

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití pasivních solárních systémů v praxi

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel MALINA**
Osobní číslo: **E12B0339P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Využití pasivních solárních systémů v praxi**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište možnosti využití pasivních solárních systémů na průmyslových objektech.
2. Navrhněte pasivní solární systém s ohledem na energetické potřeby konkrétního průmyslového objektu.
3. Zhodnoťte přínos tohoto systému z hlediska energetického, ekonomického a ekologického.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- 1. MEDEK F.: NETRADIČNÍ ZDROJE ENERGIE A ARCHITEKTURA, ČVUT PRAHA**
- 2. CIHELKA J.: SOLÁRNÍ TEPELNÁ TECHNIKA, NAKLAD. T.MALINA PRAHA**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Langhammer**
Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na řešení problematiky pasivních solárních systémů a to konkrétně využití energeticky úsporných oken u průmyslového objektu. Je rozdělena do 4 částí. V první části je popsáno rozdělení pasivních solárních systémů a jednotlivé části jsou popsány. Ve druhé části je praktický výpočet energetické bilance budovy s původními okny a s navrženými energeticky optimalizovanými okny. Ve třetí části je zhodnocení z energetického, ekonomického a ekologického hlediska. V poslední části je závěrečné zhodnocení.

Klíčová slova

Solární energie, pasivní solární systémy, energeticky úsporná okna, sluneční záření, energetická bilance, tepelné ztráty

Abstract

The main task of this bachelor work is description of passive solar systems, specifically the use energy-efficient windows in industrial building.. The work is divided into four parts. The first part describes the distribution of passive solar systems and individual parts are described. The second part is a practical calculation of the energy balance of the bulding with existing windows and then with propřed energy-efficient windows. The third part is the evaluation of the energy, economic and environmental point of view. In the last part is final evaluation.

Key words

Solar energy, passive solar systems, energy-efficient windows, solar radiation, energy balance, heat losses

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 5.6.2014

Karel Malina

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Langhammerovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Společnosti Škola Welding s.r.o. za poskytnuté informace o svářečské hale.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
2 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY.....	10
2.1 TYPY PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	11
2.1.1 Energeticky optimalizovaná okna	11
2.1.2 Prosklené střechy	13
2.1.3 Akumulační solární stěna.....	14
2.1.4 Transparentní prvky.....	15
2.1.5 Zasklený balkon	16
2.1.6 Zimní zahrada	17
2.1.7 Atrium	18
2.2 PROTISLUNEČNÍ OCHRANY A OCHRANY PROTI OSLNĚNÍ.....	18
3 VÝPOČET POTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ PRŮMYSLOVÉHO OBJEKTU.....	19
3.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU	19
3.2 POSTUP VÝPOČTU S PŮVODNÍMI OKNY.....	20
3.2.1 Měrná tepelná ztráta větráním.....	20
3.2.2 Měrná tepelná ztráta prostupem tepla	21
3.2.3 Vnitřní tepelné zisky.....	25
3.2.4 Solární tepelné zisky	25
3.2.5 Potřeba tepla.....	27
3.3 POSTUP VÝPOČTU S ENERGETICKY OPTIMALIZOVANÝMI OKNY	28
3.3.1 Měrná tepelná ztráta větráním.....	29
3.3.2 Měrná tepelná ztráta prostupem tepla	29
3.3.3 Celková tepelná ztráta při konstantní teplotě	29
3.3.4 Vnitřní tepelné zisky.....	30
3.3.5 Solární tepelné zisky	30
3.3.6 Potřeba tepla.....	31
4 ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OKEN.....	31
4.1 ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ	31
4.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	33
4.3 EKOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ.....	35
5 ZÁVĚR	35
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1
SEZNAM OBRÁZKŮ	3
SEZNAM TABULEK.....	4

Seznam symbolů a zkratek

ČR	Česká republika
cm.....	centimetr
K.....	Kelvin
m	metr
mm	milimetr
např.	například
Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
μm.....	mikrometr
UV.....	ultrafialové záření
W/(m ² K).....	Watt na metr čtvereční Kelvin
°C	stupně Celsia
τ	prostupnost denního světla
g	celková propustnost slunečního záření
U	součinitel prostupu tepla

Úvod

Životní prostředí je velkou měrou ovlivňováno lidstvem. V dřívějších letech byly kladeny požadavky spíše na průmysl, než na ochranu životního prostředí a soužití člověka s přírodou. Tím se samozřejmě kvalita životního prostředí velmi snížila. S rostoucí spotřebou elektrické energie a faktem, že zásoby fosilních paliv jsou omezené, je v posledních letech snaha od fosilních paliv ustupovat a pomalu je nahrazovat obnovitelnými zdroji.

Mezi obnovitelné zdroje patří například energie slunečního záření, energie vody, energie větru, geotermální energie či spalování biomasy. Energie slunečního záření neboli také solární energie se označuje jako obnovitelný zdroj, protože vyčerpání zásob vodíku na Slunci je odhadováno až v řádech miliard let. Vzhledem k tomu, že sluneční energie je dostupná téměř kdekoliv, tak je pro nás velmi dobrou alternativou. Výhodou využití energie slunečního záření je jednoznačně ekologická a ekonomická stránka. Nevýhodou u solárních systémů může být nízká účinnost či možnost akumulace energie. Pokud energii lze dobře skladovat (např. v biomase), tak poté její účinnost je velmi malá. Na druhou stranu při přeměně sluneční energie na tepelnou lze dosáhnout velké účinnosti, ovšem skladovatelnost (akumulace) je velmi drahá.

Ve své bakalářské práci se budu zabývat pasivními solárními systémy, konkrétně návrhem energeticky úsporných oken na průmyslový objekt a porovnání se stávajícím stavem z ekologického a ekonomického hlediska.

2 Pasivní solární systémy

Pojem pasivní nám udává, že využití energie se děje pouze přirozenou cestou, to znamená, že bez pomoci technických zařízení. Díky vhodné architektonické koncepci budovy, jedná se hlavně o orientaci oken, lze dosáhnout maximálnímu využití sluneční energie. Na severní stranu se umísťují buďto malá okna anebo se okna neumísťují vůbec. Na jižní stěnu budovy umísťujeme okna či jiné prvky pasivních solárních systémů pro maximální využití tepelných zisků. [1]

Platí, že u pasivních solárních systémů by měla zasklená plocha dosahovat takové velikosti, aby zachytila dostatek energie k vytápění objektu i v nejchladnějším možném

zimním období (platí pro velikosti energeticky optimalizovaných oken, akumulčních stěn a jiných zasklení). Vzhledem k malému počtu slunečních dnů v zimě se s tímto vytápěním nedá počítat vždy a tak je dobré počítat i s doplňkovým vytápěním. [2]

Pasivní solární systémy dělíme [1]:

a) podle způsobu využití sluneční energie

- *přímé* – průchod slunečního záření (nejčastěji okny),
- *nepřímé* – akumulace energie (akumulační stěny),
- *hybridní* – kombinace přímého a nepřímého využití sluneční energie,

b) podle umístění v konstrukci

- *prvky (např. okna) umístěné v obvodových stěnách orientovaných na jih,*
- *střešní prvky,*
- *přídavné prvky.*

2.1 Typy pasivních solárních systémů

2.1.1 Energeticky optimalizovaná okna

Okna jsou z hlediska tepelných ztrát velmi důležitým prvkem. Mohou být místem velkých tepelných ztrát, či při správném využití a použití energetických oken, místem velmi malých až nulových ztrát anebo i místem tepelných zisků [3]. Účinnost okna je dána jeho propustností slunečního záření. [2]

Charakteristickými vlastnostmi energeticky optimalizovaných oken jsou [3]:

- *propustnost denního světla* – τ [%],
- *celková propustnost slunečního záření, celková propustnost energie* – g [-],
- *tepelně-izolační schopnost, součinitel prostupu tepla* – U [$W/(m^2K)$].

Hlavní funkcí oken je osvětlení místností, u energeticky optimalizovaných oken je navíc ještě jedna důležitá funkce a to aby okna byla v celoroční bilanci zisková. Toho lze dosáhnout tak, že okna jsou na jižně orientovaných fasádách (Tab. 1). U ostatních orientací jsou energetické bilance neutrální nebo negativní. Z toho plyne, že se energeticky může vyplatit zmenšit plochu oken obrácených k severu a zvětšit plochu oken obrácených na jih. Musí se však dát pozor na to, aby příliš velké energetické zisky nevedly k přehřívání místností.

