



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ARCHITEKTURY  
ÚSTAV STAVITELSTVÍ

FACULTY OF ARCHITECTURE  
DEPARTMENT OF ENGINEERING

# VLIV ARCHITEKTONICKÉHO KONCEPTU NA POTŘEBU TEPLA NA VYTÁPĚNÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV PRO BYDLENÍ

IMPACT OF THE ARCHITECTURAL CONCEPT ON THE ENERGY CONSUMPTION  
OF HEATING OF THE ENERGY-SAVING RESIDENTIAL BUILDINGS

DIZERTAČNÍ PRÁCE  
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Ing. arch. DAVID KŘEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF CHYBÍK, CSc.

BRNO 2011

---



Vysoké učení technické v Brně

Fakulta architektury

Poříčí 273/5, 639 00 Brno

## ZADÁNÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE

Číslo dizertační práce:

Akademický rok: 2010/2011

Ústav: Ústav stavitelství

Student **Ing. arch. David Křeček**

Studijní program: Architektura a urbanismus (P3501)

Studijní obor: Architektura (3501V002)

Vedoucí dizertační práce: **doc. Ing. Josef Chybík, CSc.**

### Název dizertační práce:

Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov pro bydlení

### Název práce anglicky:

Impact of the architectural concept on the energy consumption of heating of the energy-saving residential buildings

### Cíle, kterých má být dosaženo:

Cíl práce je zaměřen na domy pro účely bydlení s efektivním využitím energetických zdrojů, kterými jsou stavby nízkoenergetické a pasivní. Jako pracovní nástroj bude použit výpočtový program PHPP 2007 CZ. Budou stanoveny základní zobecnitelné parametry, které definují energetickou třídu, druh konstrukce a typologický druh stavby.

Těžištěm práce se stane posuzování vzájemných vlivů různých prvků a jejich případných kombinací na změny potřeby tepla pro vytápění. K tomuto účelu budou vybrány referenční parametry a posuzovány jejich extrémy s vybranými kombinacemi a z nich budou parametry statisticky vyhodnoceny. Výstup bude přehledně zpracován do nomogramů a tabulek.

---

## Charakteristika úkolu:

Úkolem dizertační práce je vytvoření souborného díla, které prověří vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění. Bude aplikováno na stavby pro bydlení, tzn. rodinné domy, bytové domy a také budovy určené k dlouhodobému bydlení nebo přechodnému ubytování, jako jsou studentské koleje, internáty nebo různé formy ubytoven.

Dizertační práce se stane příspěvkem k rozvoji teorie navrhování budov. Získané výsledky budou podkladem ke zdůvodněné tvorbě jednotlivých konstrukcí a celých objektů. Dobré využití najdou v praxi architektů, inženýrů a fyziků, kteří se zabývají optimalizací energetického navrhováním staveb.

## Základní literární prameny:

FEIST, W. et al.: *PHPP 2007 - navrhování pasivních domů CZ*. Brno: Centrum pasivního domu, 2008.

HUDEČ, M.: *Pasivní dům. Proč a jak stavět*. Grada Publishing, a.s., Praha, 2008.

CHYBÍK, J.: *Přírodní stavební materiály*. Grada 2009.

TYWONIAK, J. et al.: *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady*. Grada Publishing, a.s., Praha, 2005.

TYWONIAK, J. et al.: *Nízkoenergetické domy 2. Principy a příklady*. Grada Publishing, a.s., Praha, 2008.

VAVERKA et al.: *Stavební fyzika*. VUTIUM Brno, 2006.

## Termín zadání dizertační práce: **30.6.2010**

Termín odevzdání dizertační práce:

Dizertační práce se odevzdává v rozsahu stanoveném vedoucím práce; současně se odevzdává jeden výstavní panel formátu B1 a dizertační práce v elektronické podobě.

-----  
Ing. arch. David Křeček  
Student(ka)

-----  
doc. Ing. Josef Chybík, CSc.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.  
Vedoucí ústavu

V Brně, dne

-----  
doc. Ing. Josef Chybík, CSc.  
Děkan

---

## ABSTRAKT

Lidské úsilí pro zvýšení komfortu, zvyšování hustoty osídlení v přetížených městských oblastech, silný nárůst dopravy a zvyšující se elektrický smog směřují ke stále rostoucímu stresu v bezprostřední blízkosti člověka. To vše, spolu s častými zprávami o globálních klimatických změnách, postupně vede ke změně smýšlení celé společnosti, která musí nést důsledky ekonomických škod způsobených klimatickými změnami. Pokud chceme i nadále udržitelným způsobem zabezpečit přiměřené hospodářské a sociální podmínky života, musíme v mnohem větší míře uplatňovat uvědomělejší přístup k životnímu prostředí. V souladu s trendem udržitelného rozvoje pro zvýšení kvality životního prostředí v oblasti stavebnictví je logická orientace na stavby, které jsou konceptuálně zaměřeny na šetření energiemi, a to jsou energeticky úsporné stavby. Cesta k udržitelné výstavbě není v hledání jednoho nebo několika univerzálních technických řešení, nýbrž v uplatňování nových principů navrhování, vývoji nových materiálů a technologií jejich zpracování a nových technologií výstavby. Pro efektivní tvorbu koncepce budovy je potřebný takový nástroj, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje snadno pracovat v různých variantách a přináší co nejpřesnější výsledky. Především u návrhu energeticky šetrného domu je nutné důsledně uplatnit tzv. metodiku energetické optimalizace.

Počátek návrhu úsporné stavby je nejvíce „abstraktní složkou návrhu s velmi nejistými vstupy“, neboť spousta parametrů v té chvíli je ještě zcela neznámá. Při navrhování pasivního domu se uplatňuje spousta navzájem propojených faktorů, např. trajektorie Slunce a vliv stínění okolím, hledisko oslunění a osvětlení interiéru, energetická kvalita konstrukcí, atd. V současné době architektovi nezbývá, než využívat všeobecně známých pouček, jako je například orientace velkých oken na jih, ale ze severu nikoliv apod. Bohužel tyto „empirické vzorce“ pro návrh skutečného pasivního domu nestačí. A přitom první náčrt domu nejvíce ovlivní nejen jeho tvar, formu, ale i uživatelský komfort, cenu, realizovatelnost a budoucí energetické chování stavby a s tím související provozní náklady domu. Je zcela zřejmé, že tato etapa nesmí být podceňena, neboť již „při malé změně počátečních vstupů je velkou měrou ovlivněn výsledek“. Díky tomuto uvažování se práce zaměřuje na prvotní rozhodovací fázi návrhu, tj. na architektonický koncept pasivního domu (ideu, vizi). Cílem práce je zjednodušení problematiky do srozumitelné formy, tj. zpracování relativně jednoduchých a názorných zobrazení, která problematiku přijatelně zobecňují a ukazují chování jednotlivých parametrů (prosklení, stínění, tvar, velikost, atd.) a jejich změnu na potřebu tepla na vytápění pasivního domu. Výsledky práce budou užitečné, když architekt vezme do ruky tužku a začne přemýšlet nad svým budoucím domem. V tuto chvíli bude mít po ruce skici, které mu dají orientační představu a dokážou usměrnit jeho další návrh. Hlavním cílem je vytvořit pomocí výpočetního nástroje nové závěry a poznat energetické chování stavby. Výzkum pracuje s matematickým virtuálním idealizovaným modelem v software PHPP 2007 CZ a využívá „fenomén“ parametrických rovnic a citlivostní analýzy.

## Klíčová slova

Udržitelný rozvoj, stavby pro bydlení, energeticky úsporné stavby, nízkoenergetický dům, pasivní dům, nulový dům, aktivní dům, energetická náročnost, optimalizace, zdravé bydlení.

---

---

## ABSTRACT

Human efforts to increase their comfort rise in density of population in congested city areas, rapid growth of traffic and electric smog created due to constantly transforming communication technologies all resulted in an increase of stress in the immediate human environment. All of this, along with frequent reports about changes in global climate, gradually contributes to an alteration of thinking of the whole society, which is forced to face the consequences of economic damages caused by climatic changes. If we want to tenably assert adequate economic and social living conditions, we have to approach the natural environment in a more profound way. In accordance with the trend of substantial development for the purpose of enhancement of the quality of the living environment in the field of building industry, it is logical to concentrate on buildings, which are conceptually focused on saving of the energy. That is on energy-efficient houses. Pathway to sustainable building is not based on discovering one or several multipurpose technological solutions, but on usage of new designing principles, new materials and methods of processing them as well as new techniques of construction. For an effective creation of a building concept it is essential to have that kind of device which quickly responds to changes performed on a design, enables an easier work on variants and produces the most accurate results. Consistent application of energy optimizing methods is necessary particularly for designs of energy saving houses.

Beginning efficient building design is the most “abstract factor of concept linked with very uncertain inputs,” because a lot of parameters in that moment is still unknown. Many mutually connected factors are invoked during designing passive house e.g. trajectory of the sun and the shielding effect of the surroundings, the aspect of sunlight and interior lighting, power quality construction, etc. Currently, the architect has no choice, he can use only well-known precepts, such as large windows are facing the South not the North. Unfortunately this "empirical formula" for the design of a real passive house is not enough. And yet the first draft of the house is most affected by not only its shape, form, but user's comfortable, cost, feasibility and future energy behavior of buildings and related operating costs of the house too. It is obvious that this stage should not be underestimated, because “minor variation of the initial inputs greatly influence the outcomes.” With this reasoning, the work focuses on early stage design decision, i.e. the architectural concept of a passive house (an idea, vision). Therefore the aim of this work is to simplify the issue into understandable form, i.e. the creation of relatively simple and illustrative sketches, which generalize the issue satisfactorily, show the individual parameters (glazing, shading, shape, size, etc.) and change need of heat for heating passive house. The results of the work will be useful when the architect picks up the pencil and starts to think about his future house. At this point, he will have on hand sketches, which give him an idea and streamline his further design. Therefore the main goal is to create new outcomes and identify energy behaviour of buildings with a computational tool. This research works with virtual idealized mathematical model in the software PHPP 2007 CZ and uses "phenomenon" of parametric equations and sensitivity analysis.

## Key words

Sustainable development, residential buildings, energy-saving buildings, low-energy house, passive house, zero house, active house, energy consumption, optimization, salubrious housing.





---

## **Bibliografická citace:**

**KŘEČEK, D.** *Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov pro bydlení.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury, 2011. 190 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Josef Chybík, CSc.

© Ing. arch. David Křeček, 2011

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě architektury. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*



---

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem zpracoval tuto dizertační práci „Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov pro bydlení“ samostatně, pod vedením školitele a za použití zdrojů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Prohlašuji, že jsem jako autor této doktorské dizertační práce neporušil autorská práva třetích osob (§11 Autorského zákona 121/2000Sb.).

V Brně, dne

-----



---

## **Poděkování:**

Na tomto místě bych rád poděkoval váženému školiteli doc. Ing. Josefu Chybíkovi, CSc. za vedení mé dizertační práce a jeho ochotu a pomoc v rámci studia v doktorském studijním programu, kolegovi Ing. Rostislavu Kubíčkoví za cenné rady a připomínky při vytváření dizertační práce a Ing. Janu Bílkovi za pomoc při tvoření makra pro vyhodnocování v PHPP.

Za pochopení, trpělivost a podporu děkuji své rodině, především manželce Magdaléně.



---

# OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>25</b>
1.1 VYMEZENÍ TÉMATU A CÍLE PRÁCE .....	25
1.2 ZPŮSOB ŘEŠENÍ PRÁCE .....	29
1.3 STRUKTURA PRÁCE .....	31
<b>2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>33</b>
2.1 TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ.....	33
2.2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ STAVBY .....	37
2.2.1 POTENCIÁL ÚSPORNÝCH STAVEB.....	37
2.2.2 HISTORIE PASIVNÍCH DOMŮ .....	43
2.2.3 TREND V EVROPSKÉ UNII .....	51
2.2.4 SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE .....	55
2.3 ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE.....	59
2.4 DOSAVADNÍ VÝSLEDKY NA VĚDECKÉM POLI.....	62
2.5 SOFTWARE PHPP .....	64
2.5.1 PRINCIP FUNGOVÁNÍ PHPP .....	64
2.5.2 VÝVOJ VÝPOČETNÍHO NÁSTROJE PHPP .....	70
<b>3 POPIS REFERENČNÍCH STAVEB.....</b>	<b>71</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA REFERENČNÍCH STAVEB .....	71
<b>4 VLIVY UMÍSTĚNÍ STAVBY.....</b>	<b>79</b>
4.1 POLOHA STAVBY .....	79
4.1.1 UMÍSTĚNÍ V RÁMCI ČESKÉ REPUBLIKY .....	79
4.1.2 KOREKCE NADMOŘSKÉ VÝŠKY.....	83
4.1.3 KOREKCE OKOLNÍ TEPLoty .....	85
4.1.4 GEOGRAFICKÉ UMÍSTĚNÍ STAVBY .....	88
4.2 SITUACE V URBANISTICKÉM KONTEXTU .....	91
4.2.1 STÍNĚNÍ OKOLNÍCH KOPCŮ .....	91
4.2.2 STÍNĚNÍ OKOLNÍMI BUDOVMAMI .....	95
4.2.3 VĚTRNÁ EXPOZICE STAVBY .....	101
4.3 ORIENTACE STAVBY .....	104
4.3.1 ORIENTACE KE SVĚTOVÝM STRANÁM .....	104
<b>5 VLIVY GEOMETRIE STAVBY .....</b>	<b>111</b>
5.1 TVAR STAVBY .....	111
5.1.1 TVAR A VELIKOST STAVBY .....	111
5.1.2 KOREKCE PODLAŽNOSTI .....	112
5.1.3 KOREKCE PODLAHOVÉ PLOCHY – ATRIUM.....	114
5.1.4 KOMPAKTNOST STAVBY .....	116
5.2 PROSKLENÍ FASÁD STAVBY .....	119
5.3 STÍNĚNÍ STAVBY .....	125
5.3.1 STÍNĚNÍ HORNÍ MARKÝZOU A BOČNÍMI ŽEBRY .....	125
5.4 VÝZNAMNOST JEDNOTLIVÝCH PARAMETRŮ .....	131

<b>6 VLIVY ARCHITEKTONICKÝCH PRVKŮ .....</b>	<b>137</b>
6.1 ORIENTACE SVISLÉ OKENNÍ PLOCHY .....	138
6.2 VERTIKÁLNÍ NAKLÁPĚNÍ OKENNÍ PLOCHY .....	140
6.3 VELIKOST A PROPORCE OKENNÍ PLOCHY .....	147
6.3.1 VLIV NA CELKOVÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA OKNA $U_{w, EFF}$ .....	147
6.3.2 VLIV NA ENERGETICKOU BILANCI OKENNÍ PLOCHY .....	148
6.4 STÍNĚNÍ HORNÍ MARKÝZOU A BOČNÍMI ŽEBRY .....	151
<b>7 PŘÍKLAD ENERGETICKÉ OPTIMALIZACE .....</b>	<b>155</b>
<b>8 ZÁVĚR .....</b>	<b>163</b>
8.1 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	163
8.2 APLIKOVATELNOST PRO PRAXI .....	165
8.3 DOSLOV .....	165
<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>167</b>
<b>GLOSÁŘ .....</b>	<b>171</b>
<b>PŘÍLOHA: DOPLŇUJÍCÍ ÚDAJE .....</b>	<b>175</b>
P.1 VLIVY UMÍSTĚNÍ STAVBY .....	175
P.1.1 POLOHA STAVBY .....	175
P.1.2 SITUACE V URBANISTICKÉM KONTEXTU .....	177
P.1.3 ORIENTACE STAVBY .....	180
P.2 VLIVY GEOMETRIE STAVBY .....	181
P.2.1 TVAR STAVBY .....	181
P.2.2 PROSKLENÍ FASÁD STAVBY .....	183
P.2.3 STÍNĚNÍ STAVBY .....	184
P.3 VLIVY ARCHITEKTONICKÝCH PRVKŮ .....	185
P.3.1 ORIENTACE SVISLÉ OKENNÍ PLOCHY .....	185
P.3.2 VERTIKÁLNÍ NAKLÁPĚNÍ OKENNÍ PLOCHY .....	185
P.3.4 STÍNĚNÍ HORNÍ MARKÝZOU A BOČNÍMI ŽEBRY .....	187
<b>PUBLIKACE AUTORA .....</b>	<b>189</b>



## Seznam ilustrací

obr. 1.1 Moderní optimalizovaný nulový dům – arch. Vize Ateliér, Brno [13] .....	27
obr. 1.2 Ukázka hodnotícího grafu .....	32
obr. 2.1 Vítěz soutěže Architecture Award 2010 Passive House – arch. Halle 58 Architects, Bern, Švýcarsko [23] .....	36
obr. 2.2 Životní cyklus stavby [28] .....	39
obr. 2.3 Ukázka zdařilé rekonstrukce na pasivní standard – arch. L. Consulting, Pettenbach, Rakousko [6].....	43
obr. 2.4 Sokratův dům [30] .....	44
obr. 2.5 Lod' Fram – Fridtjof Nansen [33] .....	45
obr. 2.6 První pasivní dům na světě – arch. Dr. W. Feist, Darmstadt-Kranichstein, Německo [18] .....	47
obr. 2.7 Nejvýše položený pasivní dům na světě, turistická chata Schiestlhaus ve výšce 2180 m n.m. – arch. Solar4alpin, pohoří Hochschwab, Rakousko [36].....	49
obr. 2.8 Vila Tugendhat v Brně, arch. L. M. van der Rohe [38] .....	50
obr. 2.9 Udržitelný proces výstavby [28].....	57
obr. 2.10 Řez a situace (striktní orientace na jih) u plusového domu [13].....	62
obr. 2.11 Ukázka výstupní tabulky z PHPP – celkové výsledky [15].....	64
obr. 2.12 Porovnání výpočetních metod úsporných staveb [59].....	65
obr. 2.13 Ukázka výstupu z PHPP – výpočet potřeby tepla na vytápění $E_A$ dle měsíční metody [15] .....	69
obr. 3.1 Schematické znázornění posuzovaných staveb RD a BD .....	71
obr. 3.2 Ukázka tepelných ztrát u pasivního rodinného domu – arch. Vize Ateliér, Brno [13].....	76
obr. 4.1 Schematické znázornění vlivu polohy úsporné stavby v rámci ČR.....	79
obr. 4.2 Schematické klimatické mapy ČR [63].....	80
obr. 4.3 Schematické znázornění vlivu korekce nadmořské výšky na RD a BD .....	83
obr. 4.4: Schematické znázornění vlivu korekce okolní teploty na RD a BD.....	85
obr. 4.5 Ukázka městského tepelného ostrova [66] .....	85
obr. 4.6 Schematické znázornění vlivu geografického umístění RD a BD .....	88
obr. 4.7 Ukázka turbulentního a laminárního proudění při poryvu větru [68].....	90
obr. 4.8 Schematické znázornění vlivu stínění okolních kopců na RD a BD.....	91
obr. 4.9 Schematické znázornění vlivu stínění okolními budovami na RD a BD.....	95
obr. 4.10 Trajektorie Slunce při letním slunovratu (21.6.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69] .....	95
obr. 4.11 Trajektorie Slunce při jarní a podzimní rovnodennosti (21.3. a 23.9.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69].....	96
obr. 4.12 Trajektorie Slunce při zimním slunovratu (21.12.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69] .....	96
obr. 4.13 Poloha Slunce při západu a východu (v létě a v zimě) – vlevo je stín v létě při západu Slunce a vpravo je stín při východu Slunce v zimě [69] .....	96
obr. 4.14 Schematické znázornění vlivu větrné expozice na RD a BD .....	101
obr. 4.15 Ukázka větrné růžice – posouzení vlivu větrné expozice na orientaci stavby [40].....	102
obr. 4.16 Schematické znázornění vlivu orientace na RD a BD.....	104
obr. 4.17 Ukázka polohy Slunce v rámci roku [70] .....	104
obr. 4.18 Ukázka meridiánové konvergence – Křovákovo zobrazení [71] .....	105
obr. 5.1 Schematické znázornění velikosti stavby RD a BD.....	111
obr. 5.2 Ukázka faktoru tvaru A/V v závislosti na velikosti budovy [59].....	111
obr. 5.3 Schematické znázornění vlivu podlažnosti na BD .....	112
obr. 5.4 Schematické znázornění vlivu korekce podlahové plochy na RD a BD .....	114
obr. 5.5 Schematické znázornění kompaktnosti na RD a BD.....	116
obr. 5.6 Pasivní stavba – kompaktní tvar s moderním designem – arch. Vize Ateliér, Brno [13].....	118
obr. 5.7 Schematické znázornění vlivu prosklení fasády na RD a BD .....	119
obr. 5.8 Schematické znázornění vlivu stínění horní markýzou a bočními žebry na RD a BD .....	125
obr. 5.9 Schematické znázornění postupu výpočtu při významnosti jednotlivých faktorů.....	131
obr. 5.10 Ukázka makra ve VBA (MS Excel).....	131
obr. 6.1 Schematické znázornění vlivu orientace svislé plochy .....	138
obr. 6.2 Schematické znázornění vlivu naklápění okenní plochy.....	140

obr. 6.3 Schematické znázornění vlivu rozměrů a proporcí okna na $U_w$ .....	147
obr. 6.4 Schematické znázornění vlivu rozměrů a proporcí okna na jeho energetickou bilanci.....	148
obr. 6.5 Schematické znázornění vlivu natočení budovy na velikosti solárních zisků [76].....	150
obr. 6.6 Schematické znázornění vlivu stínění markýzou a bočními žebry.....	151
obr. 6.7 Okno s otevíravou a neotevíravou částí a s vyrovnáním skel na stejnou výšku [77].....	153
obr. 7.1 Ukázkový pasivní rodinný dům v Blažovicích – arch. Vize Ateliér, Brno [13].....	155
obr. 7.2 Půdorysy ukázkového domu [13].....	156
obr. 8.1 Největší „okrajová podmínka návrhu“ – Slunce [3].....	166

## Seznam tabulek

tab. 3.1 Charakteristika posuzovaných staveb RD a BD.....	72
tab. 3.2 Charakteristické hodnoty posuzovaných staveb.....	73
tab. 3.3 Vypočtené hodnoty fyzikálních veličin posuzovaných staveb.....	77
tab. 4.1 Vliv klimatické oblasti v ČR na $E_A$ .....	81
tab. 4.2 Vliv klimatické oblasti na procentuální změnu $E_A$ .....	81
tab. 4.3 Vliv korekce nadmořské výšky na $E_A$ (klíma HK).....	83
tab. 4.4 Vliv korekce nadmořské výšky na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	83
tab. 4.5 Vliv korekce okolní teploty na $E_A$ (klíma HK).....	86
tab. 4.6 Vliv korekce okolní teploty na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	86
tab. 4.7 Nastavení parametrů pro vyhodnocení geografického umístění stavby.....	88
tab. 4.8 Vliv geografického umístění stavby na $E_A$ (klíma HK).....	89
tab. 4.9 Vliv geografického umístění stavby na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	89
tab. 4.10 Vliv stínění okolních kopců na $E_A$ (klíma HK).....	91
tab. 4.11 Vliv stínění okolních kopců na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	92
tab. 4.12 Vliv stínění okolními budovami na $E_A$ (klíma HK).....	97
tab. 4.13 Vliv stínění okolními budovami na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	97
tab. 4.14 Vliv větrné expozice na $E_A$ (klíma HK).....	102
tab. 4.15 Vliv větrné expozice na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	102
tab. 4.16 Vliv orientace stavby na $E_A$ (klíma HK).....	106
tab. 4.17 Vliv orientace stavby na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	106
tab. 5.1 Vliv podlažnosti stavby na $E_A$ (klíma HK).....	112
tab. 5.2 Vliv podlažnosti stavby na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	112
tab. 5.3 Vliv korekce podlahové plochy na $E_A$ (klíma HK).....	114
tab. 5.4 Vliv korekce podlahové plochy na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	114
tab. 5.5 Vliv kompaktnosti stavby na $E_A$ (klíma HK).....	116
tab. 5.6 Vliv kompaktnosti stavby na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	116
tab. 5.7 Vliv prosklení fasády na $E_A$ (klíma HK).....	120
tab. 5.8 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	120
tab. 5.9 Vliv prosklení fasády na $U_{em}$ (klíma HK).....	124
tab. 5.10 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu $U_{em}$ (klíma HK).....	124
tab. 5.11 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na $E_A$ (klíma HK).....	127
tab. 5.12 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na procentuální změnu $E_A$ (klíma HK).....	127
tab. 5.13 Charakteristické hodnoty posuzovaných krychlí.....	132
tab. 5.14 Významnost vlivu parametrů na $E_A$ – STANDARDNÍ POSOUZENÍ (klíma HK).....	133
tab. 5.15 Významnost vlivu parametrů na $E_A$ – VELKÉ STÍNĚNÍ (klíma HK).....	134
tab. 6.1 Vliv orientace okna na $Q_S/Q_T$ (klíma HK).....	138
tab. 6.2 Vliv orientace okna na $Q_S - Q_T$ (klíma HK).....	139
tab. 6.3 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S/Q_T$ na JIHU (klíma HK).....	141
tab. 6.4 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S - Q_T$ na JIHU (klíma HK).....	142
tab. 6.5 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S/Q_T$ na VÝCHODU (klíma HK).....	142
tab. 6.6 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S - Q_T$ na VÝCHODU (klíma HK).....	143
tab. 6.7 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S/Q_T$ na ZÁPADĚ (klíma HK).....	144
tab. 6.8 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S - Q_T$ na ZÁPADĚ (klíma HK).....	144
tab. 6.9 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S/Q_T$ na SEVERU (klíma HK).....	145

tab. 6.10 Vliv vertikálního naklápění okna na $Q_S - Q_T$ na SEVERU (klima HK).....	146
tab. 6.11 Vliv rozměrů okna na celkové $U_W$ (klima HK).....	147
tab. 6.12 Vliv rozměrů okna na $Q_S/Q_T$ na JIHU (klima HK).....	149
tab. 6.13 Vliv rozměrů okna na $Q_S/Q_T$ na VÝCHODĚ (klima HK).....	149
tab. 6.14 Vliv rozměrů okna na $Q_S/Q_T$ na ZÁPADĚ (klima HK).....	149
tab. 6.15 Vliv rozměrů okna na $Q_S/Q_T$ na SEVERU (klima HK).....	150
tab. 6.16 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na $Q_S/Q_T$ na JIHU (klima HK).....	152
tab. 6.17 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na $Q_S - Q_T$ na JIHU (klima HK).....	153
tab. 7.1 Charakteristické hodnoty ukázkového domu.....	157
tab. 7.2 Vliv orientace na efektivnost oken ukázkového domu.....	158
tab. 7.3 Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ ukázkového domu.....	158
tab. 7.4 Jednotlivé tepelné ztráty ukázkového domu.....	159
tab. 7.5 Jednotlivé solární zisky ukázkového domu.....	159
tab. 7.6 Porovnání vlivu lokalit na změnu potřeby tepla na vytápění $E_A$ u ukázkového domu.....	160
tab. P.1.1 Vliv korekce nadmořské výšky na $E_A$ (klima KV).....	175
tab. P.1.2 Vliv korekce nadmořské výšky na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	175
tab. P.1.3 Vliv korekce okolní teploty na $E_A$ (klima KV).....	176
tab. P.1.4 Vliv korekce okolní teploty na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	176
tab. P.1.5 Vliv geografického umístění stavby na $E_A$ (klima KV).....	176
tab. P.1.6 Vliv geografického umístění stavby na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	177
tab. P.1.7 Vliv stínění okolních kopců na $E_A$ (klima KV).....	177
tab. P.1.8 Vliv stínění okolních kopců na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	178
tab. P.1.9 Vliv stínění okolními budovami na $E_A$ (klima KV).....	178
tab. P.1.10 Vliv stínění okolními budovami na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	178
tab. P.1.11 Vliv větrné expozice na $E_A$ (klima KV).....	179
tab. P.1.12 Vliv větrné expozice na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	179
tab. P.1.13 Vliv orientace stavby na $E_A$ (klima KV).....	180
tab. P.1.14 Vliv orientace stavby na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	180
tab. P.2.1 Vliv korekce podlahové plochy na $E_A$ (klima KV).....	181
tab. P.2.2 Vliv korekce podlahové plochy na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	181
tab. P.2.3 Vliv kompaktnosti stavby na $E_A$ (klima KV).....	182
tab. P.2.4 Vliv kompaktnosti stavby na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	182
tab. P.2.5 Vliv prosklení fasády na $E_A$ (klima KV).....	183
tab. P.2.6 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	184
tab. P.2.7 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na $E_A$ (klima KV).....	184
tab. P.2.8 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na procentuální změnu $E_A$ (klima KV).....	185
tab. P.3.1 Vliv orientace okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ (klima HK).....	185
tab. P.3.2 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ na JIHU (klima HK).....	185
tab. P.3.3 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ na VÝCHODU (klima HK).....	186
tab. P.3.4 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ na ZÁPADU (klima HK).....	186
tab. P.3.5 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ na SEVERU (klima HK).....	186
tab. P.3.6 Vliv rozměrů okna na procentuální změnu $Q_S/Q_T$ na JIHU (klima HK).....	187

