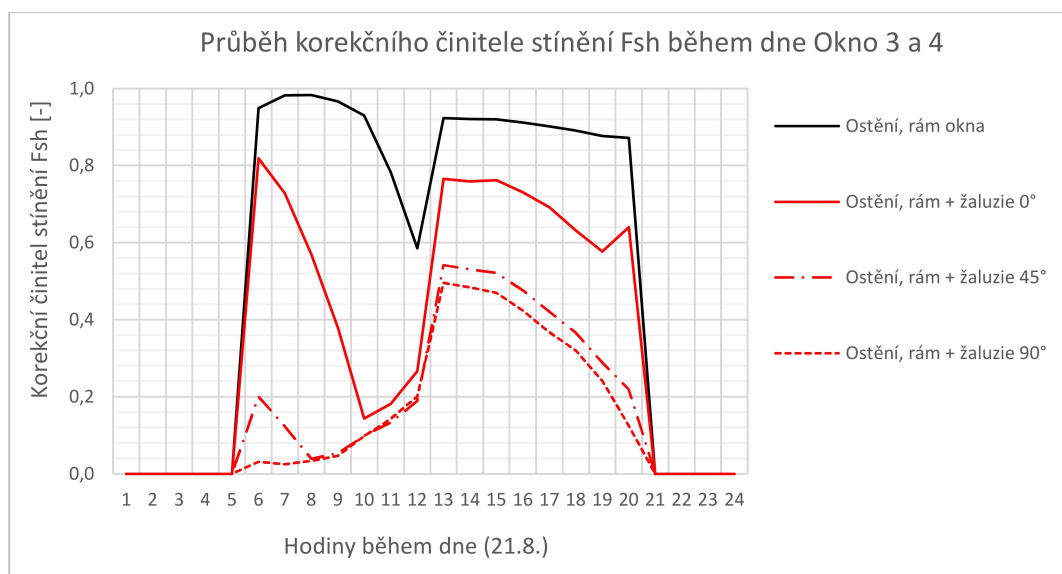




Pro východní a severní okna nebyly počítány korekční činitele stínění s přesahem střechy. Přesah střechy je na těchto stranách zanedbatelný. I v tomto případě platí, že nejvyšší účinnost stínění má použití žaluzií pod úhlem  $45^\circ$  a  $90^\circ$ . Při naklopení žaluzií pod nulovým sklonem není efekt stínění příliš výrazný, neboť se východní sluneční paprsky pohybují přibližně ve stejné horizontální rovině jako žaluzie.



Graf 18: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 2



Graf 19: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 3 a 4





## 4.5 Uvažované varianty výpočtu

---

Z teoretického výkladu a odvození (viz 2.1) je zřejmé, že hlavními parametry ovlivňující teplotu vnitřního vzduchu v dané místnosti za daných klimatických podmínek, je stínění, větrání a geometrie prosklených ploch. Tyto tři parametry budou do výpočtu zavedeny ve variantách tak, aby se dala sledovat velikost účinnosti daného opatření.

### 4.5.1 Výchozí varianta místnosti

Ve výchozí variantě je počítána teplota vnitřního vzduchu modelové místnosti dle počátečních parametrů uvedených v kapitole 4.2 a 4.3. Stínění bylo uvažováno pouze rámem, ostěním a geometrií okna. Pevný přesah střechy není zohledněn.

### 4.5.2 Varianty stínění

- **Varianta 1 – jižní přesah střechy**

Varianta 1 zohledňuje ve výpočtu jižní pevný přesah střechy.

- **Varianta 2 – žaluzie jih 0°**

Ve variantě 2 jsou použity venkovní žaluzie na jižní okno pod nulovým sklonem.

- **Varianta 3 – žaluzie jih 45°**

Žaluzie na jižní straně ve variantě 3 jsou zataženy pod úhlem 45°.

- **Varianta 4 – žaluzie jih 90°**

Ve variantě 4 dojde k úplnému zavření venkovních jižních žaluzií (90°).

- **Varianta 5 – jižní přesah střechy + žaluzie jih 0°**

Ve variantě 5 je zohledněn jižní přesah střechy i jižní žaluzie pod nulovým sklonem.



- **Varianta 6 – jižní přesah střechy + žaluzie jih 45°**

Ve variantě 6 jsou žaluzie staženy do polohy 45°, přesah střechy zůstává.

- **Varianta 7 – jižní přesah střechy + žaluzie jih 90°**

Ve variantě 7 dojde k úplnému zavření venkovních jižních žaluzií (90°) spolu s přesahem.

- **Varianta 8 – žaluzie jih i východ 0°**

Varianta 8 uvažuje žaluzie na jižních a východních oknech, bez sklopení, úhel 0°.

- **Varianta 9 – žaluzie jih i východ 45°**

Ve variantě 9 jsou sklopeny jižní a východní žaluzie pod úhlem 45°.

- **Varianta 10 – žaluzie jih i východ 90°**

Varianta 10 uvažuje úplné sklopení jižních a východních žaluzií v místnosti (90°).

- **Varianta 11 – všechny žaluzie 0°**

Varianta 11 uvažuje stažené žaluzie na všech oknech, nedochází ke sklopení, úhel 0°.

- **Varianta 12 – všechny žaluzie 45°**

Ve variantě 12 jsou sklopeny veškeré žaluzie pod úhlem 45°.

- **Varianta 13 – všechny žaluzie 90°**

Varianta 13 uvažuje úplné sklopení veškerých žaluzií v místnosti (90°).



### 4.5.3 Varianty větrání

- **Varianta 1 – zvýšená násobnost větrání**

Ve variantě 1 dojde ke zvýšené násobnosti větrání na  $1 \text{ h}^{-1}$  (konstantní celý den).

- **Varianta 2 – noční větrání**

Ve variantě 2 je aktivováno noční větrání, pro reálný případ modelové místnosti lze větrat pouze okny 2,3 a 4. HS portál se vstupem na zahradu bude uzavřený. Větrání bude umožněno pouze v poloze „ventilační“. Výměna vzduchu v noci (21:00 – 6:00) se uvažuje hodnotou  $3,3 \text{ h}^{-1}$ .

- **Varianta 3 – maximální intenzita větrání**

Ve variantě 3 je uvažována max. výměna vzduchu  $3,3 \text{ h}^{-1}$  (konstantní hodnota celý den).

### 4.5.4 Varianty geometrie oken

- **Varianta 1 – zmenšení oken východ**

Ve variantě 1 je zmenšená plocha oken na východ na  $2 \times 1,25 \times 1 \text{ m}$ .

- **Varianta 2 – zmenšení HS portálu (jižního vstupu na terasu)**

Ve variantě 2 je zmenšený jižní vstup na terasu na  $2 \times 2,05 \text{ m}$  (z původních  $3,4 \times 2,05 \text{ m}$ ). Východní okna mají zpět svoji původní velikost ( $2 \times 1,75 \times 1 \text{ m}$ ).



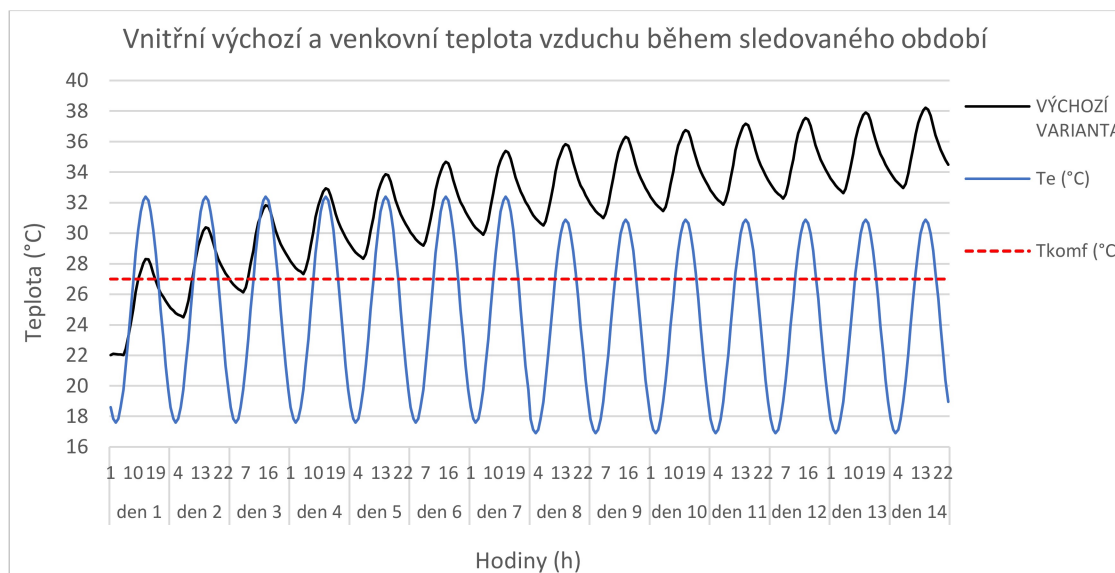
## 4.6 Teplota vnitřního vzduchu pro základní varianty

### 4.6.1 Výchozí varianta

V Grafu 20 je znázorněna teplota vnitřního vzduchu v posuzované místnosti během sledovaného časového období. Počáteční teplota je 22 °C. Po době 14 dnů vystoupá až na maximum 38,2 °C. Tato teplota není pravděpodobně konečná, neboť průběh se během sledovaného období nedostal do kvazi ustáleného stavu. Prudký nárůst zaznamenáváme první 4 dny, ovšem i poté stoupá maximální teplota přibližně o 0,5 °C za den. K překročení meze komfortu dojde hned první den sledovaného období v odpoledních hodinách. Den čtvrtý je již teplota vnitřního vzduchu nad mezí komfortu nepřetržitě celý den.

Z vypočteného průběhu je také patrné, že období po velmi teplém týdnu, které je o něco chladnější, nemá žádný významný vliv na snížení teploty vnitřního vzduchu. Pokles teploty venkovního vzduchu by musel být patrně vyšší, aby se v interiéru projevil snížením teploty. Je možné zaznamenat pomalejší mezi denní nárůst, ovšem na ten může mít vliv také akumulace tepla v místnosti a postupné ustálení průměrné teploty během sledované doby.

Přestože návrh splňuje požadavky norem pro kvalitu obálky budovy, větrání, či požadavky na osvětlení, jsou nutná nějaká další opatření pro udržení tepelného komfortu během velmi teplého období.

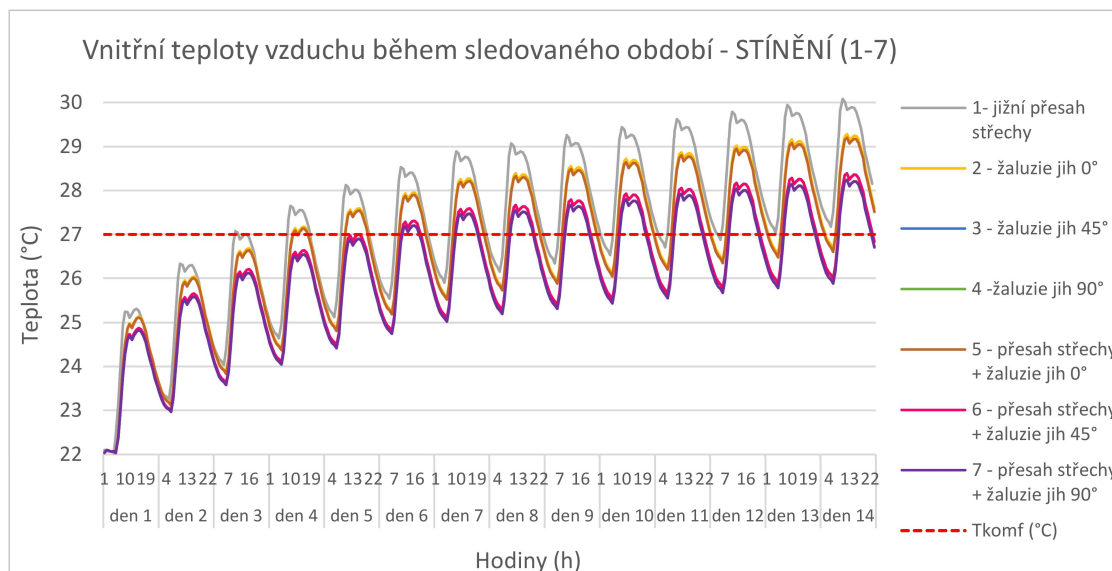


Graf 20: Porovnání teploty venkovního a vnitřního vzduchu výchozí varianty místnosti



#### 4.6.2 Vliv stínění

V Grafu 21 se nejprve zaměříme na varianty 1-7. Tyto varianty se zabývají stínicími opatřeními použitými na jižní straně objektu.



Graf 21: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněná stíněním jižní strany objektu (varianty 1-7)

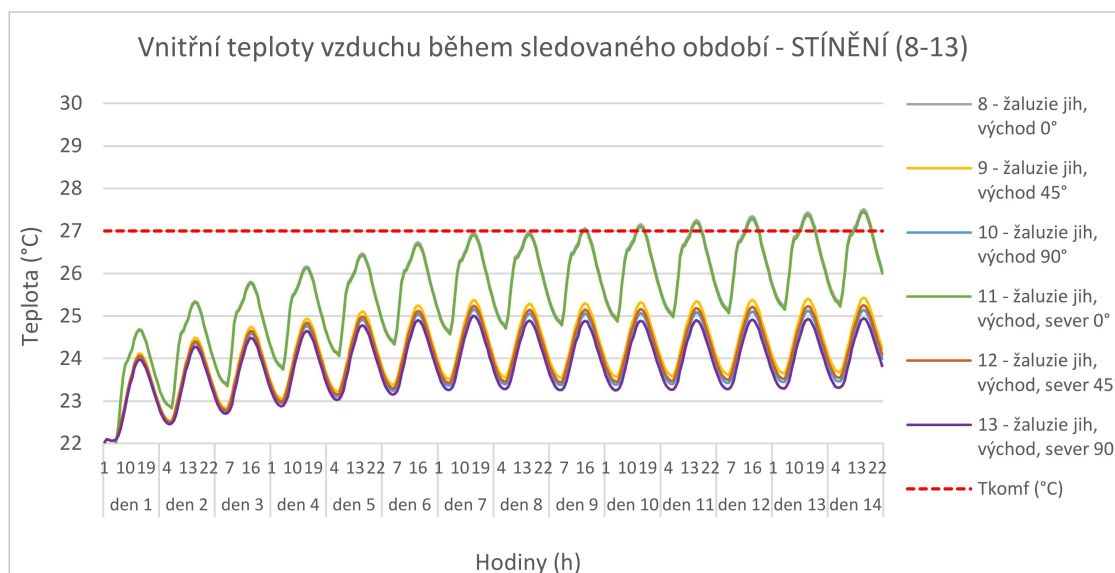
Z teplotních průběhů je patrné, že varianty jsou rozčleněny do třech podobných skupin. Varianta 1, jejíž průběh je teplotně nejvýše, představuje průběh teploty vnitřního vzduchu při stínění pouze pevným přesahem střechy. Při této variantě došlo k výraznému snížení maxima oproti výchozí variantě, a to konkrétně o 8 °C.

Varianty 2,3 a 4 zobrazují průběhy teploty při stínění pouze žaluziemi, jednotlivé změny teplot jsou způsobeny natočením žaluzií vůči vodorovné poloze. Ve variantách 5,6,7 je ke stínění žaluziemi přidán přesah střechou, odlišnost tvoří opět vliv natočení žaluzií. Z průběhů je patrné, že vliv přesahu střechy při kombinaci se žaluziemi je minimální. Varianty se stejným natočením žaluzií se po celou dobu sledování překrývají a přidání přesahu střechy nezvyšuje účinnost stínění. Kombinace pevného a pohyblivého stínění je v tomto případě bez účinku a jedná se o zbytečnou ekonomickou zátěž.



Při použití venkovních žaluzií klesne oproti variantě pevného stínění maximální teplota o další 1-2 °C. Důležitý vliv má natočení stažených žaluzií. V případě, kdy jsou žaluzie ve vodorovné poloze, není stínění příliš efektivní. Maximální teplota je 29,3 °C, což je v porovnání s maximem 30,1 °C u varianty 1 téměř zanedbatelný rozdíl. Výraznější pokles na maximální teplotu 28,4 °C respektive 28,2 °C pozorujeme u variant 3 a 4 kdy, dochází k natočení o 45° respektive 90°.

Přestože dochází díky jižnímu stínění k výraznému poklesu vnitřních teplot, pouhé stínění jižní strany není dostačující pro splnění meze komfortu. Ve čtvrtý, resp. pátý den sledovaného období začne docházet k překračování meze komfortu v denních hodinách. Ke konci sledovaného období je teplota vnitřního vzduchu nad mezí komfortu většinu dne.