Orientačně se počítá s tím, že plocha všech oken na jižní stěně by neměla být větší, než 25 % odpovídající podlahové plochy.[3]

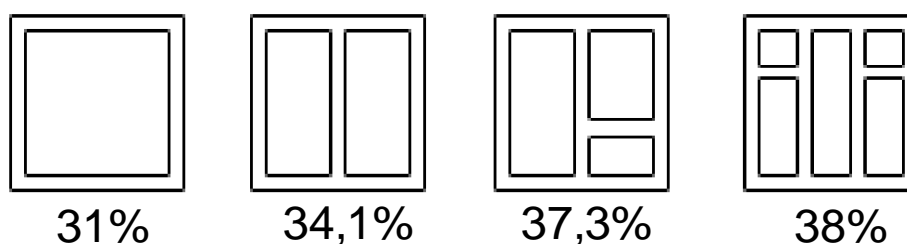
Tab. 1: Orientační hodnocení energetické bilance zasklení podle orientace budovy [3]

Součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2K)$]	jih	východ/západ	sever
1,8 $W/(m^2K)$ již neodpovídající	neutrální	ztráty	ztráty
1,1 až 1,3 $W/(m^2K)$ aktuální stav techniky	mírné zisky	neutrální	ztráty
Pod 0,8 $W/(m^2K)$ mimořádná zasklení	zisky	mírné zisky	ztráty

Při návrhu můžeme docílit různých kombinací charakteristik oken. A to volbou druhu zasklení (dvojitě a trojitě), volbou povrchových úprav (druh a počet odrazivých vrstev) a plněním vzácným plynem (argon, krypton, xenon) [4]. Nejlepší poměr zisků a ztrát dle měsíců má trojnásobné zasklení, ovšem rozdíly od dvojitého jsou velmi malé [2].

V minulosti se jako izolační okna používala např. okna s dvojitým zasklením a jako výplň mezi skly byl vzduch. Toto zasklení dosahovalo součinitele prostupu tepla U od 2,5 $W/(m^2K)$ do 3 $W/(m^2K)$, což je velmi málo. V dnešní době se izolační zasklení vyrábějí s hodnotou U menší než 1,15 $W/(m^2K)$. [5]

Dalším parametrem jsou vlastnosti okenního rámu. Rám zabírá při obvyklých poměrech 30 – 40 % okenního otvoru (Obr. 1). Zmenšením rámu tedy docílíme větší plochy zasklení a tím i větších zisků ze slunečního záření. Zmenšit rám lze např. nahrazením dvoukřídlových oken jednokřídlovými nebo odstraněním příček rámu. [3]



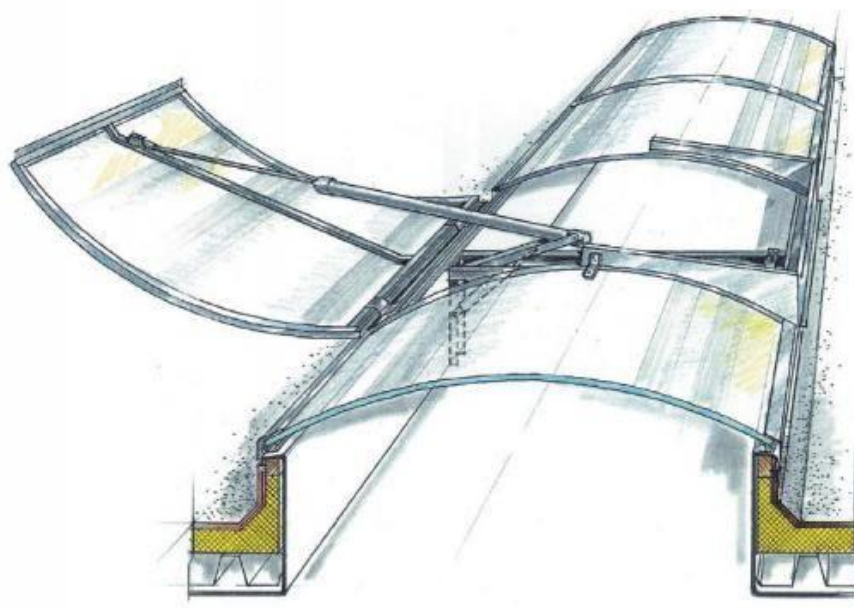
Obr. 1: Podíly plochy rámu [3]

Při zvětšení oken je důležité dbát na protisluneční ochrany a ochrany proti oslnění. Jako protisluneční ochrany se využívají stínící systémy umístěny z vnější strany nebo vysoce odrazivé fólie v izolačním zasklení. Platí, že účinná protisluneční ochrana propustí do místnosti nejvýše 15 % zářivé energie, to znamená, že celková propustnost solární energie

(hodnota g) systému protisluneční ochrany okna by neměla překročit 0,15. U markýz to znamená, že musí být vyrobeny ze tkanin, které mají nepatrnou energetickou propustnost, to je ovšem velmi často v rozporu s výtvarným řešením. Hodnota g by se měla u běžných lamelových závěsů pohybovat mezi 0,4 a 0,5 a u vysoce odrazivých systémů 0,25. Alternativou jsou protisluneční ochranná skla, která buď odrazí, nebo absorbují tepelné záření. Nevýhodou je však nižší účinnost než stínící systémy a že mění barevné podání denního světla v interiéru. Dále také omezují využití solární energie v otopném období. [3]

2.1.2 Prosklené střechy

Touto úpravou lze docílit největšího zisku denního světla. Jedná se o tzv. zenitové světlo, které kolmo dopadá z oblohy na skleněné plochy. Skleněné střechy osvětlí pracoviště takovou intenzitou denního světla, na kterou by bylo třeba asi pětinašobek plochy oken. Prosklené střechy se používají nad vstupními schodišti, jako odrazivé a rozptylové osvětlovací šachty na chodbách veřejných budov či jako kopule a kupolové světlíky nad vysokými jednopodlažními halami (*Obr. 2*). [3] Názorný příklad prosklené střechy je možné vidět ve vstupní hale Fakulty elektrotechnické v Plzni.



Obr. 2: Pásový střešní světlík vybavený větrací klapkou s motorem pro denní větrání (*převzato z [6]*)

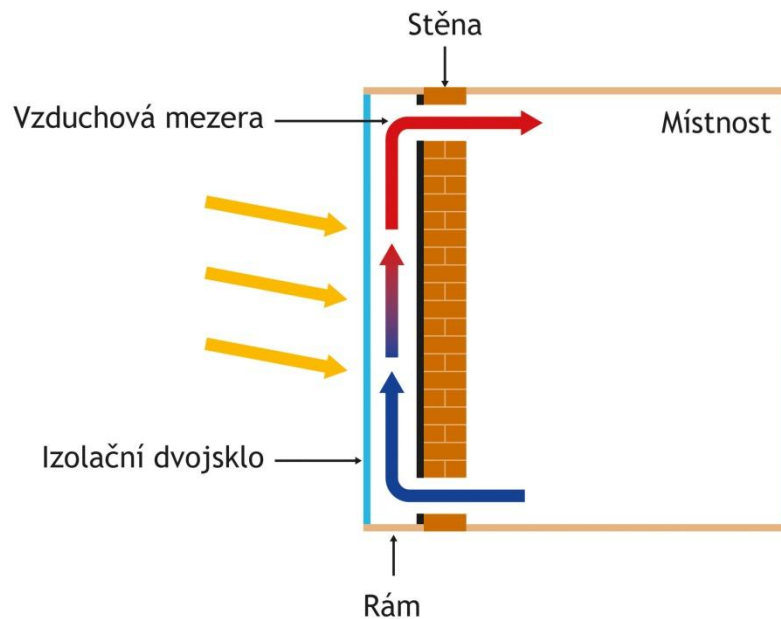
Při využití prosklených střech je důležité správně dimenzovat a umístit skleněné plochy, dále také zvolit vhodné automatické řízení umělého osvětlení. Jelikož se opět jedná o přímé využití sluneční energie, je důležitá protisluneční ochrana, která zabrání letnímu přehřívání.

Využívá se účinné stínící zařízení nebo se zasklení orientuje k severu. U velkoplošných zasklení je navíc potřebné příčné provětrávání, a pokud možní teplo akumulující hmota. Je také důležité dát si pozor na tepelné ztráty. Zasklení a kupolové světlíky z plastických hmot se musí opatřit tepelně odrazivou vrstvou pro docílení dobré hodnoty součinitele prostupu tepla U . V oblasti rámu a nosných konstrukcí by se také mělo dát pozor na tepelné mosty, aby nedocházelo k orosování skel. [3]

2.1.3 Akumulační solární stěna

Jedná se o stěnu orientovanou na jih, která funguje jako kolektor. Stěna i podlaha jsou vyrobeny z masivních stavebních materiálů s vysokou tepelnou kapacitou. Stěna akumuluje teplo ze slunečního záření, tím zabraňuje přehřátí objektu a při poklesu teploty uvolňuje akumulované teplo. Funguje tedy jako tepelný zásobník.