## Seznam diagramů

diag. 3.1 Porovnání ročních solárních zisků $Q_S$ a vnější teploty vzduchu mezi klimatem Hradec Králové a Karlovy Vary [15].....	74
diag. 3.2 Ukázka energetické bilance pasivního domu v průběhu roku.....	75
diag. 3.3 Znázornění energetické bilance pasivního domu v absolutních hodnotách – vztah mezi tepelnými ztrátami a tepelnými zisky u RD-2 a BD-3 (klima HK).....	75
diag. 3.4 Znázornění energetické bilance pasivního domu v % – vztah mezi tepelnými ztrátami a tepelnými zisky u RD-2 a BD-3 (klima HK).....	76
diag. 3.5 Vztah mezi ochlazovanou plochou A, objemem V a faktorem tvaru stavby A/V.....	77

diag. 3.6 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK a klima KV) a průměrným součinitelem prostupu tepla $U_{em}$ stavby .....	78
diag. 4.1 Vztah mezi klimatickou oblastí a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ .....	82
diag. 4.2 Vztah mezi klimatickou oblastí a procentuální změnou potřeby tepla na vytápění $E_A$ .....	82
diag. 4.3 Vztah mezi korekcí nadmořské výšky a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK).....	84
diag. 4.4 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u korekce nadmořské výšky.....	84
diag. 4.5 Vztah mezi korekcí okolní teploty a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) .....	87
diag. 4.6 Vztah mezi geografickým umístěním stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK).....	89
diag. 4.7 Porovnání vlivů geografického umístění stavby na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV).....	90
diag. 4.8 Vztah mezi stíněním okolních kopců (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných rodinných domů .....	92
diag. 4.9 Vztah mezi stíněním okolních kopců (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných bytových domů .....	93
diag. 4.10 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění okolních kopců .....	93
diag. 4.11 Porovnání vlivu všech 4 stran a pouze jedné jižní (východní u RD-5 a BD-4) strany na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u stínění okolních kopců .....	94
diag. 4.12 Porovnání vlivu stínění okolních kopců na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV) .....	94
diag. 4.13 Vztah mezi stíněním okolními budovami (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných rodinných domů .....	98
diag. 4.14 Vztah mezi stíněním okolními budovami (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných bytových domů .....	99
diag. 4.15 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění okolními budovami .....	100
diag. 4.16 Porovnání vlivu stínění okolními budovami na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV) .....	100
diag. 4.17 Vztah mezi větrnou expozicí a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) .....	103
diag. 4.18 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u větrné expozice stavby .....	103
diag. 4.19 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění $E_A$ a orientací stavby u posuzovaných rodinných domů (klima HK) .....	106
diag. 4.20 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění $E_A$ a orientací stavby u posuzovaných bytových staveb (klima HK) .....	107
diag. 4.21 Porovnání vlivu orientace stavby na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV).....	108
diag. 4.22 Porovnání vlivu orientace na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u tří variant RD-2 s různým poměrem prosklení fasád (klima HK) .....	108
diag. 4.23 Porovnání vlivu orientace na měrnou potřebu tepla na vytápění RD-1 v různých klimatických lokalitách po celém světě .....	109
diag. 5.1 Vztah mezi korekcí podlažnosti a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) .....	113
diag. 5.2 Vztah mezi korekcí podlahové plochy a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK).....	115
diag. 5.3 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u korekce podlahové plochy .....	115
diag. 5.4 Vztah mezi kompaktností stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) .....	117
diag. 5.5 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u kompaktnosti stavby.....	118
diag. 5.6 Vztah mezi prosklením fasády a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných rodinných domů .....	121
diag. 5.7 Vztah mezi prosklením fasády a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných bytových domů .....	122
diag. 5.8 Porovnání vlivu prosklení fasády na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV).....	122
diag. 5.9 Energetická bilance oken RD-2 při ideální jižní orientaci (klima HK).....	123
diag. 5.10 Vztah mezi prosklením fasády a průměrným součinitelem prostupu tepla stavby $U_{em}$ (klima HK).....	124

diag. 5.11 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných rodinných domů.....	128
diag. 5.12 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima HK) u posuzovaných bytových domů .....	129
diag. 5.13 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění $E_A$ mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění horní markýzou a bočními žebry .....	129
diag. 5.14 Porovnání vlivu stínění horní markýzou a bočními žebry na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV) .....	130
diag. 5.15 Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ – STANDARDNÍ POSOUZENÍ (klima HK) .....	133
diag. 5.16 Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění $E_A$ – VELKÉ STÍNĚNÍ (klima HK) .....	134
diag. 6.1 Porovnání odchylek přímé a nepřímé metody $Q_S/Q_T$ v PHPP při 10 prosklených plochách .....	137
diag. 6.2 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí $Q_S/Q_T$ při změně orientace (klima HK).....	139
diag. 6.3 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S - Q_T$ při změně orientace (klima HK).....	139
diag. 6.4 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S/Q_T$ při vertikálním natáčení na JIHU (klima HK) .....	141
diag. 6.5 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S - Q_T$ při vertikálním natáčení na JIHU (klima HK) .....	142
diag. 6.6 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S/Q_T$ při vertikálním natáčení na VÝCHODU (klima HK).....	143
diag. 6.7 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S - Q_T$ při vertikálním natáčení na VÝCHODU (klima HK).....	143
diag. 6.8 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S/Q_T$ při vertikálním natáčení na ZÁPADĚ (klima HK) .....	144
diag. 6.9 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S - Q_T$ při vertikálním natáčení na ZÁPADĚ (klima HK).....	145
diag. 6.10 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S/Q_T$ při vertikálním natáčení na SEVERU (klima HK).....	146
diag. 6.11 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna $Q_S - Q_T$ při vertikálním natáčení na SEVERU (klima HK).....	146
diag. 6.12 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a energetickou bilancí okna $Q_S/Q_T$ (klima HK) na JIHU .....	152
diag. 7.1 Poměr tepelných ztrát a solárních zisků oken u ukázkového domu .....	158
diag. 7.2 Celková energetická bilance ukázkového domu .....	160
diag. P.1.1 Vztah mezi korekcí nadmořské výšky a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV).....	175
diag. P.1.2 Vztah mezi korekcí okolní teploty a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV) .....	176
diag. P.1.3 Vztah mezi geografickým umístěním stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV)....	177
diag. P.1.4 Vztah mezi větrnou expozicí a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV).....	179
diag. P.1.5 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění $E_A$ a orientací stavby u posuzovaných rodinných domů (klima KV) .....	180
diag. P.1.6 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění $E_A$ a orientací stavby u posuzovaných bytových staveb (klima KV) .....	181
diag. P.2.1 Vztah mezi korekcí podlahové plochy a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV).....	182
diag. P.2.2 Vztah mezi kompaktností stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění $E_A$ (klima KV) .....	183



---

# 1 ÚVOD

## 1.1 Vymezení tématu a cíle práce

### Motto dizertační práce:

*„Nakládej se Zemí dobře, nebyla ti dána tvými rodiči, byla ti zapůjčena od tvých dětí!“*

*Antoine de Saint-Exupéry*

Ve vyspělých zemích, kam patří i Česká republika, žije pouze 20 % obyvatel planety, kteří spotřebovávají téměř 80 % energetických zdrojů Země (známé a platné Paretovo pravidlo<sup>1</sup> 80/20) a „zbytek“ obyvatelstva (drtivá většina) se musí uspokojit s 20 % energetických zdrojů [1]. Během posledních 10 let se cena ropy více než zdvojnásobila, přičemž meziroční nárůst mezi lety 2004 až 2008 je o 25 %. Nejnovější vědecké poznatky ukazují, že svět má jen několik let na to, aby řešil problém globálního oteplování [1]. Pokud teploty na celém světě stoupnou o více než 2 °C oproti úrovni před industrializací, klimatické změny se pravděpodobně vymknou kontrole [2]. Výzkum NASA ukazuje, že arktický led na Zemi taje rychleji, než se doposud myslelo – rychlost tání činí 9 % za 10 let. Studie rovněž prokázaly, že teploty v Arktidě stoupají rychlostí 1,2 °C za 10 let [3]. Dalekosáhlé důsledky globální změny klimatu, omezenost přírodních zdrojů a neustálý nárůst jejich cen vyvolávají tlak na efektivnější využívání surovin, inovativních konceptů a šetrných technologií. Pokud chceme i nadále udržitelným způsobem zabezpečit přiměřené hospodářské, společenské i sociální podmínky života, musíme v mnohem větší míře uplatňovat uvědomělejší přístup k životnímu prostředí [4]. Zcela jasnou nutností bude velké množství neobnovitelných zdrojů limitovat a snažit se ve větší míře využívat obnovitelných zdrojů energie a zajišťovat návratnost použitých materiálů (recyklace). Jedině zodpovědné nakládání s prostředky vede k dlouhodobému úspěchu a ke snížení tzv. ekologické stopy.

Stavebnictví je v rámci Evropské unie největším průmyslovým sektorem s tvorbou přibližně 11 % HDP a zaměstnávajícím cca 7,5 % ekonomicky aktivního obyvatelstva. Často je poukazováno na skutečnost, že jeho produkty jsou zodpovědné za 40 % spotřeby veškeré vyrobené energie [5] a přibližně za stejné procento produkce emisí skleníkových plynů (především CO<sub>2</sub>) a produkce pevných odpadů. Budovy – jejich výstavba a provozování – patří mezi hlavní spotřebitele materiálových a energetických zdrojů a významné znečišťovatele životního prostředí a to nejenom v období realizace, ale i v průběhu všech fází jejich existence. Výstavba je rozhodujícím způsobem ovlivněna sociálním a ekonomickým vývojem v každé zemi. Bytové domy v České republice díky vysokému výskytu poskytují největší potenciál úspor. Například přes 1 165 000 bytových jednotek se nachází v panelových domech z let 1950 - 1990, ve kterých žije bezmála třetina českých občanů (31 %). Další třetina žije v bytových domech zejména z poválečné výstavby [6].

Cesta k udržitelné výstavbě není v hledání jednoho nebo několika univerzálních technických řešení, nýbrž v uplatňování nových principů návrhu, nových materiálů a technologií jejich zpracování, nových technologií výstavby včetně její organizace, nových metod posuzování

---

<sup>1</sup> Paretův princip lze v různých odvětvích lidské činnosti (např. ekonomika, kvalita výroby) formulovat tak, že 80 % důsledků (např. zisk nebo počet zmetků) pramení z 20 % příčin (např. produkty nebo celková výroba). V praxi potom bývá snahou odhalit ono malé spektrum příčin, které tak významně ovlivňuje celkový výsledek. Tento proces hledání se nazývá Paretova analýza.

a hodnocení staveb apod., při současném zachování architektonické kvality a konstrukční pestrosti a variability v navrhování staveb. Jestliže fenoménem architektury 20. století je "Manhattanská mřížka"<sup>2</sup> symbolizující vztah člověka a ekonomie, potom fenoménem architektury 21. století je "struktura listu" jako symbol vztahu člověka a prostředí – ekologie. Racionální organizace prostoru, již nemůže být řízena ryze neviditelnou rukou trhu, nýbrž měla by být směřována také taktovkou energetické (r)evoluce a podřízena trvale udržitelné energetické koncepci [7]. Bylo ověřeno, že opatření na snížení energetické náročnosti zaměřená na zdokonalení izolace střech, sklepů a fasád, oken a topných systémů jsou nákladově efektivní nejen jako jednotlivá opatření, ale hlavně pokud budou realizována jako soubor komplexního opatření (proces integrálního navrhování) [6]. Využívání energie v budovách by se mělo řídit zásadami „Trias Energetica“<sup>3</sup>. V posledních letech začíná promlouvat „inteligentní architektura“. Solární aspekty, jako je intenzita solárního záření a zdánlivá dráha Slunce po obloze, se stávají nedílnou součástí ideové strategie, která se dále promítá do úvah o širším kontextu stavby a přináší komplexní řešení. Přebírá aparát pragmatického uvažování podložený nejnovějšími vědeckými poznatky a zapojuje tak do procesu vytváření dynamického prostředí. Z tohoto uvažování vychází i pasivní dům, nebo-li stavba, která využívá pasivních tepelných zisků (od Slunce, obyvatelů a spotřebičů) a díky tomu snižuje spotřebu tepla na vytápění. Tomu odpovídá maximální snaha o uplatnění obnovitelných zdrojů energie, materiálů se zajištěnou recyklací, snaha o minimalizaci spotřeby provozní energie, včetně optimalizace technického vybavení, snaha o minimalizaci nerecyklovatelných odpadů. S tím související snížení produkce škodlivých emisí, produkce nerecyklovatelných odpadů a dalších environmentálních kritérií v rámci celého životního cyklu [8]. Tím vznikají stavby nezávislé na fosilních zdrojích energie a jsou bezpečné i při sebevážnější energetické krizi [3]. V evropských zemích není typologický druh, který by dosud nebyl zvládnut v pasivním standardu: mateřské, základní a střední školy, bytové domy, domovy seniorů, studentské koleje, kostely, komunitní centra, administrativní budovy, veletržní areály, sportovní areály, ale i věžeňské, průmyslové a zemědělské stavby. Rozšířené jsou také rekonstrukce včetně několika památkově chráněných objektů. Investiční náklady do šetrných staveb jsou skutečně významné, jsou známé stavby s investičními náklady v řádu milionů euro [9].

## Cíle práce

Téma dizertační práce zcela logicky reaguje na tento současný trend architektury a zabývá se energeticky úspornými stavbami, tj. pasivními a nízkoenergetickými domy a snaží se dále rozvinout jejich potenciál. Práce se vymezuje hlavně na stavby určené k bydlení, tj. na rodinné a bytové domy určené k dlouhodobému pobývání [10], protože každý typologický druh má své požadavky a limity a jiné „energetické chování“. Obsáhnout celé portfolio staveb není ani prakticky možné a vyhodnocení by bylo nejasné a nezřetelné. Stavby pro bydlení jsou vybrány díky největší poptávce na trhu mezi úspornými stavbami, největší rozšířeností na celém území a nejdelší praktickou zkušeností s výstavbou tohoto typu budov. Výběr těchto staveb umocňuje i racionální úvaha o známých a spolehlivých „okrajových podmínkách“, tj. ze zkušeností tisíců realizovaných staveb lze dobře předpovídat např. časovou obsaditelnost stavby, vnitřní tepelné zisky, atd. [11], tedy výsledky získáme nejspolehlivější a s mnohem větší přesností než u jiných

---

<sup>2</sup> Návrh Manhattanské mřížky: Simeon de Witt, Gouverneur Morris a John Rutheford; 1811

<sup>3</sup> Podle zásady Trias Energetica existují tři následné kroky, které je třeba podniknout pro vyřešení udržitelné energetické spotřeby v budovách: za prvé snížit energetickou náročnost budov, za druhé je nutné propagovat a využívat obnovitelné zdroje energií a v neposlední řadě zvýšit efektivitu výroby a využití energie z fosilních paliv.



typologických druhů. Lokalizace staveb je zvažována pro Českou republiku, která má středoevropské klima, jež je typičtější, stálější a spolehlivější, neboť obsahuje i přechodná období [12]. Tato užší specializace umožní v rámci práce bližší a přesnější zhodnocení a možnost zobecnění výsledků. Počátek návrhu úsporné stavby je nejvíce „abstraktní složkou návrhu s velmi nejistými vstupy“, protože spousta parametrů v té chvíli je ještě zcela neznámá, nebo není s jistotou rozhodnutá. A přitom první koncepce domu nejvíce ovlivní nejen jeho tvar, formu, ale i uživatelský komfort, cenu, realizovatelnost a budoucí energetické chování stavby a s tím související provozní náklady domu. Je zcela zřejmé, že tato etapa nesmí být podceňena, neboť již „při malé změně počátečních vstupů je velkou měrou ovlivněn výsledek“. Díky tomuto uvažování se práce zaměřuje na prvotní rozhodovací fázi návrhu, tj. na architektonický koncept pasivního domu (ideu, vizi).



**obr. 1.1 Moderní optimalizovaný nulový dům – arch. Vize Ateliér, Brno [13]**

Navrhnout správný pasivní dům není vůbec jednoduchou záležitostí, protože návrh klade na architekta stavby mnohem více předpokladů a znalostí než u „běžného a standardního“ konceptu. Znalostní základna pro integrální návrh musí být velmi rozsáhlá a často musí zasahovat i nad rámec samotné architektury do zcela jiných, možná i na první pohled nesouvisejících, oborů. Pro tuto „složitost“ v ČR převládají stavební inženýři, energetičtí auditoři, specialisti na stavební fyziku a TZB, atd. Tyto domy jsou z hlediska „jejich pohledu“ velmi dobré, dalo by se říci až perfektní, ale z pohledu architekta lze poznat, že složka designu stavby byla buď opomenuta nebo posunuta z hlediska priorit až na spodní hranici. Skutečných architektů, kteří se této problematice přímo věnují, je nedostatek. Architekti se jim vyhýbají pro „příliš složité energetické výpočty, které nadměrně zatěžují architekturu“ [3]. Výpočty nezatěžují architekturu, ta se bez nejrůznějších výpočtů neobejde, ale možná, že zatěžují architekty, kteří si neuvědomují, že se jedná o nový způsob stavění, který je nezbytné podpořit matematickými výpočty. Platí to podobně jako v právu – „neznalost zákona nikoho neomlouvá“, takže v budoucnu se tato situace bude muset změnit. Náš český trh potřebuje velký impuls a to především od leaderů architektury, kteří určují směr a její budoucí vývoj, to znamená takové architekty, kteří díky svým znalostem problematiky dokážou být nad věcí, zachovávají si svůj nadhled a nenechají se omezovat pouhou

neznalostí či antipatií k problému a dokážou se při navrhování úsporných staveb pohybovat nejen v daných mantinelech, ale občas je i překročit (příkladný dům na obr. 1.1). Hlavní cílovou skupinou, na kterou je dizertační práce zaměřena, jsou architekti, ale samozřejmě i projektanti a jiní odborníci včetně laické veřejnosti.

Při navrhování pasivního domu se musí uplatnit spousta navzájem propojených faktorů, např. trajektorie Slunce a vliv stínění okolím, hledisko oslunění a osvětlení interiéru, energetická kvalita konstrukcí, atd. V současné době architektovi nezbývá než využívat všeobecně známých pouček, jako je například orientace velkých oken na jih, ale ze severu nikoliv apod. „Empirické vzorce“ pro návrh skutečného pasivního domu nestačí. Architekt musí mít představu, jaký vliv má orientace domu v souvislosti s velikostí prosklení v kombinaci se stíněním, jaký vliv má změna velikosti domu, změna proporcí stavby či proměna členitosti povrchu na nějakou srovnávací rovinu a tou je energetická bilance domu. Tato bilance musí být se vším v rovnováze a v tu chvíli přichází na řadu energetická optimalizace, která zpracuje několik nezávislých variant. Dnes jsou možnosti využívat počítače na vyhodnocování variant této energetické bilance přímo na monitoru ve 3D virtuálním modelu a vyhodnotit při tom různé chování domu. Bohužel je velmi málo známo, na jaké bázi tyto počítačové modely pracují a na jakém teoretickém modelu jsou zakotveny (prakticky žádný přímo nepracuje s daty pro návrh pasivního domu) a jak přesně pracují a co reflektují, která klimatická data obsahují – jedná se o „black box [14]“ výpočet. Díky této neznalosti může dojít i k nevědomému zkreslení vstupních i výstupních dat.

Cílem práce je zjednodušení zmíněné problematiky do srozumitelné formy, tj. zpracování relativně jednoduchých a názorných zobrazení, která u nás zatím skutečně chybí, a které problematiku přijatelně zobecňují a ukazují chování jednotlivých parametrů (prosklení, stínění, tvar, velikost, atd.) a jejich změnu na potřebu tepla na vytápění pasivního domu (jeden z hlavních ukazatelů kvality návrhu). Výzkum je proveden na racionálním výpočetním základě 9 staveb pro bydlení ve specializovaném programu pro návrh úsporných staveb – PHPP 2007 CZ [15]. Chování jednotlivých prvků je sledováno také na procentuální změně potřeby tepla na vytápění, a tak je možnost porovnání mezi tvarem a velikostí stavby. Součástí posouzení budou schematická zobrazení a související dokladové referenční tabulky a diagramy. Snahou je tyto výpočty zobecnit na základě určité relativní nepřesnosti, které ale v počáteční rozhodovací fázi zcela jistě nevadí. Výsledky práce budou užitečné, když architekt vezme do ruky tužku a začne přemýšlet nad svým budoucím domem. V tuto chvíli bude mít po ruce skici, které mu dají orientační představu a dokážou usměrnit jeho další návrh. Hlavním cílem je vytvořit pomocí výpočetního nástroje nové závěry a poznat energetické chování stavby, a tak posunout obor o krok kupředu. Představené výsledky bude možnost ověřit v dalších vědeckých pracích. Pro porozumění je třeba nezapomenout na důležité pravidlo „KISS“ – *Keep It Smart nad Simple*, nebo-li síla porozumění tkví v logice jednoduchosti [3].

## 1.2 Způsob řešení práce

Jak je výše uvedeno, tak cílem tohoto díla je problematiku zracionalizovat a prezentovat výsledky přijatelnou formou. Hlavním a prakticky jediným parametrem, který je sledován, bude měrná potřeba tepla na vytápění pasivního domu  $E_A$ , což je nejdůležitější parametr, který určuje, zda je navržený dům úsporný nebo není. Tato potřeba domu je „měrná“ (přepočítaná na  $1 \text{ m}^2$  vytápěné plochy), to znamená, že díky ní lze porovnávat mezi sebou různé velikosti i typologie staveb, a stačí k tomu pouze jedno kritérium. Zde se uplatňuje mocná síla jednoduchosti. Samozřejmě pro skutečnou optimalizaci pasivního domu toto měřítko nestačí a je třeba posuzovat více věcí současně, například neprůvzdušnost (uvažovaná a reálná) stavby, topná zátěž, četnost překročení nejvyšší teploty vzduchu (letní přehřívání), chladicí zátěž, atd. Dokonce pro úplný návrh je třeba optimalizovat a vyladit celý systém použitých prvků a brát ohled na úspornost použitých technologií a spotřebičů s ohledem na primární energii jak v materiálech, tak i ve zdrojích. Je dobré si přiznat, že v počáteční fázi návrhu tyto parametry architekta „příliš zatěžují“. Je třeba se rozhodnout pro materiál konstrukce (lehká či masivní), ale i toto rozhodnutí se v průběhu procesu navrhování může změnit. V tuto chvíli je pro architekta stavby irelevantní i rozhodnutí pro výběr topného systému a použití OZE zdrojů. Pro koncept stavby „zbývá“ znalost ochrany proti letnímu přehřívání a její důsledky, znalost topné zátěže a měrné potřeby tepla na vytápění. Pokud se zamyslíme nad prvními dvěma parametry, tak i ty jsou v tuto chvíli níže na žebříčku priorit, protože se proti přehřívání dá zabránit fixními i mobilními stínícími prvky a navíc pro naše klima není tak „ohrožující“ jako v horských oblastech. Ale nesmí se zase příliš podcenit, neboť přílišné letní přehřívání může snížit uživatelský komfort. Topná zátěž pro návrh otopné soustavy není také tak rozhodující, pokud se architekt smíří s tím, že pasivní dům nebude vytápěn pouze teplovzdušně (klima v ČR pro tento systém není ani příliš vhodné). Srovnání všech těchto kritérií je zcela jistě nad rámec této dizertační práce.

Pro účely výzkumu je vytvořen parametrický model 5 rodinných a 4 bytových domů. Tento model je definován na bázi „statistických úvah“, tzn. snahou je obsáhnout co nejvíce tvarových a velikostních kategorií domů pro bydlení včetně jejich „příslušné“ orientace (například jednopodlažní bungalow, dvoupodlažní dvojdom, deskový bytový dům, apod.). Tento výpočetní model je přiměřeně zjednodušen na jednoduché ideální tvary domů (kvádry) tak, aby byl vytvořen referenční reprezentativní vzorek tvarů a velikostí staveb a bylo tak možno sledovat vlivy různých parametrů. Důležité parametry a nastavení modelu jsou zvoleny s ohledem na pasivní standard a respektují tak zásady úsporných staveb, například poměry prosklení fasády, kvalita obalových konstrukcí, systém větrání, apod. Aby došlo k určitému zjednodušení výpočtu, tak nastavení většiny parametrů vychází z domněnky „paušalizace“, tj. věci, které lze předem v konceptu „odhadnout s přijatelnou přesností“ jsou přebrány z TNI 73 0329(30):2009 [16; 17] či z pasivního standardu. Například pro výpočet je zvažována vzduchotěsnost všech staveb jako konstantní  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ , což je základní parametr pro pasivní stavby, bližší informace viz tab. 3.2. Celé posouzení bude respektovat stranu bezpečnosti návrhu. Při podrobnější analýze lze samozřejmě nastavovat kvality parametrů na jiné hodnoty, ale toto se již týká podrobnější optimalizace, kterou v tomto díle nelze obsáhnout.

Tímto je vytvořen základní referenční výchozí model vhodný pro posuzování. Pro vyhodnocování parametrického modelu je zvolen software PHPP 2007 CZ (česká mutace) [15], který je přímo optimalizovaný pro návrh úsporných staveb (bližší informace viz kapitola 3). Zde se mění různá nastavení a parametry modelu, které jsou zaznamenávány

a vyhodnocovány (sledování chování modelu) v tabulkách a grafech. Zaznamenávána je měrná potřeba tepla na vytápění v absolutních hodnotách a ta je dále přepočítávána do relativní a procentuální změny vzhledem k referenčnímu stavu. V reálné výpočtové praxi lze stanovit měrnou potřebu tepla na vytápění s absolutní přesností  $\pm 3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  [18], protože je třeba zvažovat o subjektivním vlivu zpracovatele výpočtu, který se může u různých lidí lišit. I přesto je v této práci výsledek uváděn s přesností na desetiny. Je to z toho důvodu, že takto lze mnohem lépe sledovat vyskytující se rozdíly mezi rozdílnými variantami (někdy by při zaokrouhlení zcela zanikly).

Většina posouzení jsou provedena pro dvě klimatické oblasti tak, aby výsledky obsáhly většinové zastavitelné území ČR (více než 80 % veškerého území). Získaná data jsou poté porovnávána a vyhodnocována a jsou zobrazovány výsledky chování v různých klimatických datech.

Pro některá vyhodnocení jsou vytvořena 3 makra v programu Excel (MS Office) v programovacím jazyku VBA (Visual Basic for Applications), která jsou výpočetně propojena s PHPP. Makra jsou použita pro automatizaci některých vyhodnocovacích procesů a tím pomáhají výrazně zrychlit práci. První makro dokáže měnit jednu proměnnou v určitých mezích po přesně definovaném kroku. Například pro vyhodnocování orientace budov makro mění vstupní údaje orientace budovy od  $-180^\circ$  do  $+180^\circ$  a data zapisuje do tabulky a zobrazuje v grafu. Druhé makro dokáže pracovat se dvěma nezávislými proměnnými a ty dokáže zapsat do tabulky a vyhodnotit pomocí podmíněného formátování. Třetí makro je použito v kapitole 5.4 a slouží ke stanovení vlivů (symbiózy) několika parametrů současně (multi-kriteriální úloha). V rámci makra stanovuje okrajové podmínky a limity pro 10 nezávislých proměnných a na bázi stochastického modelu s rovnoměrným rozložením pravděpodobnosti vyhodnocuje pomocí metody Monte Carlo (15000 iterací) a citlivostní analýzy (Pearsonův korelační koeficient) vliv významnosti jednotlivých parametrů.