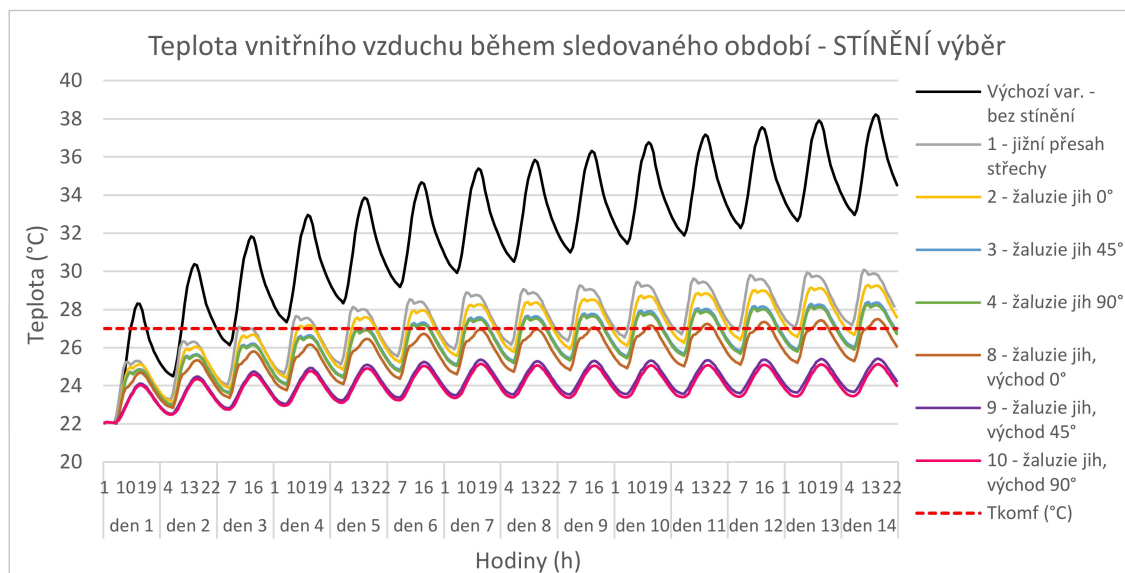


Graf 22: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněna stíněním (varianty 8-13)

V Grafu 22 se zaměříme na varianty 8-13, kdy dojde ke stínění východní a následně i severní strany. Přidání žaluzií na východní okna je významným zlepšením. Varianta 8, kdy jsou žaluzie v nesklopené poloze, se pohybuje na hraně maxima kolem 27 °C. Sklopení žaluzií na 45°, případně jejich úplné zavření, pak sníží teplotu do velmi příjemných denních maximálních hodnot okolo 25 °C. Ve variantách 11-13 jsou žaluzie umístěny i na okna severní, ve všech třech případech ale můžeme pozorovat minimální odlišnost od variant 8-10. Zavedení žaluzií na severní okna nemá zásadní vliv na vnitřní teplotu vzduchu.



Pro přehlednější pohled na vliv jednotlivých opatření jsou v následujícím grafu (Graf 23) zobrazeny pouze vybrané funkční varianty. Jedná se o variantu 1 – pevný přesah, varianty jižních žaluzií ve všech polohách (2,3,4) a varianty žaluzií v kombinaci jih a východ ve všech třech polohách (8,9,10).



Graf 23: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněná stíněním (výběr variant)

Kromě snížení maximální teploty vnitřního vzduchu je další změnou, při porovnání s výchozí variantou místnosti, velikost denní amplitudy. Kvůli zamezení přímému vniku slunečního záření skrz prosklené plochy nedochází k tak vysokému ohřívání místnosti během dne a kolísání teploty vnitřního vzduchu je utlumeno.

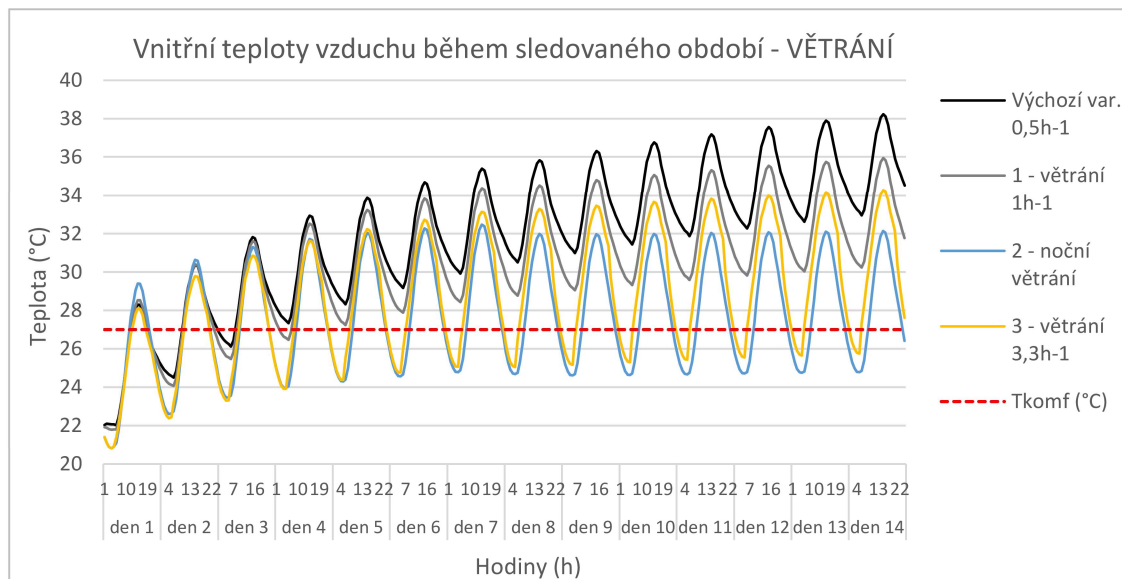
U částečně stíněných variant se teplota navyšuje a během sledovaného období nedochází ke kvazi ustálenému stavu. Stejně jako u výchozí varianty ani tady nemá snížení teploty venkovního vzduchu od poloviny období výrazný vliv na teplotu vnitřního vzduchu. V případě výrazně stíněných variant (9,10), můžeme pozorovat stagnaci denních průměrných hodnot přibližně od poloviny období. Dokonce mezi sedmým a osmým dnem, kdy dojde ke změně venkovních podmínek, dochází k malému snížení denní maximální teploty. U variant, kdy dochází k zamezení vniku přímého slunečního záření, tak můžeme pozorovat pozitivní vliv na teplotu vnitřního vzduchu vlivem snížení venkovní teploty.





### 4.6.3 Vliv větrání

Graf 24 zobrazuje vliv odlišného větrání od výchozí varianty.



Graf 24: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období v závislosti na změně větrání

V první variantě zůstává větrání neměnné po celých 24 hodin cyklu, pouze se z půlnásobné hodinové výměny zvýší na jednonásobnou. Denní průměrná teplota i denní maximální hodnota v posledním sledovaném dni jsou od výchozí varianty přibližně o 2,3 °C nižší. I přesto teplota vnitřního vzduchu překračuje mez komfortu.

V druhé variantě je uvažováno noční větrání od 21:00 do 6:00. Vzhledem k faktu, že se místnost nachází v přízemí a je za potřebí uvažovat ochrana majetku, byla výměna vzduchu uvažována pouze vyklopením okna a to hodnotou 3,3 h<sup>-1</sup>. Maximální teplota vnitřního vzduchu na konci období poklesne přibližně o další stupeň a půl, a to na hodnotu 34,3 °C. Důležité ale je, že poslední tři dny tato maximální teplota téměř stagnuje a nedochází k výrazným nárůstům.

Asi největší změnou při použití nočního větrání je zvýšená denní amplituda teploty. Z původních 4-5 °C se navýšila přibližně na 8,5 °C. Díky tomu dokáže teplota v noci klesnout pod mez komfortu a částečně tak snížit denní nápor teplot způsobených slunečním zářením.





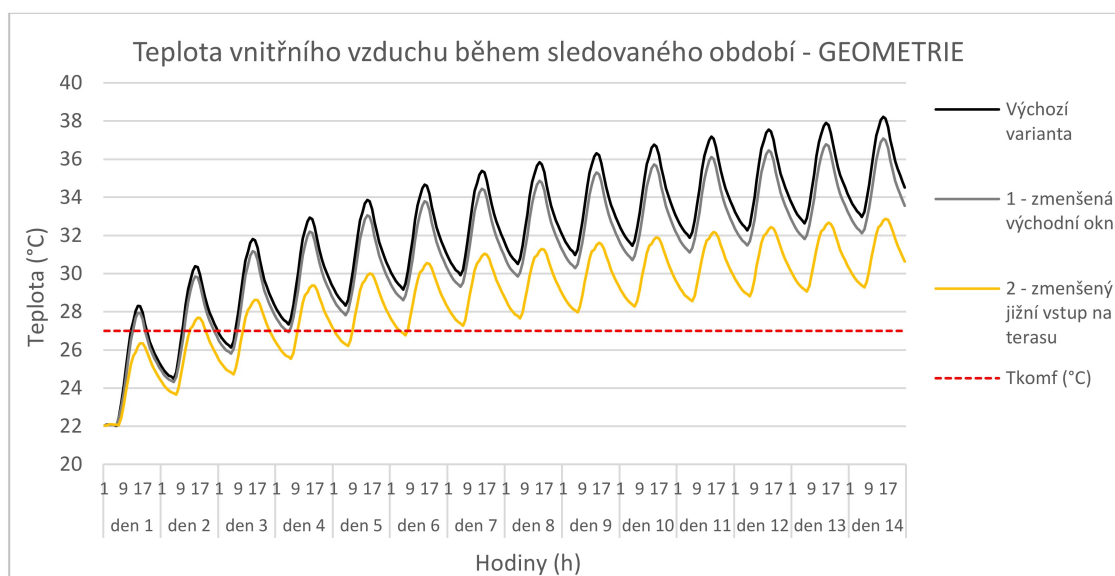
Ve variantě tři dochází ke zvýšené intenzitě  $3,3 \text{ h}^{-1}$  celých 24 hodin. Amplituda teplot se sníží oproti variantě 2 jen nepatrně a stále dochází k využití nočního zchlazení místnosti. Výraznou změnu v průběhu můžeme pozorovat v denní době, kdy po celou druhou polovinu období maximální teplota roste jen minimálně a pohybuje se kolem hranice  $32 \text{ }^\circ\text{C}$ . Naopak minimum se v noci dostává na příznivých  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Poprvé ve variantách větrání můžeme spatřit i reakci na změnu venkovní teploty v polovině období. Mezi sedmým a osmým dnem dojde k poklesu křivky o  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  a zpět už se na maximum po dobu sledování nedostane.

Pouhé zvýšení intenzity či změna rozvržení intenzity větrání během dne ke snížení vnitřní teploty vzduchu pod mez komfortu nestačí. V kombinaci s jiným opatřením však může díky výraznému snížení teplot v nočních hodinách efektivně snížit teplotu vnitřního vzduchu v místnosti.



#### 4.6.4 Změna geometrie prosklených ploch

Geometrie prosklených ploch musí být rozhodnuta již v průběhu návrhu budovy. Na rozdíl od pohyblivého stínění a větrání ji nelze jednoduše změnit dodatečně. Je logické uvažovat se zmenšením velikosti jižních a východních okenní otvorů, neboť jsou vystavovány přímému solárnímu záření podstatně výrazněji než okno severní. Zvoleny byly pouze dvě varianty, a to zmenšení oken na východní straně objektu a zmenšení jižního vstupu na terasu. U obou variant pravděpodobně nedošlo ke snížení velikosti prosklených ploch natolik, aby nebyly splněny požadavky pro denní osvětlení posuzované místnosti (viz 4.5.4).



Graf 25: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období vlivem změny geometrie prosklených ploch

Změna velikosti oken na východní fasádě vede ke snížení maximálních teplot přibližně o jeden stupeň v porovnání s výchozí variantou. Nárůst teplot i amplituda jsou přibližně stejné jako u varianty výchozí. Mez komfortu je překročena hned první posuzovaný den a samotné zmenšení východní geometrie bez žádných dalších úprav nemá zásadní vliv.

V případě snížení plochy vstupu na jižní terasu dochází k výraznějšímu poklesu teploty vnitřního vzduchu. Nutno zdůraznit, že velikost východních oken je v této variantě opět výchozí, tedy 1 x 1,75 m. Denní maximum je od výchozí varianty o 6 °C níže. Výrazně se zmenšila i teplotní amplituda, ovšem mezi denní nárůst zůstává přibližně stejný. Mez komfortu je v tomto případě překročena druhý den, a ode dne pátého je teplota vyšší než 27 °C celý den.



## 4.7 Teplota vnitřního vzduchu pro vzájemné kombinace variant stínění, větrání a geometrie prosklených ploch

V dalším zkoumání jsou vytvořeny kombinace jednotlivých vlivů. Z výpočtů byly vyřazeny varianty, jejichž použití by znemožňovalo běžné užívání místnosti. Příkladem je úplné natočení žaluzií do polohy 90°, kdy by v místnosti nebyla dodržena požadovaná kvalita denního osvětlení, nebo varianty, jejichž použití nemělo významný teplotní vliv.

Finálně bylo k výchozí variantě vybráno 5 variant stínění. Tyto varianty byly vždy rozšířeny o 4 možné varianty větrání. Stejný postup byl použit i u dvou dalších variant změny geometrie. Celkem se jedná o  $6 \times 4 \times 3 = 72$  variant.

V následujících grafech je znázorněna maximální teplota vnitřního vzduchu v posuzované místnosti v pěti vybraných variantách stínění v závislosti na intenzitě větrání.

Jednotlivé varianty stínění byly rozděleny dle barvy

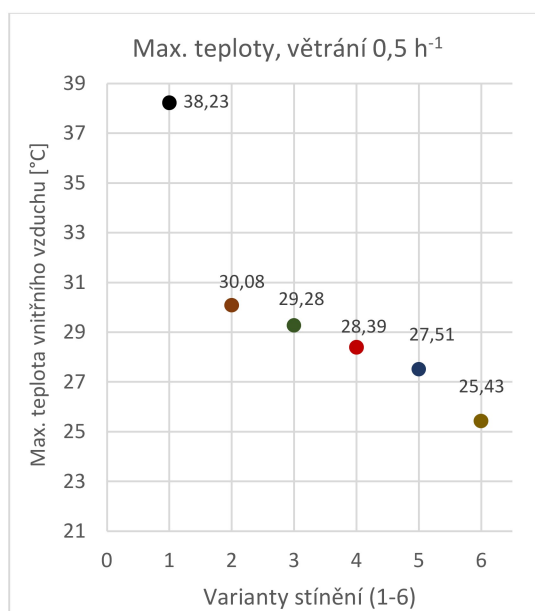
- Varianta 1: ČERNÁ – Výchozí varianta bez stínění (stínění pouze rámem a ostěním).
- Varianta 2: HNĚDÁ – Varianta pevného stínění jižním přesahem střechy.
- Varianta 3: ZELENÁ – Varianta stínění jižního okna žaluziemi pod nulovým sklonem.
- Varianta 4: ČERVENÁ – Varianta stínění jižního okna žaluziemi se sklonem 45°.
- Varianta 5: MODRÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 0°.
- Varianta 6: ŽLUTÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 45°.



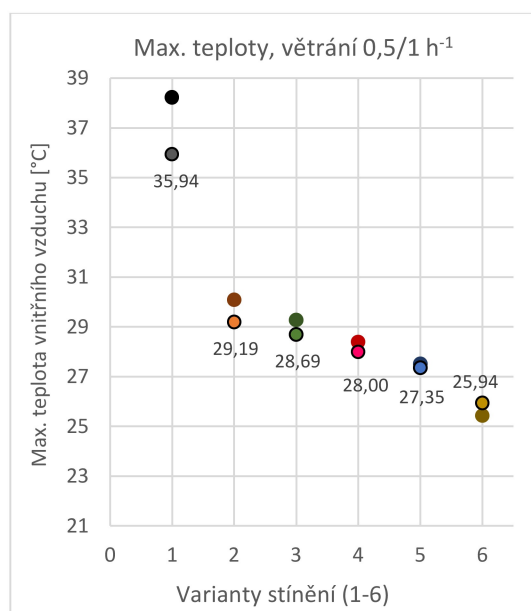
#### 4.7.1 Maximální teplota vnitřního vzduchu při původní geometrii oken

V prvním kroku jsou zobrazeny denní maximální teploty vnitřního vzduchu při ponechání původní geometrie zasklených ploch místnosti.

Jak již bylo znázorněno v dílčích teplotních průbězích při aplikování stínění, jednotlivé varianty snižují maximální teplotu z nepříznivých výchozích 38,2 °C. Při nejúčinnější variantě stínění se denní maximum snížilo až na hodnotu 25,4 °C. To vše při konstantní intenzitě větrání 0,5 h<sup>-1</sup>. Pod mez komfortu 27 °C se dostala pouze poslední varianta, kdy je stíněná východní i jižní strana žaluziemi pod sklonem 45°. (Graf 26)



Graf 26: Max. teploty vnitřního vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>



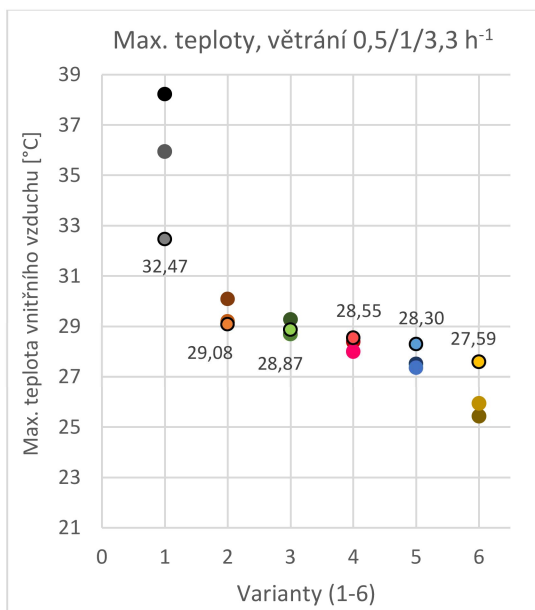
Graf 27: Max. teplota vnitřního vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>/1 h<sup>-1</sup>

V Grafu 27 vidíme, co se stane s denním maximem teploty vnitřního vzduchu v případě zvýšení na jednonásobnou intenzitu větrání. Ve výchozí variantě dojde k výraznému snížení teploty. Dochází zde ke zvýšení přívodu vzduchu o výrazně nižší teplotě, než je teplota uvnitř místnosti, a tak je vliv větrání zásadní. Každou další variantou stínění, se rozdíl mezi teplotami s 0,5 h<sup>-1</sup> a 1 h<sup>-1</sup> výměnou vzduchu snižuje. Čím více se blíží teplota vzduchu v interiéru teplotě venkovního vzduchu, tím nižší je efekt ochlazení. V případě modré varianty, kdy jsou stažené jižní i východní žaluzie pod nulovým natočením, je maximální teplota obou případů větrání téměř totožná.