Na tomto principu funguje i Trombeho stěna. Tato stěna je jižně orientovaná, z venkovní strany natřena tmavou barvou [7]. Zhruba 10 cm před stěnou je umístěna prosklená plocha [1]. U podlahy a stropu má stěna uzavíratelné průduchy, studený vzduch je nasáván průduchem ve spodní části Trombeho stěny a vlivem působení tepelného záření v mezeře mezi zasklením a akumulací stěnou, dochází ke vzniku teplotního gradientu, který ohřátý vzduch samovolně vytlačuje průduchem v horní části stěny zpět do místnosti (*Obr. 3*). Regulace se provádí uzavřením či otevřením těchto průduchů. Teplo se do interiéru dostává také sáláním ze stěny. V letních měsících, kdy je teplého vzduchu dostatek se uzavře horní průduch a na horním rámu je klapka, která se otevře. Vzduch pak prochází mezi zasklením a stěnou, ale proudí ven a ne zpátky do místnosti. [7]



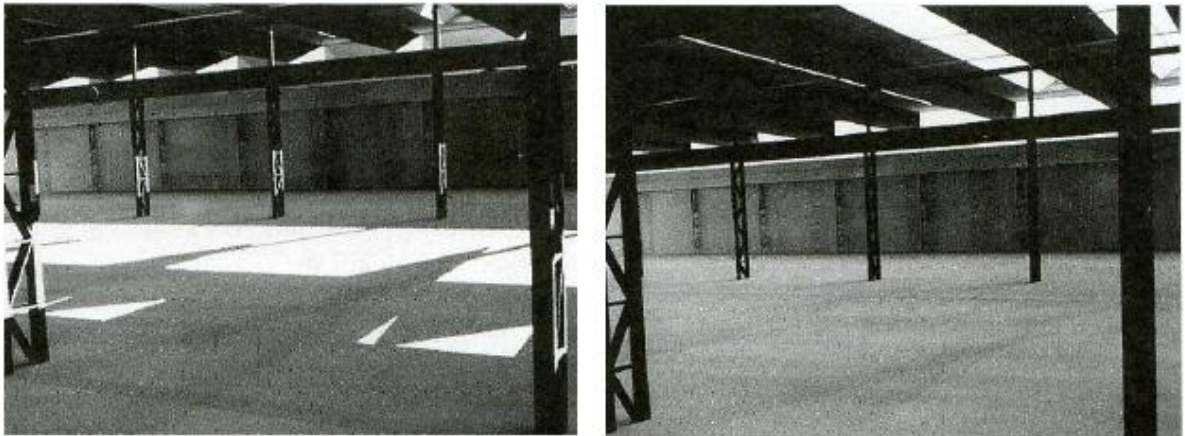
Obr. 3: Princip funkce Trombeho stěny (převzato z [7])

2.1.4 Transparentní prvky

Jsou to prvky s tepelnou izolací, které propouští dostatek světla a mají nízkou tepelnou ztrátu, ale oproti běžným oknům nedovolují jasný průhled. Vyrábí se ze skla nebo plastu. Použití plastových materiálů je omezeno provozní teplotou do 140 °C [1]. Sklo je levné a odolné vůči UV záření. Jejich tloušťka se pohybuje mezi 5 a 15 cm. V porovnání se stejně velkým oknem s tepelně-izolačním zasklením mají transparentní prvky 1,5 až 2 krát větší tepelně-izolační schopnost. [3]

Propustnost denního světla se u transparentních izolačních prvků pohybuje mezi 60 % až 80 %. Součinitel prostupu tepla U se pohybuje od 1,8 do 3,5 W/(m²K), záleží na typu transparentní tepelné izolace. [8]

Velkou výhodou je, že rozložení světla je rovnoměrné po celém prostoru (Obr. 4), v prostoru vlevo je použité běžné zasklení a v prostoru vpravo je použita transparentní izolace.



Obr. 4: Porovnání prostoru s běžným zasklením (vlevo) a s transparentní izolací (vpravo) z hlediska světelných kontrastů (převzato z [3])

Při zlepšení osvětlení denním světlem se musí počítat s poklesem umělého osvětlení a tím i poklesem spotřeby elektrické energie. Vhodným řešením je automatická regulace, která podle intenzity denního osvětlení reguluje umělé osvětlení. [3]

Využití transparentních prvků je u budov, kde je potřeba lépe využít denní světlo a kde není důležitý vizuální kontakt s vnějším okolím. Typickými příklady jsou knihovny, bazénové haly, tovární haly, laboratoře či výrobní haly.

2.1.5 Zasklený balkon

Jde pouze o zasklení klasického balkónu, popřípadě se může podlaha a strop balkónu obložit tepelnou izolací pro minimalizaci ztrát. Kvalita zasklení záleží na funkci balkónu. Pro ochranu proti povětrnostním vlivům, prachu a hluku volíme jednoduché zasklení, kvalitnější tepelně-izolační zasklení navíc zajistí vyšší úspory. V ideálním případě se úspora energie může pohybovat mezi 15 % až 20 % ročně. Kromě úspory energie jsou dalšími výhodami možnost využívání balkónu celoročně, tudíž se nám zvětší bytové prostory. [6]

Při využití zaskleného balkónu nezáleží primárně na orientaci (tak jako to je u energeticky optimalizovaných oken), jelikož vždy přinese užitek. S rostoucím přímým slunečním zářením stoupá průměrná teplota a s ní i počet dnů, kdy zasklený balkon lze používat k pobytu. Zasklení balkónu lze doplnit o okna s jednoduchým ovládním, pro zajištění větrání. [3]

2.1.6 Zimní zahrada

Zimní zahrada je zasklený prostor, který v létě slouží jako kryté místo před povětrnostními vlivy, na jaře a na podzim rozšiřuje obytný prostor a v zimě zpříjemní pohledem na zeleň (Obr. 5). Slouží také jako tepelně vyrovnávací prostor, který vzduch díky skleníkovému efektu předejde a pak se přivede do budovy, tímto se snižují tepelné ztráty domu. [9]

Při stavbě je důležité dodržovat konkrétní konstrukční zásady, v opačném případě může díky špatnému větracímu systému docházet k přehřívání v letních měsících. Dále se zimní zahrada nevytápí a to proto, že by docházelo k velkým tepelným ztrátám, jelikož i dobré tepelně-izolační sklo má stále větší tepelné ztráty než zateplená obvodová zeď. Orientace by měla být prosklenými stěnami na jih. Je to z toho důvodu, že jižní stěna domu je v zimě nejdéle osluněna a také v zimě je slunce níže, díky tomu sluneční paprsky dopadají na zimní zahradu a i na objekt za ní. Oproti tomu v létě je slunce výš a střecha obytný prostor před sluncem ochrání. [3]



Obr. 5: Ukázka možného typu zimní zahrady u rodinného domu (převzato z [10])

Z ekonomického hlediska se však zimní zahrada v našich klimatických podmínkách, jako prostředek k zisku slunečního tepla nevyplatí. Je to dáno hlavně množstvím slunečných dnů

za rok v ČR, kde největší počet slunečních dní je v letním období a nejmenší v zimním období, kdy je slunce většinou pod mrakem.

2.1.7 Atrium

Atrium je prosklené zastřešení vnitřních dvorů nebo výklenků domů. Výhody využití atria je ochrana fasád a energetický zisk. Při návrhu se musí dbát na to, aby nedocházelo k přehřívání, aby nebylo omezeno denní osvětlení přilehlých místností či objektů. Využitím převýšení atria vůči okolním střechám se vytvoří tepelný polštář pod střechou atria, a tím zajistí, že se nebudou přehřívát okolní prostory. Tento teplý vzduch se pak využije k větrání okolních prostor. [3]

Z ekonomického hlediska je zastřešení větších prostorů velmi nákladné, protože se jedná o skleněné zastřešení nad prostorem, kde se budou vyskytovat lidé, musí být použito drahé bezpečnostní sklo [3]. Dále se na ceně projeví také systémy protisluneční ochrany, systémy větrání a také konstrukce zastřešení k okolním objektům.

2.2 Protisluneční ochrany a ochrany proti oslnění

Při návrhu pasivního solárního systému musíme také počítat s tím, že v letním období mohou být tepelné zisky nežádoucí. Proto se využívají ochrany proti nadměrným tepelným ziskům, se kterými musíme počítat již při výstavbě pasivních solárních systémů. Tyto prvky stínění chrání v letních měsících vnitřní prostory před přehříváním či oslněním a v zimních měsících snižují únik tepla. [11]

Rozdělení ochran proti nadměrným tepelným ziskům [1]:

a) *Záměrné clonění okenních otvorů*

- *pevné clony* – jedná se o vodorovné lamely, rošty či prostorové mřížoviny, které jsou připevněny jako konzoly. Jako clony lze využít i transparentní tepelné izolace,
- *pohyblivé clony* – markýzy, pohyblivé lamely, žaluzie. Dále také markýzy, které mají zabudované fotovoltaické články a natáčejí se podle dopadu slunečních paprsků tak, aby byly co nejefektivněji využity.

b) *Použití okenních výplní se skly se sníženou propustností slunečního záření*

Speciální skla s nízkou hodnotou tepelné propustnosti nebo antireflexní fólie, které se

nalepí na původní skla.

c) Způsob clonění fasád

- **mechanické systémy** – vnější žaluzie, statické lamelové mříže,
- **skleněná omítka** – omítka, která působí selektivně, tzn., že v zimě má největší účinnost a v létě naopak nejmenší. Je to dáno tím, že v zimě, kdy je slunce níž než v létě, je transparentní izolace propustnější. V létě je slunce výš a sluneční paprsky dopadají ve větším úhlu a tím pádem je většina sluneční energie odražena na povrchu izolace díky skleněné omítce.