## **Vědecké metody**

V rámci této dizertační práce je použito několik vědeckých metod. Data byla tříděna pomocí určitých hodnotových kritérií. V přípravné fázi tohoto projektu bylo sbírání dat a informací, jejich vyhodnocování a systematizace. V rámci práce je tvořen vědecký experiment na základě abstraktního virtuálního idealizovaného modelu (teoretického obrazu empirické reality), který je logicky analyzován a data byla abstrahována do použitelných informací. Část práce, kde se posuzuje vzájemná symbióza parametrů, je použita metoda syntézy, která artikuluje vzájemné relace veličin. Na závěr jsou tyto údaje prezentovány v relativně zobecněné a redukované formě.

Dílo čerpá inspiraci z mnoho zdrojů, kterými jsou česká i zahraniční odborná literatura, příslušené stavební normy a právní předpisy, internet a v neposlední řadě i vlastní projektová praxe s návrhem a optimalizací pasivních a nulových domů.

## 1.3 Struktura práce

**Práce je uspořádána do několika logických a samostatných celků:**

- širší analýza problematiky;
- charakteristika referenčních staveb;
- posuzování vlivů umístění stavby;
- posuzování vlivů geometrie stavby;
- posuzování vlivů architektonických prvků;
- příklady energetické optimalizace.

**První** kapitola vymezuje téma dizertační práce, definuje cíle, popisuje způsob řešení problematiky a dává přehled o struktuře samotné práce.

**Druhá** kapitola se zabývá obecnou analýzou řešené problematiky úsporných staveb. Snaží se doplnit a případně rozvinout potřebnou teoretickou základnu pro pochopení problematiky v širším slova smyslu od pilířů udržitelného rozvoje, potenciálů úsporných staveb, včetně jejich historického vývoje, až po současné trendy v Evropské unii a České republice. Dále kapitola nastiňuje principy a důvody energetické optimalizace staveb, ukazuje dosavadní výsledky na vědeckém poli v tomto okruhu a v poslední části podrobněji rozebírá zákonitosti fungování programu PHPP 2007 CZ a jeho ověřování v praxi.

**Třetí** kapitola podrobně rozebírá zvolený virtuální model 9 staveb a popisuje zvolení určitých parametrů výpočtu. Zde se již vyhodnocují vztahy mezi tvary a velikostí staveb a popisuje se základní energetická bilance pasivního domu – posouzení tepelných ztrát a zisků. Na závěr je zdůvodněno zvolení dvou klimatických dat pro dvě relevantní teplotní oblasti charakterizující území České republiky.

**Čtvrtá** kapitola se již zabývá hodnocením vlivů umístění stavby, kde se rozebírá vliv polohy stavby v rámci ČR, situace v urbanistickém kontextu (stínění a vítr) a vlivy orientace stavby ke světovým stranám.

**Pátá** kapitola posuzuje vlivy geometrie stavby, tj. faktor tvaru stavby, vliv prosklení fasád a stínění horizontální markýzou a bočními žebry. Na konci je speciální oddíl, který řeší významnost jednotlivých parametrů pomocí metody Monte Carlo s citlivostní analýzou.

**Šestá** kapitola se zaměřuje přímo na specifické architektonické prvky, kterými jsou prosklené otvory ve vnějším plášti (okna) a sleduje vlivy orientace, natáčení ve vertikálním směru, změny velikosti a proporcí tvaru a stínění.

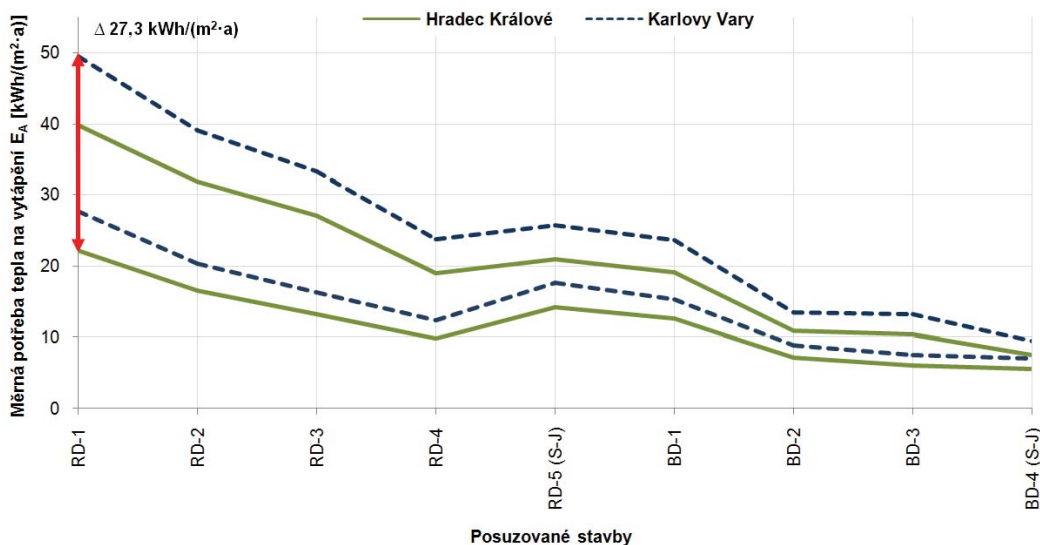
**Sedmá** kapitola se věnuje dvěma příkladům praktické energetické optimalizace. Snahou je ukázat, jak lze „vylepšovat“ původní koncepční záměr pomocí změn několika prvků.

**Osmá** kapitola zobecňuje a prezentuje dosažené výsledky jako celku a zhodnocuje je do skutečné praxe.

**V příloze** jsou uvedeny tabulky a diagramy, které se většinou týkají vyhodnocení klimatické oblasti Karlových Varů, jsou vyňaty z běžného textu práce, aby umožnily zpřehlednit hlavní část, kterou by jinak „zbytečnými daty“ zahlcovaly.

V samotné práci bylo použito i logické označení tabulek a diagramů. Tabulky, které se vztahují na **více klimatických oblastí** jsou označeny šedou barvou (*neutrální*); tabulky a grafy, které vyhodnocují data v oblasti **Hradce Králové** jsou znázorněny zelenou barvou (*symbol nížiny*) a tabulky a grafy v **Karlových Varech** jsou značeny modrou barvou (*symbol vysočiny*). Pokud mají v názvu označení P (například tab. P.1.2), tak to znamená, že jsou zařazeny pro úplnost tvrzení v doplňkové příloze. Na všechny tabulky a diagramy v příloze není v textu přímý odkaz, aby nedocházelo k nižší čitelnosti samotné dizertační práce (v příloze jsou ale seřazeny pod stejnými nadpisy pro jednoduché dohledání). Jedná se především o výpočet klimatických dat v Karlových Varech.

Data v diagramech jsou uváděna v logických souvislostech s vazbou na posuzovaný prvek. Není cílem zobrazovat v grafu „přesná a přehledná“ data, která lze zpětně odečítat pro individuální stavby, ale hlavně ukázat **směřování trendu a jeho odchylky**. V některých diagramech jsou zobrazena veškerá data, v jiných je pro čitelnost znázorněno porovnání extrémů, tj. minimální a maximální dosažené hodnoty a v některých pouze dvě stavby RD-1 (rodinný dům 1) a BD-4 (bytový dům 4), kde je znázorněn největší vliv daného parametru. Například na obr. 1.2 je uvedeno, až v jakém rozptylu se může projevit stínění okolních budov. Spodní zelená křivka ukazuje nejnižší hodnoty v klimatické oblasti Hradce Králové zcela bez stínění a horní čárkovaná modrá křivka ukazuje hodnoty v oblasti Karlových Varů při nejvyšším posuzovaném stínění, tj. nejhorší variantu. Červená šipka je pro základní představu rozpětí v jakém se data pohybují (definované domy a jejich parametry jsou v kapitole 3).



obr. 1.2 Ukázka hodnotícího grafu

Uvedená schematická zobrazení vyobrazují data pro stavby RD-2 a BD-3 (vzorově zastupující svoji kategorii) tak, aby bylo názorné a graficky čitelné energetické chování malého rodinného domu a velké bytové stavby. Jsou umístěny hned za název příslušné kapitoly a ne až na konec, aby bylo rychle znatelné, čeho se týkají (pro přehlednost).

---

## 2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 2.1 Trvale udržitelný rozvoj

Strategie ochrany životního prostředí v celosvětovém měřítku vycházejí z dokumentů nejvýznamnějších mezinárodních organizací. Jedním z prvních impulsů bylo založení v roce 1968 mezinárodní společenské organizace, tzv. Římského klubu. Tato instituce sdružovala uznávané osoby z mnoha zemí a prováděla výzkumy beroucí v potaz problém vývoje světa jako celku, aby bylo možno vést rozhodující kroky ke stanovení limitů růstu, popř. limitů směru růstu. V organizaci bylo sdruženo asi 100 vědců, společenských činitelů, ředitelů mezinárodních ekonomických organizací z více než 30 zemí, většinou průmyslově vyspělých států. Cílem bylo působit na veřejné mínění a rozvíjet dialog i s politickými činiteli. Studie klubu vyvolaly značný zájem a ostré diskuse, zejména pro prognózu "globální katastrofy" předpovědanou na 1. polovinu 21. století. Kritika konstatovala ignorování podstatných rozdílů mezi různými oblastmi světa a jednostrannou extrapolaci pozorovaných vývojových tendencí. Římský klub přinesl zajímavou definici: „*Stav globální rovnováhy, při které se počet obyvatel Země a kapitál udržují na více-méně konstantní úrovni a tendence působení na růst či pokles těchto veličin musí být pod důslednou kontrolou*“ [19].

Mezinárodní diskuze o trvalé udržitelnosti rozvoje, na jejímž počátku stála Stockholmská konference OSN (r. 1972), pak pokračovala během 70. a 80. let. A právě na konci 80. let se začal používat termín „*udržitelný rozvoj*“, který se pak prosadil v roce 1987 po zveřejnění zprávy Světové komise OSN pro životní prostředí a rozvoj. Tato zpráva tehdy nesla název „*Naše společná budoucnost*“, ale do historie se zapsala především pod názvem „*Brundtland report*“. V uvedené zprávě je také obsažena následující definice udržitelného rozvoje: „*zajistit základní životní potřeby současného člověka bez ohrožení potřeb budoucích generací, a to zachováním různorodosti přírody a přirozené funkce ekosystémů.*“ [4]

Tato definice byla mezinárodním společenstvím převzata a poté dále rozvinuta, především v souvislosti s narůstajícím významem ekologické problematiky v průběhu 90. let. Během druhé Konference OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru v r. 1992 byla schválena tzv. „*Agenda 21*“, která představuje první mezinárodní strategii udržitelného rozvoje. Pojem udržitelného rozvoje se od té doby neomezuje pouze na ekologickou stránku problému (komplexnější pojetí problému), ale zahrnuje v sobě tři vzájemně provázané aspekty (příliže udržitelnosti):

- **ekologický aspekt:** je třeba chránit a uchovat přírodní zdroje a pro budoucí generace;
- **ekonomický aspekt:** je třeba zajistit našim ekonomikám dostatečnou konkurenceschopnost, která umožní dosáhnout cíle trvale udržitelného růstu v rámci vyrovnaného využívání přírodních zdrojů planety;
- **sociální a kulturní aspekt:** je třeba zajistit větší sociální soudržnost a bojovat proti nerovnostem, zejména pak proti nerovnostem způsobeným nerozvinutostí, jakož i proti diskriminaci ve všech jejích podobách [20].

V návaznosti na pracovní závěry Konference v Rio de Janeiru přijalo mezinárodní společenství v r. 1997 tzv. Kjótský protokol. Tato úmluva si kladla za cíl snížení emisí skleníkových plynů pomocí zavedení mezinárodního systému emisních povolenek. V protokolu se smluvně zavázalo 38 průmyslově vyspělých zemí ke snížení emisí skleníkových plynů.

Evropská komise přijetím dokumentu nastínila novou cestu evropské politiky. Hlavním heslem je snížit spotřebu energie o 20 % do roku 2020, a to zároveň přispěje ke snížení emisí skleníkových plynů o 20 % (mezi roky 2008 – 2012 emise mají poklesnout o 5,2 % úrovně naměřené v roce 1990).

Světový summit o udržitelném rozvoji, který v r. 2002 uspořádala v Johannesburgu OSN, dále přispěl k prosazení této koncepce v rámci mezinárodního společenství i v povědomí světové veřejnosti. Evropská unie, která se z vlastní iniciativy zasazuje o ochranu životního prostředí, schválila v r. 2001 strategii udržitelného rozvoje, jejíž poslední novelizace byla přijata v červnu 2006. Tato strategie, jejímž cílem je trvalé zlepšování kvality života evropských občanů, klade největší důraz na vytvoření trvalých společenství a na jejich „*schopnost účinně spravovat a využívat zdroje a těžit z potenciálu hospodářských inovací v sociální a ekologické sféře, a zajistit tak prosperitu, ochranu životního prostředí a sociální soudržnost.*“

V prosinci 2009 proběhl Klimatický summit v Kodani, který nepřinesl žádoucí výsledek. Představitelé 193 zemí světa, kteří dva týdny jednali o klimatické budoucnosti světa, světovou veřejnost moc nepotěšili. Místo právně závazného dokumentu, který by zaujal pozici Kjótského protokolu, byla uzavřena pouze kompromisní dohoda s velmi obecnými cíli. Kodaňská dohoda přijímá doporučení Mezivládního panelu pro změny klimatu (IPCC), aby nárůst průměrné globální teploty nepřesáhl 2 °C. Díky vyjednávacímu úsilí malých ostrovních států může být tento dlouhodobý cíl v případě nutnosti přehodnocen ve prospěch teplotní hranice, která bude ještě o půl stupně nižší. Součástí textu dohody jsou prázdné přílohy, v nichž by měly rozvinuté a rozvojové země do konce ledna 2010 vyčíslit konkrétní závazky ke snížení produkce skleníkových plynů, resp. k omezování tohoto růstu. Jeden z mála konkrétnějších návrhů představuje vyčíslení finanční podpory, která by měla směřovat do rozvojových zemí. V následujících třech letech by jim rozvinuté státy měly poskytnout 30 miliard dolarů s navýšením na 100 miliard dolarů do roku 2020 [21]. Plnohodnotného a akce schopného nástupce Kjótského protokolu (končícího v roce 2012) tak snad přinesou jednání na konci roku 2011 v Mexiku.

Evropská unie a její členské státy hrají zásadní roli pro zvyšování celosvětové ohleduplnosti ke křehké rovnováze velkých ekosystémů a k omezeným možnostem zdrojů přírodního bohatství, které máme k dispozici.

## **Význam stavebnictví**

Stavební odvětví nejvíce ovlivňuje životní prostředí, a tak má i větší potenciál k pozitivnímu ovlivnění udržitelného rozvoje společnosti při uplatnění optimalizačních přístupů v technologii, návrhu a managementu v rámci životního cyklu staveb. Efektivní využívání nových progresivních materiálů (vysokohodnotných i recyklovaných) a konstrukčních řešení, vedoucích ke zkvalitňování výstavby budov, a to nejenom z hlediska technického, ale i ekonomického, environmentálního, sociálního a kulturního, tak představuje značný potenciál z hlediska zajišťování požadavků udržitelného rozvoje společnosti [3]. Cesty jsou dvě: omezení spotřeby a zvyšování efektivity využití energií. Není správné problematiku zužovat pouze na zateplení a úsporu tepla. V úvahu je třeba brát i další energetické nároky včetně provozní spotřeby, klimatizace, energie potřebné na výrobu a dopravu stavebních materiálů, na jejich likvidaci po dožití a další. Odvětví vývoje a zavádění energeticky úsporných a k přírodě šetrných zdrojů a technologií se stává v současnosti nejdynamičtějším oborem, který přináší – zvláště v době hospodářského útlumu – oživující stimul celé ekonomice [6]. Vývoj pozemních staveb se musí především zaměřit na zvyšování energetické účinnosti staveb, efektivnější využívání zdrojů



surovin včetně vody a na omezování množství škodlivých emisí a odpadů. Výběr a skladba konstrukčních prvků a technologií realizace musí respektovat požadavek vysoké funkční kvality v rámci dlouhodobé životnosti objektu. Při návrhu konstrukce a její optimalizaci je třeba posuzovat chování konstrukce v rámci celého životního cyklu a zvažovat předpokládané cykly údržby, oprav a výměny jednotlivých konstrukčních částí. K tomu je třeba sladit životnosti jednotlivých konstrukčních prvků a zajistit snadnou výměnu prvků s menší životností.

#### **Prostředky k uplatnění principů udržitelnosti ve výstavbě budov:**

- Nízkoenergetické a pasivní domy;
- využívání obnovitelných zdrojů energie;
- využívání obnovitelných surovin (především dřeva a materiálů na bázi dřeva);
- využívání druhotných recyklovaných surovin;
- alternativní materiálové i energetické konstrukční řešení;
- větší míra uplatnění modernizace a rekonstrukce budov;
- větší míra využívání konstrukcí s garantovanou recyklovatelností;
- rozvoj prefabrikovaných a demontovatelných systémů;
- sladění životnosti jednotlivých konstrukčních prvků [22].

Evropská unie je již řadu let lídrem na poli energetických úspor. Legislativní usnesení Evropského parlamentu, ze dne 31. ledna 2008 o Akčním plánu pro energetickou účinnost, vyzývalo Komisi, aby navrhla závazné požadavky, podle nichž by všechny nové budovy vyžadující vytápění či chlazení musely být od roku 2011 postaveny podle norem pro pasivní domy nebo podle obdobné normy pro nebytové domy. Dále komise navrhla požadavek od roku 2011 používat pro vytápění a ochlazování staveb pasivní řešení. K dosažení stanoveného cíle bude muset Evropa ve srovnání s předchozími roky více než zdvojnásobit tempo zvyšování energetické účinnosti. Stávající zlepšování energetické účinnosti odpovídá 1,8% snížení energetické spotřeby. Dalším velkým impulsem se stala nová směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov ze dne 19. května 2010 (EPBD 2), která vytyčuje čtyři hlavní oblasti a zavazuje členské státy, že zajistí, aby:

- do 31. prosince 2020 všechny nové budovy byly budovami s „téměř nulovou spotřebou energie“, v případě budov užívaných a vlastněných veřejnou mocí se termín zkracuje do roku 2018;
- společně snížily do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 %;
- společně zvýšily energetickou účinnost do roku 2020 o 20 %;
- společně zvýšily podíl energie z OZE do roku 2020 na 20 % [6].

#### **Genius Loci**

Uplatnění Evropské směrnice je velkou výzvou a šancí. Prostředí nebude udržitelným, pokud nebude mít vědomou návaznost na zděděné kvality, na historické souvislosti, pokud „neodrazí“ ducha místa, nezapadne do urbanistické struktury a nezohlední požadavky na sociální soudržnost. Jinými slovy, jen holisticky – celostně zpracovaná projektová dokumentace může

vést k výsledku, který nebudeme chtít po několika málo letech měnit. V současnosti vidíme u nás i v celé Evropě realizace, které ač perfektně technicky vyřešeny a fungující, velmi brzy morálně zastarají a jsou ještě daleko před vyčerpáním své fyzické životnosti přestavovány. Takový stav je pravým opakem citovaného slova „udržitelnost“. Estetika hrající „první pozici“ na žebříčku architektonických priorit, není na překážku šetření a úsporám – naopak šetření a úspory nemají ovlivňovat estetiku staveb, viz obr. 2.1.



**obr. 2.1 Vítěz soutěže Architecture Award 2010 Passive House – arch. Halle 58 Architects, Bern, Švýcarsko [23]**

Ve vztahu k existujícím stavbám bychom měli být vnímaví k jejich architektonické hodnotě a k hodnotě prostředí, které vytvářejí. Protože se význam úspor energie stále zvyšuje, je u nové výstavby logické očekávat, že se úsporné stavby stanou vlajkovou lodí současné architektonické tvorby. Základem návrhu je vyváženost všech složek ovlivňujících energetickou bilanci budovy. Dosažení nízké potřeby tepla na vytápění díky vhodnému koncepčnímu i detailnímu stavebnímu řešení je zpravidla možné výhodně kombinovat s vhodným uplatněním soustav využívajících v různé míře obnovitelných zdrojů energie. Velmi nízká energetická náročnost by měla být zároveň zajištěna v celém životním cyklu budovy. Začlenění nových technických požadavků do opravdu holisticky zvládnutého projektu vyvolává potřebu podstatné změny způsobu projektování. Vede také k daleko širšímu užívání nových materiálů, technologií a součástí staveb. Vhodné materiály a technologie mnohdy dosud neexistují, nebo nejsou dostatečně vyzkoušené [24].

Urbanistická řešení a územní plány však musí vytvářet podmínky tak, jak se v rámci města a regionu rozmisťuje osídlení. Lze jen konstatovat, že základem strategie, která se občas nazývá jako „region krátkých vzdáleností“ a „město krátkých vzdáleností“, je zajišťování dostatečné hustoty osídlení, polycentricita a sladění hierarchie sídel s hierarchií hromadné dopravy, podpora pěší a cyklistické dopravy a mísení funkcí. V neposlední řadě by měli architekti zcela bezpečně rozpoznat, kdy zacházejí s kulturním dědictvím, ať již státem chráněným, či nikoli, a pokusit se je zachovat. Vyžaduje-li každé stavební dílo individuální přístup, zde to platí zejména, stejně jako Miesovo: „Méně je více“.

## 2.2 Energeticky úsporné stavby

### 2.2.1 Potenciál úsporných staveb

V souladu s trendem udržitelného rozvoje pro zvýšení kvality životního prostředí v oblasti stavebnictví, je logická orientace na stavby, které jsou primárně zaměřeny na šetření energiemi, a to jsou energeticky úsporné stavby. Projektovat nové moderní domy na špatné a nedokonalé technologické úrovni je energeticky neudržitelné a je to obrovská společenská škoda. V § 16 nazvaném Úspora energie a tepelná ochrana prováděcí vyhlášky č. 268/2009 Sb., (o technických požadavcích na stavby) je uvedeno, že: „*Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší.*“ [6]

Skupinu energeticky efektivních staveb reprezentují nízkoenergetické, pasivní, nulové a plusové domy. Prvním krůčkem jsou nízkoenergetické stavby a jejich hodnota měrné potřeby tepla na vytápění je do 50 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Tyto stavby jsou „jen na půli cesty ve vývoji“ a opravdovým posunem a skokem do budoucnosti je tzv. pasivní dům. Kvalitu staveb lze jednoduše srovnávat pomocí jasně definovaných **technických porovnávacích ukazatelů**:

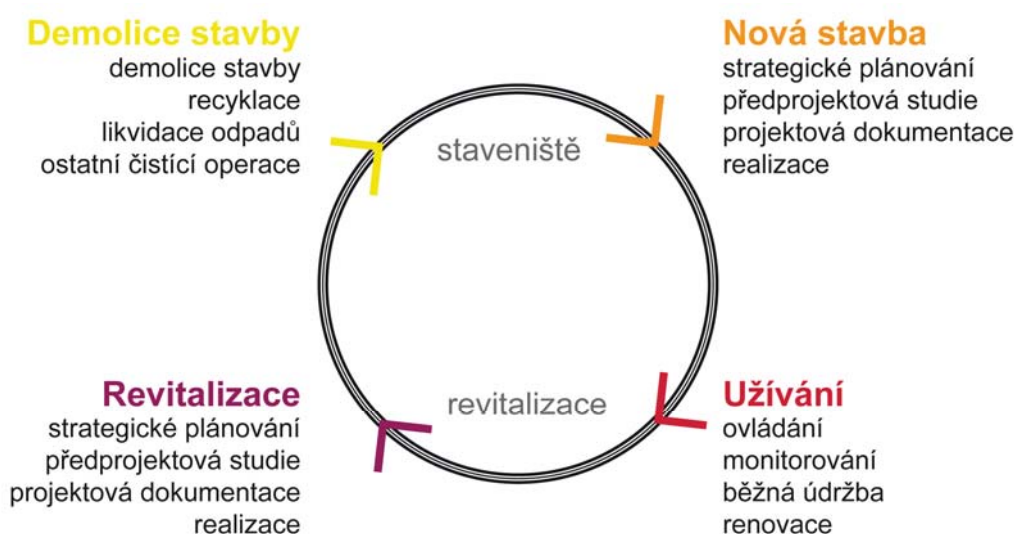
- průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy;
- přívod čerstvého vzduchu;
- účinnost rekuperace;
- neprůvzdušnost obálky budovy;
- zimní a letní tepelná stabilita;
- měrná potřeba energie na vytápění;
- primární energie z neobnovitelných zdrojů [6].

Pasivní dům (z německého slova Passivhaus, česká zkratka PD) je stavba, která splňuje dobrovolná, ale přísná kritéria energetických úspor při provozu domu a název „pasivní“ vychází z principu využívání pasivních solárních a vnitřních (od interních zdrojů tepla) zisků pro snížení potřeby tepla na vytápění, která je u této kategorie staveb do 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Jsou to multi-komfortní domy, které mají mnoho nesporných výhod a ty zvyšují kvalitu bydlení a hodnotu nemovitosti. Pasivní domy jsou budovy zajišťující příjemné prostředí v létě i v zimě převážně bez použití klasického otopného systému (v odůvodněných případech lze použít i klasický systém, ve kterém bude jeho potřeba energie mnohem nižší než limitovaná hodnota). Oproti stávajícím budovám, které jsou hlavně tepelnými zářiči, spotřebují až o 85 – 90 % méně energie. Teplota povrchů stěn je téměř shodná s teplotou vzduchu, což vytváří tepelnou pohodu pro obyvatele. V porovnání s novostavbami, které splňují současné národní normy a předpisy, činí tato úspora až tři čtvrtiny. Pasivní dům nevyužívá různé nákladné a technicky náročné zařízení, které by řešilo snižování potřeb dodávané energie, ale jen efektivnější využití energie. Koncepce pasivního domu stojí na prvcích, které mají za úkol snížit závislost objektu na dodávkách energie. Projektování úsporných staveb se neobejde bez multi-disciplinární spolupráce.

Základní koncepci úsporných staveb charakterizuje synergický efekt (**integrální projektování**) všech těchto základních prvků:

- zastavovací podmínky (umístění budovy se zohledněním klimatických podmínek lokality, konfigurace terénu, orientace pozemku ke světovým stranám, vegetace, druh okolní zástavby atd.);
- koncepční podmínky (tvarové řešení budovy, její zónování, orientace hlavní fasády, atd.);
- zvýšená tepelná ochrana obvodového pláště (vynikající tepelně-izolační parametry podlah, stěn, střech, oken, dveří);
- předcházení vzniku tepelných mostů (důsledné provedení tepelně-izolačních opatření v konstrukčních napojeních);
- neprůvzdušnost obvodového pláště (vyloučení netěsností v konstrukcích, jejich vzduchotěsnost, větotěsnost);
- pasivní využívání sluneční energie a tepelná akumulace (správně dimenzované solární prvky a systémy v součinnosti se zimní akumulací tepelných zisků a letní ochranou před přehříváním);
- aktivní využívání sluneční energie (hybridní konvektivní systémy s cirkulací teplého vzduchu, fototermická a fotovoltaická solární zařízení);
- vhodné pokrytí zbytkové potřeby tepla (účinné, efektivní a k přírodním zdrojům šetrné zabezpečení tepla s vysokou měrou využívání obnovitelných zdrojů energie, zpětné získávání odpadního tepla bez tepelných ztrát atd.);
- optimálně zvolený systém vytápění (vhodný výkon a dobrá regulace, pružně reagující v závislosti na okamžité teplotě, podle možností nízkoteplotní, v ideálním případě výlučně teplovzdušný);
- energeticky efektivní příprava teplé vody (využívání aktivních solárních zařízení nebo účinných technických systémů, např. tepelných čerpadel);
- větrací zařízení se zpětným získáváním tepla (regulovaná a hygienicky dostatečná výměna vzduchu podle aktuálních potřeb, spojená s odváděním škodlivin z vnitřního prostředí);
- efektivní využívání elektrického proudu (energeticky úsporná zařízení, domácí spotřebiče, osvětlení a přístroje na pohon technických systémů atd.);
- uvědomělé chování uživatelů (kvalifikovaná obsluha, přihlídnutí k fázím dne a k ročnímu období, správné ovládání technických zařízení, omezování tepelných ztrát v důsledku větrání okny atd.);
- pozitivní ekologická bilance domu (zohledňování bilance celkového životního cyklu, splňování kritérií zdravotní nezávadnosti s pozitivním vlivem na tvorbu zdravého vnitřního mikroklimatu atd.);
- optimalizace všech dílčích prvků (kombinace uvedených možností s ucelenou koncepcí – zohledňování specifických podmínek lokality a investičního záměru s výběrem optimálních strategií) [4].