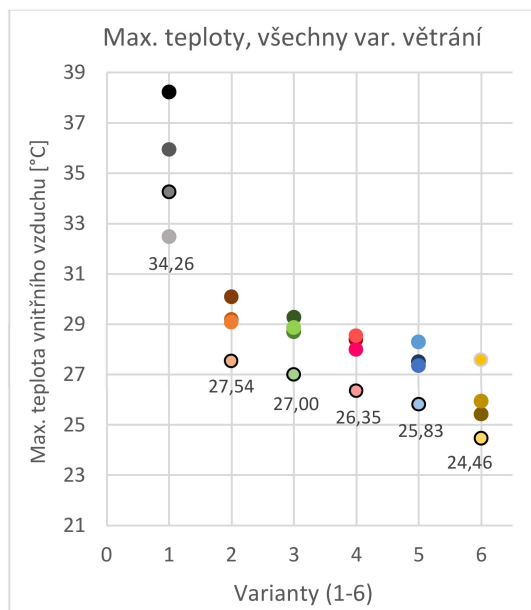


Při největším účinku stínění (var. 6) má zvýšená intenzita větrání negativní vliv. Denní maximum teploty vnitřního vzduchu je větráním zvýšeno o víc jak půl stupně Celsia. Není tedy pravidlem, že zvýšení intenzity větrání povede ke snížení teploty vnitřního vzduchu.

V případě varianty maximálního celodenního větrání  $3,3 \text{ h}^{-1}$  (viz Graf 28) dojde k nechtěnému účinku zvyšování teploty vnitřního vzduchu přiváděným teplým venkovním vzduchem již ve čtvrté variantě. Pozitivní vliv má takto vysoká konstantní intenzita větrání pouze u výchozí varianty, kdy není místnost nijak stíněna a teploty jsou výrazně nad  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Graf 28: Max. teplota vzduchu při větrání  $0,5/1/3,3 \text{ h}^{-1}$



Graf 29: Max. teplota vzduchu při veškerém větrání

Graf 29 zobrazuje, mimo předchozí varianty, variantu nočního větrání (21:00-6:00). Tato varianta využívá zvýšené intenzity v nočních hodinách, kdy je teplota venkovního vzduchu nízká. V denní době, kdy je teplota venkovního vzduchu nepříznivá, je větrání minimální ( $0,5 \text{ h}^{-1}$ ). Díky této kombinaci dochází k ochlazování vnitřního vzduchu v nočních hodinách, což má posléze dopad na denní maximum. Pod mez komfortu se dostaly všechny varianty kromě výchozí varianty. Účinné noční větrání snižuje potřebu stínění. Například stínění jižně orientovaných oken venkovními pohyblivými žaluziemi spolu s nočním větráním (var. 3,4) bylo dostatečné k udržení denní maximální teploty vnitřního vzduchu pod horní mezí komfortu a patrně není potřeba instalovat žaluzie na východně orientovaná okna.

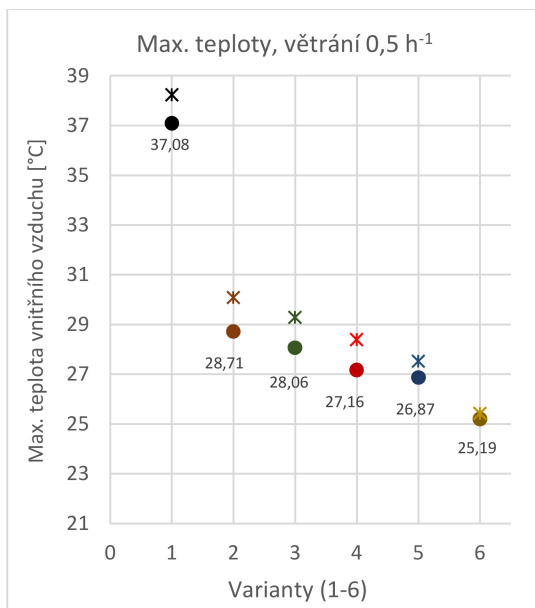


#### 4.7.2 Maximální teplota vnitřního vzduchu po zmenšení východních oken

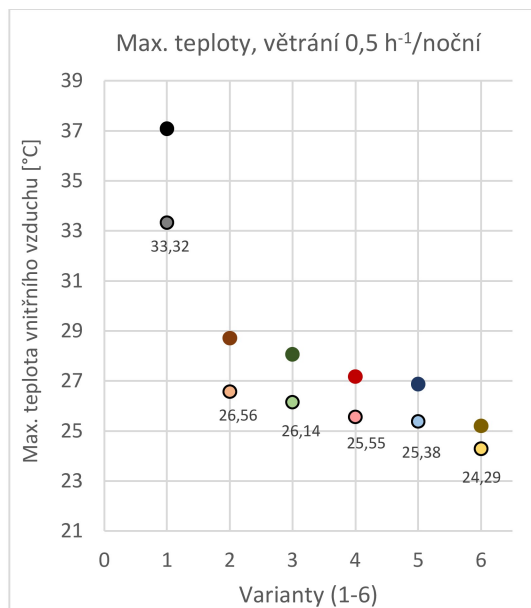
V následujících grafech (Graf 30, Graf 31) jsou znázorněny denní maximální teploty vnitřního vzduchu v místnosti, kde došlo ke zmenšení východních oken. Zobrazeno je již pouze výchozí větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$  a větrání noční.

Oproti původní variantě geometrie oken (Graf 26 - promítnuto do Grafu 30 hvězdičkou), dojde při zmenšení východních oken k poklesu jednotlivých teplot. U varianty výchozí, dojde k poklesu maxima o  $1,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . U varianty poslední o  $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . U všech variant má zmenšení východně orientovaných oken pozitivní vliv na teplotu vnitřního vzduchu.

Díky této změně, je při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$  možná již třetí varianta, kdy jsou žaluzie pouze na jižních oknech. Není tedy úplně nutná investice do stínění prosklených východních ploch, jako tomu bylo u geometrie původní.



Graf 30: Max. teplota vzduchu při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$



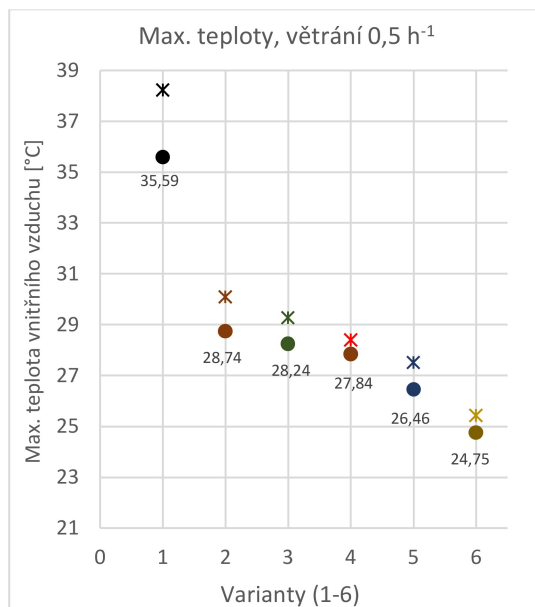
Graf 31: Max. teplota vzduchu při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$ /noční

Při aktivování nočního větrání (Graf 31) dojde opět k výraznému poklesu teplot. Pod hranici meze komfortu se dostaneme se všemi variantami stínění. Bez použití žaluzií, pouze s jižním přesahem střechy dostaneme maximální teplotu  $26,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Je to poprvé, kdy se obejdeme bez stínění žaluziemi. Při úplném zastínění jižních a východních prosklených ploch pod sklonem žaluzií  $45^\circ$ , se dostaneme dokonce na maximální teplotu  $24,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

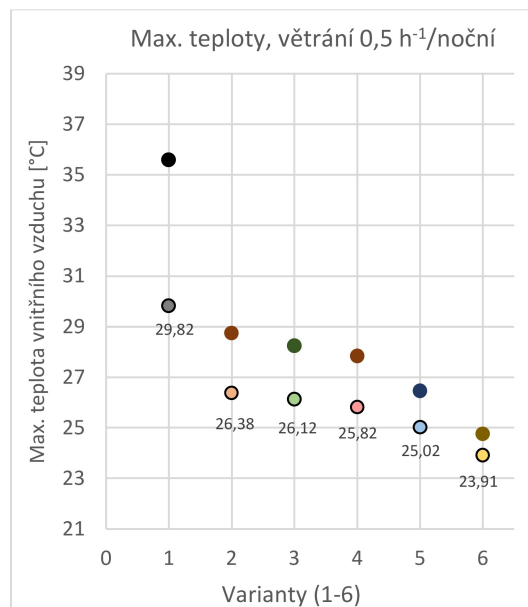


### 4.7.3 Maximální teplota vnitřního vzduchu po zmenšení jižního okna

Poslední variantou je změna geometrie jižního vstupu na terasu. Dojde ke zmenšení šířky vstupu z 3,4 m na 2 m. Východní okna zůstanou neměnná od výchozí varianty. I tentokrát je zobrazena varianta normového větrání a varianta větrání nočního. V Grafu 32 jsou pak opět hvězdičkou označeny teploty výchozí geometrie.



Graf 32: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>



Graf 33: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>/noční

V této variantě geometrie nestačí uvažovat pouze jižní stínění. Východní okna mají svoji původní velikost, a je proto nutné je i při normovém větrání 0,5 h<sup>-1</sup> stínit. Pod mezí komfortu je tedy až varianta 5 a 6, kdy jsou stíněná jižní i východní okna pod sklonem žaluzie 45° a 90°.

Při aktivaci nočního větrání (Graf 33) opět klesne teplota pod 27 °C u všech stíněných variant. I tentokrát je dostačující stínit přesahem střechy a nepoužívat venkovní žaluzie. Maximální teplota je v takovém případě 26,4 °C. Oproti původní geometrii, tak obě změny geometrie oken nabízí možnost návrhu bez venkovních žaluzií.

V této variantě geometrie zároveň dosahujeme nejnižší možné maximální teploty vnitřního vzduchu ze všech posuzovaných kombinací. Při zmenšení jižního okna na šířku 2 m, stínění jižních i východních prosklených ploch žaluziemi o sklonu 45° a nočním větráním, dostaneme teplotu 23,9°C.



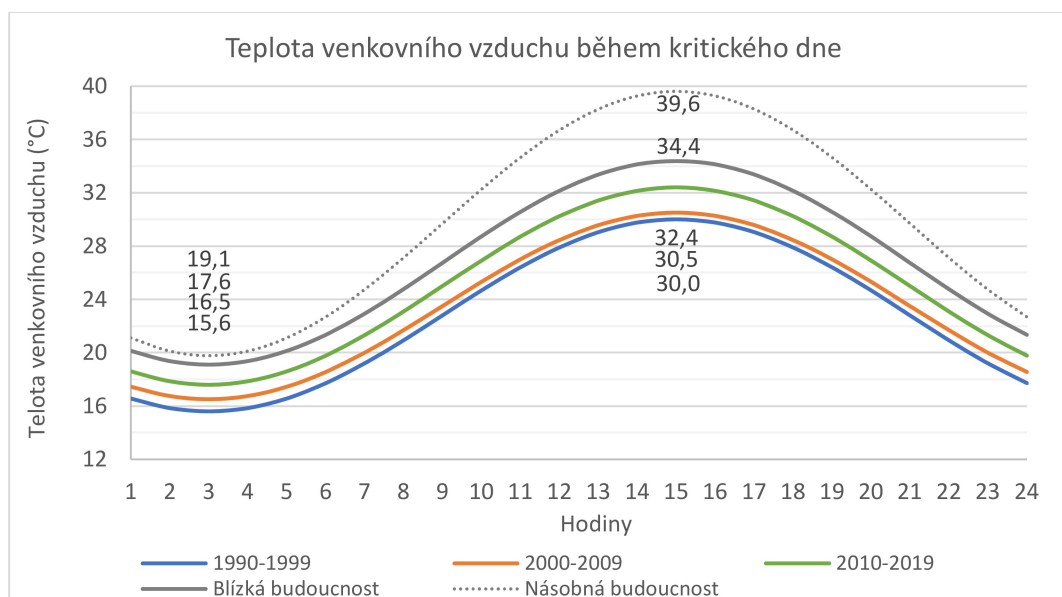


## 4.8 Předpokládaná teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti

V kapitole 3 byl proveden statistický rozbor teploty venkovního vzduchu za posledních 50 let, díky kterému došlo k výběru charakteristického kritického dne pro velmi teplé období v nedávné minulosti. Zajímavý pohled na data lze získat náhledem do možné blízké budoucnosti.

V Grafu 34 je znázorněn vývoj kritického dne ve třech desetiletých obdobích od roku 1990 po rok 2019. Patrný je nárůst teploty, který ovšem není lineární, ale naopak se zdá, že rychlost oteplování narůstá. Pokud bychom v takovém zrychlujícím se trendu pokračovali do blízké budoucnosti, tak bychom dostali kritický den s maximální teplotou 39,6 °C. Do blízké budoucnosti bohužel nevidíme a nevíme, zda by byla taková prognóza reálná. Proto budeme pracovat s teplotním průběhem, který subjektivně považujeme pro blízkou budoucnost jako pravděpodobnější.

Ve výsledném průběhu je použit přibližně stejný teplotní rozdíl jako mezi obdobími 2000-2009 a 2010-2019. Oproti předchozímu období je průběh navýšen o 2 °C v maximu a o 1,5 °C v minimu. Stejným způsobem byl navýšen i průběh teplot v období po extrému.

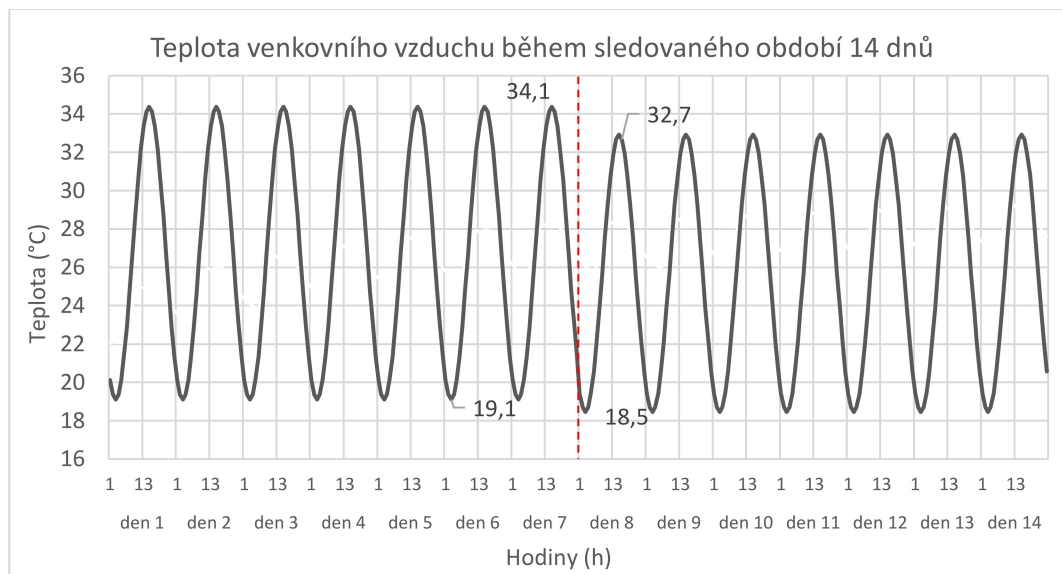


Graf 34: Vývoj teploty venkovního vzduchu během kritického dne





Pro výpočet maximálních teplot vzduchu v místnosti byl použit 14denní teplotní profil znázorněný v Grafu 35.