3 Výpočet potřeby energie na vytápění průmyslového objektu

Výpočet potřeby energie na vytápění průmyslového objektu se stávajícími okny a výpočet potřeby energie na vytápění s novými energeticky optimalizovanými okny byl proveden podle normy ČSN EN 832.

3.1 Základní informace o objektu

Návrh byl proveden pro svářečskou halu Škola Welding s.r.o. sídlící v ulici Edvarda Beneše, 30100 Plzeň. Základní údaje o rozměrech haly jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2: Základní údaje haly

Požadovaná teplota uvnitř haly	21 °C
Délka haly	60,75 m
Šířka haly	12,6 m
Výška haly	6,3 m

V Tab. 3 jsou uvedeny informace o jednotlivých prvcích obvodového pláště potřebné pro další výpočty. Jedná se o jednozónovou budovu, konkrétně o jednu halu, která je vytápěna na konstantní teplotu. Obvodové stěny jsou postaveny z armoporovitých tvárníc o tloušťce 300 mm. Jako střecha jsou použity izolační pórobetonové desky a střešní krytina je dvouvrstvá lepenka. Podlaha je betonová na šterkopískovém podkladu. Původní okna jsou okna s dvojitým zasklením, kde mezi zasklením je vzduch a rám je ze železa.

Tab. 3: Prvky obvodového pláště

Prvky obvodového pláště	Plocha [m ²]
Jižní okna	15,18
Východní okna	80,74
Západní okna	75,90
Severní okna	0
Stěna	752,39
Střecha	765,45
Podlaha	765,45

3.2 Postup výpočtu s původními okny

Postup výpočtu energetické bilance svářečské haly s původními okny:

- *Měrná tepelná ztráta větráním,*
- *Měrná tepelná ztráta prostupem tepla*
 - a. tepelná prostupnost obvodovým pláštěm,*
 - b. měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory,*
 - c. tepelná propustnost přes zeminu,*
- *Celková tepelná ztráta při konstantní teplotě,*
- *Vnitřní tepelné zisky,*
- *Solární tepelné zisky,*
- *Potřeba tepla.*

3.2.1 Měrná tepelná ztráta větráním

Měrná tepelná ztráta větráním se stanoví ze vztahu:

$$H_v = V * \rho_a c_a \quad (1)$$

V je objemový tok vzduchu v budově, $\rho_a c_a$ je tepelná kapacita vzduchu o jednotkovém objemu a je rovna 0,34 Wh/(m³K). V hale se nachází dvě jednotky mechanického větrání (každá o sacím výkonu 9 m³/s) se zpětným získáváním tepla o účinnosti 70 % (jedná se o výměnu tepla vzduch – voda, kde teplou vodou je ohříván vzduch). Vztah pro výpočet je podle normy:

$$V = V_f * (1 - \eta_v) + V_x \quad (2)$$

V_f – průměrný objemový tok vzduchu větracím systémem v provozu.

$$V_f = 2 * 9 = 18 \text{ m}^3/\text{s} = 18 * 3600 = 64800 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

V_x – přídavný tok vzduchu vyvolaný větrem a vztlakem při netěsném obvodovém plášti budovy. Intenzita výměny vzduchu n_{50} při rozdílu barometrického tlaku 50 Pa mezi vnitřním a vnějším prostředím je podle normy 5 h^{-1} . Objem vzduchu v budově je dán jejími rozměry. Součinitele větrné expozice e a f jsou voleny také podle normy a to $e = 0,02$ a $f = 20$, protože hala má jednu exponovanou fasádu a mírné stínění budovy. Přiváděný vzduch V_{sup} je stejný jako odváděný vzduch V_{ex} , tím pádem ve jmenovateli celý vztah vypadne a zůstane pouze jednička.

$$V_x = \frac{V * n_{50} * e}{1 + \frac{f}{e} * \left[\frac{V_{sup} - V_{ex}}{V * n_{50}} \right]^2} = \frac{4822,335 * 5 * 0,02}{1} = 482,234 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4)$$

Nyní se hodnoty z rovnic (3) a (4) dosadí do vztahu (2) a vyjde celkový objemový tok vzduchu v budově.

$$V = V_f * (1 - \eta_v) + V_x = 64800 * (1 - 0,7) + 482,234 = 19922,234 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

Celkový objemový tok následně dosadím do vzorce pro měrnou tepelnou ztrátu větráním (1).

$$H_v = V * \rho_a c_a = 19922,234 * 0,34 = 6773,560 \text{ W/K} \quad (1)$$

3.2.2 Měrná tepelná ztráta prostupem tepla

Měrná ztráta prostupem tepla se skládá ze součtu tří parametrů a to tepelnou prostupností obvodovým pláštěm L_D , ustálenou tepelnou propustností přes zeminu L_S a měrnou ztrátou přes nevytápěné prostory H_U .

3.2.2.1 Tepelná propustnost obvodovým pláštěm a střechou

Tepelná propustnost obvodovým pláštěm se vypočítá jako součin plochy obvodového pláště A a součinitele prostupu tepla konstrukce U . Z hlediska složitosti výpočty byly zanedbány vlivy tepelných mostů, které se počítají pomocí speciálních softwarů.

$$L_D = U * A \quad (5)$$

Obvodový plášť je nutné si rozdělit na prvky s rozdílným součinitelem prostupu tepla. V tomto případě je obvodová stěna z armaporitových tvárnice o tloušťce 300 mm a oken. Armaporitové tvárnice se dnes již nevyrábí a detailní informace o nich jsem bohužel nikde nenalezl ovšem jejich nástupcem by měly být tvárnice YTONG, konkrétně P6-650 se součinitelem prostupu tepla 0,54 W/(m²K).

Okna jsou s dvojitým zasklením a mezi zasklením je vzduch. Jako rám je použito železo. Součinitel prostupu tepla U tímto typem okna by se mělo pohybovat přibližně kolem 1,8 W/(m²K), což by mělo sloužit jako kontrola pro výpočet. Součinitel prostupu tepla oknem se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$U = \frac{(A_g * U_g) + (A_f * U_f) + (I_g * \Psi_g)}{A_g + A_f} = \frac{(1,67 * 1,6) + (0,86 * 2) + (2,585 * 0,08)}{1,67 + 0,86} = 1,818 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}) \quad (6)$$

Kde:

- $A_g = 1,67 \text{ m}^2$ – celková plocha zasklení,
- $U_g = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ – součinitel prostupu tepla zasklení,
- $A_f = 0,86 \text{ m}^2$ – celková plocha rámu,
- $U_f = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ – součinitel prostupu tepla rámu,
- $I_g = 2,585 \text{ m}$ – viditelný obvod zasklení,
- $\Psi_g = 0,08 \text{ W}/\text{mK}$ – lineární činitel prostupu tepla pro dvojitě zasklení plněné vzduchem.

Celkový součinitel propustnosti původních oken je 1,818 W/(m²K). V tabulce *Tab. 4* se nachází spočítaná tepelná propustnost L_D jednotlivých prvků obvodového pláště. Severní stěna nemá žádná okna a je na ní napojena administrativní část budovy, která je vytápěna na

stejnou teplotu, tudíž by nemělo docházet ke ztrátě tepla, když zanedbáme tepelné mosty. Celková propustnost obvodového pláště a střechy je rovna součtu všech dílčích propustností prvků obvodového pláště a střechy, je to tedy 943,702 W/(m²K).

Tab. 4: Tepelná propustnost prvky obvodového pláště s původním zasklením

Typ obvodového pláště		Plocha [m ²]	U [W/(m ² K)]	L _D [W/K]
Jižní stěna	zed'	64,200	0,540	34,668
	okna	15,180	1,818	27,597
Severní stěna	zed'	79,380	0	0
	okna	0	1,818	0
Východní stěna	zed'	301,985	0,540	163,072
	okna	80,740	1,818	146,785
Západní stěna	zed'	306,825	0,540	165,686
	okna	75,900	1,818	137,986
Střecha	izolační porobetonové desky	765,45	0,35	267,908

$$L_D = \sum L_{D_stěn_a_střechy} = 943,702 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (7)$$

3.2.2.2 Měrná tepelná ztráta nevytápěnými prostory

Měrná tepelná ztráta nevytápěnými prostory je nulová, jelikož hala nemá žádný nevytápěný prostor.