Architekt je většinou nositelem zakázky, tj. osobou, která může investora nejúčinněji ovlivnit. Vytváří tým, bez jehož spolupráce je návrh a realizace kvalitní stavby v pasivním standardu nemožná. Architekt již v prvotní skici musí návrh optimalizovat z hlediska energetické náročnosti. O to více zde platí odvěké, že „*forma sleduje funkci*“ [25]. Toto optimalizování by mělo být pro architekta velkou výzvou, vedoucí k hledání nových forem a výrazových prostředků. V současné době, kdy je snaha snižovat spotřebu energii na provoz a obecně i emise škodlivých plynů, se začíná prosazovat komplexnější pohled na energetickou náročnost staveb – posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment [26]) a jeho vliv na jednotlivé složky environmentu, viz obr. 2.2. Vystupují stále více do popředí hodnoty spotřeby energie a produkce emisí svázané s vlastní existencí budovy (její výstavbou, včetně výroby stavebních materiálů a konstrukcí, údržbou, rekonstrukcemi, demolicí) – tzv. svázaná spotřeba energie (v češtině není dosud ustálený výraz, používá se také výraz šedá energie) a svázané produkce emisí [27].



obr. 2.2 Životní cyklus stavby [28]

## Nekorektní stanoviska o pasivních domech

Budoucí rozvoj úsporných staveb je v současné době velmi ovlivněn znalostmi problematiky. V odborné i laické veřejnosti panuje mnoho předsudků a mýtů:

### U pasivního domu nelze otevírat okna

Samozřejmě, že u pasivního domu okna otevírat lze. Je žádoucí, aby v každé místnosti bylo alespoň jedno otvíravé okno, které lze otvírat především v létě. Tehdy je totiž v klidu možné vypnout rekuperaci, která nám prostřednictvím nuceného větrání zajišťuje přívod čerstvého vzduchu, a místo toho prostě jen dokořán otevřít okno. Ve dne si můžeme užívat příjemných teplot prostřednictvím rekuperace a předchlazování vzduchu, v noci otevřená okna zajistí přísun vzduchu pro předchlazení a navodí příjemnou teplotu pro další den.

V pasivním domě ale není nutné mít otvíravých oken mnoho. Má to především jeden praktický důvod. Vzhledem k tomu, že okna zde musí splňovat přísné standardy na tepelnou ochranu, využívají se okna s trojskly, která jsou těžší a kladou větší nároky na kotvení v konstrukci, zvláště pokud jde o otvíravou variantu. Navíc větší a mohutnější rámy u otvíravých oken mají dvakrát větší tepelné ztráty než samotná skla, což zvyšuje celkové tepelné ztráty, které se oknem uskutečňují. Fixní okna mají výhodu nejen v nižší hmotnosti, navíc disponují i větší plochou skel, což je velmi důležité pro solární zisky.

## **Pasivní dům se nikdy nevyplatí**

Pasivní dům je vlastně „hi-tech technologie“ pro dům, kterou lze mít. Pasivní dům využívá mnohé nové poznatky, z nichž vytváří nový, kvalitní koncept. Stavba pasivního domu je primárně přínosná z důvodu zvýšení komfortu stavění a praktické nezávislosti na cenách energie, ale ne pouze pro finanční úsporu. Dalším neopomenutelným kladem je také menší množství energie potřebné pro ohřev teplé vody a jiné technologie. Kromě komfortu bydlení pasivní dům přináší jak finanční, tak i provozní úspory. Přesná návratnost investice do pasivního domu záleží na mnoha faktorech. Jsou závislé např. na typu vytápění v domě (nízký a vysoký tarif ceny elektřiny), na způsobu financování a dalším zvyšování ceny energie. Nemluvě o tom, že dům bude mít vysokou tržní hodnotu.

## **Pasivní domy omezují architekturu**

Pasivní standard bude za pár let běžnou součástí architektury. Je pravda, že navrhnout pasivní dům není věc snadná a klade na architekta či projektanta poměrně vysoké nároky. Předpokládá nejen dostatek znalostí, ale i schopnost jejich syntézy. Jde totiž o poznatky z mnoha oborů, ať už z architektury a designu, urbanismu, inženýrské činnosti či stavební fyziky. Dobrý výsledek tedy ovlivňuje mnohem více parametrů, při jejichž sladění může vzniknout velmi zajímavá stavba. Obor zahrnující navrhování pasivních domů je přes všechny překážky pro projektanty velmi poutavý a lákavý. V současné době v ČR působí několik desítek projektantů, kteří dokážou kvalitní pasivní dům navrhnout, drtivá většina projektantů ale stále navrhuje v zajetí „starých norem“, a to zvláště z důvodů strachu z inovace. Ono zjednodušující pravidlo pro pasivní domy, které říká: zateplit a natočit na jih, dům již zdaleka nemusí stačit. Při využití všech poznatků o pasivních domech tak může v důsledku vzniknout dokonce i stavba otočená k severu (za určitých předpokladů) a složitějšího tvaru. Fantazii se meze nekladou a i zde je možné využít pestré portfolio tvarové geometrie.

## **Čisté vnitřní prostředí, které snižuje imunitu člověka**

Vnitřní mikroklima vzduchotěsného domu je zajišťováno nuceným větráním. Nic ale nebrání propojení domu s přírodou. V létě lze klidně dokořán otevřít okna a čerpat letní sálavou atmosféru přímo zvenku. Výhody pasivního domu poznáte především v zimě. V klasickém domě vám bude během sychravých dní u oken zima, neboť bude cítit studený vzduch způsobený špatnou infiltrací mezi spárami okna. Od října je v běžném domě nutné topit, jinak je uvnitř zima. Zato v pasivním domě nepůjde poznat, že je podzim a přichází zima. Od oken žádný průvan nepotáhne, a přesto bude možnost dýchat čerstvý a kvalitní vzduch. Zvláště pro alergiky je instalováno predehřátí a čištění vzduchu, které se uskutečňuje pomocí rekuperace a speciálních filtrů [29].

## **Pasivní dům je jen dřevostavba**

Pasivní domy se zdaleka neomezují na rámec dřevostaveb, těch je mezi pasivními domy zhruba 60 %. Tento mýtus možná vzešel z toho důvodu, že o pasivních dřevostavbách se můžeme často dočíst v nejrůznějších člancích a periodikách. Co je důvodem oblíbenosti pasivních dřevostaveb? Jejich největší výhoda tkví v tom, že cena izolace je u této varianty asi čtyřikrát levnější než cena cihly. Bohatě se vyplatí mít stěny v takovém domě převážně z izolačního materiálu. V tomto případě se využije skeletový dřevěný systém, jenž se následně vyplní izolací. Nejen, že se tím minimalizuje celková tloušťka stěny, ale jak už bylo zmíněno, navíc i ušetříte. Přestože dřevostavby přinášejí mnoho nesporných výhod, převažuje dnes v populaci názor, že cihlové stavby jsou přeci jen variantou lepší a ověřenější. Tento pocit nás

provází již od dob Marie Terezie, kdy se kvůli častým požárům zavedlo pravidlo stavět domy z nehořlavých materiálů. Tento tzv. Ohňový patent roku 1751 přinesl boom staveb z cihel, přestože do té doby tvořily 90 % výstavby dřevostavby. Dřevostavby splňují velmi náročné protipožární předpisy a bezpečnost mají mnohdy dokonce vyšší než jiné typy konstrukcí.

### **Pasivní dům jde postavit všude**

Poctivý pasivní dům zdaleka všude postavit nejde, zvláště pokud při výpočtu dosažené úspory budeme chtít dosáhnout oné „magické hodnoty“ 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a) na vytápění. V ideálním případě je dům orientován obytnými místnostmi na jih, bohužel ne vždy je možné tuto podmínku splnit. Ve ztížených podmínkách je nutné spokojit se s hodnotou např. 23 kWh/(m<sup>2</sup>·a), která je stále ještě považována za efektivní. Velmi zajímavým řešením by v budoucnu mohla být tzv. solární městečka, která už svým urbanistickým a koncepčním pojetím vyhovují požadavkům na pasivní domy. V takové lokalitě by se všeobecně respektovala práva na oslunění domu a soukromí investora.

### **V pasivním domě je výpadek proudu nebezpečný**

Pasivní dům má mnohem pomalejší chladnutí než klasický dům. Pokud výpadek proudu zapříčiní i výpadek dodávek tepla, nemusí se obyvatelé ani v nejmenším bát. Při venkovní teplotě kolem 0° dům za 24 hodin vychladne pouze asi o 2°, což je v klasickém domě nemyslitelné (zde už je touto dobou je třeba chodit v zimní bundě). Pokud jde o větrání, ani zde se obyvatelé nemusí bát. Výměna vzduchu totiž funguje i při výpadku proudu, popř. je možné otevřít okno. Pasivní dům je na dodávkách energie zvenku mnohem méně závislý než jiné domy.

### **Pasivní dům má umělou a složitou vzduchotechniku**

Tento mýtus vychází především z představ o technické místnosti. V té je totiž umístěna vzduchotechnika a rekuperační jednotka a pro mnoho lidí představuje tato místnost jakousi „třináctou komnatu“ plnou trubek, zásobníků atd. Pokud je tato místnost navržena necitlivě, skutečně to tak může vypadat. V principu se ale projektanti snaží i tuto technickou část domu uspořádat a zjednodušovat, aby v investorech zbytečně nebudila neopodstatněné obavy.

Při navrhování technické místnosti a všech systémů je důležité nejdříve vytvořit správnou koncepci větrání a vytápění, aby např. nedošlo k tomu, že se některé systémy v domě budou duplikovat. Vše jde řešit velmi jednoduše a elegantně například s použitím malého tepelného čerpadla, nízkoteplotními rozvody vody v podlaze nebo ve stěně a jednoduchou rekuperační jednotkou. Díky jednoduchosti tak lze celému systému prodloužit životnost a po tom, co prvek doslouží, není problém ho vyměnit.

### **V pasivním domě jsme jako v igelitovém pytlíku**

Kvalitu vnitřního prostředí určuje hlavně teplota, relativní vlhkost vzduchu, oděrové a iontové mikroklima. Dalším ukazatelem kvality vzduchu je koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru. Omylem je, že kvalitněji může tyto parametry zajistit průvzdušný dům. Nikde není zaručeno (a je to skutečně odzkoušeno), že u velmi průvzdušného domu, který je 1,5 x průvzdušnější (doporučeno je  $n_{50} = 4,5 \text{ h}^{-1}$ ), bude koncentrace CO<sub>2</sub> pod hranicí 1200 PPM (vzduch musí být nižší než 1200 PPM po dobu 24 hodin). Ideální by bylo dosáhnout hodnoty pod 1000 PPM (partitions per milion = počet částic CO<sub>2</sub> na milion částic vzduchu). Přitom i průvzdušný dům má koncentraci v ložnici po rámu cca 2 000 PPM. Koncentrace nebude nižší ani v domě, jehož „zdi dýchají“. Minimalizovat ji můžeme pouze prostřednictvím řízeného větrání, které bude dobře regulované. Člověku totiž

stačí jen minimum výměny vzduchu za hodinu, pro příjemný pocit v interiéru člověku postačí čerstvý vzduch o objemu asi 30 m<sup>3</sup>/osobu za hodinu. Současné požadavky na dimenzování vzduchotechnických zařízení stanovují výměnu 0,5 h<sup>-1</sup>, což je totiž jakýsi „vypočítaný“ průměr z bilance po celý rok. Je pochopitelné, že jiné požadavky budou na větrání kladeny v případě, že jsou v domě 2 lidé, kteří spí anebo početnější návštěva, která má uvnitř party. Pro tyto situace je nutné instalovat inteligentní větrání, které přesně vystihne požadavky na intenzitu větrání, díky čemuž nikdy nemůže dojít k přesoušení vzduchu.

### **Pasivní dům je jen moderní výmysl – nesmysl**

Pasivní dům rozhodně není pouhý moderní výmysl, díky němuž by stavební firmy tahaly z lidí peníze. Pokud by tomu tak bylo a pasivní výstavba by se ukázala být pouhou slepou cestou v oblasti stavebnictví, zkušenost by nám už dávno ukázala, že se tyto domy neosvědčí. Opak je pravdou. I v odborné sféře je o pasivní domy stále větší zájem a jejich počet realizovaných staveb (hlavně v zahraničí) stoupá geometrickou řadou. Je jen otázkou, kdy tento „boom“ dorazí k nám. Na světě je pasivních domů asi 20 000 a jen v Německu jich je zhruba 12 500. I samotná Evropská Unie počítá, že všechny nové stavby budou od roku 2020 svými provozními náklady velmi podobné pasivním domům. Pasivní dům je komplexním řešením, které v sobě zahrnuje a řeší mnoho požadavků a bere zřetel na všechny parametry. Je to takový multi-komfortní dům a v době nejistých zdrojů energie to je skutečně nejlepší potenciační úspora. Výhody pasivních domů jsou podle mínění odborníků nesporné. Teď už záleží jen na nás, zdali koncept pasivního domu odsoudíme, anebo se s pohledem do budoucna postavíme na jeho stranu [29].

### **Rekonstrukce**

Obrovský potenciál v sobě mají rekonstrukce stávajících staveb co nejbližší pasivnímu standardu. Rozložení spotřeby energie v domácnostech jasně ukazuje, že převážná část energie se spotřebovává na vytápění. Pomocí promyšlených energeticky úsporných opatření lze snížit spotřebu energie u komplexně upravených domů až o 90 %. Hlavním argumentem pro komplexní rekonstrukci je nejen snížení energetické náročnosti domu, nejen vytvoření optimálního vnitřního obytného prostředí na zcela jiné kvalitativní úrovni, ale i změna formy bydlení po stránce estetické. Jde o vytvoření užité hodnoty na nejvyšší současné možné úrovni, jako by šlo o novostavbu. Platí však důležité pravidlo: Je lépe nedělat nic než něco dělat polovičatě! Je nepřijatelné, aby analýzy návratnosti počítaly s důležitými vlastnostmi kvalitní rekonstrukce nesprávně.

Prospěch vyplývající z úsporných opatření může být brán jako výhoda nebo **přidaná hodnota**, kterou rozhodně nelze zanedbat:

- zvýšení hodnoty nemovitosti v důsledku navýšení standardu bydlení po kvalitní komplexní regeneraci,
- výrazná nezávislost na dodávkách a cenách energie, prodloužení morální životnosti konstrukčních prvků, které budou déle aktuální dle technických požadavků,
- lepší kvalita vnitřního prostředí – tepelná pohoda a kvalitní vnitřní vzduch, a proto i zdravější podmínky pro život v těchto budovách,
- zmenšení rizika – snížení rizika chudoby v případě růstu cen energií,
- vliv na životní prostředí – ochrana klimatu [6].



Tyto argumenty činí z rekonstrukce zajímavou investicí do budoucna. Kvalitní a úspěšné příklady realizovaných rekonstrukcí jsou zejména u bytové výstavby velmi důležité a značně ulehčují další opakování. Jeden nepovedený příklad může pokazit reputaci na delší dobu, špatné zkušenosti se bohužel těžko vymazávají z paměti.



**obr. 2.3 Ukázka zdařilé rekonstrukce na pasivní standard – arch. L. Consulting, Pettenbach, Rakousko [6]**

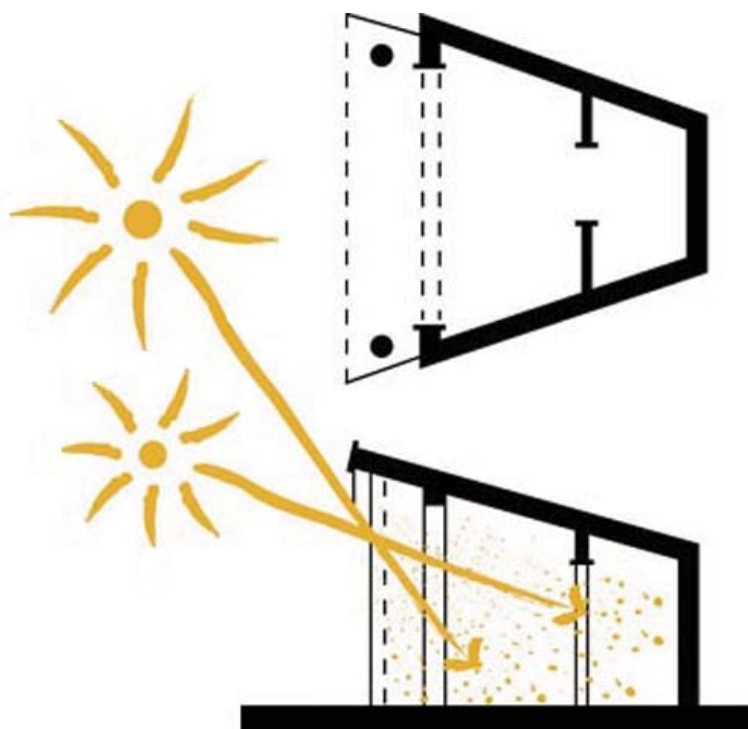
Jedním z podstatných limitů je architektonická hodnota dochovaného stavu. Architektonická hodnota ulice, náměstí či návsi může být významnější než kvalita fasády jednotlivého domu, jehož řešení by mělo vždy zvažovat širší urbánní souvislosti. Vzhled patří k základním kvalitám historických staveb a neměl by být navrhovanými úpravami dotčen. Vzhled historických staveb je možno poškodit odstraněním (např. otlučením tvarosloví fasád) i přidáním (např. umístěním fotovoltaických článků). Negativní dopad na vzhled staveb má nahrazení dvojitých oken jednoduchými nebo změna proporcí detailů přidáním izolační vrstvy. Snižování energetické náročnosti staveb a zájem na ochraně architektonického dědictví lze alespoň v některých případech skloubit. To však vyžaduje, aby pro specifickou oblast architektonického dědictví byly podmínky „ušity na míru“. Neměly by být podporovány úpravy, které jsou ze své podstaty konfliktní, a podpořena by naopak měla být ta opatření, kterými lze dosáhnout energetických úspor bez ohrožení kulturních hodnot [28].

## 2.2.2 Historie pasivních domů

### Dávná historie

Od pradávna žili lidé v zajímavé symbióze s přírodou, která jim sloužila jako zdroj energie i k obživě. Tomu odpovídal i charakter obydlí. Forma a energetická a technologická náročnost byla podřízena místním klimatickým podmínkám a materiálovým zdrojům. Dávnou tradici „stavění za Sluncem“ používali už starověké civilizace a má svůj opodstatněný logický smysl. Techniky solárních staveb byly praktikovány již po tisíce let před nástupem mechanického vytápění a větrání. Existují důkazy, že již starověké kultury využívaly faktory jako je např. sluneční orientace, využívání solární radiace k ukládání tepla do hmotných konstrukcí, atd. Plně rozvinutá

solární architektura byla u Řeků a Číňanů, kteří orientovali své stavby na jih s ohledem na světlo a teplo. Přibližně před dvěma a půl tisíci lety starověký řecký filozof Aischylos napsal: „Jen primitivové a barbaři, kteří mají nedostatečné znalosti, by obrátili své domy od zimního Slunce.“ Stejně tak Sokrates řekl: „Za předpokladu, že dům je jižně orientovaný, bude Slunce do domu pronikat skrze verandu, ale v létě, když je Slunce nad našimi hlavami, tak nám střecha bude poskytovat příjemný stín, že?“ [30] A z této doby již nacházíme skutečně psané zmínky o slunečních domech. Sokratův žák Xenofon popsal tzv. Sokratův dům (viz obr. 2.4), který je navržen přesně podle polohy Slunce během dne a trychtýřovitě se slunci otevírá. Samozřejmě měl předsazenou střechu, aby nedošlo v létě k přehřívání. Římané si také prošli „energetickou krizí“, měli vysoký standard bydlení, vytápění a také lázně spotřebovaly velké množství dřeva. Po vzoru Řecka rozvinuli teorii a orientovali své domy (hlavní prostory) na jih a jihozápad. A právě v Římě vstoupila sluneční energie do práva. Občan měl právo na to, aby do jeho domu a na jeho pozemek mohlo Slunce, které mohl občan využít k ohřátí domu. A byli to Římané, kteří začali v 1. st. po Kr. používat v architektuře sklo. Z pompejských vykopávek víme, že domy měly zasklená okna [31].



obr. 2.4 Sokratův dům [30]

Již od dob po příchodu Slovanů na naše území mělo tehdejší obyvatelstvo pro zdejší klima velmi vhodný typ příbytku – polozemnice. Ve středověku začali lidé stavět hliněné domy s izolací z trávy poté, co se stalo dřevo pro ně vzácné. Jednalo se o „pasivní domy“, i když samozřejmě neměly dostatečná okna a větrání. Krize nedostatku dřeva byla způsobena v 17. a 18. století díky rozsáhlému odlesňování velkých území. V místech, kde moc dřeva nebylo, nezbývalo nic jiného, než domy dobře zaizolovat, a tak šetřit energii. V mnoha klimatických oblastech světa, pokud byly budovy dobře postaveny, nebylo nutné vytápění a ani chlazení (některé oblasti Íránu, na pobřeží Portugalska, některých oblastech Číny, atd). „Pasivní domy byly stavěny, ačkoli je nikdo neznal“ [32]. Během následujících století se stalo, že nejčastěji využívané materiály pro výstavbu byly kámen a cihla, a bylo by možné diskutovat o tom, že byly energeticky nevhodné pro naše studené zaalpské klima. Vznikla tak tradice, které trvá prakticky až do dnes [6].

## První průkopníci

Zajímavým počinem, který byl zkonstruován na základě „správných úvah“ a tudíž lze patrně nazvat „prvním“ pasivním domem nebyla stavba, ale dřevěný trojstřežník „Fram“ (viz obr. 2.5) polárního badatele Fritjofa Nansena z roku 1883:

*...“Stěny jsou pokryty dehtovanou plstí, na ní je korková výplň, potom následuje obložení z jedlového dřeva, na něm je opět silná vrstva plsti, potom vzduchotěsné linoleum, nakonec opět dřevěné obložení. Stropy... mají se vším všudy tloušťku asi 40 cm. Okno, kterým by mohla pronikat zima nejsnáze, bylo chráněno trojitými skly a ještě dalšími způsoby. Je zde teplý, příjemný příbytek. I když teploměr ukazuje 5 °C, nebo 30 °C pod nulou, netopíme v kamnech. Větrání je vynikající,... protože doslova vhání ventilátorem čerstvý zimní vzduch. Proto se zabývám myšlenkou, že bych kamna nechal úplně odstranit, jenom nám překáží...”*

Fram byl vybaven větrnou elektrárnou, se skládacím větrníkem s listy potaženými plátnem, která poháněla dynamo. Komfortní osvětlení podpalubí zajišťovaly obloukové lampy. V současnosti slouží loď v Norsku jako muzejní exponát [32].



**obr. 2.5 Loď Fram – Fridtjof Nansen [33]**

Na přelomu 19. a 20. století získávají zvláštní význam sluneční verandy (kvůli prodloužení letní sezony) a ve 30. letech (podobně jako v Německu nebo v České republice) vytvářejí moderní architekti v bytové výstavbě první uvědomělé solární koncepty. Na univerzitě Cambridge v Bostonu byl v roce 1939 postaven malý dřevěný rodinný dům se dvěma obytnými místnostmi, M.I.T. Solar house # 1, s ambicemi prvního nulového domu. Energie zajišťovaly solární kolektory na sedlové střeše s rozměrným vodním akumulacním zásobníkem v suterénu, který byl důsledně tepelně izolován. Zajímavé pokusy byly učiněny v USA a ve Skandinávii zdokonalováním praxí ověřených solárních domů. Domy byly navrhovány s velkými zásobníky tepla (voda, kámen, zdivo), které akumulovalo teplo ze Slunce skrze vodu nebo vzduch. Menší důraz byl kladen na tepelnou ochranu budovy a vhodné větrání. Některá řešení se podobala především složitým strojům než domům – vyžadovala komplikovanou obsluhu, byla drahá a poruchová. Dalším přelomem byla realizace komerčně využitelné solární administrativní budovy od architektů Franka

Bridgerse a Dona Paxtona a spolupracovníků z roku 1956 v Novém Mexiku, první svého druhu na světě. Solární koncept zajišťoval příkon většiny energie ze Slunce. Akumulace byla zajištěna vodními zásobníky. Dispoziční řešení bylo podřízeno tepelnému zónování, tvarováním střech optimálnímu sklonu kolektorů. Experimentující architekti na západě, žijící v podmínkách tržního hospodářství, se nechali inspirovat ropnou krizí k řešení pokusných domů, které by byly energeticky zcela autonomní. Pro tyto pilotní projekty byly charakteristické následující prvky:

- částečné nebo úplné zakrytí stavby terénem;
- jižní strana byla řešena jako velký skleník, někdy s vlastní produkcí potravin, jako součást uzavřeného oběhu látek a energií;
- využití energie Slunce a větru a pokusy o jejich akumulaci a „uskladnění“ po delší dobu;
- recyklování tepla, vody a odpadů;
- energetické využití bio odpadů.

Realizované stavby byly sice relativně soběstačné, ale rovněž technicky náročné, byly pro bydlení běžného stavebníka a komerční výstavbu zatím nepoužitelné. Při srovnání cena/výkon se ukázalo, že vložené náklady několikanásobně převyšují úspory dosažitelné provozem domu po dobu předpokládané životnosti. Ukázalo se, že do budoucna je nezbytné případ od případu pečlivě zvážit a ekonomicky vyhodnotit navrhovaná úsporná opatření vždy v závislosti na specifikách místa, požadavcích investora a orientovat se zejména na jednoduché systémy, které svojí obsluhou stavebníka nezatěžují. „Prvním“ pasivním domem v Evropě byla stavba v dánském Kopenhagenu podle projektu architekta Vagna Korgaardena v roce 1976. Byla realizována hned radikálně jako nulový dům s potřebou tepla na vytápění  $\approx 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Veškeré tepelné ztráty domu byly kryty vnitřními tepelnými zisky ve spolupráci se solárními kolektory [6].

## Moderní historie pasivního domu

Hlavní myšlenku, která se pak v praxi osvědčila, nastínil v roce 1988 stavební fyzik Wolfgang Feist během svého vědeckého pobytu v Lundu/Švédsko, kde při přemýšlení s Bo Adamsonem dospěl k názoru, že: *„je třeba využít potenciálu vyplývajícího z možností ušetření investičních nákladů díky vylepšené technice energetických úspor“* [34]. Snahou bylo převést zásadu „ideálně žádné vytápění a chlazení“, známé z jiných klimatických oblastí, pomocí technických prostředků do Evropy. Ideou bylo použít konstrukci tak kvalitní, že v domě žádná složitá, drahá a poruchová technika není potřeba. Dokonce může odpadnout samostatný otopný systém. Na změny venkovní teploty nemusí rychle reagovat mohutná otopná soustava, výtečně izolovaný a utěsněný dům na ně reaguje pomalu a drobné korekce (mírné topení a chlazení) dokáže zajistit větrací systém, který v domě tak jako tak, kvůli komfortu je. Projekt byl následně vyvíjen jako mnoho jiných teoretických záměrů. Podobnou koncepcí se také zabývali např. Martin Treberspurg a Georg W. Reinberg.

Ve výzkumném projektu financovaném spolkovou zemí Hesensko a nazvaném „Pasivní domy“ byly definovány vědeckotechnické základy, díky kterým byl již v říjnu 1990 položen základní kámen prvního pasivního domu (viz obr. 2.6), bytového domu se čtyřmi jednotkami, z nichž každý byt má plochu okolo  $156 \text{ m}^2$ , v darmstadtské městské části Kranichstein (byl navržen architektky Bött / Ridder / Westemeyer), a to z iniciativy tehdejšího hesenského ministra hospodářství Alfreda Schmidta. Vedoucím výzkumného týmu se stal Wolfgang Feist.