Graf 35: Teplota venkovního vzduchu v období 14 dnů v blízké budoucnosti

Výpočet byl proveden pouze u takových variant, které dosahovali denních maximálních teplot vnitřního vzduchu nižších či přibližujících se k mezi komfortu. Z variant stínění tedy zbyly pouze tři varianty a to:

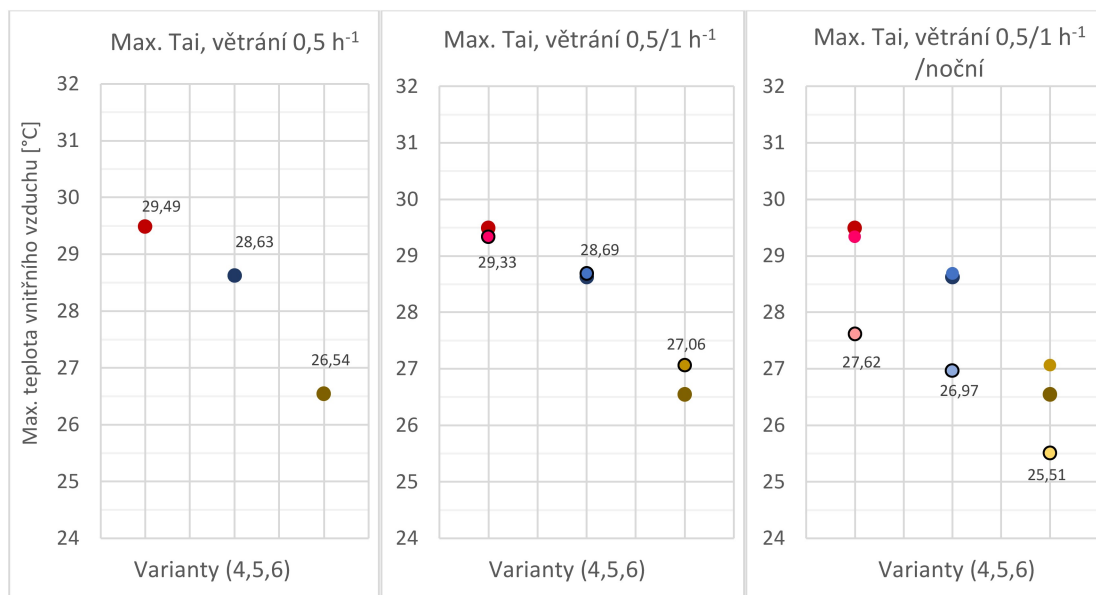
- Varianta 4: ČERVENÁ – Varianta stínění jižního okna žaluziemi se sklonem 45°.
- Varianta 5: MODRÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 0°.
- Varianta 6: ŽLUTÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 45°.

I tentokrát byly tyto tři varianty stínění vypočteny v různých variantách větrání. Z kombinací bylo vyřazeno konstantní větrání  $3,3 \text{ h}^{-1}$ , neboť nemělo pozitivní vliv na snížení teploty vnitřního vzduchu. Posuzováno bylo tedy konstantní větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$  a  $1 \text{ h}^{-1}$  a zvýšené větrání během nočních hodin ( $21:00-6:00 = 3,3 \text{ h}^{-1}$ ;  $6:00-21:00 = 0,5 \text{ h}^{-1}$ ). Všechny tyto varianty byly vypočteny pro základní variantu geometrie kritické místnosti a dvě změny geometrie prosklených ploch. Celkem tedy  $3 \times 3 \times 3 = 27$  variant.



#### 4.8.1 Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti při původní geometrii oken

V Grafu 36 jsou vyznačeny maximální teploty vnitřního vzduchu v místnosti při původní geometrii oken. V grafech jsou postupně připínány varianty větrání.



Graf 36: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, základní varianta geometrie modelové místnosti

V Grafu 36 vlevo vidíme, že při normovém konstantním větrání 0,5 h<sup>-1</sup>, se s teplotou pod mez komfortu dostaneme pouze s poslední variantou, kdy jsou použity zatažené žaluzie na jižních i východních oknech pod sklonem 45°. Přestože teploty jsou v případě blízké budoucnosti vyšší než v současnosti, pod mez komfortu se při takovémto větrání nedostala jiná, než poslední varianta ani v případě současnosti.

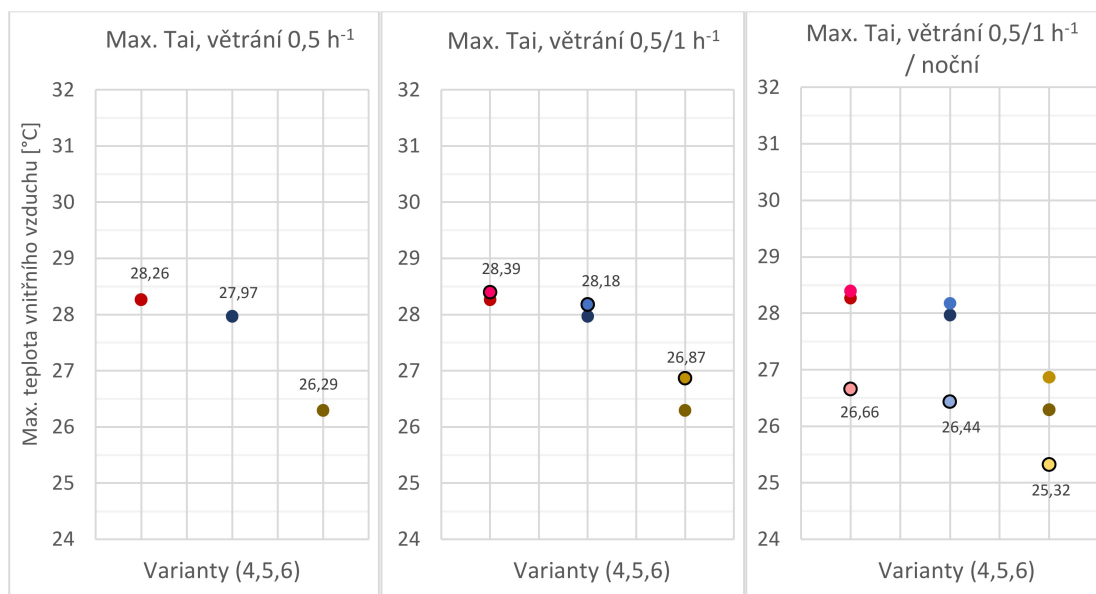
Graf 36 uprostřed ukazuje, jak se maximální teplota změní při zvýšení konstantní intenzity větrání na 1 h<sup>-1</sup>. Pozitivní účinek má tato změna pouze u červené varianty stínění, kdy je stíněno žaluziemi pouze jižní okno, ale teplota vnitřního vzduchu je stále vysoká. U varianty modré nedochází k žádné výrazné změně teploty. Varianta poslední je příkladem negativního vlivu zvýšené intenzity větrání. V případech, kdy je aktuální venkovní teplota vyšší než teplota vzduchu v místnosti, dochází vyšší výměnou vzduchu ke zvyšování teploty vzduchu v místnosti. Zvýšená konstantní intenzita vzduchu tedy není v žádné z variant přínosem.



Při výpočtu maximálních teplot vzduchu v místnosti za současných teplot v exteriéru (4.7.2), byly při nočním větrání vyhovující všechny varianty stínění. Pro dodržení meze komfortu stačil dokonce pouze pevný přesah střechy nad jižně orientovaným oknem. V případě předpokládaných budoucích teplot (Graf 36 vpravo) dosahuje požadované maximální teploty pouze stínění použité na jižní i východní okna. Rozdíl mezi variantou 5 a 6 je pouze v úhlu natočení všech žaluzií. Investice do stínění tedy bude muset být vyšší než v současné době. Při předpokládaných vyšších teplotách v budoucnosti je nežádoucí zvyšovat intenzitu větrání v denních hodinách.

#### 4.8.2 Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti po zmenšení východních oken

Při zmenšení východních oken se při konstantním větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$  (Graf 37 vlevo) dostaneme pod hranici meze komfortu opět pouze v poslední variantě stínění. Předchozími dvěma sice zmenšení geometrie pomůže maximální teplotu snížit, ovšem stínění pouze jižních oken (var. 4 -červená), či nulové sklopení (var. 5 – modrá) není dostačující.



Graf 37: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, změna východní geometrie modelové místnosti

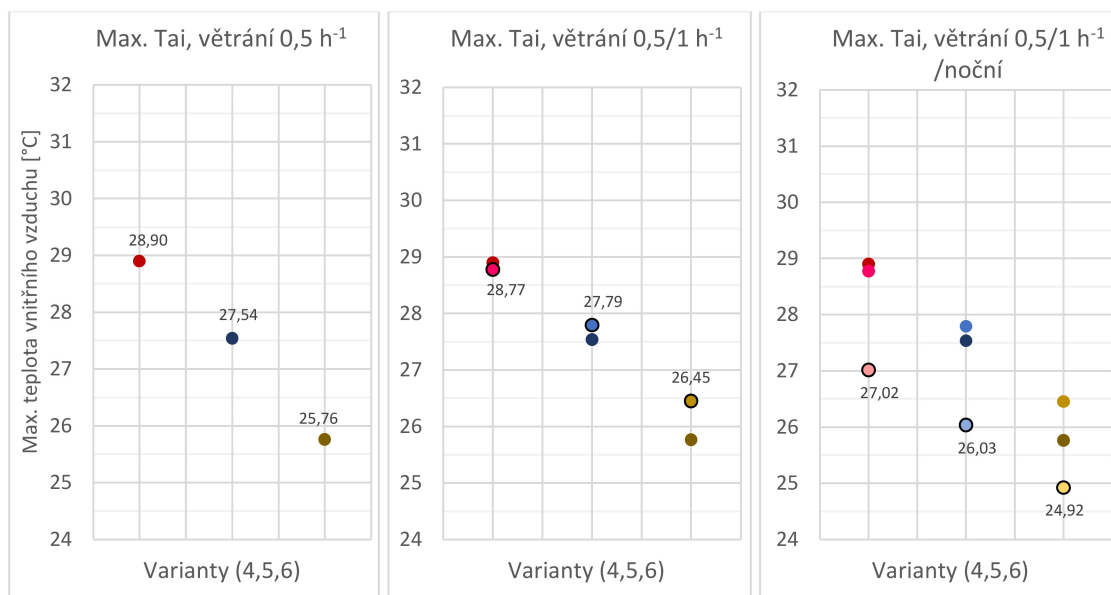


Graf 37 uprostřed opět ukazuje, že čím je aktuální teplota v interiéru bližší teplotě v exteriéru, tím je zvýšená konstantní intenzita větrání méně účinná. V tomto případě nedošlo ke snížení maximální teploty vzduchu ani v jedné z variant.

Poslední graf (Graf 37 vpravo) zobrazuje opět variantu při aktivování nočního větrání. Tentokrát se pod mez komfortu dostaneme v případě všech třech vybraných variant stínění. Nejlépe na maximum 25,3 °C při žluté variantě stínění, což je o 0,2 °C než při stejné variantě větrání a stínění při původní geometrii oken.

#### 4.8.3 Předpokládaná maximální teplota vnitřního vzduchu v blízké budoucnosti po zmenšení jižního okna

V této variantě došlo ke zmenšení jižního okna. Teplotní rozdíly mezi jednotlivými změnami stínění jsou při normovém větrání (Graf 38 vlevo) výraznější, než tomu bylo u varianty zmenšení oken východních. Je to z důvodu vrácení původní geometrie východním oknům. U červené varianty totiž dochází ke stínění pouze jižního okna, a tak větší geometrie východních oken způsobuje vyšší dopolední sluneční zisky, než tomu bylo u předchozí varianty geometrie (4.8.2). Naopak u varianty modré a žluté, kdy k zastínění východního okna (spolu s jižním) dojde, jsou teploty nižší. Pozitivní vliv tam má zmenšení jižního okna.



Graf 38: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, změna jižní geometrie modelové místnosti



V Grafu 38 uprostřed opět pozorujeme prakticky stejný průběh jako doposud u zvýšení konstantní výměny vzduchu. Tentokrát se ale teplota vnitřního vzduchu pohybuje u první varianty výš, a tak zvýšená intenzita větrání teplotu lehce snižuje. U varianty modré i žluté opět teplotu navyšuje. Jediným kladným údajem je, že i vlivem zvýšené intenzity větrání zůstaneme u poslední varianty stínění pod mezí komfortu.

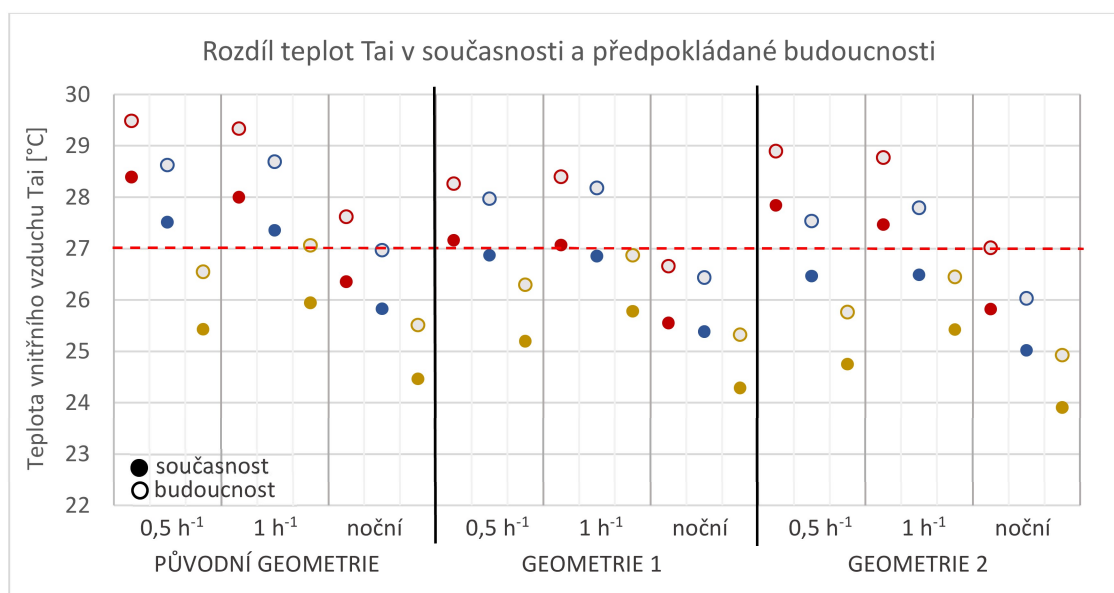
Graf 38 vpravo ukazuje maximální teploty vnitřního vzduchu při nočním větrání. Teplota varianty červené je opět vyšší, než tomu bylo u zmenšení východních oken, naopak varianta modrá i žlutá se dostanou maximem níž. Teplota 24,9 °C je nejnižší maximální teplota vnitřního vzduchu, na kterou se pomocí vybraných variant dostaneme.



#### 4.9 Porovnání současných a budoucích maximálních teplot vnitřního vzduchu

Pro porovnání maximálních teplot vnitřního vzduchu v místnosti byly maximální teploty všech porovnávaných variant znázorněny v následujícím grafu (Graf 39). Maximální teploty vnitřního vzduchu při současných podmínkách jsou znázorněny plnou tečkou. Maximální teploty vnitřního vzduchu v předpokládaných podmínkách blízké budoucnosti jsou znázorněny tečkou prázdnou. Barevná odlišnost představuje varianty stínění, stejně jako ve všech předchozích grafech.

- Varianta 4: ČERVENÁ – Varianta stínění jižního okna žaluziemi se sklonem 45°.
- Varianta 5: MODRÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 0°.
- Varianta 6: ŽLUTÁ – Varianta stínění žaluziemi jižní i východní strany pod sklonem 45°.



Graf 39: Rozdíl teplot vnitřního vzduchu při současných a předpokládaných budoucích venkovních teplotách

Navýšení maximálních teplot vnitřního vzduchu v předpokládané budoucnosti se pohybuje v rozmezí 1,0-1,4 °C. Z 27 vybraných variant nesplňovalo 8 variant mez komfortu v případě předpokládané budoucnosti ani současnosti. Zbýlých 19 variant je svou maximální teplotou v současnosti pod mezí komfortu 27 °C. Oproti tomu se v předpokládané budoucnosti nad mez komfortu dostane 7 variant a pouze 12 variant podmínku meze komfortu splní.



V případě původní geometrie zasklených ploch bude splněna podmínka pouze v případě použití žluté varianty stínění, a to zastínění sklopenými žaluziemi pod úhlem 45° na jižní i východní straně. Při současných venkovních teplotách však při nočním větrání podmínku 27 °C splňovaly všechny varianty stínění, a to i při zastínění pouze jižní prosklené plochy.

Při původní geometrii a budoucích teplotách se bez úplného zastínění žaluziemi neobejdeme. Nejnižší maximální teplota, na kterou se lze v budoucnosti dostat je 25,5 °C.

Při zmenšení geometrie východních ploch (Geometrie 1) jsou výsledky v předpokládané budoucnosti daleko příznivější. Přestože se s touto geometrií nedostaneme na nejnižší možnou maximální teplotu, množství variant, které splní podmínku meze komfortu je nejčtetnější. Při žluté variantě stínění bude podmínka opět splněna při všech třech možnostech větrání. Při větrání nočním jsou příznivé dokonce všechny tři varianty stínění. Díky tomu si můžeme dovolit zastínit pouze jižní prosklenou plochu (varianta červená) a ušetřit tak na stínění východním. V takovém případě dostaneme maximální teplotu 26,7 °C. Pokud při stejném větrání použijeme variantu úplného stínění, dosáhneme tak nejlépe při této geometrii na hodnotu vnitřní teploty vzduchu 25,3 °C.

Poslední variantou geometrie je zmenšení jižní prosklené plochy. V porovnání s původní geometrií se dostaneme pod mez komfortu zvýšíme počet variant pouze o jednu. Jedná se o modrou variantu stínění (žaluzie jih i východ pod nulovým úhlem sklopení), při nočním větrání. Od geometrie 1 naopak přijdeme o možnou variantu stínění pouze jižního okna při nočním větrání. Největším přínosem této geometrie je snížení maximální teploty pod hodnotu 25 °C, konkrétně 24,9 °C.