3.2.2.3 Tepelná propustnost přes zeminu

Tepelná propustnost přes zeminu L_S se spočte podle vztahu:

$$L_S = U_0 * A = 0,327 * 765,450 = 250,511 \text{ W/K} \quad (8)$$

Kde:

- A – plocha podlahy, která se spočítá podle základních informací budovy z Tab. 2,
- U_0 – součinitel prostupu tepla, výpočet je proveden podle rovnice (9).

$$U_0 = \frac{2 * \lambda}{\pi * B' + dt} * \ln \left(\frac{\pi * B'}{dt} + 1 \right) = \frac{2 * 1,5}{3,14 * 10,436 + 0,857} * \ln \left(\frac{3,14 * 10,436}{0,857} + 1 \right) = 0,327 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (9)$$

Kde:

- λ – tepelná vodivost zeminy, hlína a jíl má tepelnou vodivost 1,5 W/mK,
- B' – charakteristický rozměr podlahy, vypočítán v rovnici (10),
- dt – ekvivalentní tloušťka podlah, vypočtena z rovnice (12).

$$B' = \frac{A}{0,5 * P} = \frac{765,45}{0,5 * 146,7} = 10,436 \quad (10)$$

Kde:

- A – plocha podlahy,
- P – obvod podlahy.

$$P = 2 * (a + b) = 2 * (60,75 + 12,6) = 146,7 \text{ m} \quad (11)$$

Kde:

- a – délka haly, která je 60,75 metrů,
- b – šířka haly, která je 12,6 metrů.

$$dt = W + (\lambda * R) = 0,3 + (1,5 * 0,371) = 0,857 \quad (12)$$

Kde:

- W – je tloušťka obvodových stěn,
- λ – tepelná vodivost nepromrzlé zeminy,
- R – tepelný odpor všech vrstev (tepelný odpor betonu a šterkopískové vrstvy).

Měrná ztráta prostupem tepla H_T se tedy získá součtem tepelných ztrát obvodovým pláštěm a střechou, tepelnou propustností zeminou a tepelnou ztrátou nevytápěnými prostory, které jsou ovšem v tomto případě nulové. Dosadíme tedy hodnoty z rovnic (7) a (8) do následujícího vzorce.

$$H_T = L_D + H_U + L_S = 943,702 + 0 + 250,511 = 1194,213 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (13)$$

3.2.3 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky Q_i vyjadřují celkové teplo které je produkováno ve vytápěném prostoru vnitřními zdroji, které nepatří k otopné soustavě. Vzhledem k nedostatku údajů pro výpočet vnitřních zisků jsem dle normy použil, že vnitřní zisky lze uvažovat ve výši 5 W/m^2 podlahové plochy vytápěného prostoru. Podle Tab. 3 je plocha podlahy $765,45 \text{ m}^2$ a vnitřní zisky jsou tedy $3827,25 \text{ W}$. Při uvažování těchto zisků během 8h směny vychází získaná energie podle Tab. 7.

3.2.4 Solární tepelné zisky

Solární zisky jsou zisky ze slunečního záření, které prochází okny. Záleží tedy na velikosti oken, jejich orientaci, stínění a propustnosti slunečního záření oken. Pro daný časový úsek se solární tepelné zisky vypočítají podle vztahu:

$$Q_S = \sum_j I_{sj} * \sum_n A_{snj} \quad (14)$$

Kde:

- I_{sj} – celkové množství energie globálního slunečního záření na jednotku povrchu n o orientaci j , během časového úseku výpočtu, suma (j) zahrnuje všechny orientace,
- A_{snj} – plocha černého tělesa, které má stejný solární zisk jako uvažovaný povrch, suma (n) zahrnuje všechny sběrné povrchy.

Účinná sběrná plocha A_s , zaskleného prvku obvodového pláště budovy (v tomto případě oken) je dána vztahem:

$$A_s = A * F_s * F_c * F_F * g = A * 1 * 0,35 * 0,66 * 0,75 = 0,173 * A \quad (15)$$

Kde:

- A – plocha okna,
- F_s – korekční činitel stínění (ze vztahu (16)),
- F_c – korekční činitel clonění, volen podle normy 0,35,
- F_F – korekční činitel rámu, podíl viditelné plochy zasklení a celkové ploše okna (podle údajů ze vztahu (6) je korekční činitel rámu 0,66),
- g – celková propustnost slunečního záření, pro dvojité zasklení je 0,75.

$$F_s = F_h * F_o * F_z = 1 * 1 * 1 = 1 \quad (16)$$

Kde:

- F_h – dílčí činitel stínění horizontem, jelikož není žádné stínění horizontem tak podle normy má činitel hodnotu 1,
- F_o – dílčí činitel stínění markýzou, není ani žádné stínění markýzou takže hodnota činitele je 1,
- F_z – činitel stínění bočními žebry, zde opět podle normy hodnota 1.

Podle vztahu (15) se vypočítá účinná sběrná plocha podle orientací oken.

Tab. 5: Účinná sběrná plocha podle orientace oken

Orientace oken	A [m ²]	A _s [m ²]
Jižní strana	15,18	2,630
Východní strana	80,74	13,988
Západní strana	75,90	13,150

Celkové zisky zasklení se spočítají součtem všech tepelných zisků ze všech orientací oken. Průměrné teploty v Tab. 6 jsou pro ČR v roce 2013, sluneční záření podle orientace oken je použito pro Prahu, jelikož data pro Plzeň jsem nikde nenalezl. Jedná se však o dvě blízká města s velmi podobnými klimatickými podmínkami a tak by rozdíly měly být zanedbatelné.

Tab. 6: Hustota slunečního záření a celkové zisky zasklení pro původní okna

	Průměrná teplota pro rok 2013 [12]	Globální sluneční záření podle orientace oken [MJ/m ²] [13]			Tepelné zisky zasklení podle orientace oken [MJ]			Celkové solární zisky
		Jižní	Východní	Západní	Jižní	Východní	Západní	
	Θ _e [°C]							Q _s [MJ]
Leden	-1,69	104	58	58	273,520	811,304	762,700	1847,524
Únor	0,10	162	97	97	426,060	1356,836	1275,550	3058,446
Březen	1,37	234	162	162	615,420	2266,056	2130,300	5011,776
Duben	10,86	292	238	238	767,960	3329,144	3129,700	7226,804
Květen	15,09	313	299	299	823,190	4182,412	3931,850	8937,452

Červen	18,87	284	292	292	746,920	4084,496	3839,800	8671,216
Červenec	23,02	292	288	288	767,960	4028,544	3787,200	8583,704
Srpen	21,17	320	277	277	841,600	3874,676	3642,550	8358,826
Září	14,13	256	187	187	673,280	2615,756	2459,050	5748,086
Říjen	10,26	220	126	126	578,600	1762,488	1656,900	3997,988
Listopad	5,31	112	61	61	294,560	853,268	802,150	1949,978
Prosinec	1,74	72	40	40	189,360	559,520	526,000	1274,880

3.2.5 Potřeba tepla

Celková potřeba tepla neboli tepelné ztráty Q_t se vypočítají podle vztahu (17). V Tab. 7 jsou vypočítány všechny tepelné ztráty, vnitřní zisky a solární zisky pro otopné období. Celkové ztráty jsou vnitřní a solární zisky odečtené od tepelných ztrát. Otopné období v roce 2013 bylo od 1. září do 31. května.

$$Q_t = (H_t + H_v) * (\theta_i - \theta_e) * t = 7967,773 * (\theta_i - \theta_e) * t \quad (17)$$

Kde:

- H_t – měrná ztráta prostupem tepla vypočtena ve vztahu (13),
- H_v – měrná ztráta větrání vypočtena ve vztahu (1),
- θ_i – požadovaná vnitřní teplota, v tomto případě 21 °C,
- θ_e – průměrná vnější teplota, pro rok 2013 uvedena v Tab. 6,
- t – délka časového úseku, v sekundách.

Tab. 7: Potřeba tepla pro halu s původními okny v otopném období

	Počet dní	Tepelné ztráty [GJ]	Vnitřní zisky [GJ]	Solární zisky [GJ]	Celkové ztráty [GJ]
Leden	31	490,84	3,417	1,848	485,576
Únor	28	424,06	3,086	3,058	417,919
Březen	31	386,27	3,417	5,012	377,841
Duben	30	282,94	3,307	7,227	272,405
Květen	31	175,00	3,417	8,937	162,641

Září	30	167,28	3,307	5,748	158,230
Říjen	31	283,83	3,417	3,998	276,419
Listopad	30	377,94	3,307	1,950	372,683
Prosinec	31	465,23	3,417	1,275	460,539
Celkem	273	3053,40	30,091	39,053	2984,254

Za předpokladu vytápění pouze v otopném období 1. září až 31. května vychází roční potřeba tepla svářečské haly s původními okny na 2984,254 GJ/rok.

3.3 Postup výpočtu s energeticky optimalizovanými okny

Jako energeticky optimalizované okno jsem volil okno s velmi dobrými vlastnosti a součinitele prostupu tepla U od 0,9 do 1 W/(m²K). Takovýmito požadavkům odpovídají okna s trojitým zasklením, kde jako výplň lze použít argon či krypton. Spolu s hliníkovým rámem lze u takového okna dosáhnout celkového součinitele prostupu tepla 0,9 W/(m²K) a s touto hodnotou je také proveden výpočet.