V osmi výzkumných projektech bylo zdokonaleno větrání se zpětným získáváním tepla, vyvinuta okna s velmi kvalitními rámy a další potřebné prvky. Odborníci se zde ještě neodvážili vynechat klasický otopný systém. Tento a následné projekty nicméně prokázaly, že potřebné teplo lze dodávat pouze pomocí teplovzdušného vytápění. Přestože byly veškeré potřebné prvky a technologie vyvíjeny nově a nebyly prověřeny praxí, je tento dům neustále obýván bez potřeby rekonstrukce nebo zásadních oprav a průměrná spotřeba tepla na vytápění se za celých dvacet let pohybuje kolem 10 kWh/(m<sup>2</sup>·a) [6]. Tento první pasivní dům je užíván od roku 1991. Již od začátku byl celý projekt doprovázen vysoce přesným vědeckým měřením dat, které mělo ověřit, zda bylo dosaženo sledovaných cílových parametrů. Výsledky prokázaly, že i ve studené a vlhké střední Evropě je možné stavět obytné budovy bez použití běžného topení.



obr. 2.6 První pasivní dům na světě – arch. Dr. W. Feist, Darmstadt-Kranichstein, Německo [18]

Během návštěvy amerického průkopníka v oblasti energií Amory Lovinse v roce 1995 v pasivním domě v Darmstadtu Kranichstein dal tento odborník podnět k tomu, aby se přezkoumala vhodnost úspěšných postupů uplatňovaných v rámci tohoto demonstračního projektu v praxi pro umožnění širší aplikace. Amory Lovins vždy tvrdil, že „se zvyšováním energetické účinnosti bychom neměli zůstat stát v půli cesty. Odpovídající opatření musí být tak dobrá, aby bylo možno dosáhnout podstatných zjednodušení v oblasti tepelné techniky“.

### Vzorová výstavba v Evropě

Další domy byly postaveny v roce 1993 ve Stuttgartu a v roce 1997 v Naumburgu, Hessenu a Wiesbadenu. V tomto roce navrhl a postavil arch. Folkmar Rasch sídliště 22 řadových pasivních domů spolu s 24 nízkoenergetickými domy ve Wiesbadenu. O rok později byla dokončena druhá lokalita s pěti pasivními domy v Lindlaru v Kölnu. Architekt Manfred Brausem zde postavil první samostatně stojící rodinné pasivní domy. Koncept pasivního domu byl od roku 1998 financován skrze Evropský projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards), který v EU oslovil pět evropských zemí – Německo, Francie, Rakousko, Švédsko a Švýcarsko (Project No. BU/0127/97), kde byla provedena výstavba většího množství staveb v pasivním standardu. Cílem projektu bylo realizovat celkem 14 projektů v období 1998 – 2001 s celkovým počtem více než 200 bytových jednotek na různých místech v zemi (5 zemí), aby se prokázalo,

že pasivní standard vytápění a úspory energií jsou možné. Většina návrhů byla skutečně realizována – celkem 113 bytových jednotek po Evropě. V Rakousku se stal CEPHEUS základním východiskem pro řízený rozvoj.

#### **Cíle projektu CEPHEUS:**

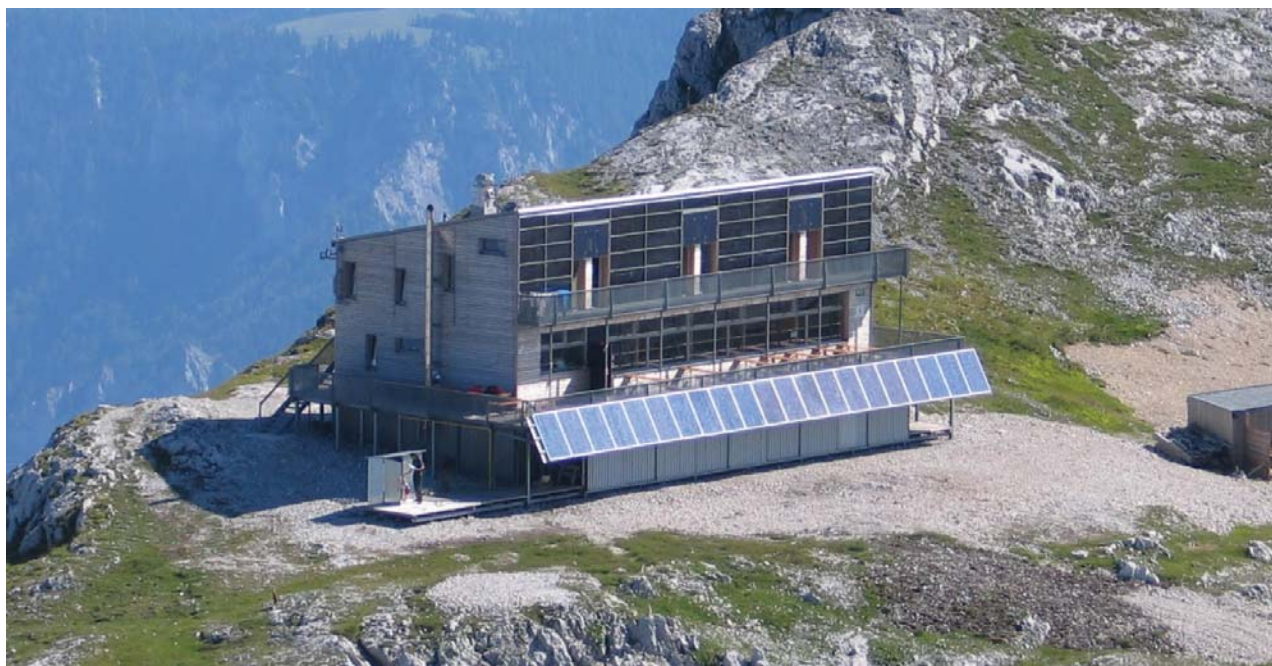
- demonstrovat technické možnosti ve stavebnictví za nízkých vícenásobků na různých typech budov;
- zkoumat chování a přizpůsobivost nabídky a poptávky v tomto odvětví;
- testovat chování pasivních domů v různých klimatických podmínkách;
- nabídnout laikům i expertům možnost vyzkoušet a vidět pasivní domy na mnoha místech Evropy;
- dát impuls pro další rozvoj levných energeticky úsporných domů;
- vytvořit podmínky a základ pro budoucí velký trh s pasivními domy;
- v rámci světové výstavy Expo 2000 prezentovat přístup k dodávkám energetických zdrojů.

Prakticky bylo ověřeno, že energetické požadavky lze skutečně splnit. Výsledkem bylo, že průměrná spotřeba tepla na vytápění činila 17 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a to je o 73 % nižší než stavění podle standardních norem. Hlavním výsledkem bylo ale zjištění, že pasivní domy mohou být pouze o 7 – 8 procent dražší než běžná výstavba. Projekt CEPHEUS dokázal, jak velký potenciál má snížení energetické náročnosti v Evropě. Výsledky projektu CEPHEUS jsou plně dokumentovány a zveřejněny [35]. Již v roce 1997 byly realizovány první sídlištní projekty, konkrétně sídliště pasivních domů ve Wiesbadenu a u Kolína nad Rýnem v rámci ekonomické sociální bytové výstavby. Rovněž tyto projekty zaznamenaly velkou úspěšnost. Následoval rychlý rozvoj této technologie v Rakousku, Německu a Švýcarsku zejména koncem devadesátých let. V roce 2002 dosáhl v uvedených zemích počet registrovaných pasivních domů celkem 4000. Následovalo další rozšíření myšlenky úsporného pasivního domu na další kontinenty, například v Severní Americe byl postaven první pasivní dům v roce 2003 ve státě Illinois, další, již certifikovaný, v Minnesotě v roce 2006. Začátkem roku 2008 bylo jen v Rakousku 2500 budov s podlahovou plochou dva miliony metrů čtverečních. Trend se skutečně naplňuje a dnes se v německy mluvících zemích staví v tomto standardu minimálně pětina novostaveb a každý rok se počet pasivních staveb přibližně zdvojnásobí. Jedná se nejen o budovy pro bydlení, ale i ostatní stavby – školy, mateřské školky, výstavní haly, administrativní budovy, kostely, a to nejen v novostavbách, ale i při rekonstrukcích. V současné době překračuje poptávka po bydlení v pasivních domech jen ve zmíněném Rakousku třikrát nabídku. Pasivní domy se již běžně staví také v Belgii a Skandinávii. První stavby jsou realizovány v Rusku. Objevují se i v odlišných klimatických pásmech – v Itálii a dokonce i v Jižní Africe [6].

#### **Organizace**

Po ověření funkčnosti konceptu pasivního domu založil Wolfgang Feist v roce 1996 nadaci Passivhaus Institut pro propagaci a kontrolu standardu pro pasivní domy. Institut začal být partnerem pro architekty, projektanty, výrobce a dodavatele. Vyvinul odpovídající nástroje, pomocí kterých je možno projektovat a realizovat pasivní domy, např. podle PHPP. Dále byla založena pracovní skupina pro projektování pasivních staveb a vývoj technologií (především oken a větracích systémů). Za účelem koncepce pasivního domu vznikla postupně v řadě evropských

zemí zájmová sdružení, jejichž cílem je poskytovat informace, vzdělávání a zprostředkovávat velmi potřebnou spolupráci mezi jednotlivými lidmi a firmami podílejícími se na návrhu a stavbě pasivních domů. Nejzajímavějším projektem je databáze postavených pasivních domů ([www.passivhausprojekte.de](http://www.passivhausprojekte.de)), ve které lze najít základní informace o některých realizovaných pasivních domech především v Německu. Rakousko jako německy mluvící země má ideální podmínky přebírat německé zkušenosti. Díky dlouholeté spolupráci IG Passivhaus Österreich je nyní Rakousko světovou špičkou co do hustoty pasivních domů na obyvatele.



**obr. 2.7 Nejvýše položený pasivní dům na světě, turistická chata Schiestlhaus ve výšce 2180 m n.m. – arch. Solar4alpin, pohoří Hochschwab, Rakousko [36]**

V Evropě byly postupně realizovány od roku 1998 dlouhodobé projekty zaměřené na propagaci pasivních domů a vzdělávání odborníků – CEPHEUS, PEP, PASS-NET, atd. Nejviditelnějším výsledkem mnohaletého úsilí bylo prohlášení Evropského parlamentu z ledna 2008, kterým vyzývá Komisi, aby všechny nové budovy vyžadující vytápění či chlazení musely být od roku 2011 postaveny podle norem pro pasivní domy. Velkou pomocnou vzpruhou pro masovější rozšíření pasivního domu jsou dotační fondy. Ve všech spolkových zemích se ukazuje, že pro rychlý nárůst podílu výstavby v pasivním standardu jsou nezbytné jak finanční podpory soukromým subjektům, tak i vyžadování takového standardu při výstavbě financované veřejnými prostředky. Jednotlivé země postupně zpřísňují podmínky pro přiznání dotací, některé země dokonce zpřísňují podmínky stavby veřejných budov (například vzorová turistická ubytovna na obr. 2.7). Ve Voralbersku například všechny nové obecní byty musí být pasivní, v Dolním Rakousku pak všechny veřejné budovy. Strategie rozvoje a financování vede k tomu, že větší veřejné stavby již nebude možnost dotovat, pokud nebudou splňovat „výsadu“ energeticky efektivního standardu. Další budoucnost pasivního domu bude pravděpodobně v tom, že se na jedné straně bude tato strategie považovat jako základ pro další vývoj architektury, na druhé straně již nebude v centru pozornosti stát tolik spotřeba energie na vytápění, nýbrž spotřeba ostatních energií, jako šedá energie, spotřeba teplé vody, elektřiny, energie na chlazení a konečně energie nutná k recyklaci budovy.

## Vývoj v České republice

Velmi revoluční stavbu, která je dnes celosvětově známá, postavil arch. Ludwig Mies van der Rohe v letech 1929 až 1930 pro manžele Tugendhatovy (viz obr. 2.8). Je to třípodlažní volně stojící vila a je zasazena do svažitého terénu s orientací na jihozápad. Architekt zde využil své velké zkušenosti a dokázal dům vhodně orientovat ke slunci (zcela otevíravá okna), ale zároveň zabránit jeho přehřívání. Využil přitom svoji myšlenku:

*„Účel stavby jí dává vlastní smysl. (...) Obytný dům má sloužit pouze pro bydlení. Místo stavby, poloha ke Slunci, prostorové rozvržení a stavební materiály jsou podstatné faktory pro tvorbu obytného domu. Z těchto podmínek je třeba skloubit stavební organismus.“*

Zcela mimořádné na svou dobu bylo provozní a technické zázemí a vybavení domu. Velká okna proti onyxové přičce a jídelnímu prostoru bylo možno pomocí elektromotorů spouštět do suterénu. V suterénu byla kotelna a prostor pro koks, sklep, komora na nářadí a na ovoce, prádelna, sušárna a žehlárna a dále „molová komora“ na uskladnění kožichů. V domě byl rozvod pitné a užitkové vody a byl zde zaveden systém vzduchotechniky – kombinace topení, ochlazování a zvlhčování (klimatizace).

*„Aby se velký prostor nezohavil topnými tělesy, bylo vytvořeno klimatické zařízení, které bylo možno v létě použít jako vzdušné chlazení. Ačkoli v té době nebylo ještě dostatek zkušeností s takovým zařízením v soukromých domech, fungovalo toto topení vzduchem výtečně. Půl hodiny po otevření bylo v celém prostoru teplo.“ [37]*



**obr. 2.8 Vila Tugendhat v Brně, arch. L. M. van der Rohe [38]**

V Česku byla výstavba až do listopadu 1989 pod vlivem centrálně řízeného hospodářství. Spotřeba energií byla sice plánována, sledována a vyhodnocována i na úrovni jednotlivých stavebních podniků, ale vzhledem k jejich netržní ceně a povaze režimu nebyl kladen důraz na systémově uplatňovaná úsporná opatření. Zcela jedinečný přístup zvolil v letech 1979 – 1989 architekt Stanislav Hrazdíra ve Zlíně-Ostratě a pro sebe postavil nízkoenergetický rodinný dům, jehož hlavní objem je zaklenutý a zčásti zapuštěný pod úroveň terénu. Dům je v souladu s dobovými představami přehlídkou různých nízkoenergetických konceptů – využívá pro pasivní



solární zisky prosklené stěny, okenní kolektory, Trombeho stěnu a akumulční zásobníky. Druhým takovým příkladem je otáčivý nízkoenergetický dům v Hamrech u Jablonce od inženýra Bohuslava Lhoty realizovaný v letech 1980-2000. Centrální objem s bazénem v nejnižším podlaží je zapuštěný do navršené ozeleněné homole kopce prolomené pouze tubusy oken. Má na vrcholku výsuvnou kopuli, která se otáčí za Sluncem na hřideli procházející středem celé stavby. Po listopadu 1989 se problematice energeticky úsporných staveb začalo věnovat hned několik ekologicky smýšlejících nadšenců – praktikujících inženýrů, architektů a stavebních fyziků, kteří se nebáli přebírat vzory ze zahraničí a podnikat vlastní experimentální výstavbu. První pasivní dům v ČR byl postaven v roce 2005 v Rychnově u Jablonce nad Nisou od stavebníka Martina Jindráka („modrý dům“). Dům je konzervativního vzhledu se sedlovou střechou a malými okny a byl navržen jako moderní dřevostavba a byl vybaven systémem teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a zemním kolektorem. První větší akcí bylo postavení souboru pasivních rodinných domů v Koberovech v Českém ráji. Projekt byl zatížen požadavkem vyrovnat se se striktními nároky na výstavbu v CHKO. Vyniká dobrou integrací moderních domů do zastavěné části původní obce. První veřejnou budovou bylo seminární centrum pro energeticky uvědomělé stavění Veronica v Hostětíně, kterou navrhnul arch. Georg W. Reinberg. První developerskou společností, která se cíleně zaměřila na realizaci nízkoenergetických bytových domů, je firma JRD, která postavila několik bytových vil domů v Praze – Dolních Měcholupech. Po těchto prvních odzkoušených realizacích se stavění domů v pasivním standardu více rozšířilo a dnes již u nás stojí více než 200 pasivních převážně rodinných domů [6]. V roce 2005 vzniklo v Brně Centrum pasivního domu. Je to neziskové sdružení, které vzniklo za účelem podpory a propagace standardu pasivního domu a za účelem zajištění jejich kvality. Členy sdružení jsou architekti, projektanti, stavební firmy, výrobci stavebních materiálů a prvků a všichni ostatní odborníci se zájmem o pasivní domy. Cílem sdružení je prosazování pasivního standardu u novostaveb i rekonstrukcí, zajištění kvality realizace, medializace a ovlivňování legislativního prostředí. Výraznou vzpruhou byla podpora ze strany státu (Státní fond životního prostředí) formou dotačního titulu Zelená úsporám, který vzniknul na základě prodeje emisních povolenek. Vznikly dotace, které výrazně dotovaly domy v pasivním standardu, a tak zcela pokryly vícenáklady spojené s výstavbou [39].

### 2.2.3 Trend v Evropské unii

V řadě evropských zemí je dynamika vývoje v oblasti energeticky úsporných staveb velmi výrazná. Na celém světě je v současné době cca 20 tisíc postavených pasivních domů (březen 2011) nejrozmanitějších kategorií. Drtivá většina je v kolébce pasivních domů, v Německu, kde je již postaveno cca 12 tisíc domů a v Rakousku, kde stojí již cca 6,5 tisíce domů. Ale i ostatní země je začínají následovat a domy jsou postaveny jak ve slunném Španělsku (kde se nejvíce musí řešit letní přehřívání a chlazení), tak i v „zimním království“ Norsku. Je zcela zřejmé, že není žádný důvod stavět novostavby s horším než nízkoenergetickým standardem. V posledních třinácti letech bylo otevřeno dohromady osm tisíc nových bytů odpovídajících pasivnímu standardu. Rakousko tak se svými třemi miliony čtverečních metrů realizovaných v pasivních domech ušetří ročně na 32 milionů litrů topného oleje.

*„Pro představu: Roční provoz 12 tisíc bytů v pasivním standardu v Německu údajně ročně ušetří tolik zemního plynu, jako vedení plynu dlouhé dvakrát kolem zeměkoule.“*

Největším hybatelem na poli energetických úspor je jednoznačně Evropská unie. V r. 2002 vydala směrnici 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (EPBD 1), která se stala základním evropským předpisem, který upravoval jednotlivé zákony o hospodaření s energiemi. Například od 1. ledna 2009 tak byla stanovena povinnost, aby nové budovy nebo rozsáhlejší změny stávajících budov měly alespoň minimální energetickou náročnost (energetický průkaz). Komise si dobře uvědomuje, že je třeba využít plný potenciál úspory energií ve stavbách a tak si to bere za klíčovou prioritu a tím chce zvýšit úroveň stavebnictví („udržitelná soutěž“). Zdůrazňuje, aby se dodržovaly závazné cíle a udržoval žebříček hodnot (Value Chain) a spolehlivé statistiky pro zevrubnou renovaci (deep renovation) budov. Dále zvýrazňuje aktivní roli stavebního průmyslu a zvyšování jeho profesionálních kapacit směrem ke komplexním službám „one-stop renovation service“. Samozřejmě neopomíjí nutnost rozvoje výzkumu, inovací, zavedení nových obchodních modelů a zlepšení „risk managementu“ v oblasti zlepšení řízení kvality [40].

#### **Rozšíření vědy a výzkumu vedoucího:**

- k novým projektovým postupům a nástrojům v urbanismu a územním plánování;
- k novým postupům a nástrojům projektování budov s ohledem na životní cyklus budovy;
- k novým postupům měření, vyhodnocování a certifikace projektů a budov;
- k novým postupům při energeticky efektivním užívání budov;
- k novým postupům při energeticky efektivní údržbě budov;
- k novým materiálům a výrobkům;
- k novým technologiím pro konstrukce i vybavení budov;
- k novým, systémovým postupům výstavby;
- k novým, systémovým postupům marketingu na EU a globální úrovni.

V nedávné době byla vydána nová **směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov** ze dne 19. května 2010 (EPBD 2), která vytyčuje čtyři hlavní oblasti a zavazuje členské státy ke spolupráci na úsporách energie.

#### **Preambule směrnice 2010/31/EU:**

- *„Podíl budov na celkové spotřebě energie v Unii činí 40 %. Tento sektor se rozrůstá, což bude mít za následek zvýšení spotřeby energie. Snížení spotřeby energie budov proto představují důležitá opatření nutná ke snížení energetické závislosti Unie a emisí skleníkových plynů. Spolu se zvýšeným využíváním energie z obnovitelných zdrojů by opatření přijatá za účelem snížení spotřeby energie umožnila Unii dodržení závazku splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu (UNFCCC), dlouhodobého závazku zachovat nárůst globální teploty pod 2 °C i závazku snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % ve srovnání s hodnotami z roku 1990 a v případě mezinárodní dohody o 30 %. Snížená spotřeba energie a zvýšené využívání energie z obnovitelných zdrojů také hrají důležitou úlohu při podpoře zabezpečování zásobování energií, technologického vývoje a při vytváření příležitostí k zaměstnání a regionálního rozvoje, zejména ve venkovských oblastech.“*
- *„Opatření k dalšímu snížení energetické náročnosti budov budou brát v úvahu klimatické a místní podmínky i mikroklima vnitřního prostředí a efektivnost nákladů.“*

- „Nákladově optimální úroveň je úroveň energetické náročnosti, která vede k nejnižším nákladům v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu stavby, přičemž nejnižší náklady se určují s ohledem na pořizovací, provozní náklady, úspory a případně příjmy z výroby elektrické energie a případné náklady na likvidaci.“
- „Od členského státu se nevyžaduje, aby stanovil takové minimální požadavky na energetickou náročnost, které nejsou nákladově efektivní v rámci odhadovaného ekonomického životního cyklu.“
- „Veřejný sektor ve všech členských státech by měl v oblasti energetických úspor hrát vedoucí úlohu, a proto vnitrostátní plány nastaví náročnější cíle pro budovy, jež jsou využívány orgány veřejné moci.“
- „Potencionálnímu kupujícímu, nebo nájemci budovy, nebo ucelené části stavby budou prostřednictvím certifikátu energetické náročnosti poskytnuty správné informace o energetické náročnosti budovy...“
- „V posledních letech vzrostlo množství klimatizačních systémů v evropských zemích. To způsobuje značné problémy v dobách nejvyššího zatížení, zvyšuje náklady na elektřinu a narušuje energetickou rovnováhu. Prioritou by měly být strategie, které zlepšují tepelné vlastnosti budov během letního období. Pozornost by proto měla být zaměřena na opatření, která zabraňují přehřátí, jako je zastínění a dostatečná tepelná kapacita konstrukce budovy, a na další rozvoj a používání technik pasivního chlazení, zejména těch, jež zlepšují vnitřní mikroklimatické podmínky a mikroklimatické podmínky v okolí budov.“
- „Členské státy stanoví požadavky na nezávislou energetickou certifikaci budov nebo ucelených částí budov, na pravidelnou inspekci otopných soustav (kotle od 20 kW) a klimatizačních systémů (od 12 kW) v budovách a na nezávislé systémy kontroly certifikátů energetické náročnosti a inspekčních zpráv.“
- „Členské státy se mohou rozhodnout, že nestanoví, nebo nebudou uplatňovat požadavky na energetickou náročnost, certifikaci a kontroly u těchto kategorií budov: budovy v rámci památkových zón, kulturní památky, budovy pro bohoslužby a náboženské účely, dočasné stavby, rekreační stavby a všechny stavby s celkovou užžitnou podlahovou plochou menší než 50 m<sup>2</sup>.“
- „Členské státy stanoví pravidla k sankcím za porušení vnitrostátních právních předpisů přijatých na základě této směrnice a přijmou veškerá opatření nezbytná k zajištění jejich provádění. Stanovené sankce musí být účinné, přiměřené a odrazující...“
- „... Členské státy by měly dále architektům a projektantům umožnit, aby při plánování, projektování, výstavbě a renovaci průmyslových nebo obytných oblastí řádně posoudili optimální kombinaci zlepšení v oblasti energetické účinnosti, používání energie z obnovitelných zdrojů a ústředního vytápění a chlazení, a měly by je k těmto činnostem pobízet...“

Směrnice neposkytuje přesnější definici budovy s téměř nulovou spotřebou, pouze vyžaduje, aby spotřeba energie byla velice nízká. Zároveň by spotřeba energie takové budovy měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. Konkrétní definici a číselnou úroveň stanoví každý členský stát s přihlédnutím k místním podmínkám. Při stanovení požadavků na minimální energetickou náročnost se vyžaduje použití nákladového optima pro každý stát. Vyjmutí

z povinnosti plnit minimální požadavky na energetickou náročnost bude možné jen pro takovou skupinu budov (typ budov), kde se prokáže, že plnění těchto požadavků není ekonomické (kromě definovaných výjimek, jako památkově chráněné budovy, málo obývané budovy, apod.) [41].

### Přehled termínů plnění požadovaných směrnicí 2010/31/EU

- 30. června 2012 – členské státy vypočítají nákladově optimální úroveň minimálních požadavků na energetickou náročnost za použití srovnávacího metodického rámce a oznámí Komisi výsledky těchto výpočtů.
- **9. července 2012** – členské státy přijmou a zveřejní právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s články 2 až 18 (tj. veškeré technické požadavky, kontrolní orgán), čl. 20 (informace) a čl. 27 (sankce).
- 9. ledna 2013 – členské státy budou používat předpisy dle článků 2, 3, 9, 11, 12, 13, (tzn. definice, metodika a průkazy energetické náročnosti budov) 17 (nezávislí odborníci), 18 (kontrolní orgán), 20 (informace) a 27 (sankce).
- 9. července 2013 – členské státy budou používat předpisy dle článků 4, 5, 6, 7, 8 (technická část), 14, 15 a 16 (inspekce). Pro budovy využívané orgány veřejné moci platí dřívější termín od 9. ledna 2013.
- 9. července 2015 – členské státy sníží hranici minimální podlahové plochy, kde nastává povinnost zpracování a vystavení průkazů u budov vlastněných orgány veřejné moci, z 500 m<sup>2</sup> na 250 m<sup>2</sup>.
- 31. prosince 2015 – členské státy budou používat průkazy energetické náročnosti také na ucelené části budov (pokud nebylo zavedeno dříve).
- **31. prosince 2018** – členské státy zajistí, aby nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie.
- **31. prosince 2020** – členské státy zajistí, aby všechny nové budovy byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie [42].

Komise také plánuje navrhnout každoroční povinnou renovaci nejméně 2 % budov ve vlastnictví státu. Tyto renovace by měly snížit energetickou náročnost budov na úroveň 10 % nejúspornějších budov dané země, ale nebude to snadné. Pokud se ročně zateplí v EU 2,5 mil. nevyhovujících budov, pak to představuje pouze 1,3 % z celkového počtu. Chceme-li zajistit cílové zateplení 80 % potřebných budov do roku 2050, pak se musí renovovat min. 2 % budov ročně. Komise v této oblasti plánuje sama jít příkladem a chce rekonstruovat své budovy v nejvyšším úsporném standardu do roku 2015. K dalším plánům patří také nařídít nutnost využití tzv. "nejlepší dostupné technologie" pro získání energie, lepší informování zákazníků o úsporných technologiích, nebo také rozšíření nařízení o ekologickém designu. Dlouhodobě také uvažuje o zpřísnění energetických standardů, od čehož si slibuje vlnu dalších inovací v této oblasti. Podle kritiků (například komisaře pro energetiku Günthera Oettingera) ale současná opatření v energetické oblasti nejsou dostatečná a pokud bude chtít Unie skutečně dosáhnout plánovaných úspor, bude muset přijmout další rozsáhlejší nařízení. Dle současných propočtů je pravděpodobné, že se podaří dosáhnout pouze polovičního zvýšení energetické efektivity oproti původnímu plánu [43].

## 2.2.4 Situace v České republice

Naše nevýhoda je v tom, že vývoj stavění v pasivním standardu je v okolních zemích (Rakousko, Německo) zhruba o 10 let napřed než u nás. Máme ale velkou výhodu, že po technické stránce jsou stavební tradice zemí velmi podobné a neměl by být větší problém poučit se z chyb a slepých cest od zkušenějších kolegů a plynule navázat na jejich pokročilý stupeň znalostí. Samozřejmě nelze přebírat technologický vývoj živelně, ale je nutné nalézt v tomto oboru vlastní identitu a nalézat nové myšlenky a řešení. V současnosti velmi rychle roste poptávka po kvalitních domech s velmi nízkou spotřebou energie a již se začíná projevovat nezáměr o běžné novostavby. Lze očekávat, že v blízké budoucnosti bude tento trend posilovat a pasivní domy budou mít na trhu výrazně vyšší šanci uspět. V České republice je charakteristické, že se tomuto segmentu výstavby dosud oproti zahraniční praxi věnují zejména jednotlivci, či převážně menší kanceláře, (několik desítek z 3 800 autorizovaných architektů) přestože hospodářské cykly v sousedních zemích prokázaly, že i v době krize je v oblasti pasivních domů pro zúčastněné projektové i realizační firmy dostatek zakázek. Navíc pro německé, či rakouské ateliéry představují pasivní domy prestižní práci [24].