V celkovém srovnání současných a předpokládaných budoucích hodnot jsme, až na jednu výjimku, přišli o možnost stínění pouze jižní strany. Při předpokládaných budoucích teplotách bude potřeba stínit jižní i východní plochy nejlépe v kombinaci s nočním větráním.

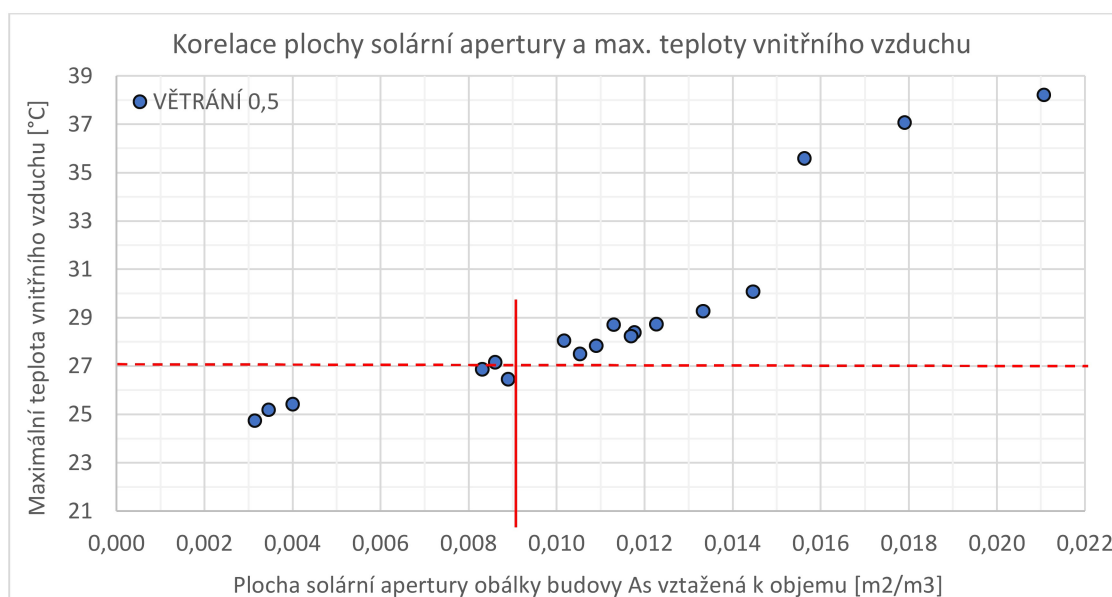


## 4.10 Korelace měrné plochy solární apertury a teploty vnitřního vzduchu

Pro všechny vypočtené varianty byla kromě hodinových teplot vypočtena i denní průměrná hodnota plochy solární apertury, popsaná v kapitole 2.4. Plocha solární apertury je potom vztažena k objemu počítané místnosti. Na obrázcích se sleduje korelace mezi plochou solární apertury a maximální teplotou vnitřního vzduchu v místnosti. Vliv větrání bude znázorněn v postupných krocích pomocí barevného rozlišení.

### 4.10.1 Maximální teplota vnitřního vzduchu za současných venkovních podmínek

V Grafu 40 je znázorněna korelace plochy solární apertury a maximální teploty vnitřního vzduchu při normovém větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Pro zajištění teploty nižší, než  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ , je v takovém případě patrně žádoucí dosahovat hodnot plochy solární apertury nižších než  $0,009 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Je tedy vždy nutné použít venkovní pohyblivé stínění na jižně i východně orientované prosklené plochy. V případě komfortního zajištění splnění teplotní podmínky je pak potřeba naklopit žaluzie do sklonu  $45^\circ$ . Při nulovém sklopení žaluzií jsou pak hodnoty maximálních teplot na hranici meze komfortu. Méně účinné způsoby stínění by byly možné pouze v případě zmenšení plochy oken.

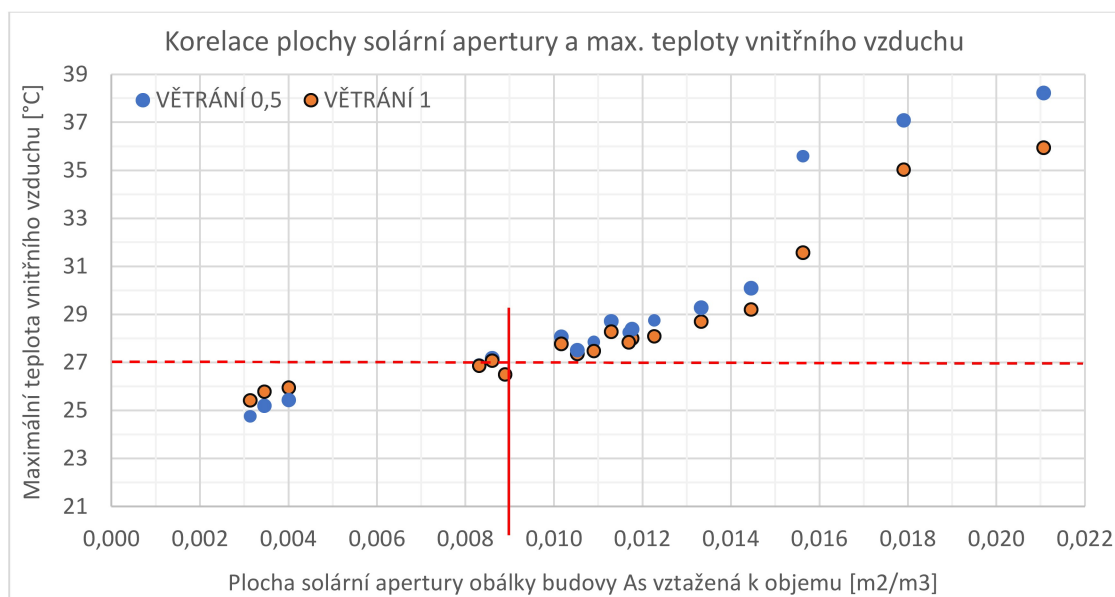


Graf 40: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$



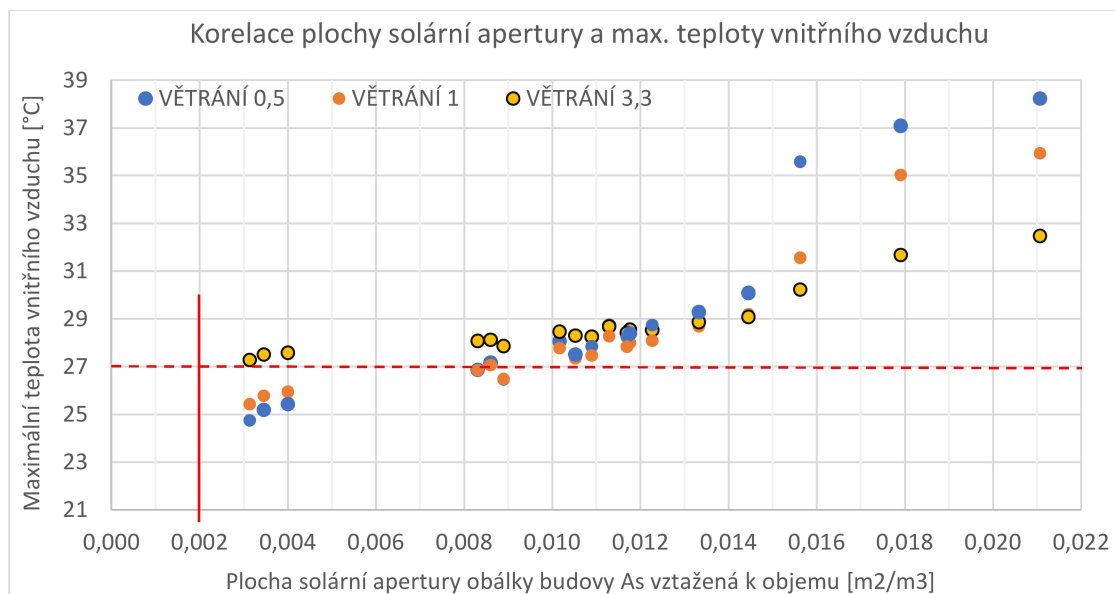


V případě zvýšení konstantní intenzity větrání z  $0,5 \text{ h}^{-1}$  na  $1 \text{ h}^{-1}$  nedochází k žádnému zlepšení. Jak již bylo popsáno, u dostatečně nízkých teplot v interiéru má zvýšená intenzita větrání negativní vliv a interiér se naopak ohřívá. V případě teplot vyšších má účinek pozitivní. V Grafu 41 je takové „překlopení“ jednoznačně viditelné. Pozitivní vliv nicméně začne mít zvýšená intenzita větrání až u teplot nad  $27 \text{ °C}$ , což jsou hodnoty, kterých v interiéru dosahovat nechceme. I u zvýšené výměny vzduchu tedy stále musíme stínit jižní i východní prosklené plochy, resp. splňovat hodnotu plochy solární apertury  $0,009 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , abychom nepřekročili mez komfortu.



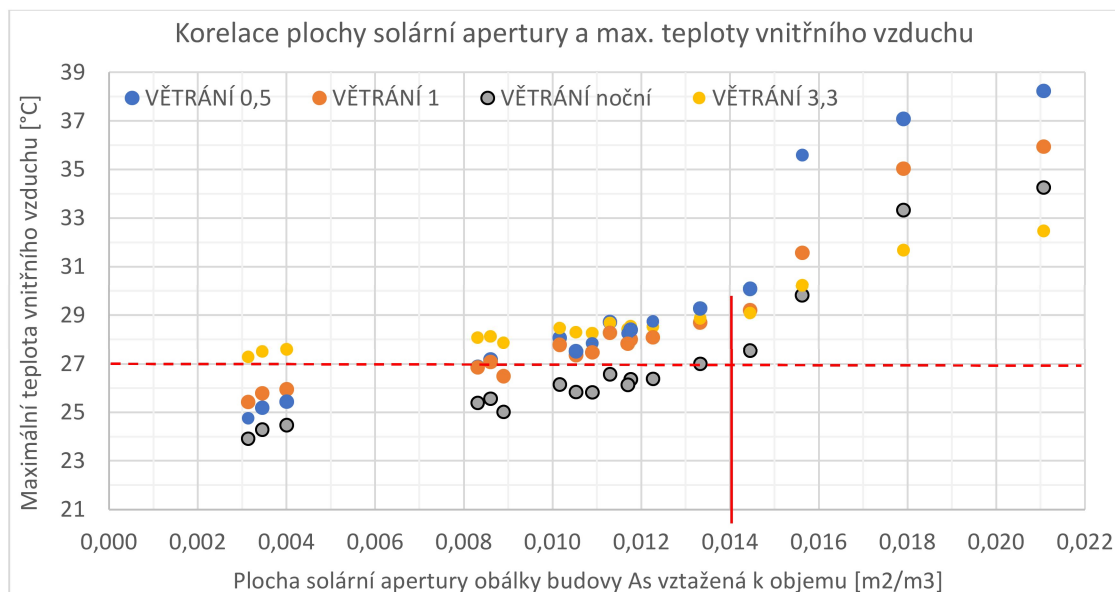
Graf 41: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání  $1 \text{ h}^{-1}$

Obdobné „překlopení“ je zřetelné i při dalším konstantním navýšení intenzity větrání, tentokrát na předpokládanou maximální možnou hodnotu při větrání okny a to  $3,3 \text{ h}^{-1}$  (viz Graf 42). Hodnota, kdy v takovém případě začne mít větrání pozitivní vliv se tentokrát nachází v blízkosti teploty  $29 \text{ °C}$ . Pod touto hodnotou má větrání negativní vliv a teplotu v interiéru zvyšuje. I nejvíce stíněné varianty tak nedosáhnou pod mez komfortu. K tomu by musela být měrná plocha solární apertury obálky budovy nižší než  $0,002 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . K takové hodnotě se lze teoreticky přiblížit úplným uzavřením žaluzií pod úhlem  $90^\circ$ , což by ale zamezilo dennímu osvětlení. Další možnou variantou by tedy bylo zmenšit geometrii prosklených ploch, případně se takto vysoké intenzitě větrání přes den úplně vyvarovat.



Graf 42: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání 3,3 h<sup>-1</sup>

Posledním použitým typem větrání bylo větrání noční, od 6:00 do 21:00 při konstantní intenzitě větrání 0,5 h<sup>-1</sup> a od 21:00 do 6:00 pak při zvýšené intenzitě větrání 3,3 h<sup>-1</sup>. Korelace měrné plochy solární apertury a maximální teploty při nočním větrání je zobrazena v Grafu 43.



Graf 43: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při nočním větrání



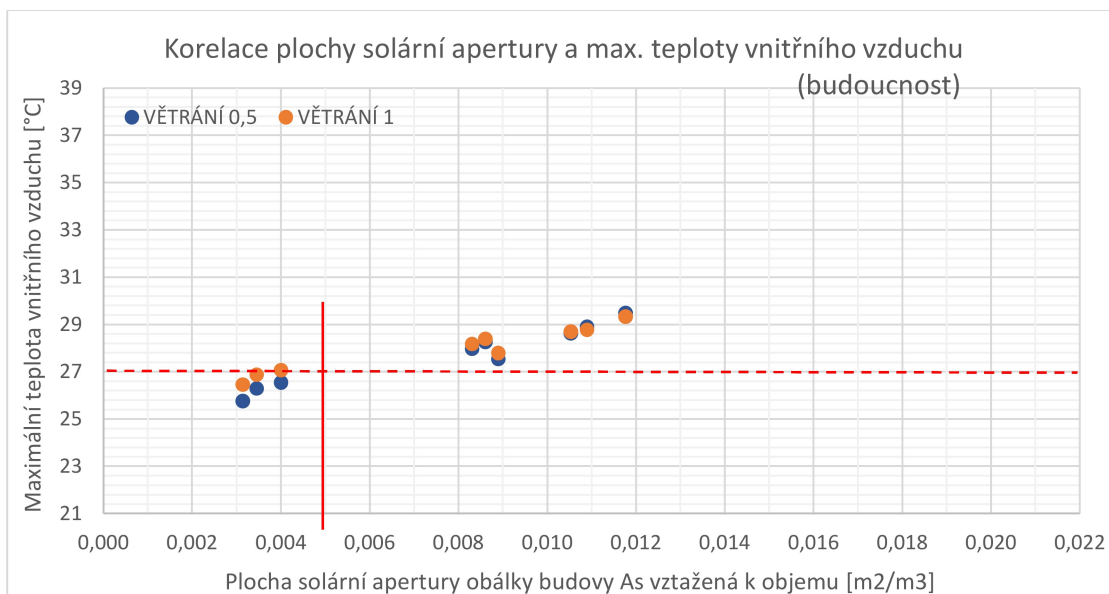
Díky snížení maximální teploty vnitřního vzduchu při nočním větrání si můžeme dovolit hodnotu plochy solární apertury navýšit až na  $0,014 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Znamená to, že není nutné zavádět úplné stínění žaluziemi. Můžeme si dovolit stínit žaluziemi pouze jižní prosklené plochy, nebo dokonce stínění pouze pevným jižním přesahem střechy. To vede na hodnoty pod  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Výjimkou je původní geometrie, u které při stínění pouze přesahem střechy maximální teplota vnitřního vzduchu stanovenou hranici komfortu lehce přeskočí. U všech ostatních variant je nevyhovující případ pouze pokud nestíníme vůbec.

Při současných venkovních teplotách je noční větrání zásadním opatřením. Díky jeho využití si můžeme v navrhování geometrie dovolit větší prosklené plochy bez nutnosti extrémního stínění. Pokud navíc venkovní stínění v takovém případě aplikujeme, můžeme se dostat až na maximální teploty vnitřního vzduchu  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Zásadní je v tomto případě kombinace zvýšené intenzity větrání v době, kdy je nízká teplota venkovního vzduchu. Větrání konstantní intenzitou totiž v teplotách, které požadujeme, nemá pozitivní vliv, ale naopak interiér ohřívá. V případě, že nedokážeme využít noční větrání, je lepší se pohybovat v nízkých intenzitách větrání. V takovém případě je ale stínění či zmenšení prosklených ploch zásadní a nezbytné.