Tab. 8: Parametry energeticky optimalizovaného okna

Součinitel prostupu tepla okna U_w [W/(m ² K)]	0,90
Součinitel prostupu tepla rámu U_F [W/(m ² K)]	0,83
Propustnost slunečního záření g [-]	0,70

Postup výpočtu energetické bilance s novými energeticky optimalizovanými okny:

- *Měrná tepelná ztráta větráním,*
- *Měrná tepelná ztráta prostupem tepla*
 - a. tepelná propustnost obvodovým pláštěm,*
 - b. měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory,*
 - c. tepelná propustnost přes zeminu,*
- *Celková tepelná ztráta při konstantní teplotě,*
- *Vnitřní tepelné zisky,*
- *Solární tepelné zisky,*
- *Potřeba tepla.*

3.3.1 Měrná tepelná ztráta větráním

Na ztráty větráním nová okna vliv nemají a tím pádem bude výpočet stejný jako v kapitole 3.2.1 a měrné tepelné ztráty větráním jsou 6773,560 W/K.

3.3.2 Měrná tepelná ztráta prostupem tepla

Měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory je opět nulová a tepelná prostupnost přes zeminu je stejná jako v kapitole 3.2.2.3 a to 250,511 W/K.

Tepelná propustnost obvodovým pláštěm se vypočítá obdobně jako v *Tab. 4*, akorát se použije součinitel prostupu tepla pro již nová okna z *Tab. 8*. Celková tepelná propustnost prvky obvodového pláště a střechy je součet všech dílčích prvků obvodového pláště a střechy a je to celkem 785,957 W/K.

Tab. 9: Tepelná propustnost prvky obvodového pláště s energeticky úspornými okny

Prvky obvodového pláště		Plocha [m ²]	U [W/(m ² K)]	L _D [W/K]
Jižní stěna	zed'	64,20	0,54	34,668
	okna	15,18	0,9	13,662
Východní stěna	zed'	301,985	0,54	163,057
	okna	80,740	0,9	72,666
Západní stěna	zed'	306,825	0,54	165,686
	okna	75,9	0,9	68,31
Střecha	izolační porobetonové desky	765,45	0,35	267,908

Měrná tepelná ztráta prostupem tepla H_T je součet tepelné propustnosti přes zeminu a tepelné propustnosti obvodovým pláštěm a střechy, což je 1036,468 W/K.

3.3.3 Celková tepelná ztráta při konstantní teplotě

Celková tepelná ztráta při konstantní teplotě H je součet měrné tepelné ztráty větráním H_v z kapitoly 3.3.1 a měrné tepelné ztráty prostupem tepla H_T z kapitoly 3.3.2 a je to celkem 7810,028 W/(m²K).

3.3.4 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky jsou stejné jako v kapitole 3.2.3.

3.3.5 Solární tepelné zisky

Solární tepelné zisky jsou dány ze vztahu (14).

$$Q_S = \sum_j I_{sj} * \sum_n A_{snj} \quad (14)$$

Kde účinná sběrná plocha je dána ze vztahu (15) ve kterém je změna pouze v prostupnosti sluneční energie z dvojskla na trojsklo, které má propustnost sluneční energie 0,7. Celkové solární zisky jsou vypočteny v *Tab. 10*, kde průměrná teplota je pro ČR a globální sluneční záření pro Prahu, což je vysvětleno v kapitole 3.2.4.

Tab. 10: Hustota slunečního záření a celkové zisky zasklení pro energeticky úsporná okna

	Průměrná teplota pro rok 2013 [12]	Globální sluneční záření podle orientace oken [MJ/m ²] [13]			Tepelné zisky zasklení podle orientace oken [MJ]			Celkové solární zisky
		Θ _e [°C]	Jižní	Východní	Západní	Jižní	Východní	
Leden	-1,69	104	58	58	273,520	811,304	762,700	1847,524
Únor	0,10	162	97	97	426,060	1356,836	1275,550	3058,446
Březen	1,37	234	162	162	615,420	2266,056	2130,300	5011,776
Duben	10,86	292	238	238	767,960	3329,144	3129,700	7226,804
Květen	15,09	313	299	299	823,190	4182,412	3931,850	8937,452
Červen	18,87	284	292	292	746,920	4084,496	3839,800	8671,216
Červenec	23,02	292	288	288	767,960	4028,544	3787,200	8583,704
Srpen	21,17	320	277	277	841,600	3874,676	3642,550	8358,826
Září	14,13	256	187	187	673,280	2615,756	2459,050	5748,086
Říjen	10,26	220	126	126	578,600	1762,488	1656,900	3997,988
Listopad	5,31	112	61	61	294,560	853,268	802,150	1949,978
Prosinec	1,74	72	40	40	189,360	559,520	526,000	1274,880

3.3.6 Potřeba tepla

Potřeba tepla pro otopné období je uvedena v *Tab. 11* a je dána podle vztahu (17). Celková roční potřeba tepla na vytápění v otopném období s energeticky úspornými okny vyšla 2926,406 GJ/rok.

Tab. 11: Potřeba tepla pro halu s energeticky úspornými okny

	Počet dní	Tepelné ztráty [GJ]	Vnitřní zisky [GJ]	Solární zisky [GJ]	Celkové ztráty [GJ]
Leden	31	481,123	3,417	1,724	475,981
Únor	28	415,668	3,086	2,855	409,728
Březen	31	378,623	3,417	4,678	370,528
Duben	30	277,337	3,307	6,745	267,285
Květen	31	171,531	3,417	8,342	159,772
Září	30	163,973	3,307	5,365	155,301
Říjen	31	278,214	3,417	3,732	271,066
Listopad	30	370,458	3,307	1,820	365,331
Prosinec	31	456,021	3,417	1,190	451,414
Celkem	273	2992,948	30,091	36,450	2926,406

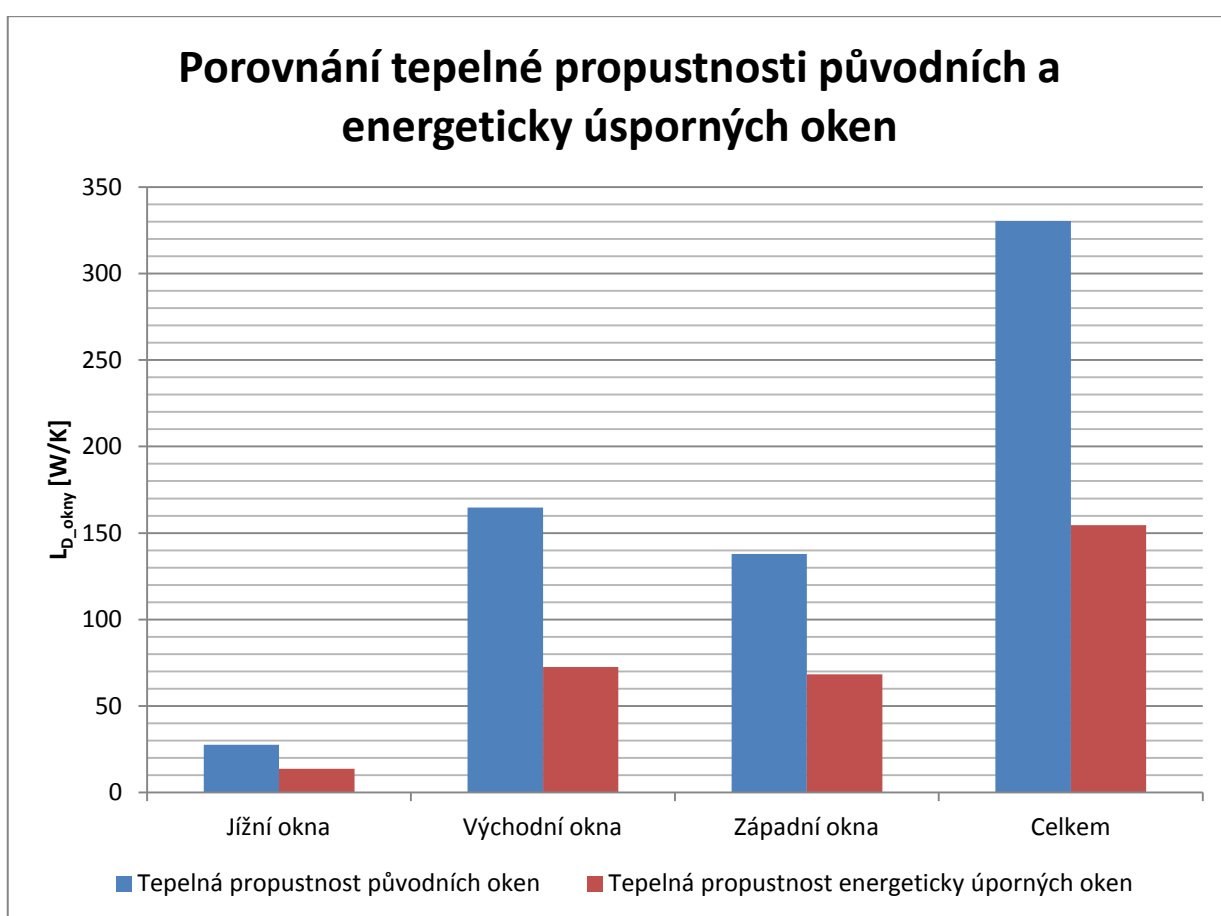
4 Zhodnocení využití energeticky úsporných oken

4.1 Energetické zhodnocení

Z grafu (*Graf 1*) je vidět tepelná propustnost původních a energeticky úsporných oken podle orientace oken a celkově. Pokles celkové tepelné propustnosti je u energeticky úsporných oken více než dvojnásobný oproti původním oknům. Dokonce celková tepelná propustnost energeticky úsporných oken je menší než tepelná propustnost původních oken orientovaných na východ.