Pro zvýšení informovanosti se tímto tématem začal zabývat Ekologický institut Veronica v Hostětíně. Je to pracoviště Základní organizace Českého svazu ochránců přírody a jeho posláním je podpora šetrného vztahu k přírodě, krajině a jejím přírodním kulturním hodnotám. Zabývá se především expertní a vzdělávací činností v odborných environmentálních tématech. Působí v Brně a Hostětíně (první pasivní veřejná budova v ČR), kde rozvíjí ekologické poradenství a teoretické poznatky ověřuje na modelových příkladech udržitelného rozvoje.

V roce 2005 vzniklo v Brně neziskové sdružení Centrum pasivního domu. Podporující členové se podílí na realizaci činností, zejména svými odbornými znalostmi a zkušenostmi aktivně spolupracují s ostatními zájemci. Aktivita spočívá především v pořádání vzdělávacích seminářů, veřejných diskuzí, výstav a prezentace pasivních domů na veletrzích. Cílem sdružení je prosazování pasivního standardu u novostaveb i rekonstrukcí, zajištění kvality realizace, medializace a ovlivňování legislativního prostředí. Centrum pořádá každoročně ve druhém týdnu listopadu Den pasivních domů, který navazuje na Mezinárodní den pasivních domů, pořádaný organizací Pass-net. Během tří dnů je možnost navštívit zdařilé realizace pasivních domů. Nejdůležitější aktivitou je mezinárodní konference Pasivní domy, která přináší nejnovější informace o vývoji a dění na poli pasivních domů. Akce svým zaměřením láká nejen stavební odborníky z celé Evropy, ale především i širokou laickou veřejnost. Součástí jsou doprovodné výstavy a exkurze po nově realizovaných i rekonstruovaných pasivních stavbách v zahraničí. Centrum nově pořádá desetidenní kurz pro architekty, stavební inženýry a techniky ve stavebnictví. Seminář je vhodný zejména pro architekty a projektanty, kteří ještě s navrhováním pasivních domů nemají zkušenosti, nebo pro odborníky v oblasti stavění, kteří si chtějí sjednotit roztržštěné informace. Při kurzu mají jedinečnou příležitost aplikovat a odzkoušet si nejnovější poznatky. V rámci workshopu je vhodným způsobem kombinována teorie, cvičení a praktické ukázky s možností exkurze do pasivních domů tak, aby absolventi získali ucelenou představu o problematice energeticky úsporných staveb. Tento kurz je možno zakončit mezinárodně uznávanou zkouškou, kterou zaštituje samotný Passivhaus Institut, s názvem Certified European Passive House Designer, která zaručuje skutečné kvality a zkušenosti s návrhem pasivního domu [44]. Centrum aktuálně pracuje na spuštění certifikačního programu pro ověřování vlastností pasivních domů ukončený mezinárodně uznávaným certifikátem na základě metodiky německého PHI PHPP. Certifikát bude sloužit jako

záruka kvality postaveného domu. Předmětem kontroly bude projektová dokumentace i vlastní provádění stavby. Záměrem je omezit nekvalitní realizace a možnost rozporovat klamavé reklamní nabídky firem [45].

#### **Postup vydávání certifikátu pasivního domu:**

- kontrola výpočtu dle PHPP + TNI;
- podrobné doložení (výpočet) tepelných mostů a vazeb;
- podrobné doložení zastínění;
- doložení projektu stavby včetně všech detailů tepelných mostů a tepelných vazeb;
- doložení průběhu realizace (fotodokumentace, test neprůvzdušnosti);
- doložení protokolu o zaregulování VZT.

Centrum je i iniciátorem nového pracovního uskupení, tzv. Platformy pasivních domů [46], jejímž úkolem je propojit výzkum a vývoj s potřebami průmyslu v oblasti úsporných domů. Celý projekt sdružuje průmyslové podniky všech velikostí a akademickou sféru. Cílem Platformy pasivních domů je vytvoření střednědobé až dlouhodobé vize budoucího technologického vývoje, která by zahrnovala významné otázky týkající se hospodářského růstu, konkurenceschopnosti a udržitelného rozvoje v České republice. Základním nástrojem je tzv. Strategická výzkumná agenda (SRA), to je interní dokument definující vědecko-výzkumné priority, možný časový harmonogram i potenciální zdroj pro jejich realizaci [47].

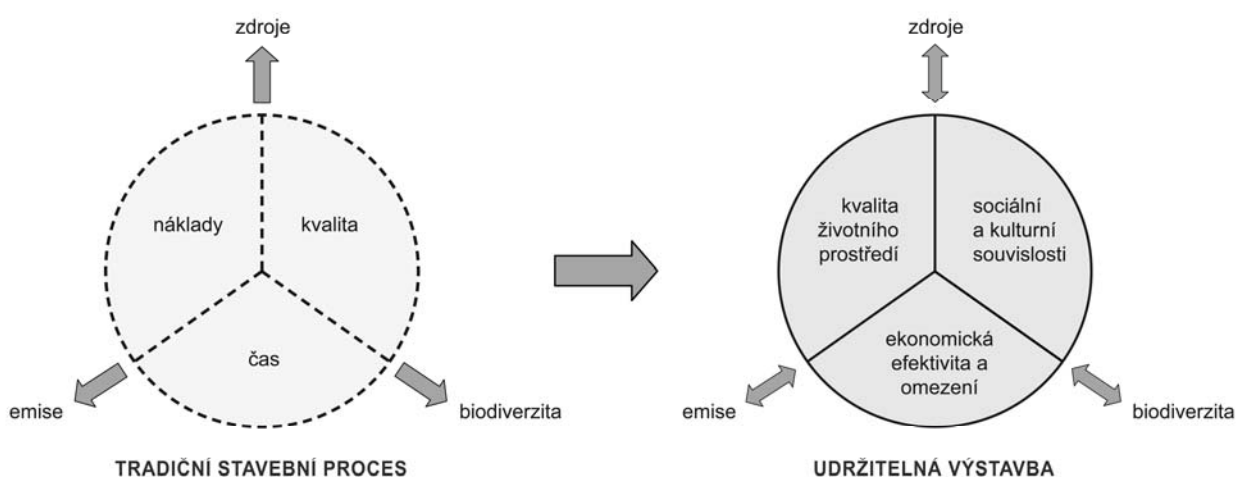
Na podzim roku 2009 vznikla v Praze nová nezisková organizace s názvem Česká rada pro šetrné budovy (Czech Green Building Council; CZGBC), která si dala za úkol podpořit trh, vzdělávání a změny v legislativě k vytvoření prostředí pro kvalitní stavby, které jsou současně ekonomicky ziskové i šetrné k životnímu prostředí. Jedním z cílů rady je vyvinout a prosazovat systém certifikace šetrných budov založený na shodě zainteresovaných odborníků. Hodnocení fungující na základě marketingových principů pomůže přeměně trhu a rychlejšímu rozvoji šetrných budov v České republice. Cíle a struktura organizace odpovídají existujícím a úspěšným Green Building Councils v jiných zemích jako např. ve Spojených státech ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)), Kanadě ([www.cagbc.org](http://www.cagbc.org)), Německu ([www.dgnb.de](http://www.dgnb.de)), Velké Británii ([www.ukgbc.org](http://www.ukgbc.org)). Všechny tyto rady jsou členy celosvětového sdružení World Green Building Council ([www.worldgbc.org](http://www.worldgbc.org)) [48].

Nejnovější trend stavění se snaží prosadit díky České komoře architektů i v nově prosazované strategii nazvané „Politika architektury“, tzn. posun do prostorové kvality k udržitelnému rozvoji a vztah architektury a životního prostředí. Snahou je konkrétní uplatnění politiky architektury v praxi. Ministerstvo pro místní rozvoj předloží tento dokument vládě ke schválení, která si je současně vědoma nutnosti zlepšení podmínek pro vznik a ochranu harmonického a kvalitního zastavěného prostředí. Ze sedmadvaceti členských zemí Evropské unie zformulovalo a odsouhlasilo Politiku architektury již třináct zemí a v současné době se připravují podobné návrhy v dalších jedenácti státech. V nedávné době vznikla podnikatelská iniciativa „Šance pro budovy“, sdružující významné subjekty z oblasti stavebnictví (Česká rada pro šetrné budovy a Centrum pasivního domu). Tato iniciativa se zasazuje o rychlejší přijetí a transpozici EPBD 2 do tuzemských právních předpisů.

Vysoké školy architektonického i stavebního směru začínají velmi slyšet na tento nový směr udržitelného rozvoje. Vytvářejí se nové specializované předměty (Budovy a prostředí, Inteligentní budovy) a vytvářejí se zaměřená pracoviště, která provádějí velmi přínosné výzkumy v této oblasti, například výzkumné centrum CIDEAS v Praze. Na fakultách architektury se přednášky aktualizují o „zelené přednášky“ a stále o ně roste zájem.

V rámci konference Udržitelná výstavba budov ve střední Evropě – od teorie k praxi, byl na konci června 2010 v Praze týmem pracovníků Fakulty stavební ČVUT představen nový tuzemský nástroj SBToolCZ pro environmentální hodnocení staveb. Zahrnuje v sobě objektivněji proporčně nastavená kritéria hodnocení udržitelné výstavby ve čtyřech segmentech: environmentální kritéria, sociální kritéria, kritéria z oblasti ekonomiky a managementu a kritéria týkající se lokality budovy [49].

Velkým impulsem pro zvýšení zájmu o pasivní domy se stalo dotování státu energeticky úsporných staveb finančními prostředky získanými prodejem emisních kreditů Kjótského protokolu o snižování emisí skleníkových plynů – příklad správného postupu viz obr. 2.9. Program nesl název Zelená úsporám a byl zaměřen na podporu instalací zdrojů na vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie, ale také investic do energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách. V programu bylo podporováno kvalitní zateplování rodinných domů a bytových domů, náhrada neekologického vytápění za zdroje s nízkou produkcí emisí na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace těchto zdrojů do nízkoenergetických novostaveb a také výstavba v pasivním energetickém standardu. Programy řešící úspory energií budou jistě stále častější. Nicméně program Zelená úsporám je dotační titul, který zůstane zapsán v historii českého stavebnictví jako ojedinělá a mimořádná příležitost. Tolik finančních prostředků poskytnutých k jednomu cíli a v tak krátké době, to se již asi nebude opakovat. Až budoucnost ukáže, zda celkové hodnocení dopadů programu bude kladné, nebo záporné. Program přinejmenším podnítl energeticky uvědomělé chování u veřejnosti a bezpochyby přispěl také k rozšíření moderních ekologických a energeticky šetrných řešení [6].



obr. 2.9 Udržitelný proces výstavby [28]

## Implementace nové směrnice EPBD II

Unie bude zkoumat naplnění cíle a smyslu výše uvedené směrnice, rámcového evropského zákona. To bude Česká republika stejně jako další členské země muset prokázat. Nenařizuje jednotný postup, ale dosažení společného cíle. Na druhou stranu je možné svobodně zvolit přísnější požadavky než ve směrnici uvedené. Členské země budou zpracovávat vnitrostátní plány na zvýšení počtu budov s potřebou tepla téměř nulovou a v pravidelných intervalech předkládat zprávy Komisi. V současné době pracují 2 pracovní skupiny pro implementaci:

### **Pracovní skupina "EPBD" při Hospodářské komoře:**

- zástupci podnikatelů ve stavebnictví, firem vyrábějících stavební prvky a montážních firem;
- Ministerstvo průmyslu a obchodu;
- zástupci odborníků ve stavebnictví.

### **Pracovní skupina "EPBD" při Ministerstvu průmyslu a obchodu:**

- zástupci resortů Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva životního prostředí, Ministerstva pro místní rozvoj a Státní energetické inspekce;
- zástupci odborníků ve stavebnictví;
- zástupci energetických auditorů;
- zástupci skupiny EPBD při HK. [24]

Skupiny pracují samostatně. Výsledky pracovní skupiny EPBD při Hospodářské komoře budou předávány skupině EPBD při MPO pro posouzení. Výsledkem bude jeden materiál (návrh úpravy legislativy – zákon a vyhláška o ENB), který doporučí skupina EPBD při MPO. Tento materiál bude předložen v daném čase jako oficiální materiál MPO do meziresortního připomínkového řízení v rámci změny zákona č. 406/2000 Sb. a nové vyhlášky o ENB, která nahradí vyhlášku č. 148/2007 Sb. Nová vyhláška nahrazující vyhlášku 148/2007 Sb. vznikne až na základě implementace nové směrnice EPBD.



## 2.3 Energetická optimalizace

Variantní řešení s energetickou optimalizací neodmyslitelně patří k pasivním domům. Je to proces, který nadále zefektivňuje zvolené parametry nově navrhované stavby dle „empirických principů“ o „drobné nuance“. Návrh pasivního domu je celkem složitá procedura, která zahrnuje mnoho disciplín, které do ní vstupují (projektová činnost, stavební fyzika, technické zařízení budov atd.). Pokud má být navrhování efektivní, je nutné respektovat a zohledňovat Paretův princip 80/20 – skutečně podstatné věci zaberou 20 % našeho času, ostatní nedůležité až 80 %. Dá se aplikovat velmi známý obecný vzorec na efektivnost energetické optimalizace:

$$\text{efektivita} = \frac{\text{výkon}}{\text{cena}} \Rightarrow \frac{\text{úspora} + \text{trvanlivost}}{\text{pracnost} + \text{cena}}$$

Ze vzorce je zřejmé, že nemá smysl za každou cenu, která neúměrně zvýší pracnost, zlepšovat například kvalitu konstrukce, ale je nutno řešit úlohu skutečně komplexně a zapojit do úvah i jiné vstupní podmínky. Správná volba optimalizace vyžaduje hluboké znalosti problému, které se dají dobře pojmenovat jako „smart optimalizace“ (**S**pecific / **M**easurable / **A**chievable / **R**elevant / **T**ime-bound).

Zhruba devět let existuje celkem jednoduchý program PHVP (Passivhaus Vorprojektierung paket) [50], který byl vyvinut pro základní jednoduché posouzení navrhované budovy. Po zadání vstupních hodnot program vypočítá potřebu tepla na vytápění. Pro správný koncepční návrh to nestačí, architekt totiž nemá přehled, s jakou váhou architektonický prvek ovlivní potřebu tepla. Právě pro zohlednění všech prvků byl Passivhaus Institutem vyvinut projektový nástroj PHPP (Passivhaus projektierung paket, Passive house planning package), který vyšel v několika jazykových mutacích (včetně češtiny od Centra pasivního domu). Jeho velkou předností je, že jeho relativní jednoduchost umožňuje již architektům porovnávat různé alternativy a varianty od prvního konceptu až po ověření skutečného realizovaného stavu. Bez použití PHPP může být návrh velmi často neseriózní. Ze zkušeností vyplývá, že i tam, kde je vážný záměr vytvořit pasivní dům, se při prvotním návrhu architekti pohybují mezi 18 – 45 kWh/(m<sup>2</sup>·a), tj. až na 300 % spotřeby pasivního domu a to při nejméně 300 mm izolantu na masivní stěně a s dobrými výplněmi otvorů (tzn. při použití velmi optimistického výpočtu). Na trhu existuje i několik podobných programů jako PHPP, ale většina z nich je založena na komerční bázi (MCH, Ekodesigner, atd.) a jejich výpočty se inspiroují právě z PHPP [15] a z ISO EN 13 790 [11]. Některé zadávání hodnot parametrů mají příliš zjednodušené a nelze je moc dobře kontrolovat („black box“ výpočet). Jejich největší nebezpečí je právě komerčnost programu. Většina z nich je zaměřena na výrobky, materiály, skladby konstrukcí právě od výrobce programu, a tak neumožňují nezávislost v navrhování. Je vhodné se zaměřit na jednoduché vstupní údaje než na jednoduché metody. Zjednodušené vstupní údaje mají být jednoznačné, výrazné, měřitelné, ověřitelné. Použité metody by měly kombinovat transparentnost, reprodukovatelnost a robustnost s dostatečnou (vyrovnanou) přesností a být co nejvíce flexibilní.

Rozhodně se na malých tepelných ztrátách a vysokých pasivních ziscích výrazně podílí víc faktorů, které je potřeba při návrhu domu zohlednit. U běžných domů, které energií doslova plýtvají, tyto faktory natolik neovlivní energetické vlastnosti stavby. Navýšení nebo úspora 5 až 30 kWh/(m<sup>2</sup>·a) u domů se spotřebou 120 kWh/(m<sup>2</sup>·a) nehraje velkou roli, ale u pasivních domů, kde je spotřeba tepla na vytápění menší než 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a), se to odrazí zásadně. Je zřejmé, že každý objekt má rozdílné podmínky a vyžaduje jiné řešení, případně určitá přizpůsobení.

Nelze však zanedbávat žádný z uvedených faktorů, i když v daném případě se mohou projevat v odlišné míře. Často nemůžeme některé faktory výrazně ovlivnit, při optimalizaci řešení i ve výpočtu by však měly být zohledněny.

#### **Výslednou energetickou náročnost a chování budovy ovlivní zejména:**

- volba pozemku;
- orientace a osazení budovy na pozemku s ohledem na přímé slunečné záření, případné zastínění zelení, okolní zástavbou nebo terénem;
- exponovanost objektu vzhledem k větru;
- velikost budovy – přiměřenost danému účelu;
- tvarové řešení – tvarová kompaktnost a členitost stavby;
- vnitřní uspořádání s ohledem na vytápěný a nevytápěný prostor i orientaci ke světovým stranám – zónování místností;
- vlastnosti obvodových stěn, tepelné mosty a vazby;
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách;
- způsob větrání;
- množství vnitřních tepelných zisků;
- vhodná volba, přiměřená velikost a kvalitní regulace otopné soustavy;
- způsob, jakým je zajištěna pohoda prostředí v letním období – přirozené chlazení;
- efektivnost ohřevu teplé vody a energetická účinnost elektrických spotřebičů;
- skutečný způsob užívání budovy [6].

Do budoucna lze předpokládat, že bude existovat rozšířený modul k interaktivnímu programu PHPP, který kromě měrné potřeby tepla na vytápění průběžně vyhodnocuje rovněž svázané emise skleníkových plynů a hodnotí, zda jednotlivé architektonické prvky návrhu jsou adekvátní požadavkům investora vzhledem k umístění, orientaci stavby, navrženým konstrukčním materiálům, danému rozpočtu, apod. Architekt tímto zároveň získá možnost komplexní optimalizace stavby v každé fázi návrhu a investor kontrolu, zda za jeho peníze vzniká stavba, kterou na základě svých vstupních požadavků zadal. Nakonec drobná poznámka – i přes dokonalý optimalizační nástroj musí mít architekt dobrou „intuici“ a je nutné posuzovat stavbu s rozumem.

### **Optimalizační postup pomocí PHPP**

Optimalizační postup pro navrhování energeticky šetrného domu začíná už ve fázi studie, kdy vstupuje do výpočtu relativně velká nejistota. Pravděpodobně je již známa budoucí parcela umístění domu (známe klimatická data), známe pravděpodobnou velikost domu a dispozice místností na základě požadavků investora (ochlazované plochy, geometrická charakteristika), počet uživatelů (vnitřní zisky) atd., ale nemusí být známa ani základní konstrukční charakteristika domu – dřevostavba, masivní stavba nebo dokonce není znám ani energetický typ – pasivní nebo nízkoenergetický dům.

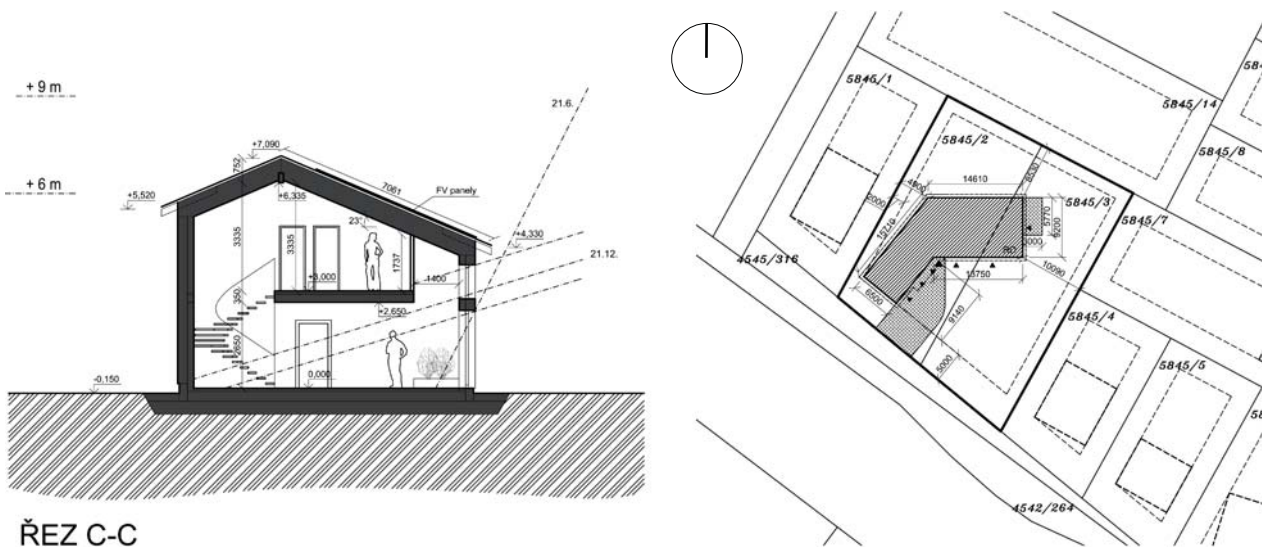
Do základního výpočtu lze zadat „předpokládané“ parametry (součinitele prostupů tepla konstrukce, kvalitu oken, vzduchotěsnost atd.), které pravděpodobně budoucí stavba bude mít a na jejich základě optimalizovat parametry již ve fázi studie. V tuto chvíli je mnohem důležitější si uvědomit a ověřit vliv stínících faktorů (vliv okolní zástavby, stínících prvků), míru vlivu geometrie stavby a umístění oken, vliv různých alternativ řešení, atd. Proto je nezbytné už ve fázi studie navrhovat dům, který bude s velkou pravděpodobností zařazen do energetické kategorie, jakou architekt požaduje. Tato fáze návrhu je nejdůležitější a nasměruje další vývoj. Je proto optimální, když architekt zpočátku svůj návrh koriguje na základě energetických požadavků (nejenom oslunění, design atd.). Při dalších fázích projektu, jako je dokumentace pro stavební povolení a případně dokumentace pro provedení stavby, se pomocí optimalizace v PHPP koncept domu doladuje. Do hry vstupuje stále více známých parametrů, které se definují a upřesňují (známe již přesně součinitele prostupu tepla konstrukcí, přesné typy oken a skel a způsob vytápění objektu) a tím se relativní chyba zmenšuje na minimum. V poslední realizační fázi se výpočet potřeby tepla na vytápění zpřesní na základě skutečného provedení stavby a zohlední se především započtením tepelných vazeb a mostů. Teprve v této fázi je možné určit velmi přesnou potřebu tepla na vytápění pro daný postavený dům. Je možné říci, že pokud se projekt koriguje již od počátku, tak lze dodržet koncept domu od studie až po realizaci a nejsou nutné zásadní změny (změna dispozic, geometrie) v průběhu projektu.

Pro vypracování optimalizace **studie** pasivního domu stačí studie stavby domu – situace včetně okolní zástavby, půdorysy a řezy a základní návrh skladby konstrukcí. Ostatní chybějící hodnoty (kvalita oken, velikosti ráků, účinnost rekuperace a další) doplníme ze zkušeností z jiných projektů nebo necháme nevyplněné a program pro výpočet použije standardní data. Například pokud momentálně neznáme přesnou vzduchotěsnost stavby, tak program automaticky použije hodnotu  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . Řídíme se pravidlem, abychom vždy byli na straně bezpečnosti výpočtu. Pro ochlazované plochy používáme například větší rozměry (máme i „záporné“ tepelné vazby), všechny okenní rámy používáme jako otvíravé (díky větším profilům otevíravých částí oken máme větší vliv rámu a menší solární zisky). Například pro hodnoty kvality ráků, zasklení, účinnosti rekuperace atd. používáme standardní hodnoty. Pokud jsme si jisti, že se skutečně použije námi předpokládaná kvalitnější konstrukce, můžeme výpočet upravit.

Při posuzování stavu dle **projektu** musí být dostatečně rozpracovaná projektová dokumentace. Pro dobré zhodnocení je vhodné mít k dispozici situaci stavby, kde je zobrazena sousední zástavba, porosty stromů a vyšší terénní vlny. Je nezbytné mít půdorysy a řezy alespoň v měřítku 1:100 s doloženými plochami (rozměry místností, obalové plochy, hrubé rozměry oken). Dále je třeba mít plány technického vybavení budov nebo výkresy větrání, vytápění, teplé vody, návrh větracího zařízení se základními parametry, výměník tepla a detailní výkresy všech napojení tepelné obálky stavby s vyznačenou vzduchotěsnou rovinou. Pro kvalitu použitých materiálů a technologií je nutno mít technické informace a technické informační listy od použitých výrobků. Například pro okna je nutné znát  $U_f$ ,  $U_g$ ,  $\psi_{\text{osazení}}$ ,  $\psi_{\text{okraje skla}}$ , součinitel  $g$  a jiné parametry. Všechny informace je nutno do programu zadat velmi přesně a nedělat žádné kompromisy při vkládání – není možno vynechat tloušťky ráků, ostění, tepelné mosty u základů, vliv zastínění a další faktory [51]. Pokud se údaje vloží nepečlivě, tak bude výsledek nekorektní. Udává se, že chyba lidského faktoru je při zadávání údajů 10 % i více [52].

## 2.4 Dosavadní výsledky na vědeckém poli

Ve své průlomové práci Wolfgang Feist definoval základní požadavky pro návrh energeticky šetrného domu [36], které jsou už dnes velmi známé. Tyto poznatky o energetické koncepci jsou dodnes neustále zpřesňovány v Passivhaus Institutu v Darmstadtu výzkumným týmem vedeným Jürgenem Schniedersem [53]. I výpočtové programy jako PHPP jsou nejlépe optimalizovány právě pro domy k bydlení, kde lze předpokládat relativně jednoduché stanovení obsazenosti osob, tj. vnitřních tepelných zisků. Je nutné vědět, že potřeba (nikoliv spotřeba) tepla na vytápění u budov se získává matematickým výpočtem (například plusový dům vychází z koncepce pasivního domu, jehož energetická bilance je „vylepšena“ o obnovitelné zdroje energie – fotovoltaický systém, tepelné čerpadlo, atd. a je zřejmé, že přesné hodnoty lze určit pouze přesnou kalkulací, viz obr. 2.10). Skutečná spotřeba tepla na vytápění závisí na mnoha dalších vlivech, jako např. chování uživatelů a klimatických účincích. I u domů stejné konstrukce může spotřeba tepla na vytápění silně kolísat. Právě díky tomu jsou odchylky ve výši až 50 % naprosto normální a to nejen u pasivních domů.



obr. 2.10 Řez a situace (striktní orientace na jih) u plusového domu [13]

V dnešní době se obor energeticky efektivního stavění velmi rychle rozvíjí jak po vědecké teoretické, tak i po stránce aplikační. Převzaté zkušenosti a poznatky z okolních zemí se modifikují v českém prostředí a ověřují se na stavbách. Po skutečné realizaci se výsledky zpětně ověřují, měří a vytváří se tak přínosná zpětná vazba, která pomáhá a posunuje obor kupředu. Pohledů na návrh pasivního domu je několik. Je velmi důležité si uvědomit, že správný a uvědomělý přístup návrhu je koncepčním multi-disciplinárním řešením, které zohledňuje všechny parametry vstupující do problému. Je třeba se zabývat provozní (primární) energií, ale i emisemi škodlivých plynů  $\text{CO}_2$  a  $\text{SO}_2$ . Velmi důležitým aspektem je posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment) a jeho vliv na životní prostředí.