#### 4.10.2 Maximální teplota vnitřního vzduchu za budoucích venkovních podmínek

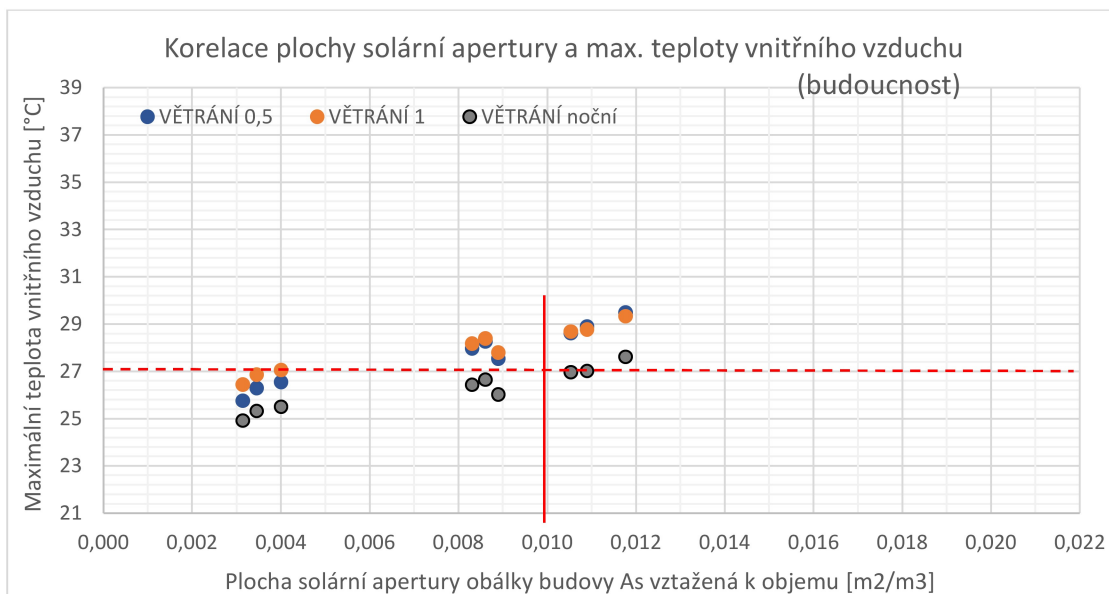
U předpokládané blízké budoucnosti se vlivem vyšší venkovní teploty počet uvažovaných variant snížil. V grafech je znázorněna korelace maximální teploty vnitřního vzduchu a měrné plochy solární apertury pro varianty s okrajovými podmínkami odpovídajícími předpokládané blízké budoucnosti.

Při konstantním větrání (Graf 44)  $0,5 \text{ h}^{-1}$  resp.  $1 \text{ h}^{-1}$  vedou k nepřekročení meze komfortu pouze tři varianty při úplném zastínění. Hodnota přípustné plochy solární apertury je přibližně  $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$  pro větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Při větrání jednonásobnou výměnou můžeme opět vnímat negativní vliv na příznivé teploty v interiéru. Hodnota přípustné plochy solární apertury je tudíž nižší a to přibližně  $0,004 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .



Graf 44: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu v blízké budoucnosti, konstantní větrání

Při využití nočního větrání (Graf 45) je možných variant 6, další dvě se pohybují na hranici meze komfortu 27 °C. Maximální hodnota plochy solární apertury je v takovém případě přibližně 0,010 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.



Graf 45: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu v blízké budoucnosti, noční větrání



#### 4.10.3 Doporučené přiměřené hodnoty měrné plochy solární apertury pro současnost a předpokládanou blízkou budoucnost

V Tabulce 9 jsou vypsány hodnoty plochy solární apertury pro jednotlivé varianty větrání, které by při jejich nepřekročení pravděpodobně vedly k nepřekročení meze komfortu 27 °C. Hodnoty měrné plochy solární apertury jsou uvedeny pro současnost i předpokládanou blízkou budoucnost. Mezi současnými a budoucími hodnotami existuje posun o 0,004 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Odvozené přiměřené hodnoty měrné plochy solární apertury odpovídají běžné středně těžké konstrukci (stěna zděná z keramických děrovaných cihel, zateplená). Doporučené přiměřené hodnoty měrné plochy solární apertury tedy nemohou sloužit například pro dřevostavby. U lehkých budov jsou přiměřené hodnoty měrné plochy solárních apertury ještě o něco nižší – z Graf 4 lze odečíst posun o přibližně 0,002 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> směrem dolů v případě teplot pohybujících se kolem 27 °C.

Intenzita větrání	Maximální As [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	
	Současnost	Budoucnost
0,5 h <sup>-1</sup>	0,009	0,005
1 h <sup>-1</sup>	0,009	0,004
3 h <sup>-1</sup>	0,002	-
noční	0,014	0,010

Tabulka 9: Srovnání současných a budoucích maximálních hodnot As pro splnění meze komfortu teploty v místnosti



## 5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo popsat závislost vnitřní teploty obytných budov na parametrech stínění, režimu větrání a změně geometrie prosklených ploch během letního velmi teplého období. Pro jednotlivé parametry byla zavedena agregovaná veličina nazývaná se plocha solární apertury. Veličina souhrnně vyjadřuje kvalitu obálky budovy z hlediska její schopnosti propouštět solární tepelné zisky do interiéru. Na jednoduchém případě modelové místnosti bylo ukázáno chování veličiny a rozptyl jejích hodnot.

V další části práce byla provedena analýza klimatických podmínek z let 1970-2019. Cílem této analýzy bylo vyjádřit podobu a proměnu kritického dne během posledních let. Klimatická data byla zanalyzována pro lokalitu Praha – Libuš, Liberec a Přimda. Ze všech třech lokalit byl vlastní metodikou vybrán kritický den a porovnán s hodnotami udávanými normou. Výsledky ukázaly nárůst teplot v kritickém dni velmi teplého období převážně v posledních deseti letech. Nárůst v maximu zjištěného kritického dne byl necelé 2 °C, v minimu pak 1,5 °C pro lokalitu Praha – Libuš. V ostatních lokalitách se průběh teploty lišil nejen v maximální a minimální hodnotě, ale i v teplotní amplitudě. Při použití kritického dne do simulačních výpočtů tedy není důležitý pouze vývoj teplot v posledních letech, ale také lokalita, ve které se posuzovaný objekt nachází.

Nejobsáhlejší část práce tvoří případová studie, na níž byla zkoumána závislost teploty vnitřního vzduchu na parametrech stínění, režimu větrání a změně geometrie prosklených ploch. Pro simulační výpočet bylo uvažováno období 14 dnů. Teplota venkovního vzduchu prvních 7 dní odpovídala získanému kritickému dni pro lokalitu Praha – Libuš. Pro druhých 7 dní byla provedena analýza teplot, které obvykle nastanou po velmi teplém období. Případová studie byla zpracována pro obytnou místnost rodinného domu, jejíž podstatná část prosklených ploch je orientovaná na jih a východ. V místnosti se pak nachází ještě malé okno orientované na sever. Rodinný dům má obálku tvořenou z keramických dutých tvárníc s kontaktním zateplovacím systémem. Prosklené plochy jsou opatřeny izolačním trojsklem. Veškeré konstrukce byly navrženy tak, aby splňovaly doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní dům.



V první části případové studie bylo vytvořeno několik základních variant měnících parametry stínění, větrání a geometrii oken. Pro jednotlivé varianty byly vypočteny hodinové hodnoty teploty vnitřního vzduchu v místnosti a následně jejich maxima vzájemně porovnávána. Mezi nejúčinnější varianty patřilo noční větrání, zmenšení oken a stínění především jižních a východních prosklených ploch. Důležitým parametrem u stínění byl typ stínícího prvku a velikost jeho stínícího faktoru. Hodnoty hodinových stínících faktorů byly pro tuto práci vypočteny pomocí výpočetního modelu v softwaru Matlab.

Na základě sledování vlivu jednotlivých parametrů byly vytvořeny varianty s různými kombinacemi stínění, větrání i geometrií oken. Nejvíce efektivní variantou byla zjištěna varianta jižního a východního stínění staženými žaluziemi pod úhlem sklopení  $45^\circ$  při nočním větrání a zmenšení původní geometrie jižního okna. Při takovéto kombinaci byla vypočtena maximální teplota vzduchu v místnosti  $23,9^\circ\text{C}$ . Přičemž výchozí teplota bez jakéhokoliv stínění, zvýšeného větrání či změny geometrie oken byla  $38,2^\circ\text{C}$ .

Abychom si dokázali představit, jakým směrem by se problematika přehřívání mohla ubírat, byl na základě analýzy klimatických dat vytvořen předpokládaný kritický den v blízké budoucnosti. Jeho teplota v maximu se oproti současnosti zvýšila o  $2^\circ\text{C}$ , v minimu je o  $1,5^\circ\text{C}$  vyšší. Pro tyto venkovní teploty byly vypočteny teploty vnitřního vzduchu v místnosti pro jednotlivé vybrané varianty. Teploty z blízké budoucnosti pak byly porovnány se současností. Z původních 19 variant, které splňovaly mez komfortu, tedy maximální teplotu vnitřního vzduchu pod  $27^\circ\text{C}$ , se v blízké budoucnosti stalo jen 12 variant. Přestože je v tomto případě pro dosažení meze komfortu potřeba vždy stínit jižní i východní prosklené plochy, dokážeme požadované teploty dosáhnout bez použití strojního chlazení. Nejnižší teplota, které je možno za použití vybraných kombinací v předpokládané blízké budoucnosti dosáhnout je  $24,9^\circ\text{C}$ , tedy o stupeň výš než v současnosti.

V závěru diplomové práce byla popsána závislost maximální teploty vnitřního vzduchu na ploše solární apertury vztahované k objemu místnosti. Závislost byla zobrazena pro jednotlivé intenzity větrání. Díky této závislosti můžeme jednoduše určit jakou doporučenou maximální hodnotu solární apertury lze při návrhu objektu akceptovat v případě, že nechceme přesáhnout  $27^\circ\text{C}$ .



Nejvíce možných variant splňujících mez komfortu je při nočním větrání. V takovém případě je doporučena hodnota plochy solární apertury  $0,014 \text{ m}^2/\text{m}^3$  pro středně těžkou konstrukci.

Stejná závislost byla zobrazena pro varianty s venkovní teplotou předpokládané blízké budoucnosti. V takovém případě je hodnota hraniční plochy solární apertury při nočním větrání  $0,010 \text{ m}^2/\text{m}^3$  pro středně těžkou konstrukci. Rozdíl mezi současností a budoucností je tak přibližně  $0,004 \text{ m}^2/\text{m}^3$  ve všech vypočtených variantách.

Doporučení pro další činnosti:

V případě vývoje klimatických podmínek by bylo pro následné navrhování přínosné vyhodnotit aktuální hodnoty návrhové venkovní teploty kritického dne. Zároveň by mohla vzniknout podoba kritického dne hned v několika variantách, a to například v závislosti na nadmořské výšce či typu okolní zástavby objektu.

V případě dalšího rozvoje závislosti maximální teploty vnitřního vzduchu a plochy solární apertury by mohlo dojít k navýšení možných variant a doplnění sítě bodů ve výsledné tabulce. Pro navrhování je především důležité vytvořit tabulku závislosti tak, aby co nejvíce kritérii odpovídala navrhovanému objektu. Kromě rozdělení dle použitého typu větrání je důležité rozdělení dle akumulační hmoty obálky. Ke středně těžké akumulaci by tak měla být doplněna akumulace těžká (pro VPC, betonové stavby) a akumulace lehká (pro moderní dřevostavby).

Zajímavé výsledky teplot vnitřního vzduchu v letním období by mohly být při otáčení domu vůči světovým stranám při takto rozmístěné geometrii. Rozmístění orientací prosklených ploch by sice neodpovídalo základním principům pasivního domu, ovšem teplota vnitřního vzduchu by se mohla výrazně snížit. Otázkou by bylo, jaký vliv by takové natočení mělo na potřebu tepla v zimním období.





## 6 Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [2] *Zákon č. 406/2000 Sb.: Zákon o hospodaření energií*. In.: Sbíрка zákonů, 2011.
- [3] Historická data – meteorologie a klimatologie. *Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/data-ze-stanic-site-RBCN>
- [4] KOPECKÝ, Pavel. *Materiál a konstrukce: Šíření tepla, vzduchu a vlhkosti v budovách a stavebních prvcích*. Praha, 2014.
- [5] STANĚK, Kamil. *Riziko letního přehřívání dřevostaveb: DRS Přednáška č. 7*. Praha: Fakulta stavební ČVUT, 2019.
- [6] KOPECKÝ, Pavel, Kamil STANĚK a Kateřina SOJKOVÁ. *Aplikace Letní přehřívání: program Microsoft Office Excel*. Praha: Fakulta stavební ČVUT.
- [7] ČSN EN ISO 52016-1: *Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony – Část 1: Výpočtové postupy*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- [8] SVOBODA, Zbyněk. *Simulace*. Svoboda software, 2018.
- [9] ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [10] ČSN 73 0548: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985.
- [11] ČSN 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [12] KOPECKÝ, Pavel a Kateřina SOJKOVÁ. *Agregované tepelné charakteristiky budov – Část 4: plocha solární apertury obálky budovy*. UCEEB, Univerzitní centrum pro energetiky efektivní budovy, 2019.



## 6 Literatura

---

- [13] *Google maps* [online]. Dostupné také z: <https://www.google.cz/maps>
- [14] *Obrázky Google* [online]. Dostupné také z: <https://www.google.cz/imghp?hl=cs>
- [15] *Základní principy pasivního domu: Centrum pasivního domu* [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/>
- [16] JAROLÍMKOVÁ, Hana. *Projektová dokumentace: Novostavba RD Šlíkova Ves*. Jičín: JCpro, 2019.
- [17] ČSN EN 15665: *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [18] STANĚK, Kamil. *Model pro výpočet pevného či pohyblivého stínění: program Matlab Simulink*. Praha.
- [19] CHWIEDUK, Dorota. *Solar Energy in Buildings: Chapter 2 - Availability of Solar Radiation on the Earth*. Academic Press, 2014.



## 7 Seznam grafů, tabulek a obrázků

- Graf 1: Globální solární ozáření za jasné oblohy na plochu
- Graf 2: Návrhová teplota venkovního vzduchu v denním průběhu dle ČSN 73 0540-3
- Graf 3: Korelace plochy solární apertury a teploty vnitřního vzduchu
- Graf 4: Korelace plochy solární apertury vztahované k objemu místnosti a teploty vnitřního vzduchu
- Graf 5: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 1971-1999; Praha
- Graf 6: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 2000-2009; Praha
- Graf 7: Teplotní odchylka nejvyšších denních průměrných teplot 2010-2019; Praha
- Graf 8: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 1971-1999; Praha
- Graf 9: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 2000-2009; Praha
- Graf 10: Teplotní odchylka nejvyšších denních maximálních teplot 2010-2019; Praha
- Graf 11: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Praze
- Graf 12: Teplota venkovního vzduchu v období po extrému; Praha
- Graf 13: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Liberec
- Graf 14: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne; Přimda
- Graf 15: Teplota venkovního vzduchu během kritického dne 2009-2019
- Graf 16: Průběh výpočtové venkovní teploty během sledovaného období 14 dnů
- Graf 17: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 1
- Graf 18: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 2
- Graf 19: Průběh korekčního činitele stínění  $F_{sh}$  během 21. srpna, Okno 3 a 4
- Graf 20: Porovnání teploty venkovního a vnitřního vzduchu výchozí varianty místnosti
- Graf 21: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněná stíněním jižní strany objektu (varianty 1-7)
- Graf 22: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněná stíněním (varianty 8-13)
- Graf 23: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období ovlivněná stíněním (výběr variant)
- Graf 24: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období v závislosti na změně větrání
- Graf 25: Teplota vnitřního vzduchu během sledovaného období vlivem změny geometrie prosklených ploch
- Graf 26: Max. teploty vzduchu při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$
- Graf 27: Max. teplota vzduchu při větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}/1 \text{ h}^{-1}$



Graf 28: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5/1/3,3 h<sup>-1</sup>

Graf 29: Max. teplota vzduchu při veškerém větrání

Graf 30: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>

Graf 31: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>/noční

Graf 32: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>

Graf 33: Max. teplota vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>/noční

Graf 34: Vývoj teploty venkovního vzduchu během kritického dne

Graf 35: Teplota venkovního vzduchu v období 14 dnů v blízké budoucnosti

Graf 36: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, základní varianta geometrie modelové místnosti

Graf 37: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, změna východní geometrie modelové místnosti

Graf 38: Denní max. teploty venkovního vzduchu pro varianty větrání, změna jižní geometrie modelové místnosti

Graf 39: Rozdíl teplot vnitřního vzduchu při současných a předpokládaných budoucích venkovních teplotách

Graf 40: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání 0,5 h<sup>-1</sup>

Graf 41: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání 1 h<sup>-1</sup>

Graf 42: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při větrání 3,3 h<sup>-1</sup>

Graf 43: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu při nočním větrání

Graf 44: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu v blízké budoucnosti, konstantní větrání

Graf 45: Korelace plochy solární apertury a maximální vnitřní teploty vzduchu v blízké budoucnosti, noční větrání



Tabulka 1: Rozměrové charakteristiky místnosti

Tabulka 2: Tepelně technické parametry obálky, těžká konstrukce

Tabulka 3: Tepelně technické parametry obálky, lehká konstrukce

Tabulka 4: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel, těžká konstrukce

Tabulka 5: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel, lehká konstrukce

Tabulka 6: Výsledky výpočtů modelové místnosti Excel x Simulace

Tabulka 7: Tepelně technické vlastnosti stavebních prvků

Tabulka 8: Vlastnosti prosklených ploch posuzované místnosti

Tabulka 9: Srovnání současných a budoucích maximálních hodnot  $A_s$  pro splnění meze komfortu teploty v místnosti

Obrázek 1: Letní tepelná bilance

Obrázek 2: Elektrické schéma výpočtového modelu

Obrázek 3: 3D vizualizace modelové místnosti

Obrázek 4: Půdorys místnosti

Obrázek 5: Ukázka výběru kritického dne

Obrázek 6: Fotografie okolí stanice Praha Libuš

Obrázek 7, Obrázek 8: Vizualizace objektu [16]