Tab. 12: Porovnání energetické úspory oken

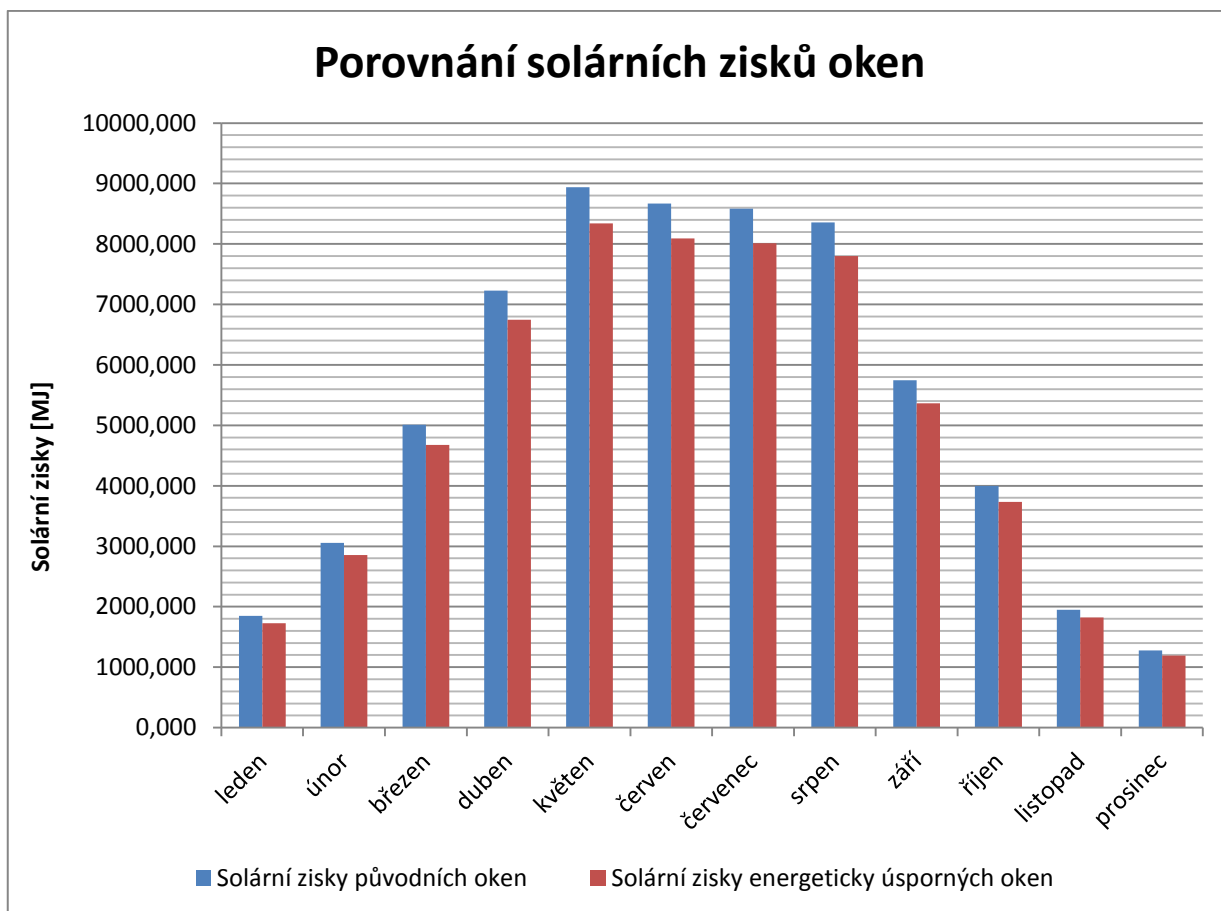
	Tepelná propustnost původními okny [W/K]	Tepelná propustnost energeticky úspornými okny [W/K]	Rozdíl mezi původními a úspornými okny [W/K]
Jižní oka	27,597	13,662	13,935
Východní okna	164,785	72,666	92,119
Západní okna	137,986	68,310	69,676
Celkem	330,368	154,638	175,73



Graf 1: Porovnání tepelné propustnosti původních a energeticky úsporných oken

Z grafu níže (*Graf 2*) je vidět, že solární zisky se u navrhovaných energeticky úsporných oken snížily. Je to dáno tím, že trojitě zasklení u energeticky úsporných oken má menší hodnotu propustnosti solárního záření než u původních oken s dvojitým zasklením a to konkrétně 0,75 u dvojitého zasklení a 0,70 u trojitého zasklení. V celkovém součtu se tedy v otopném období s energeticky úspornými okny dosáhne menších solárních zisků, ale oproti jejich přínosu u tepelné propustnosti je to celkem zanedbatelné. Naopak výhodu to má

v letním období, kdy oproti původním oknům se dosáhne menších zisků a tudíž nedojde k tak velkému přehřívání objektu, popřípadě klesne potřeba energie na klimatizaci.



Graf 2: Solární zisky původních a energetických oken

4.2 Ekonomické zhodnocení

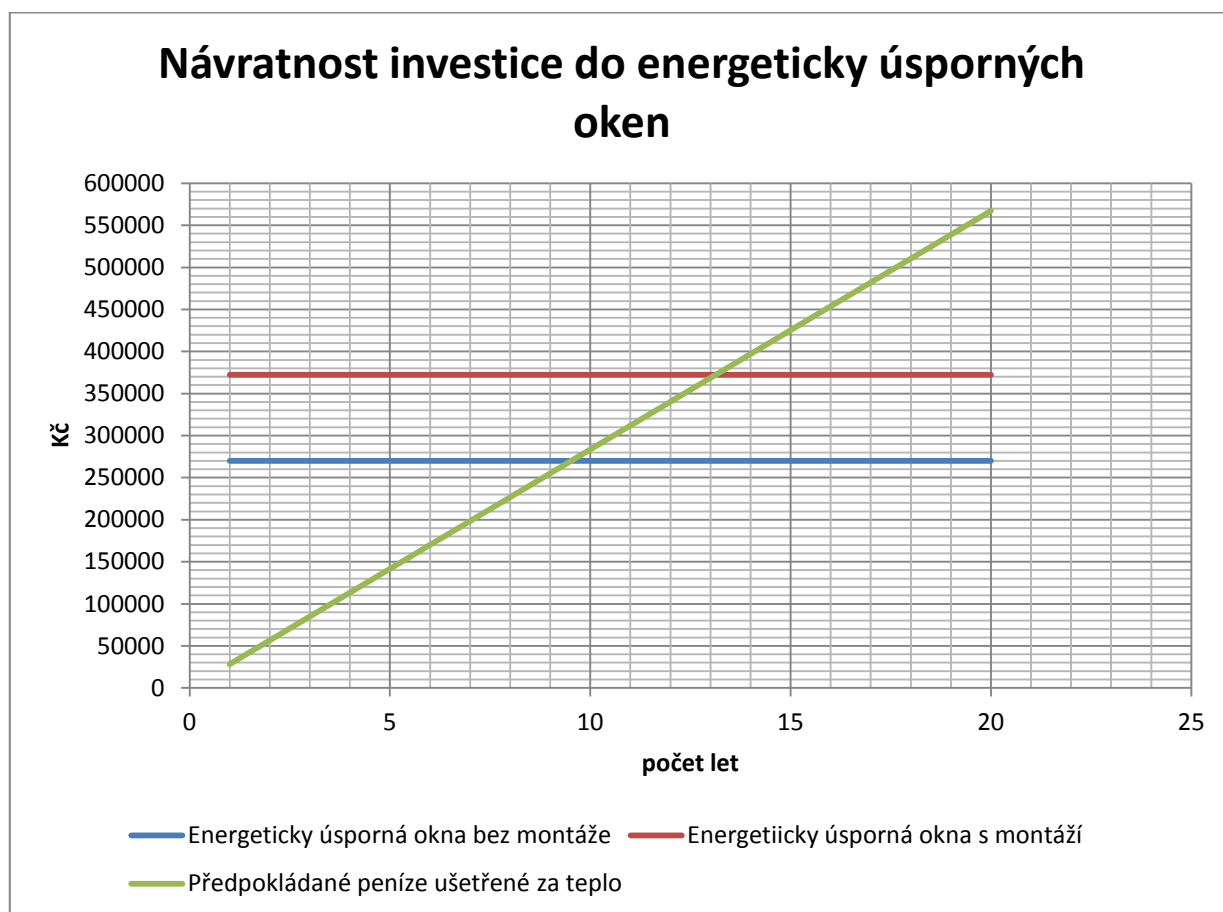
Přibližná cena energeticky úsporného okna o šířce 1100 mm a výšce 2300 mm je dle online kalkulátoru 4339 Kč s DPH. Těchto oken je v hale 60 kusů a další 4 kusy o šířce 1100 mm a výšce 1100 mm, kde je cena jednoho okna 2378 Kč s DPH. Celkem tedy se jedná o investici ve výši 269852 Kč s DPH pouze za okna bez montáže. Cena montáže pro všech 60 kusů oken je také podle online kalkulátoru vypočítána na celkových 102300 Kč s DPH. [14]