Dalším podstatným prvkem je používání principů pasivního domu (umístění, orientace, kvalita konstrukcí, účinnost rekuperace, atd.) na snížení potřeby tepla na vytápění (případně i chlazení, větrání) a jejich teoretické posuzování ve výpočetních programech (dynamických, statických) a následné skutečné ověřování a porovnávání s praxí. Tímto posledním hlediskem se v současné době zabývá široké spektrum odborníků, kteří přinášejí zajímavé a inspirativní poznatky pro praxi i další výzkum na základě svých výsledků. Největším výzkumným vysokoškolským centrem v ČR,

keré se tímto zabývá, je Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, zkráceně CIDEAS („see ideas“) na Fakultě stavební ČVUT v Praze [54]. Zajímavým inspiračním podnětem byla dizertační práce Petra Kotka, který se zabýval administrativními budovami (velmi složité na posuzování) a jejich optimalizací na potřebu energie na vytápění a na chlazení. Jeho metoda spočívala v tom, že převedl deterministický model zadávání okrajových podmínek vstupujících do výpočtu na stochastický model výpočtu, který simuloval v dynamickém výpočtovém programu (IES – Integrated Environmental Solution). Pavel Kopecký se zabýval přesvědčivostí výpočtů potřeby tepla na vytápění pasivních domů. Sledoval analýzu nejistot a vliv uživatelů u různorodých výpočtových programů na celkové výsledky. Spolu s Janem Antonínem vytvořili Parametrickou studii pasivních rodinných domů [55]. Tento postup navazoval na předchozí výsledky Petra Kotka a stochastickou metodu použil na výpočet pasivních domů („fenomén parametrických rovnic“).

Velkým přínosem na teoretickém poli jsou práce Jana Tywoniaka, který se velmi intenzivně věnuje stavebně-energetické koncepcí budov jako nástrojem udržitelného rozvoje [56]. Zabývá se především výpočtovými postupy pro návrh pasivních domů a posuzuje jejich validaci. Jeho zatím největším přínosem je vytvoření technicko-normalizačních informací TNI 73 0329 [16] (rodinné domy) a TNI 73 0330 [17] (bytové domy), které specifikují a upřesňují vstupní parametry (okrajové podmínky) pro výpočet potřeby tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13 790 [11]. Tyto informace jsou pro deklarativní a klasifikační hodnocení a na základě nich lze relevantně porovnávat kvalitu návrhu energeticky úsporných budov pro bydlení. Klimatickými daty na Slovensku se zabýval Lorant Krajcovic, který porovnával vlivy klimatických dat (nadmořská výška, lokalita) na energeticky úsporné rodinné domy [57]. Prokázal, že míra vlivu těchto údajů je značná a je třeba je zohledňovat. Znáмым architektem je Eugen Nagy (absolvoval doktorské studium na Fakultě architektury VUT v Brně), který pracuje na teoretickém poli. Zabývá se především optimalizací návrhu pasivních domů v PHPP a jejich ověřování (zpečná vazba).

## 2.5 Software PHPP

### 2.5.1 Princip fungování PHPP

Pro hodnocení potřeby tepla na vytápění existují dvě základní metody:

- **dynamická** (velmi složitá, ale přesná) metoda, která stanovuje tepelnou bilanci pro krátký časový krok (standardně jedna hodina), a která zahrnuje teplo akumulované ve hmotě budovy a uvolňované z ní;
- **kvazistacionární** (statická, jednodušší a relativně přesná) metoda, která stanovuje tepelnou bilanci pro dostatečně dlouhý časový interval (obvykle jeden měsíc), a to umožňuje zahrnout dynamické vlivy empiricky stanoveným faktorem využitelnosti (korelační faktor) zisků a ztrát.

Základem výpočetních postupů je zákon zachování energie, jeden z nejdůležitějších fyzikálních zákonů: „*veškerá energie, která bude přivedena uzavřenému systému, zde danému objektu, buď zvýší obsah energie systému (zde většinou teplotu) nebo systém opět opustí.*“

Požadavky ve vztahu k vytápěné podlahové ploše			
Vytápěná podlahová plocha:	290,5	m <sup>2</sup>	
	Použito:	Měsíční metoda	Certifikát:
Měrná potřeba tepla pro vytápění:	13,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:	0,6	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, chlaz., pom. a dom. spotřebiče):		kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Měrná potřeba primární energie Úspora elektřiny pomocí solární energie:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Topná zátěž:		W/m <sup>2</sup>	
Četnost překročení nejvyšší teploty vzduchu:	5	%	nad 25 °C
Měrná potřeba energie pro chlazení:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Chladicí zátěž:		W/m <sup>2</sup>	
			Splněno?
			ano
			ano

obr. 2.11 Ukázka výstupní tabulky z PHPP – celkové výsledky [15]

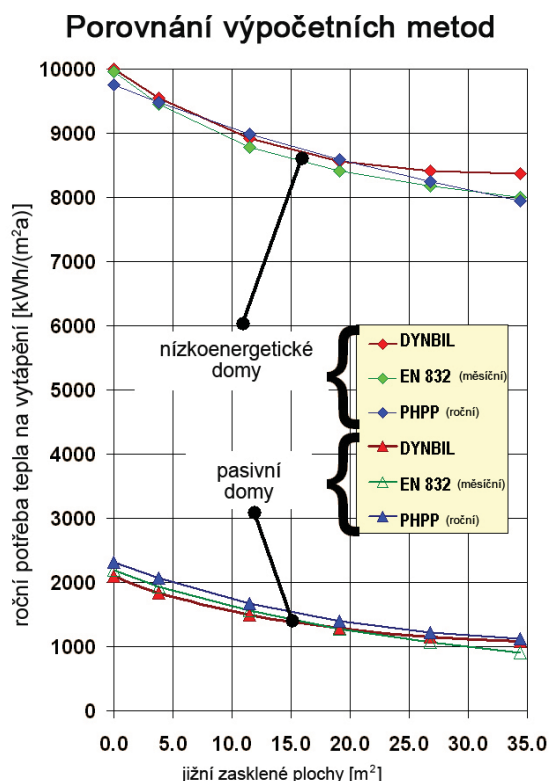
Dynamickými metodami se simuluje přesný výpočet chování budovy po krátkých časových úsecích. Z mnoha vstupních parametrů definovaných uživatelem a sčerných statistických dat je prováděn výpočet dynamického chování budovy, který slouží jako podklad k analýze jevů, vazeb a k následné optimalizaci budovy. Simulace se provádí od jednoduchého modelu až po model komplexní v souvislosti s tím, jaké informace o projektu máme a v jaké projekční fázi se simulace provádí. Výsledkem je předpokládané reálné chování budoucí budovy, parametry vnitřního mikroklimatu a energetické náročnosti objektu. Dynamické simulace tak přináší jedinečnou možnost, jak předpovídat reálné energetické a environmentální chování budovy ve fázi, kdy zpětná vazba má ještě možnost ovlivnit konečné řešení. Pomocí těchto metod lze hledat řešení ze všech úhlů pohledu stavebního díla. Lze analyzovat tvar objektu, kvalitu obálky, provádět analýzu stínících prvků, sledovat optimalizaci poměru umělého a přirozeného větrání, navrhovat umělé osvětlení s přihlédnutím na procento a kvalitu zasklení. Dále je možné dále analyzovat energetickou efektivnost systémů TZB, analyzovat proudění vzduchu v interiéru s přihlédnutím na distribuční prvky, atd. To vše lze zpětně kontrolovat a optimalizovat z pohledu roční energetické spotřeby a kvality vnitřního mikroklimatu [36].

Důležitým pomocníkem pro navrhování úsporných domů na bázi jednodušší kvazi-stacionární metody, je interaktivní software PHPP (Passive House Planning Package, viz obr. 2.11 [15]), který

umožňuje průběžně optimalizovat vlastnosti stavby. Bylo ověřeno, že dostatečně přesné výsledky stacionární metody energetické bilance se shodují s výsledky, které byly získány z velmi náročných dynamických kalibračních postupů. Na obr. 2.12 je ukázka porovnání jednotlivých výsledků mezi programy využívající dynamickou metodu (DYNBIL, který byl použitý na kalibraci prvního pasivního domu v Darmstadtu a EN 832) a PHPP, který využívá jednodušší statickou metodu. Je zřejmé, že výsledky se liší minimálně, řádově několika procenty, což bez problému postačuje. Díky tomu bylo možné významně zjednodušit projektování pasivních domů v případě „standardních staveb“. Výhodou PHPP je, že byl v Evropě ověřen při několika tisících aplikacích, a má proto odladěny obvyklé „dětské nemoci“, jež jsou vedlejší vlastností celé řady programů. Základní provedení je použitelné pro rezidenční stavby, jednotlivé nástavby i pro ostatní typologické druhy. Vychází přímo z klimatických dat konkrétní lokality.

#### Předností programu PHPP je:

- ověření porovnáním výsledků výpočtu se stovkami naměřených dat;
- vysoká míra shody výpočtu a měření;
- přesný výpočet energetické bilance;
- jednoduché programové prostředí a interaktivnost výpočtu;
- mezinárodně uznávané;
- vytváření mezinárodně pojmově srovnatelných výsledků;
- přizpůsobení náročným požadavkům pasivních domů [45].



obr. 2.12 Porovnání výpočetních metod úsporných staveb [59]

Občas „sporná“ měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A = 15 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{a)}$  není určena náhodně, ale je zvolena na zcela racionálním podkladě a myšlenke vytápět pasivní dům pouze

teplovzdušně. S touto „revoluční“ myšlenkou přišel v 90. letech Dr. Wolfgang Feist. Magické číslo „15“ kWh/(m<sup>2</sup>·a) vychází z topné zátěže, která je odvozena na 10 W/m<sup>2</sup> dle vzorce:

$$P_{HZ} = V \cdot \Delta\vartheta \cdot c_{Air} \quad [W/m^2] \quad (2.1)$$
$$P_{HZ} = 1 \cdot 30 \cdot 0,33 = 10$$

kde  $P_{HZ}$  je topná zátěž v W/m<sup>2</sup>,  $V \approx 1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ obytné plochy})$  je hygienická podmínka pro přívod vzduchu,  $\Delta\vartheta = 30 \text{ K}$  je maximální zvýšení teploty v ohřivacím systému ( $\vartheta < 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a  $c_{Air} = 0,33 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$  je tepelná kapacita vzduchu. Jednoduše řečeno jde o to, že nelze vzduch ohřívat na vyšší teplotu než 50 °C, neboť by docházelo k jeho znehodnocování (karcinogenní spalování mikročástic vzduchu) a tudíž vychází maximální topný výkon pro vytápění vzduchem 10 W/m<sup>2</sup>. Z této hodnoty je odvozena roční potřeba tepla 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a), protože právě tato hodnota je optimální vzhledem k maximální zátěži. V ČR není skoro možné dosáhnout tak nízkou hodnotu topné zátěže (pohybujeme se především kolem 15 až 20 W/m<sup>2</sup>), a tak nastává otázka, zda limitní hodnota „15“ kWh/(m<sup>2</sup>·a) není až moc přísná. Jen pro zajímavost, teoreticky lze při venkovních mrazech vytopit obytnou místnost o ploše 10 m<sup>2</sup> pomocí 10 malých dortových svíček nebo jednou 100 W žárovkou (pozn.: nesmí to být moderní úsporné zářivky, těch by bylo třeba čtyř kusů). Výpočtová metodika PHPP je konfigurovaná a ověřená pro výpočet pasivních domů, kde je minimální odchylka od skutečně naměřených dat. Je vhodná i pro posuzování nízkoenergetických domů, ale výsledná odchylka se udává do 10 % od skutečnosti, ovšem díky nemožnosti zadání přesných okrajových podmínek je akceptovatelná. Pro výpočty staveb ve standardním energetickém režimu (málo nebo vůbec nezateplené) není dobře použitelná, neboť pro tyto domy fungují jiné stavebně-fyzikální procesy (rychlé chladnutí atd.). Výpočtový postup obsahující výpočtové algoritmy, vstupní data (klimatické údaje, vnitřní tepelné zisky atd.) a některé další procesy (určení podlahové plochy, množství čerstvého vzduchu atd.) vycházejí z EN ISO 13 790, ale jsou mírně upraveny a nemusejí být v souladu s národními stavebními a energetickými zákony a ani s technickými normami. Nicméně byly ověřovány a potvrzeny Passivhaus Institutem v Darmstadtu. Výpočet pomocí PHPP je v zásadě dostatečný pro vyhodnocení a optimalizaci pasivního domu s ohledem na potřebu tepla na vytápění a dosahovaný energetický ukazatel (kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Je to ideální nástroj pro stanovení těch nejdůležitějších veličin – energetického ukazatele a topné zátěže. PHPP je určeno a hlavně využíváno pro návrh staveb pro bydlení. Pro tuto kategorii budov lze předpokládat celkem přesně vnitřní tepelné zisky (od osob, zařízení i rostlin), které zásadně ovlivní výpočet. Jako standardní hodnotu používá PHPP tepelné zisky ve výši 2,1 W/m<sup>2</sup> obytné plochy [18]. Jiné výpočetní postupy používají často hodnotu víc než dvojnásobnou (5 W/m<sup>2</sup>, jak se často předpokládá), a to má značný vliv na výsledek. Výpočet je založen na zvažování ustáleného teplotního stavu v jednotlivých měsících, dynamické efekty jsou zjednodušeně posuzovány pomocí tzv. faktoru využitelnosti tepelných zisků (pouze část tepelných zisků je skutečně využitelná).

## Výpočetní jádro PHPP – měsíční metoda

Software PHPP nejpřesněji počítá výsledky pomocí tzv. měsíční metody, která uvažuje v každém výpočtovém intervalu stále okrajové podmínky (pro redukovaný stav vytápění v noci a pro jiné teplotní režimy lze použít postup viz např. ČSN EN ISO 13790 [11]). Metodu je nutné použít při malých potřebách, jinak by výsledky byly nepřesné. Potřebu tepla na vytápění budovy QH [kWh] vypočteme bilancováním tepelných ztrát a využitelných tepelných zisků vytápěné zóny v každém časovém kroku výpočtu, kterým je pro nás měsíc, jako:



$$Q_H = Q_L - \eta_G \cdot Q_G \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.2)$$

kde  $Q_L$  [kWh] jsou celkové tepelné ztráty vytápěné zóny,  $\eta_G$  [-] je faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění a  $Q_G$  [kWh] jsou celkové tepelné zisky vytápěné zóny. Pod pojmem měsíční potřeby tepla na vytápění rozumíme množství tepla, které musí být za normalizovaných podmínek přivedeno do objektu v průběhu jednoho roku, aby pokojová teplota nepoklesla pod zadanou požadovanou teplotu. Celkové tepelné ztráty vytápěné zóny  $Q_L$  [kWh] vypočteme jako součet tepelných ztrát prostupem a větráním:

$$Q_L = Q_T + Q_V \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.3)$$

kde  $Q_T$  [kWh] jsou tepelné ztráty prostupem a  $Q_V$  [kWh] jsou tepelné ztráty větráním. Tepelné ztráty prostupem  $Q_T$  [kWh] se počítají ze vztahu:

$$Q_T = \sum_i A_i \cdot U_i \cdot b \cdot \text{měs.} \cdot D_t \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.4)$$

kde  $A_i$  [ $\text{m}^2$ ] je plocha konstrukce,  $U_i$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] je součinitel prostupu tepla konstrukce,  $b$  je příslušný měsíční faktor [-] a  $D_t$  [ $\text{kWh/a}$ ] jsou denostupně příslušné pro danou klimatickou oblast (například pro ČR je to hodnota 83  $\text{kWh/a}$  pro vnější stěnu). Ztráty větráním se určí dle:

$$Q_V = V_V \cdot n_{V,ekvi \text{ podíl}} \cdot c_{Air} \cdot D_t \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.5)$$

kde  $V_V$  [ $\text{m}^3$ ] je objem vytápěného vzduchu (vytápěná plocha  $A_{TFA} \cdot 2,5$ ),  $n_{V,ekvi \text{ podíl}}$  [ $\text{h}^{-1}$ ] je větrací koeficient,  $c_{Air}$  [ $\text{Wh}/(\text{Km}^3)$ ] je tepelná kapacita vzduchu a  $D_t$  [ $\text{kWh/a}$ ] jsou dennostupně. Ztráty větráním mají u pasivních domů relativně malý význam, protože jsou minimalizovány díky dobré vzduchotěsnosti a vysoce efektivní rekuperaci tepla z odváděného vzduchu. Na přesný výpočet tepelné kapacity budovy, na níž závisí tepelná setrvačnost, nástroj PHPP vědomě rezignuje: dopad přesného výpočtu je u pasivních domů tak malý, že postačí, budeme-li rozlišovat typ stavby na lehký, těžký nebo smíšený. Celkové tepelné zisky vytápěné zóny  $Q_G$  [kWh] vypočteme jako součet vnitřních a solárních tepelných zisků:

$$Q_G = Q_S + Q_I \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.6)$$

kde  $Q_S$  [kWh] jsou solární tepelné zisky a  $Q_I$  [kWh] jsou vnitřní tepelné zisky. Solární tepelné zisky ze všech prosklených ploch pro všechny orientace se určí jako:

$$Q_S = \sum_j b_j \cdot g_j \cdot A_j \cdot I_G \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.7)$$

kde  $b_j$  [-] je činitel redukce okna,  $g_j$  [-] je součinitel prostupnosti solárního záření,  $A_j$  [ $\text{m}^2$ ] je plocha prosklení a  $I_G$  [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ] je globální sluneční záření. Vnitřní zdroje tepla se určí jako:

$$Q_I = 0,024 \cdot \text{délka top.s.} \cdot q_I \cdot A_{TFA} \quad [\text{kWh/a}] \quad (2.8)$$

kde  $\text{délka top.s.}$  [ $\text{d/a}$ ] je délka topné sezóny,  $q_I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] je měrný výkon a  $A_{TFA}$  [ $\text{m}^2$ ] je upravená vytápěná plocha. Přitom je však třeba pamatovat na to, že solární a interní zisky někdy nastávají v časech, v nichž se musí topit, protože v objektu už je tepleji, než by bylo třeba [58]. V této situaci vedou další zisky nejprve k dalšímu přehřívání budovy, následně jsou i tepelné ztráty prostupem a větráním vyšší než ve výpočtu, a od jistého okamžiku začnou dokonce ještě

uživatelé otevírat okna, aby přebytečné teplo vyvětrali. Jinými slovy: pro redukci potřeby tepla na vytápění je možno připočítat jenom část tepelných zisků, přebytek vede k dalším ztrátám (závisí to na tepelné setrvačnosti budovy a vzájemném poměru tepelných zisků a ztrát). Jiné výpočetní programy mají hodnotu interních zisků více než dvojnásobnou, což má značný vliv na výsledek. V PHPP se započítávají i „negativní“ tepelné zisky, které vznikají například odevzdáním tepla rozvodu studené vody nebo vypařováním pokojových rostlin. Naopak je třeba zohlednit, že na teplo využitelné v objektu nemůže být přeměněna celková spotřeba elektřiny – tak se například odčerpává elektricky připravená teplá voda z praček na konci pracovního cyklu do odpadní vody, aniž by byla významně ochlazená [15]. Celý postup výpočtu je v programu velmi dobře graficky upraven, tedy je vše dobře přehledné – viz jeden ukázkový list na obr. 2.13. Posuzování ostatních typů budov jako např. administrativní objekty, nemocnice, sportovní haly, atd. je také možné posuzovat, ale je mnohem obtížnější (někdy i skoro nemožné) určit „dynamické“ vnitřní zisky, které vnáší nepřesnost do výpočtu. Například u velkých kancelářských objektů je analýza dynamického postupu výpočtu s rozdělením na různé termické zóny, zejména s ohledem na chlazení letního provozu (energie na chlazení, která je čtyřikrát dražší než energie na vytápění), nepostradatelná. Vliv užívání budovy nebo-li vliv obsazenosti interiéru, je nejobtížněji podchytitelným parametrem. Člověk působí jednak fyzicky jako zdroj tepla, avšak zejména tzv. lidským faktorem podstatně ovlivňuje výslednou energetickou spotřebu. V simulaci je pohyb lidí a lidský faktor nejhůře odhadnutelný (v PHPP jsou vnitřní zisky stanoveny jednotnou hodnotou na straně bezpečnosti  $2,1 \text{ W/m}^2$  a například v TNI 73 0329/30 jsou stanoveny jinou metodikou, při které vnitřní zisky vychází optimističtěji –  $3,0 - 6,0 \text{ W/m}^2$ ). Proto tato kategorie posuzování může způsobit nejvýznamnější odchylky od budoucího reálného chování budovy.

Výpočet potřeby tepla na vytápění se provádí zejména **za účelem:**

- posouzení shody s předpisy;
- porovnávání návrhových variant;
- posouzení plánovaných či realizovaných úsporných opatření.

Hlavními **výstupy z výpočtu** jsou komponenty tepelné bilance:

- tepelné ztráty prostupem a větráním v průběhu roku;
- využitelné tepelné zisky (solární a vnitřní) v průběhu roku;
- potřeba tepla na vytápění během roku [4].

Rozhraní programu běží pod programem Microsoft Excel, který je rozdělen do cca 25 záložek, jež jsou spolu provázány a jsou přehledně uspořádány. Výpočet je velmi interaktivní a lze okamžitě vyhodnocovat výsledky. Celý výpočet je rozdělen do dvou částí – výpočet potřeby tepla na vytápění a celkové primární energie (energie pro ohřev teplé vody, vytápění, pomocné a domácí spotřebiče). Na každém listu je zřejmé, které buňky se mají vyplnit, a které jsou již vypočteny. Celý soubor je uzamčen, aby se omylem při zadávání a kopírování hodnot nezměnily vložené vzorce. Heslo pro uzamčení není použito, takže lze software modifikovat, přidávat záložky a upravovat. Tento postup korekce si může dovolit jen zkušený odborník, neboť nesprávné změny mohou vést ke špatným výsledkům a tudíž díky nesprávnému použití PHPP nelze provést certifikaci domu. PHPP je a zůstává ve své podstatě návrhovým nástrojem. Vkládá do ruky architektovi a projektantovi technického zařízení budov všechny nástroje potřebné pro projektování funkčního úsporného domu.

## Návrh pasivního domu

### MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ MĚSÍČNÍ METODA

(na této straně se zobrazí součty dob vytápění dle Měsíční metody)

Klima: CZ - Hradec Králové	Vnitřní teplota: 20 °C			
Objekt: Dizertační práce - RD-3	Typ objektu/využití:			
Místo:	Vytápěná podlahová plocha A <sub>TFA</sub> :	290,5 m <sup>2</sup>		
Měrná kapacita: 180 Wh/(m <sup>2</sup> K) (Zadání do pracovního listu "Léto")				na m <sup>2</sup> vytápěné plochy

stavební konstrukce	Teplotní zóna	Plocha m <sup>2</sup>	Souč. U W/(m <sup>2</sup> K)	Red. fak. měs.	D <sub>i</sub> kWh/a	kWh/a	
1. Vnější stěna - vnější vzduch	A	357,4	0,130	1,00	75	3482	
2. Vnější stěna - zemina	B			1,00			
3. Střecha/strop - vnější vzduch	A	207,0	0,100	1,00	75	1552	
4. Podlahová deska	B	207,0	0,150	1,00	37	1135	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,75			
8. Okna	A	71,4	0,738	1,00	75	3950	
9. Vnější dveře	A			1,00			
10. vnější tep. mosty (délka/m)	A	90,8	-0,043	1,00	75	-291	
11. obvodové tep. mosty (délka/m)	P	64,0	-0,010	1,00	37	-23	
12. tep. mosty - podlaha (délka/m)	B			1,00			
<b>Total</b>						<b>9804</b>	<b>33,7</b>

účinný objem vzduchu V <sub>v</sub>	A <sub>TFA</sub> m <sup>2</sup>	světlá výška m	m <sup>3</sup>
	291	2,50	726

n <sub>v, systém</sub> 1/h	η <sup>*</sup> zVT	η <sub>REK</sub>	n <sub>v, zbyl</sub> 1/h	n <sub>v, ekvi postl</sub> 1/h
0,300	0%	0,82	0,048	0,100
0,300	0%	0,82		0,000

V <sub>v</sub> m <sup>3</sup>	n <sub>v, ekvi postl</sub> 1/h	C <sub>air</sub> Wh/(m <sup>3</sup> K)	D <sub>i</sub> kWh/a	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
726	0,100	0,33	75	1803	6,2		
	0,000	0,33	37	0	0,0		
<b>Celkem</b>						<b>1803</b>	<b>6,2</b>

Q <sub>T</sub> kWh/a	Q <sub>V</sub> kWh/a	Redukční faktor Noč/víkend pokles	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
9804	1803	1,0	11607	40,0

Orientace plochy	Činitel redukce Viz list "Okna"	Souč. g (kolmé ozáření)	Plocha m <sup>2</sup>	žlobánní sluneční záření kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
1. Sever	0,41	0,60	7,3	76	135		
2. Východ	0,44	0,60	8,5	150	337		
3. Jih	0,53	0,60	47,3	329	4924		
4. Západ	0,44	0,60	8,5	176	396		
5. Vodorovný	0,40	0,00	0,0	240	0		
6. Součet neprůhledných ploch					0		
<b>Celkem</b>						<b>5793</b>	<b>19,9</b>

Vnitřní zdroje tepla Q <sub>I</sub> kWh/a	Délka topné sezóny d/a	Měrný výkon q <sub>i</sub> W/m <sup>2</sup>	A <sub>TFA</sub> m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
0,024	182	2,1	290,5	2665	9,2

Tepelné zisky k dispozici Q <sub>F</sub> kWh/a	Q <sub>G</sub> + Q <sub>I</sub> kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	8457	29,1

Poměr zisky ku ztrátám Q <sub>F</sub> / Q <sub>L</sub>	
0,73	

Stupeň využití tepelných zisků η <sub>G</sub>	
92%	

Tepelné zisky Q <sub>G</sub> kWh/a	η <sub>G</sub> * Q <sub>F</sub> kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	7785	26,8

Potřeba tepla na vytápění Q <sub>H</sub> kWh/a	Q <sub>L</sub> - Q <sub>G</sub> kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	3821	13

obr. 2.13 Ukázka výstupu z PHPP – výpočet potřeby tepla na vytápění E<sub>A</sub> dle měsíční metody [15]

## 2.5.2 Vývoj výpočetního nástroje PHPP

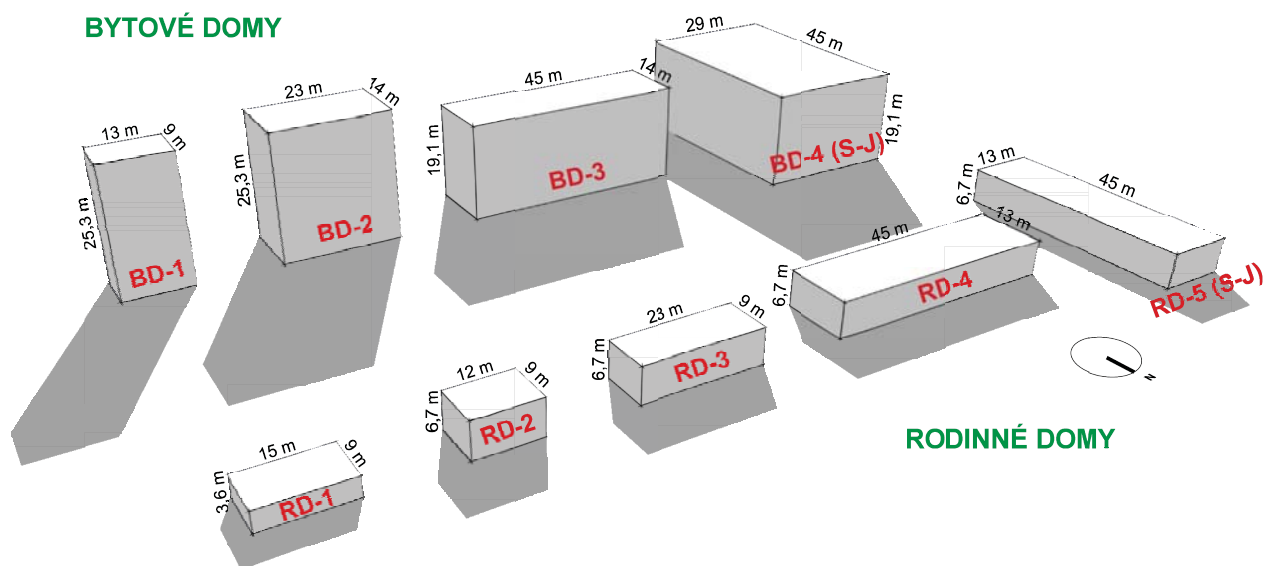
Pro návrhy prvních pasivních domů v Německu se využívaly sofistikované výpočetní modely, které obsahovaly mnoho dat pro výpočet energetické bilance. Výpočty pro budovy s nízkou potřebou energie dle stávajících německých norem se jeví jako nepřesné. Již v polovině 80. let publikoval C. U. Brunner ve Švýcarsku první pojednání o výpočtu energetické bilance pro příslušné roční období. Tato metoda byla poprvé zavedena ve Švýcarsku normou SIA 380/1 „Energie im Hochbau“ (Energie v pozemním stavitelství) z roku 1988. K podstatnému pokroku v dalším vývoji došlo v letech 1989 – 1995 na Institutu Wohnen und Umwelt (Ústav pro bydlení a životní prostředí). Vývoje se zúčastnili především stavební fyzici Wolfgang Feist, Witta Ebel a Tobias Loga. V průběhu zpracování projektu prvního pasivního domu byla metoda přizpůsobena zvláštním okrajovým podmínkám staveb bez samostatného topného systému [6].