Obrázek 9: Zleva Okno 1, Okno 2, Okno 3, Okno 4

Obrázek 10: Složky slunečního záření dopadající na Zemi [19]

Obrázek 11: Zobrazení Okna 1 v půdorysu

Obrázek 12: 3D vizualizace Okna 1

Obrázek 13: Geometrie okna 1 s přesahem střechy

Obrázek 14: Geometrie okna 1 bez přesahu střechy

Obrázek 15: Okno 2 vyznačené v půdorysu

Obrázek 16: 3D vizualizace Okna 2

Obrázek 17: Geometrie okna 2

Obrázek 18: Okno 3,4 vyznačené v půdorysu

Obrázek 19: 3D vizualizace Okna 3 a 4

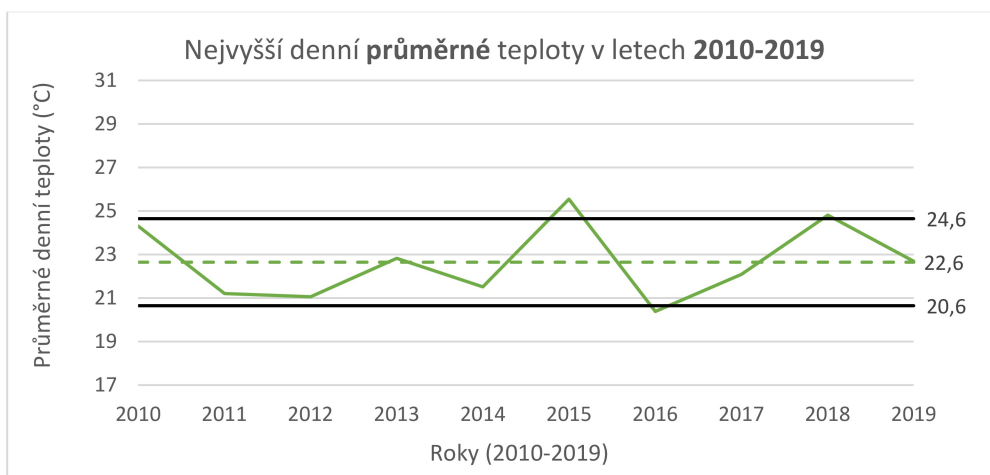
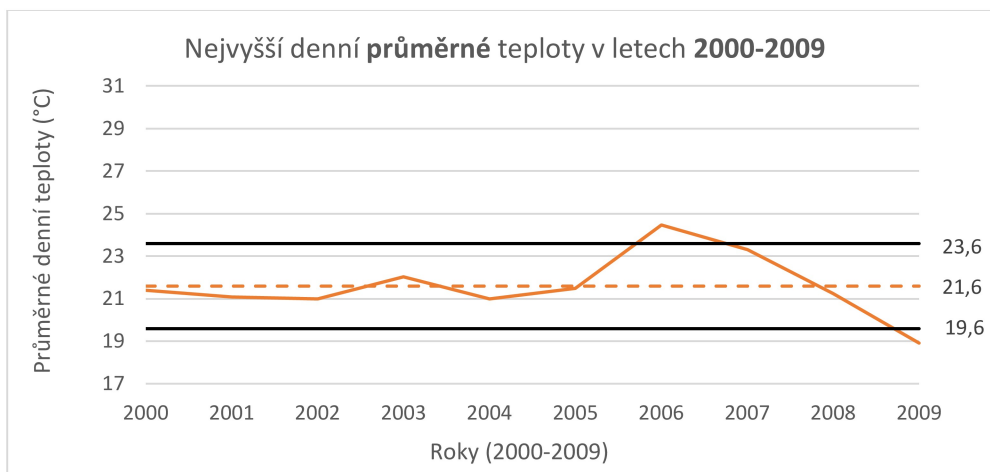
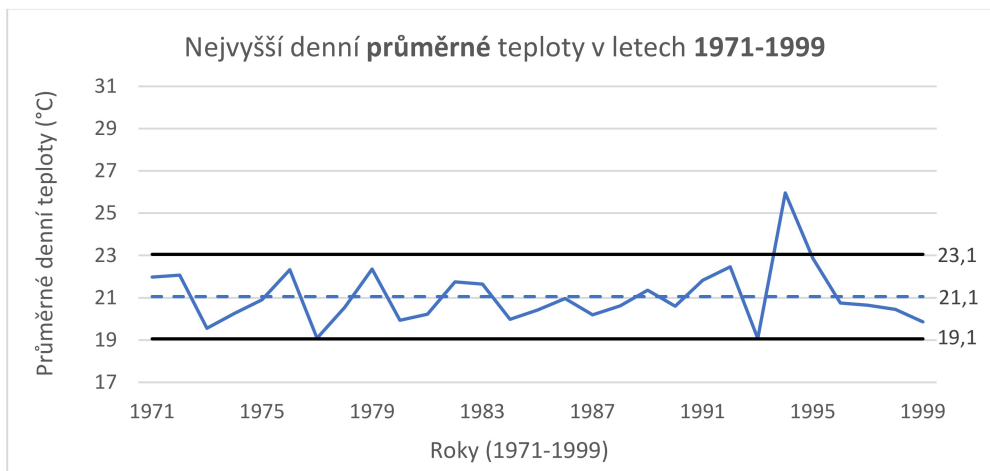
Obrázek 20: Geometrie okna 3 a 4

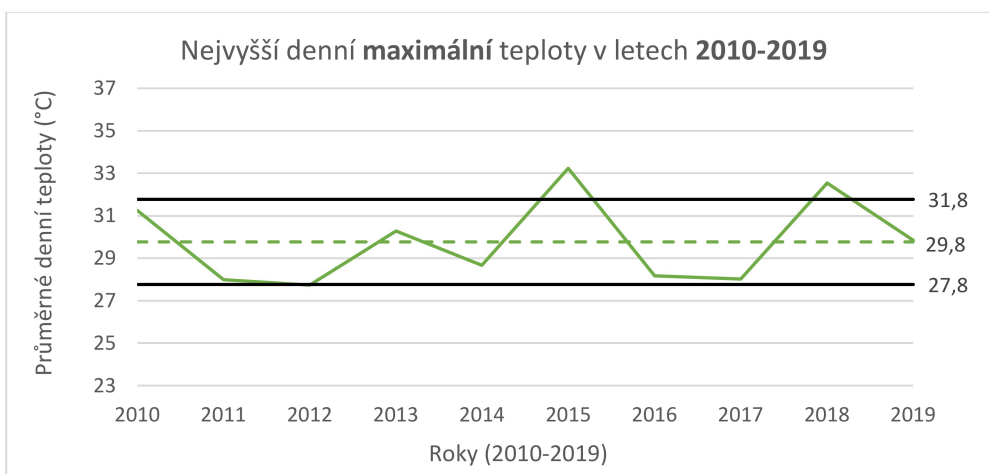
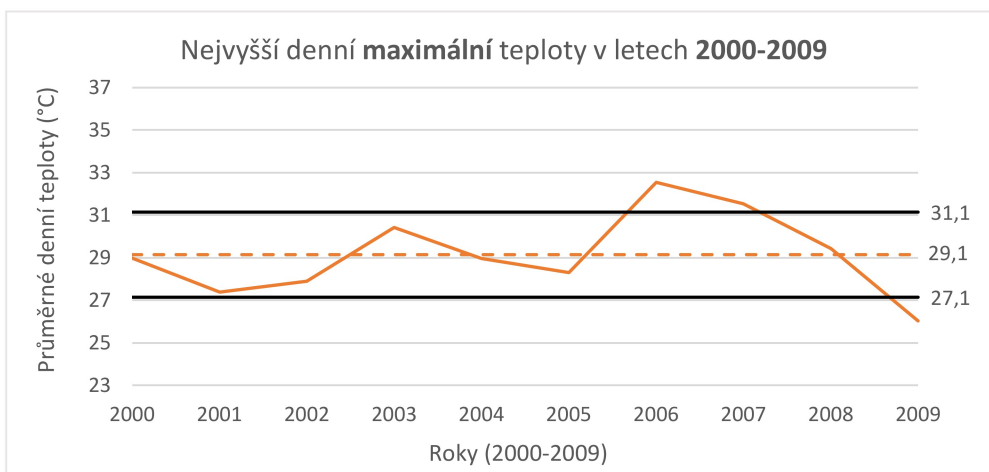
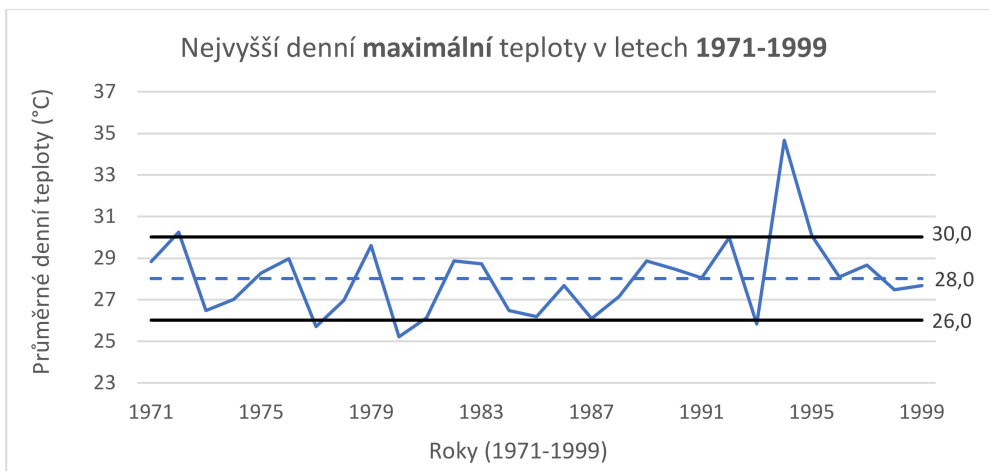
Obrázek 21: Polohy žaluzií



## 8 Přílohy

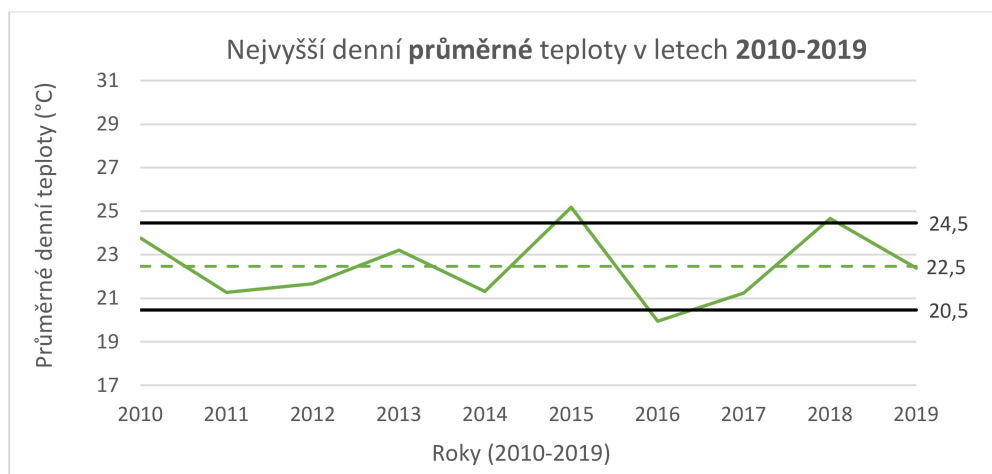
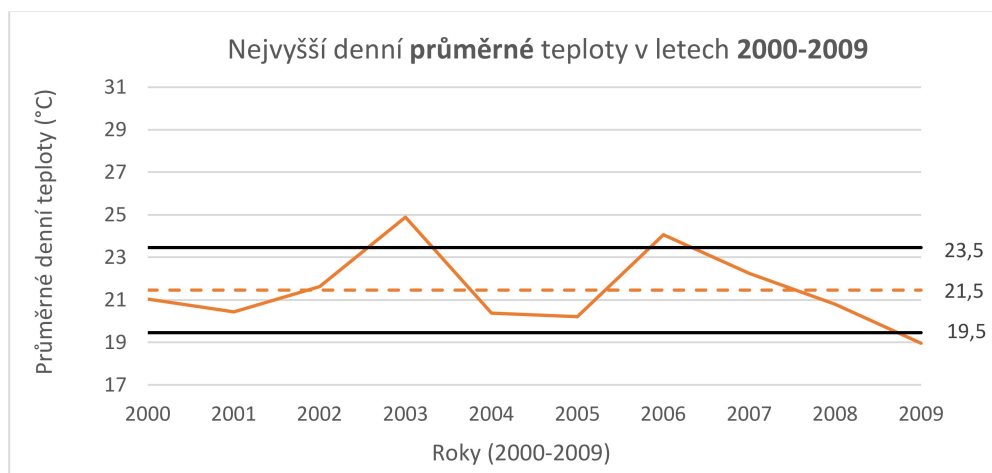
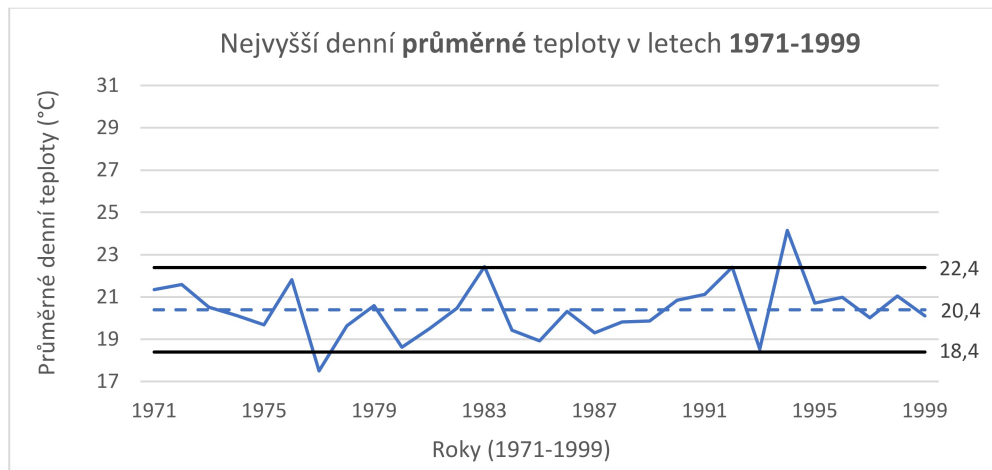
- Klimatické podmínky Liberec



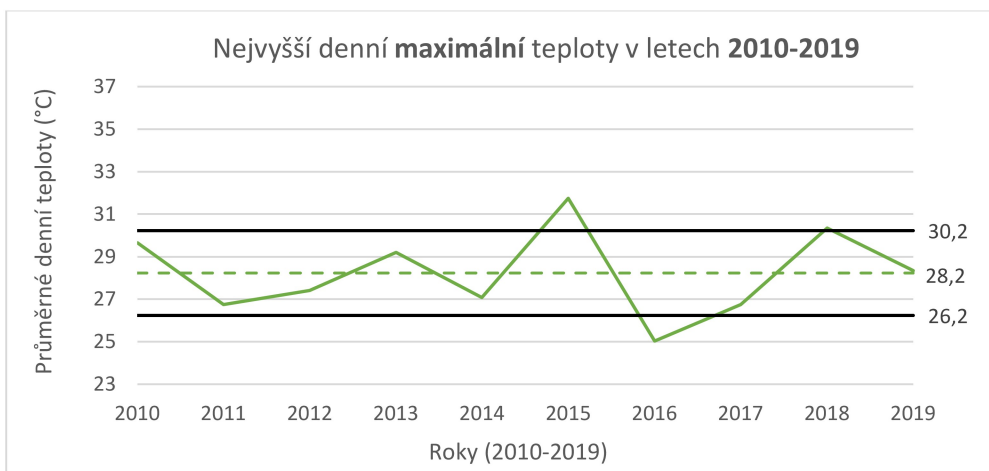
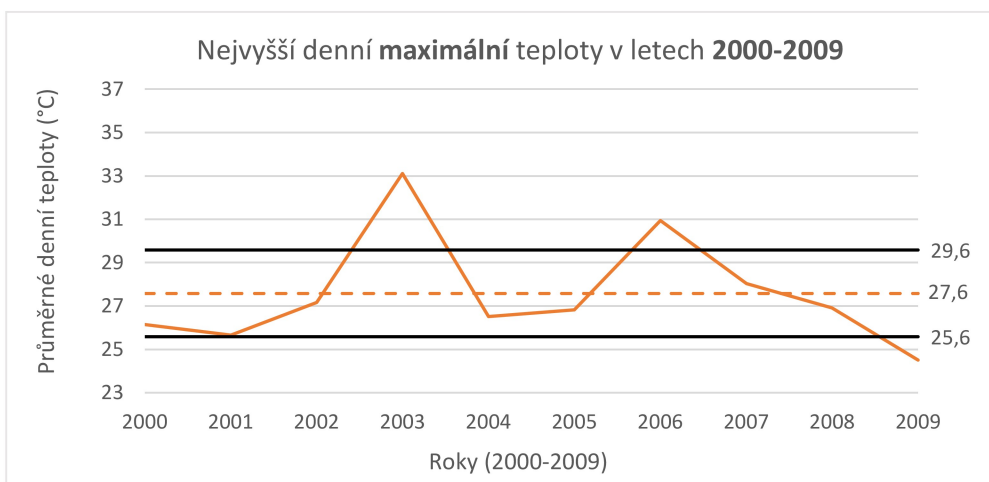
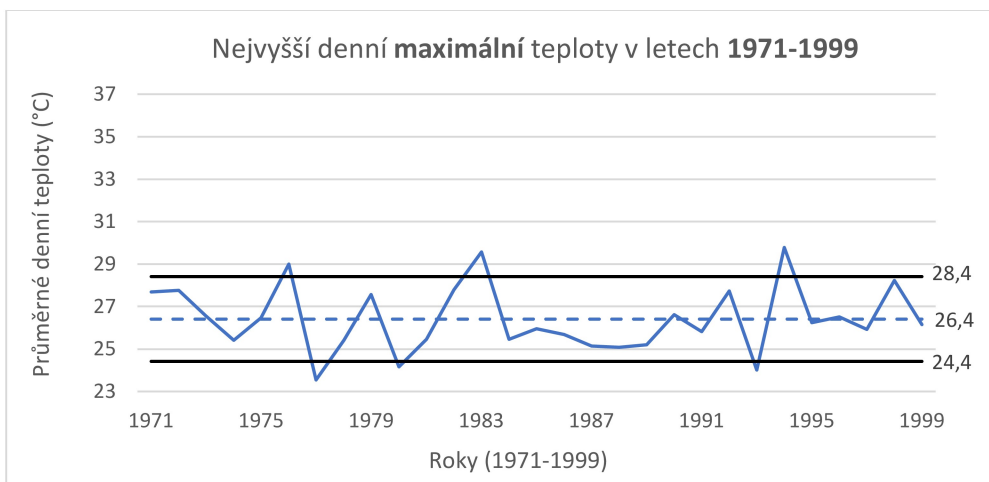