Tab. 13: Teplo uspořené energeticky úspornými okny

	Potřeba tepla s původními okny [GJ]	Potřeba tepla s energeticky úspornými okny [GJ]	Celkové ušetřené teplo [GJ]	Cena za uspořené teplo [Kč]
Leden	485,576	475,981	9,595	4705,388
Únor	417,919	409,728	8,191	4016,866

Březen	377,841	370,528	7,313	3586,295
Duben	272,405	267,285	5,12	2510,848
Květen	162,641	159,772	2,869	1406,958
Září	158,230	155,301	2,929	1436,382
Říjen	276,419	271,066	5,353	2625,111
Listopad	372,683	365,331	7,352	3605,421
Prosinec	460,539	451,414	9,125	4474,900
Celkem	2984,254	2926,406	57,848	28368,169

Celková úspora tepla je podle *Tab. 13* v otopném období 57,848 GJ. Cena za uspořené teplo je vypočítána podle ceny tepla za 1 GJ pro lokalitu Plzeň v roce 2014 a to je 490,4 Kč [15]. Odhadovaná návratnost investice je podle grafu (*Graf 3*) přibližně 13 let. Tato investice zahrnuje koupi nových energeticky úsporných oken, jejich montáž, demontáž původních oken a likvidaci původních oken. Jedná se ovšem o pouze orientační hodnoty, jelikož je použita cena za teplo z roku 2013 a v dalších letech se tato cena bude měnit a doba návratnosti investice tím pádem také.



Graf 3: Návratnost investice do energeticky úsporných oken

4.3 Ekologické zhodnocení

Z ekologického hlediska lze uvažovat, že energie, kterou bychom díky energeticky úsporným oknům ušetřili, se vůbec v elektrárně nevyrobí a tím by se zabránila výroba určitému množství škodlivých látek.

5 Závěr

Z výsledků výpočtů je vidět, že investice do energeticky úsporných oken je velmi dobrou investicí. Nová energeticky úsporná okna nejen, že uspoří energii, ale i vylepší vzhled budovy, zlepší zvukově izolační vlastnosti a také bezpečnostní vlastnosti. Z energetického zhodnocení je vidět, že při uvažování stejné ceny za teplo jako je cena tepla v roce 2014, se energeticky úsporná okna samy zaplatí do 13 let, zahrnuta je i montáž nových oken, demontáž a likvidace původních oken. Prakticky jedinou nevýhodou použití v tomto případě hliníkových oken s trojitým zasklením může být váha, která je oproti plastovým oknům mnohem větší. Jelikož ale původní okna byla s železným rámem tak se jedná spíše o další z výhod než nevýhod. Co se týká životnosti tak je odhadována dle různých stránek výrobců

od 60 let do neomezené délky životnosti, což v porovnání s návratností znamená, že při uvažování životnosti 60 let budou okna 47 let vydělávat.

Z hlediska ušetřeného tepla energeticky úspornými okny se jedná pouze o zlomek tepla, které je potřeba pro vytápění haly (Tab. 13). Určitě by zde šlo využít více typů solárních systémů, ať už pasivních či aktivních, jelikož jak je vidět tak náklady na teplo jsou velmi vysoké. Z mého hlediska bych určitě uvažoval o využití spíše aktivních solárních systému a to z důvodů, že atrium by zde nenašlo žádné funkční uplatnění, jelikož se jedná o průmyslovou halu, která přímo navazuje na administrativní budovu. Zimní zahrada a zasklený balkon se nehodí k průmyslovým halám a jejich využití je převážně jen u rodinných a nízkoenergetických domů, zasklený balkon ještě u panelových domů. Transparentní prvky a prosklené střechy by z hlediska dobrého osvětlení haly byly v tomto případě nepotřebné, jelikož osvětlení je dostatečné díky velkému množství oken. Jedině Trombeho stěna by se v tomto případě dala uvažovat, muselo by se ovšem teoretickými výpočty ověřit zda by to bylo výhodné pro tento typ objektu. Z těchto důvodů bych pro tento objekt volil dále spíše aktivní solární systémy.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ŠEVČÍKOVÁ, Lenka, Sylva KLÍMOVÁ a Danuše ČUPROVÁ. Pasivní solární energie: nové trendy. In: *TZB-info.cz* [online]. Brno: VUT BRNO, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, 14.11.2003 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1. vyd. Praha: T. Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900-7595-9.
- [3] HALLER, Andreas. *Solární energie: využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha: Ikar, 2001, 177 s. ISBN 80-716-9580-7.
- [4] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 84, 85. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [5] KALOUSEK, Miloš a Pavel KÚDELA. TZB-info: Energetická bilance oken, solární zisky a ztráty v pasivních domech. In: *TZB-info.cz* [online]. Praha: VUT v Brně, Fakulta stavební, 10.3.2008 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4695-energeticka-bilance-oken-solarni-zisky-a-ztraty-v-pasivnich-domech>
- [6] Zasklívání balkónů. *GS EURO THERM* [online]. © 2014 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.gseurotherm.cz/zasklivani-balkonu>
- [7] HÁNOVÁ, Marie a Tomáš LANGHAMMER. Envic: Trombeho stěna. In: *Envic* [online]. 29.06.2009 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.envic.cz/novinky/469-4-trombeho-stena-vyhodnoceni-efektivita-v-diplomove-praci.htm>
- [8] MATUŠKA, Tomáš. Transparentní tepelné izolace a jejich využití v solární technice. In: *4-construction.com* [online]. Bratislava, 2000 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.4-construction.com/cz/clanek/transparentni-tepelne-izolace-a-jejich-vyuziti-v-solarni-technice/>
- [9] STEMPEL, Ulrich E. *Zimní zahrady: návrh, stavba, užívání*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 128 s. ISBN 978-80-247-3703-4.
- [10] Slunce v domě: Ukázky možných typů zimních zahrad. *Slunce v domě: Ukázky možných typů zimních zahrad* [online]. Kuchařovice, © 2010–2014 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.sluncevdome.cz/ukazky-moznych-typu-zimnich-zahrad/>
- [11] LUBINOVÁ, Štěpánka. *Stínění oken: žaluzie, rolety, markýzy a slunolamy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 106 s. Profi. ISBN 978-80-247-4579-4.
- [12] Meteorologické záznamy: rok 2013. *Meteorologická stanice Brno-Židenice* [online]. Brno, 2013 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.meteo.jankovic.cz/zaznamy/rok-2013/>

- [13] BILANCE A VÝPOČTY: Výpočet roční potřeby tepla na vytápění. EKOWATT. *Hestia VIVID 5: Encyklopedie* [online]. Praha, 2005, 2008 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm>
- [14] *OKNA PŘES INTERNET* [online]. Třinec, © 2013-2014 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.oknapresinternet.okna2000.com/>
- [15] Ceny tepla. *Energostat: Datová sekce ENERGOSTATu o cenách tepla.* [online]. ©2012 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://energostat.cz/ceny-tepla.html>

Seznam obrázků

- Obr. 1:** Podíly plochy rámu
- Obr. 2:** Pásová střešní světlík vybavený větrací klapkou s motorem pro denní větrání
- Obr. 3:** Princip funkce Trombeho stěny
- Obr. 4:** Porovnání prostoru s běžným zasklením (vlevo) a s transparentní izolací (vpravo) z hlediska světelných kontrastů
- Obr. 5:** Ukázka možného typu zimní zahrady u rodinného domu

Seznam tabulek

- Tab. 1:** **Orientační hodnocení energetické bilance zasklení podle orientace budovy**
- Tab. 2:** **Základní údaje haly**
- Tab. 3:** **Prvky obvodového pláště**
- Tab. 4:** **Tepelná propustnost prvky obvodového pláště s původním zasklením**
- Tab. 5:** **Účinná sběrná plocha podle orientace oken**
- Tab. 6:** **Hustota slunečního záření a celkové zisky zasklení pro původní okna**
- Tab. 7:** **Potřeba tepla pro halu s původními okny v otopném období**
- Tab. 8:** **Parametry energeticky optimalizovaného okna**
- Tab. 9:** **Tepelná propustnost prvky obvodového pláště s energeticky úspornými okny**
- Tab. 10:** **Hustota slunečního záření a celkové zisky zasklení pro energeticky úsporná okna**
- Tab. 11:** **Potřeba tepla pro halu s energeticky úspornými okny**
- Tab. 12:** **Porovnání energetické úspory oken**
- Tab. 13:** **Teplo uspořené energeticky úspornými okny**