• Klimatické podmínky Píemda









• **Kritický den Praha – Libuš**

<i>hodina</i>	<i>1971-1999</i>		<i>2000-2009</i>		<i>2010-2019</i>	
1	16,5	20,2	17,4	23,5	18,6	25,0
2	15,8	20,2	16,7	23,5	17,9	25,0
3	15,6	20,2	16,4	23,5	17,6	25,0
4	15,8	20,2	16,7	23,5	17,9	25,0
5	16,5	20,2	17,4	23,5	18,6	25,0
6	17,7	20,2	18,5	23,5	19,8	25,0
7	19,2	20,2	19,9	23,5	21,3	25,0
8	20,9	20,2	21,6	23,5	23,1	25,0
9	22,8	20,2	23,5	23,5	25,0	25,0
10	24,6	20,2	25,3	23,5	26,9	25,0
11	26,4	20,2	27,0	23,5	28,7	25,0
12	27,8	20,2	28,4	23,5	30,3	25,0
13	29,0	20,2	29,5	23,5	31,5	25,0
14	29,7	20,2	30,2	23,5	32,2	25,0
15	30,0	20,2	30,5	23,5	32,4	25,0
16	29,7	20,2	30,2	23,5	32,2	25,0
17	29,0	20,2	29,5	23,5	31,5	25,0
18	27,8	20,2	28,4	23,5	30,3	25,0
19	26,4	20,2	27,0	23,5	28,7	25,0
20	24,6	20,2	25,3	23,5	26,9	25,0
21	22,8	20,2	23,5	23,5	25,0	25,0
22	20,9	20,2	21,6	23,5	23,1	25,0
23	19,2	20,2	19,9	23,5	21,3	25,0
24	17,7	20,2	18,5	23,5	19,8	25,0



- Kritický den Přimda

<i>hodina</i>	<i>1971-1999</i>		<i>2000-2009</i>		<i>2010-2019</i>	
1	14,9	20,2	15,9	21,0	17,1	22,1
2	14,3	20,2	15,4	21,0	16,6	22,1
3	14,1	20,2	15,2	21,0	16,4	22,1
4	14,3	20,2	15,4	21,0	16,6	22,1
5	14,9	20,2	15,9	21,0	17,1	22,1
6	15,9	20,2	16,9	21,0	18,0	22,1
7	17,1	20,2	18,1	21,0	19,2	22,1
8	18,6	20,2	19,5	21,0	20,6	22,1
9	20,2	20,2	21,0	21,0	22,1	22,1
10	21,8	20,2	22,5	21,0	23,6	22,1
11	23,3	20,2	23,9	21,0	25,0	22,1
12	24,5	20,2	25,1	21,0	26,2	22,1
13	25,5	20,2	26,0	21,0	27,1	22,1
14	26,1	20,2	26,6	21,0	27,7	22,1
15	26,3	20,2	26,8	21,0	27,9	22,1
16	26,1	20,2	26,6	21,0	27,7	22,1
17	25,5	20,2	26,0	21,0	27,1	22,1
18	24,5	20,2	25,1	21,0	26,2	22,1
19	23,3	20,2	23,9	21,0	25,0	22,1
20	21,8	20,2	22,5	21,0	23,6	22,1
21	20,2	20,2	21,0	21,0	22,1	22,1
22	18,6	20,2	19,5	21,0	20,6	22,1
23	17,1	20,2	18,1	21,0	19,2	22,1
24	15,9	20,2	16,9	21,0	18,0	22,1



• **Kritický den Liberec**

<i>hodina</i>	<i>1971-1999</i>		<i>2000-2009</i>		<i>2010-2019</i>	
1	14,7	20,9	17,4	23,5	16,2	22,2
2	14,0	20,9	16,7	23,5	15,5	22,2
3	13,7	20,9	16,4	23,5	15,3	22,2
4	14,0	20,9	16,7	23,5	15,5	22,2
5	14,7	20,9	17,4	23,5	16,2	22,2
6	15,8	20,9	18,5	23,5	17,3	22,2
7	17,3	20,9	19,9	23,5	18,8	22,2
8	19,0	20,9	21,6	23,5	20,4	22,2
9	20,9	20,9	23,5	23,5	22,2	22,2
10	22,7	20,9	25,3	23,5	24,0	22,2
11	24,5	20,9	27,0	23,5	25,7	22,2
12	25,9	20,9	28,4	23,5	27,1	22,2
13	27,1	20,9	29,5	23,5	28,2	22,2
14	27,8	20,9	30,2	23,5	28,9	22,2
15	28,0	20,9	30,5	23,5	29,2	22,2
16	27,8	20,9	30,2	23,5	28,9	22,2
17	27,1	20,9	29,5	23,5	28,2	22,2
18	25,9	20,9	28,4	23,5	27,1	22,2
19	24,5	20,9	27,0	23,5	25,7	22,2
20	22,7	20,9	25,3	23,5	24,0	22,2
21	20,9	20,9	23,5	23,5	22,2	22,2
22	19,0	20,9	21,6	23,5	20,4	22,2
23	17,3	20,9	19,9	23,5	18,8	22,2
24	15,8	20,9	18,5	23,5	17,3	22,2



- **Období po velmi teplém období Praha – Libuš**

<i>hodina</i>	1971-1999		2000-2009		2010-2019	
1	15,0	21,6	17,2	22,9	17,8	23,9
2	14,3	21,6	16,5	22,9	17,1	23,9
3	14,0	21,6	16,3	22,9	16,9	23,9
4	14,3	21,6	16,5	22,9	17,1	23,9
5	15,0	21,6	17,2	22,9	17,8	23,9
6	16,2	21,6	18,2	22,9	19,0	23,9
7	17,8	21,6	19,6	22,9	20,4	23,9
8	19,6	21,6	21,2	22,9	22,1	23,9
9	21,6	21,6	22,9	22,9	23,9	23,9
10	23,6	21,6	24,6	22,9	25,7	23,9
11	25,4	21,6	26,2	22,9	27,4	23,9
12	27,0	21,6	27,6	22,9	28,8	23,9
13	28,2	21,6	28,6	22,9	30,0	23,9
14	28,9	21,6	29,3	22,9	30,7	23,9
15	29,2	21,6	29,5	22,9	30,9	23,9
16	28,9	21,6	29,3	22,9	30,7	23,9
17	28,2	21,6	28,6	22,9	30,0	23,9
18	27,0	21,6	27,6	22,9	28,8	23,9
19	25,4	21,6	26,2	22,9	27,4	23,9
20	23,6	21,6	24,6	22,9	25,7	23,9
21	21,6	21,6	22,9	22,9	23,9	23,9
22	19,6	21,6	21,2	22,9	22,1	23,9
23	17,8	21,6	19,6	22,9	20,4	23,9
24	16,2	21,6	18,2	22,9	19,0	23,9



- **Maximální teplota vnitřního vzduchu – kombinace současnost**

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 0			
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční	3,3 h <sup>-1</sup>
1	38,22519	35,93704	34,25646	32,4693
2	30,08358	29,19319	27,54489	29,08194
3	29,27646	28,6942	26,99917	28,86793
4	28,39053	27,99824	26,35421	28,54763
5	27,51155	27,35359	25,82509	28,29805
6	25,42917	25,94361	24,46436	27,58559

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 1			
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční	3,3 h <sup>-1</sup>
1	37,07782	35,0284	33,3199	31,6765
2	28,71134	28,27384	26,56297	28,67883
3	28,0554	27,77029	26,14463	28,46377
4	27,16303	27,06673	25,5525	28,12224
5	26,86899	26,85017	25,38039	28,07463
6	25,19198	25,78105	24,28619	27,49988

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 2			
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční	3,3 h <sup>-1</sup>
1	35,58891	31,5659	29,818	30,2246
2	28,74305	28,08708	26,37814	28,52807
3	28,24316	27,82776	26,12199	28,41809
4	27,84119	27,46621	25,82055	28,25397
5	26,4649	26,48927	25,01691	27,85509
6	24,75145	25,42134	23,9082	27,28128



- **Maximální teplota vnitřního vzduchu – kombinace budoucnost**

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 0		
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční
4	29,48843	29,3344	27,62034
5	28,62716	28,68976	26,96691
6	26,54478	27,06264	25,51007

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 1		
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční
4	28,2641	28,39449	26,65611
5	27,97005	28,17792	26,43513
6	26,29304	26,86823	25,32288

Stínění/ Větrání	GEOMETRIE 2		
	0,5 h <sup>-1</sup>	1 h <sup>-1</sup>	noční
4	28,89683	28,77389	27,01572
5	27,53749	27,79156	26,03152
6	25,75965	26,44925	24,92281



- Porovnání maximálních teplot současnost x budoucnost

			<i>SOUČASNOST</i>	<i>BUDOUCNOST</i>	<i>ROZDÍL</i>	<27
<i>GEOMETRIE 0</i>	0,5 h <sup>-1</sup>	4	28,39	29,49	1,10	KO
		5	27,51	28,63	1,12	KO
		6	25,43	26,54	1,12	SPLŇUJE
	1 h <sup>-1</sup>	4	28,00	29,33	1,34	KO
		5	27,35	28,69	1,34	KO
		6	25,94	27,06	1,12	KO
	NOČNÍ	4	26,35	27,62	1,27	KO
		5	25,83	26,97	1,14	SPLŇUJE
		6	24,46	25,51	1,05	SPLŇUJE
<i>GEOMETRIE 1</i>	0,5 h <sup>-1</sup>	4	27,16	28,26	1,10	KO
		5	26,87	27,97	1,10	KO
		6	25,19	26,29	1,10	SPLŇUJE
	1 h <sup>-1</sup>	4	27,07	28,39	1,33	KO
		5	26,85	28,18	1,33	KO
		6	25,78	26,87	1,09	SPLŇUJE
	NOČNÍ	4	25,55	26,66	1,10	SPLŇUJE
		5	25,38	26,44	1,05	SPLŇUJE
		6	24,29	25,32	1,04	SPLŇUJE
<i>GEOMETRIE 2</i>	0,5 h <sup>-1</sup>	4	27,84	28,90	1,06	KO
		5	26,46	27,54	1,07	KO
		6	24,75	25,76	1,01	SPLŇUJE
	1 h <sup>-1</sup>	4	27,47	28,77	1,31	KO
		5	26,49	27,79	1,30	KO
		6	25,42	26,45	1,03	SPLŇUJE
	NOČNÍ	4	25,82	27,02	1,20	KO
		5	25,02	26,03	1,01	SPLŇUJE
		6	23,91	24,92	1,01	SPLŇUJE





- Plocha solární apertury a maximální teplota vzduchu – současnost

GEOMETRIE 0	<i>VĚTRÁNÍ 0,5 h<sup>-1</sup></i>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	2,25	1,55	1,43	1,26	1,13	0,43
	As/V	0,021	0,014	0,013	0,012	0,011	0,004
	T [°C]	38,23	30,08	29,28	28,39	27,51	25,43
	<i>VĚTRÁNÍ 1 h<sup>-1</sup></i>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	2,25	1,55	1,43	1,26	1,13	0,43
	As/V	0,021	0,014	0,013	0,012	0,011	0,004
	T [°C]	35,94	29,19	28,69	28,00	27,35	25,94
	<i>VĚTRÁNÍ noční</i>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	2,25	1,55	1,43	1,26	1,13	0,43
	As/V	0,021	0,014	0,013	0,012	0,011	0,004
	T [°C]	34,26	27,54	27,00	26,35	25,83	24,46
	<i>VĚTRÁNÍ 3,3 h<sup>-1</sup></i>						
	VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
As [m2]	2,25	1,55	1,43	1,26	1,13	0,43	
As/V	0,021	0,014	0,013	0,012	0,011	0,004	
T [°C]	32,47	29,08	28,87	28,55	28,30	27,59	
GEOMETRIE 1	<i>VĚTRÁNÍ 0,5 h<sup>-1</sup></i>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	1,92	1,21	1,09	0,92	0,89	0,37
	As/V	0,018	0,011	0,010	0,009	0,008	0,003
	T [°C]	37,08	28,71	28,06	27,16	26,87	25,19
	<i>VĚTRÁNÍ 1 h<sup>-1</sup></i>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	1,92	1,21	1,09	0,92	0,89	0,37
	As/V	0,018	0,011	0,010	0,009	0,008	0,003
	T [°C]	35,03	28,27	27,77	27,07	26,85	25,78



		VĚTRÁNÍ noční						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
GEOMETRIE 1	As [m2]	1,92	1,21	1,09	0,92	0,89	0,37	
	As/V	0,018	0,011	0,010	0,009	0,008	0,003	
	T [°C]	33,32	26,56	26,14	25,55	25,38	24,29	
			VĚTRÁNÍ 3,3 h <sup>-1</sup>					
			VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]		1,92	1,21	1,09	0,92	0,89	0,37
As/V		0,018	0,011	0,010	0,009	0,008	0,003	
T [°C]		31,68	28,68	28,46	28,12	28,07	27,50	
		VĚTRÁNÍ 0,5 h <sup>-1</sup>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
As [m2]		1,67	1,31	1,25	1,17	0,95	0,34	
As/V		0,016	0,012	0,012	0,011	0,009	0,003	
T [°C]		35,59	28,74	28,24	27,84	26,46	24,75	
		VĚTRÁNÍ 1 h <sup>-1</sup>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
As [m2]		1,67	1,31	1,25	1,17	0,95	0,34	
As/V		0,016	0,012	0,012	0,011	0,009	0,003	
T [°C]		31,57	28,09	27,83	27,47	26,49	25,42	
		VĚTRÁNÍ noční						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
As [m2]		1,67	1,31	1,25	1,17	0,95	0,34	
As/V		0,016	0,012	0,012	0,011	0,009	0,003	
T [°C]		29,82	26,38	26,12	25,82	25,02	23,91	
		VĚTRÁNÍ 3,3 h <sup>-1</sup>						
		VAR. 1	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6	
As [m2]		1,67	1,31	1,25	1,17	0,95	0,34	
As/V		0,016	0,012	0,012	0,011	0,009	0,003	
T [°C]		30,22	28,53	28,42	28,25	27,86	27,28	



- Plocha solární apertury a maximální teplota vzduchu – budoucnost

GEOMETRIE 0	<i>0,5 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	1,26	1,13	0,43
	As/V	0,012	0,011	0,004
	T [°C]	29,49	28,63	26,54
	<i>1 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	1,26	1,13	0,43
	As/V	0,012	0,011	0,004
	T [°C]	29,33	28,69	27,06
	<i>NOČNÍ</i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	1,26	1,13	0,43
As/V	0,012	0,011	0,004	
T [°C]	27,62	26,97	25,51	

GEOMETRIE 1	<i>0,5 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	0,92	0,89	0,37
	As/V	0,009	0,008	0,003
	T [°C]	28,26	27,97	26,29
	<i>1 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	0,92	0,89	0,37
	As/V	0,009	0,008	0,003
	T [°C]	28,39	28,18	26,87
	<i>NOČNÍ</i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m <sup>2</sup> ]	0,92	0,89	0,37
As/V	0,009	0,008	0,003	
T [°C]	26,66	26,44	25,32	



GEOMETRIE 2	<i>0,5 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	1,17	0,95	0,34
	As/V	0,011	0,009	0,003
	T [°C]	28,90	27,54	25,76
	<i>1 h<sup>-1</sup></i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	1,17	0,95	0,34
	As/V	0,011	0,009	0,003
	T [°C]	28,77	27,79	26,45
	<i>NOČNÍ</i>			
		VAR. 4	VAR. 5	VAR. 6
	As [m2]	1,17	0,95	0,34
	As/V	0,011	0,009	0,003
	T [°C]	27,02	26,03	24,92