Kolem roku 1990 začal Wolfgang Feist testovat svoji teorii pasivních domů pomocí měření složité dynamické metody na první pasivní bytovce Darmstadt-Kranichstein ve městě Darmstadt. Počítačový model vyžadoval více než 2000 nezávislých vstupních dat (bez klimaticky datového souboru). Dům simuloval velmi přesně na základě okrajových podmínek, ale bylo třeba zadat spoustu vstupních údajů, které musely co nejvíce korespondovat s geometrií budovy, atd. Metoda dynamické simulace budov byla důležitým nástrojem pro výzkum a poskytla tak podklady pro verifikaci dalších výpočetních postupů. Je však poměrně náročná, jednak co se týče zpracování uživatelů a záznamu údajů, tak i na dobu výpočtu samotné simulace – délka doby výpočtu, má-li být výpočtem provedena optimalizace projektu stavby v mnoha variantách. Proto při použití v každodenní praxi výpočty metodou dynamické simulace nejsou právě nejvhodnější [51].

Dr. Feist si velmi dobře uvědomoval, že lze dům energeticky optimalizovat mnohem jednodušeji než pomocí dynamické simulace. Pro efektivní tvorbu koncepce budovy byl potřebný nástroj, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje snadno pracovat v různých variantách a přináší co nejpřesnější výsledky. Tento nástroj byl poprvé prezentován v r. 1998 a byl nazván jako „Plánovací balík“ nebo „Nástroj pro plánování pasivních domů“ a byl nadále ověřován a rozvíjen v Passivhaus Institutu. Jako část doprovodných výzkumných studií bylo vykonáno měření a porovnání s výsledky výpočtů na více než 300 projektech. Jak se ukázalo, modul na výpočet energetické bilance je schopen popsat tepelné vlastnosti budovy překvapivě přesně. Výpočty dle PHPP byly téměř shodné s průměrnými naměřenými hodnotami. Tento software začal být vhodný k hledání řešení vedoucích ke splnění požadovaných kritérií a k vytvoření protokolu. Základem byly listy pro výpočet potřeby tepla na vytápění (roční nebo měsíční metoda), získání tepla a jeho distribuci, potřebu elektřiny a potřebu primární energie. Postupně byly přidávány nové návrhové moduly (listy), jako například výpočet parametrů oken, stínění, topné zátěže a letního období. Výpočtová metodika PHPP byla postupně aktualizována a nyní je dostupná v různých jazykových verzích (včetně češtiny – PHPP 2007 CZ [15]) a je použitelná i pro budovy s horším energetickým standardem (ale s relativní chybou) včetně nízkoenergetických domů.

## 3 POPIS REFERENČNÍCH STAVEB

### 3.1 Charakteristika referenčních staveb



obr. 3.1 Schematické znázornění posuzovaných staveb RD a BD

Pro účely posuzování je vytvořen virtuální model celkem devíti staveb, který je definován na bázi „statistických úvah“, tj. pomocí specifických parametrů, které respektují principy návrhu pasivního domu. Pro každou stavbu je nadefinován základní referenční ideální stav, ze kterého se vychází a mění se pouze posuzovaný parametr, takže je sledováno, jaké následky má změna daného prvku. Ve skutečnosti může nastat „nekonečně mnoho variant“ různých velikostí a tvarů, tj. stavby velmi protáhlé nebo naopak vysoké, stavby velmi členité, kde si výčnělky navzájem stíní nebo naopak stavby minimalisticky ploché a stavby s několika vnitřními atrií nebo naopak stavby, které využívají naplno svůj objem. Pro vyhodnocování jsou zvoleny jednoduché tvary, které jsou někde na „zlaté střední cestě“, tj. jednoduché kvádry. Smyslem je totiž poukázat, jaký vliv mají jednotlivé změny parametrů na určitý objem a tvar stavby a ne zcela přesné chování reálné stavby, tohle je už úkol konkrétní optimalizace. Důležitým výstupem je názorné předvedení, jak se „energeticky chová“ malá stavba rodinného domu a naopak mnohem větší objemy osmipatrového bytového domu. Pro účely této práce jsou vybrány referenční archetypy tvarů a velikostí staveb pro bydlení (reprezentativní vzorek).

Je zvoleno **pět rodinných domů a čtyři bytové stavby** (viz obr. 3.1):

- RD-1 samostatně stojící bungallow (1 patro);
- RD-2 samostatně stojící patrový dům (2 patra);
- RD-3 dvojdům (2 patra);
- RD-4 řadový dům (2 patra);
- RD-5 (S-J) řadový dům – orientace sever-jih (2 patra);
- BD-1 věžový bytový dům úzký (8 pater);
- BD-2 věžový bytový dům široký (8 pater);

- BD-3 deskový bytový dům úzký (6 pater);
- BD-4 (S-J) deskový bytový dům široký – orientace sever-jih (6 pater).

Všechny budovy mají základní orientaci směrem na jih, tzn. jsou delší stranou natočeny ke Slunci, až na dvě výjimky RD-5 (S-J) a BD-4 (S-J), které jsou natočeny o 90° a své delší strany mají na západ a východ. Je to z důvodu jejich dispozičních možností a požadavků na osvětlení a proslunění. Podlažnost staveb je zvolena adekvátně ke své kategorii, tj. rodinné domy jsou většinou dvoupatrové a bytové domy mají 8 a 6 pater. Referenční rozměry zvolených domů jsou opět přizpůsobeny „průměrné“ velikosti příslušného typu s ohledem na počet pater (konstrukční výška je 3,1 m) a k tomu příslušný počet bytů (užitná plocha bytu v RD je cca 150 m<sup>2</sup> a v BD je to cca 78 m<sup>2</sup> – viz tab. 3.1. Stavby jsou v základním stavu brány jako ideálně nestíněné, pouze je akceptován vliv stínění osazení okna (stínění ostěním). Velikost prosklení je zvolena tak, aby domy maximálně respektovaly pasivní standard a k tomu příslušná doporučení, tzn. jižní strana má prosklení 30 %, východní a západní 10 % a severní 5 % (stavby s orientací S-J mají největší prosklení na východ a západ).

tab. 3.1 Charakteristika posuzovaných staveb RD a BD

Charakteristika stavby			Rodinné domy					Bytové domy			
popis	jednotky		RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
Popis stavby			Samostatně stojící bungalow	Samostatně stojící patrový dům	Dvojdům	Řadový dům	Řadový dům - orientace S-J	Věžový bytový dům úzký	Věžový bytový dům široký	Deskový bytový dům úzký	Deskový bytový dům široký - orientace S-J
Rozměry stavby	Šířka	[m]	15	12	23	45	13	13	23	45	29
	Hloubka	[m]	9	9	9	13	45	9	14	14	45
	Výška	[m]	3,6	6,7	6,7	6,7	6,7	25,3	25,3	19,1	19,1
Počet pater	[ks]		1	2	2	2	2	8	8	6	6
Počet bytů	[ks]		1	1	2	6	6	8	24	36	72
Ochlazovaná plocha	[m <sup>2</sup> ]		442,8	497,4	842,8	1947,2	1947,2	1347,2	2516,2	3513,8	5436,8
Objem stavby	[m <sup>3</sup> ]		486,0	723,6	1386,9	3919,5	3919,5	2960,1	8146,6	12033,0	24925,5
Vytápěná plocha	[m <sup>2</sup> ]		101,3	152,0	290,5	817,5	817,5	638,0	1868,0	2739,0	5776,5
Užitná plocha na 1 byt	[m <sup>2</sup> ]		101,3	162,0	155,3	146,3	146,3	79,8	77,8	76,1	80,2
Procento prosklení fasád stavby	Jih	[%]	30	30	30	30	10	30	30	30	13
	Východ	[%]	10	10	13	10	30	10	13	10	30
	Západ	[%]	10	10	13	10	30	10	13	10	30
	Sever	[%]	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Výpočetní model v PHPP 2007 CZ je nastaven dle následující tab. 3.2. Pro všechny typy výpočtů je zvolena měsíční metoda (kvazistacionární). Nastavení většiny parametrů vychází z domněnky „paušalizace“, tj. věci, které lze předem v konceptu „odhadnout s přijatelnou přesností“. Nastaveny jsou takové parametry, které jsou běžné při výstavbě pasivních domů v současnosti, ale zároveň respektující možnost inovace [18]. Většina je převzata přímo z doporučení v PHPP, jako například míra větrání, vnitřní návrhová teplota, vnitřní tepelné zisky,

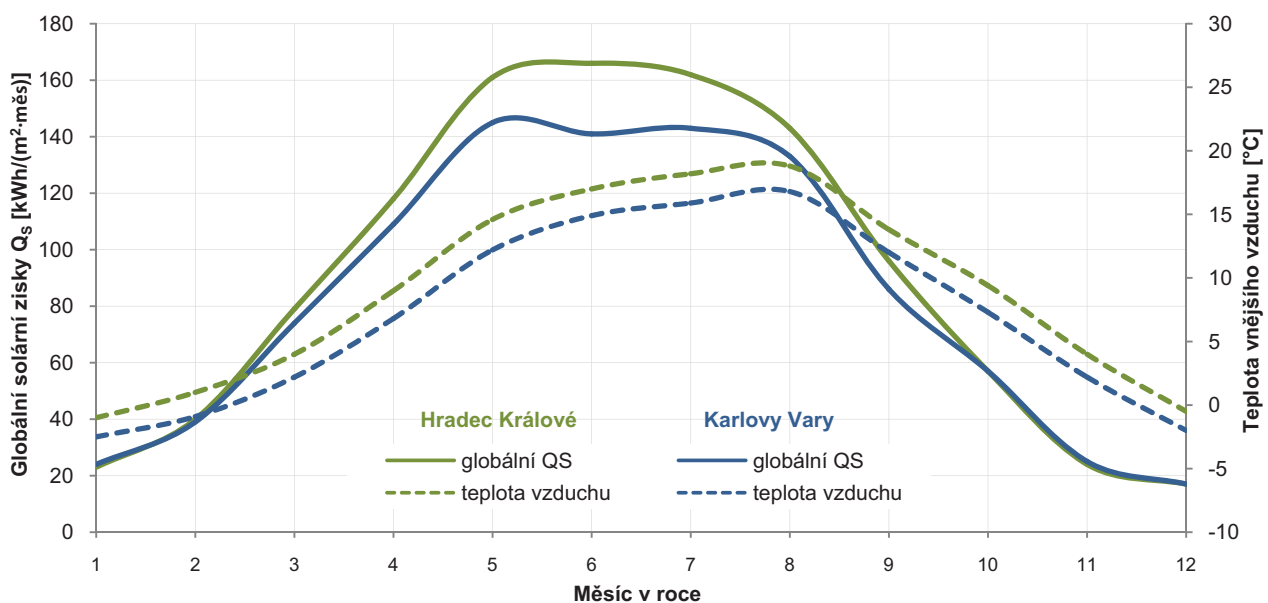
účinnost rekuperační jednotky, atd. Navržené kvality obvodových konstrukcí u rodinných domů jsou mírně kvalitnější než u bytových domů. Tato nuance vychází z faktoru tvaru A/V, který je pro větší objemy příznivější, a tak není třeba tak kvalitní konstrukce pro dosažení stejného standardu (v tabulce jsou tyto hodnoty v závorkách). Dále jsou zvažovány i výrazné lineární tepelné mosty, které bilanci energií lehce vylepšují (převzato z [60]). Tepelná kapacita zóny je  $180 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , což odpovídá smíšené konstrukci (masivní stěny a lehká střecha).

tab. 3.2 Charakteristické hodnoty posuzovaných staveb

	OZN.	charakteristika	hodnota	jednotka	poznámka
ZÁKLADNÍ ÚDAJE		definice standardu pasivního domu	<15	[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	doporučené hodnoty – dle PHPP
		měsíční metoda			přesnější metoda po jednotlivých měsících
		počet osob	35	m <sup>2</sup> /os	na každou osobu připadá 35 m <sup>2</sup> podl. plochy
	<b>h</b>	konstrukční výška stavby	3,1	[m]	standardní hodnoty
	<b>A<sub>TFA</sub></b>	vytápěná plocha	75	[%]	25% plochy tvoří konstrukce
	<b>c<sub>Air</sub></b>	větrání	30	[m <sup>3</sup> /(os·h)]	minimální výměna vzduchu 0,3 h <sup>-1</sup>
	<b>Q<sub>i</sub></b>	vnitřní tepelné zisky	2,1	[W/m <sup>2</sup> ]	praxí ověřené měrné hodnoty – dle PHPP
	<b>t<sub>i</sub></b>	vnitřní návrhová teplota	20	[°C]	výpočtová teplota
		orientace stavby	J1H	[°]	základní orientace je J1H (azimut 180°)
		klimatická oblast	HK, KV	[-]	HK (9 °C, 285 m n.m.) a KV (7,1 °C, 604 m n.m.)
<b>D<sub>t</sub></b>	denostupně	83	[kKh/a]	běžné hodnoty pro ČR	
VĚTRÁNÍ	<b>n<sub>50</sub></b>	součinitel vzduchotěsnosti	0,6	[h <sup>-1</sup> ]	při Blower-door testu 50 Pa
		netto objem vzduchu pro tlakový test	2,65 x pl.	[m <sup>3</sup> ]	pro výpočet infiltrace
	<b>Y<sub>rek</sub></b>	účinnost rekuperační jednotky	85	[%]	min. požadovaná hodnota je 75%
	<b>e</b>	součinitel větrné expozice	0,07	[-]	standardní – dle PHPP
	<b>f</b>	součinitel počtu vystavených stran	15	[-]	standardní – dle PHPP
OKNA	<b>U<sub>g</sub></b>	součinitel prostupu tepla skrze skla	0,51 (0,6)	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	kvalitní trojskla s pokovením
	<b>g</b>	součinitel prostupnosti slunečního záření	0,6	[-]	skrze sklo projde 60% záření – kvalitní
	<b>U<sub>f</sub></b>	součinitel prostupu tepla rámu okna	0,95	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	zanedbáno fixní / otevíravé
	<b>Ψ<sub>g</sub></b>	lineární tepelný most okraje skla	0,028	[W/(m·K)]	použit "teplý" distanční rámeček
	<b>Ψ<sub>f</sub></b>	lineární tepelný most osazení okna	0,009 (0,04)	[W/(m·K)]	kvalitní detail ukotvení s přeizolováním
		skladebné rozměry okna na jihu	1,5 x 1,5	[m]	podíl zasklení (71% skla, 29% rámu)
		skladebné rozměry okna na východě	1,3 x 1,3	[m]	podíl zasklení (67% skla, 33% rámu)
		skladebné rozměry okna na západě	1,3 x 1,3	[m]	podíl zasklení (67% skla, 33% rámu)
		skladebné rozměry okna na severu	1,1 x 1,1	[m]	podíl zasklení (62% skla, 38% rámu)
		hloubka základního ostění okna (boční)	0,04	[m]	dobře přeizolované rámy
		hloubka nadpraží a parapetu okna	0,16	[m]	hloubka osazení do 1/3 hloubky zdi
		zastínění léto J1H	10	[%]	zvažovány vnější žaluzie – zabrání 90% záření
		měrná kapacita - teplotní konstanta zóny	180	[Wh/(m <sup>2</sup> ·K)]	v létě max. 25°C v interiéru – proti přehřívání
KONSTRUKCE	<b>U<sub>s</sub></b>	součinitel prostupu tepla ve stěně	0,13 (0,15)	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	bytové domy zvažovány s "nižší" kvalitou
	<b>U<sub>podl</sub></b>	součinitel prostupu tepla ve střeše	0,10 (0,15)	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	bytové domy zvažovány s "nižší" kvalitou
	<b>U<sub>r</sub></b>	součinitel prostupu tepla v podlaze	0,15	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	založení na zemině bez suterénu
	<b>Ψ<sub>p</sub></b>	lineární tepelný most u perimetru	-0,010	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu
	<b>Ψ<sub>s</sub></b>	lineární tepelný most u hran stavby	-0,059	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu
	<b>Ψ<sub>r</sub></b>	lineární tepelný most u střechy	-0,036	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu

**Poznámka:** hodnoty v závorkách u oken patří k oknům při vertikálním naklání a hodnoty v závorkách u součinitelů stěn a podlahy k bytovým domům

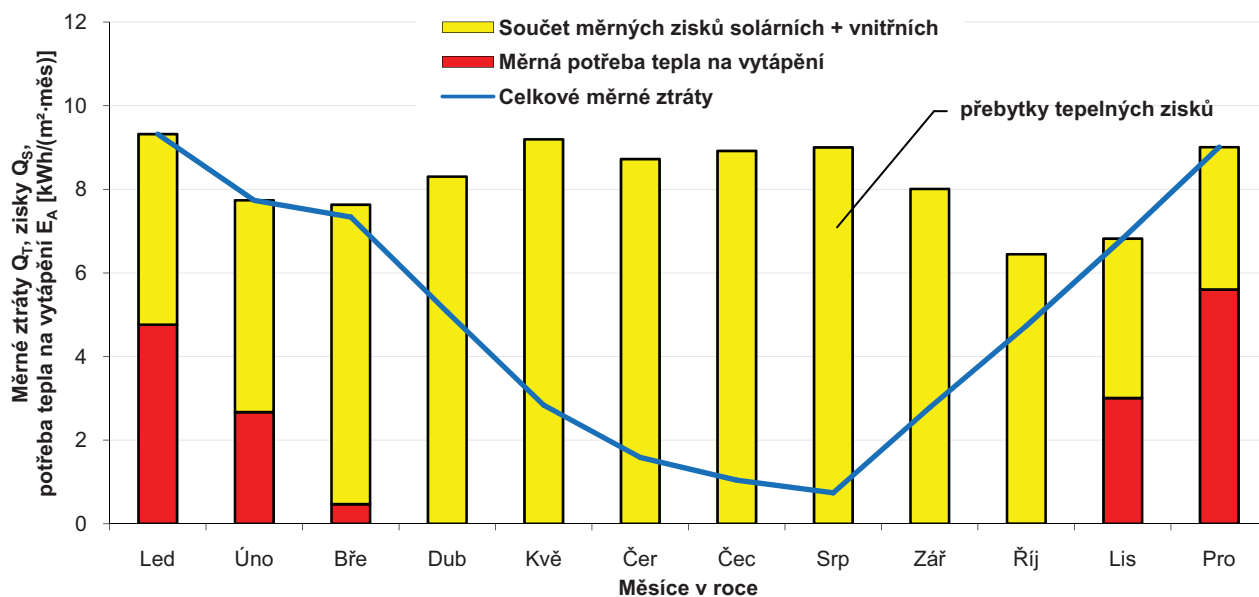
Zvažovaná vytápěná plocha je obdobou užitné plochy domu. V tomto případě je dosažena jako 75 % plocha z celkové plochy patra, tzn. že pro konstrukce (příčky, nosné stěny, atd.) vychází plocha 25 %. Tyto hodnoty jsou skutečně ověřeny na několika typech staveb pro bydlení. Počty osob jsou podle PHPP, tj. dle vytápěné plochy (na každou osobu připadá 35 m<sup>2</sup>). Vnější prosklené výplně (okna) splňují přísné standardy pro úsporné stavby s nízkým součinitelem prostupu tepla včetně vysoké prostupnosti solárního záření (60 %) s požadovaným ukotvením v rámci izolace. Zvažovány jsou okna čtvercového tvaru a jejich velikosti odpovídají „běžným velikostem“ u staveb pro bydlení. Každá orientace fasády má trochu odlišnou velikost, která je odvozena z podílu plochy rámu a skla, tj. na jižních plochách jsou většinou navrhovány větší prosklené plochy než například na severu. Zastínění v létě je zajištěno na jižních, východních a západních oknech vnějšími žaluziemi. Střešní okna použitá pouze v kapitole 6.2 mají o několik procent zhoršené parametry díky jinému osazení v konstrukci a samotnému vertikálnímu naklonění, jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce v závorkách.



diag. 3.1 Porovnání ročních solárních zisků  $Q_s$  a vnější teploty vzduchu mezi klimatem Hradec Králové a Karlovy Vary [15]

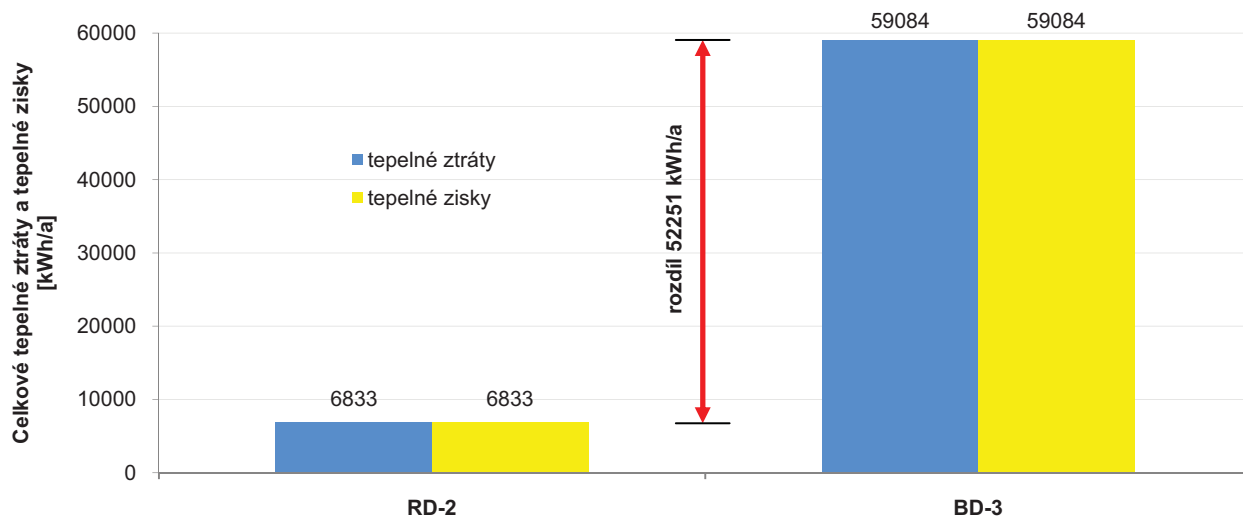
Jako referenční klima byly zvoleny klimatické údaje pro Hradec Králové, toto podnebí je i ukotveno v české TNI 73 0329(30):2009. Česká republika není tak hornatá oblast jak se na první pohled může zdát. Většina českého povrchu má podobné mírné klima. Zhruba dvě třetiny českého území leží do 500 m n. m. (52 817 km<sup>2</sup>, cca 67 %), mezi 500 až 1000 m n. m. leží 32 % plochy (25 222 km<sup>2</sup>) a pouze 1,05 % je nad 1000 m n. m. (827 km<sup>2</sup>) [61]. Střední nadmořská výška činí 430 m n.m. Jak je zřejmé z diag. 3.1 a diag. 3.6, tak více rozhodující pro výslednou potřebu tepla na vytápění je průměrná roční teplota vzduchu než globální solární zisky [12]. Čím slunečnější je daná lokalita, tím výrazněji reaguje objekt na změnu některé jeho vlastnosti (a platí to nejen pro vlastnosti, které bezprostředně souvisí se slunečním zářením). Většina českých lokalit ale není příliš slunečná. Pro posuzování byly zvoleny dvě nejrozdílnější oblasti, které mají obsaženy klimatické údaje v PHPP a to je klima pro Hradec Králové a Karlovy Vary. Změny parametrů jsou vyhodnocovány ve dvou klimaticky odlišných lokalitách a tím je obsaženo více než 80 % zastavitelného území v ČR [12].





diag. 3.2 Ukázka energetické bilance pasivního domu v průběhu roku

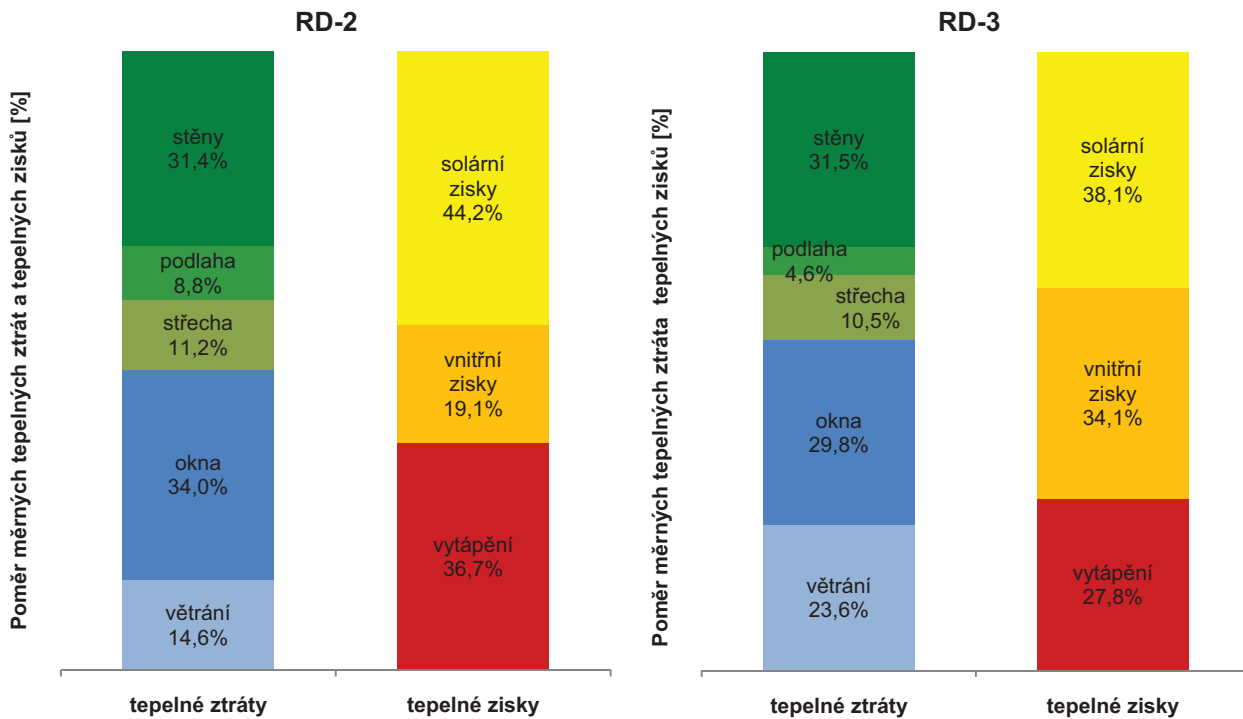
Na diag. 3.2 je prezentováno, jak efektivní je koncept pasivního domu při využívání „bezplatných“ vnějších a vnitřních energií, tj. solárních a vnitřních zisků. Většina roku je bezpečně pokryta, především mohou nastat problémy s ochlazením domu v létě mezi březnem až říjnem. Je dobré vědět, že při špatné regulaci může nastat přehřátí pasivního domu již v březnu. Proto je nezbytnou součástí zajištění protisluneční ochrany proti letnímu přehřívání, správné provětrávání a navržení takových konstrukcí, které mají ideální tepelnou kapacitu (absorbují přebytečné teplo přes den).



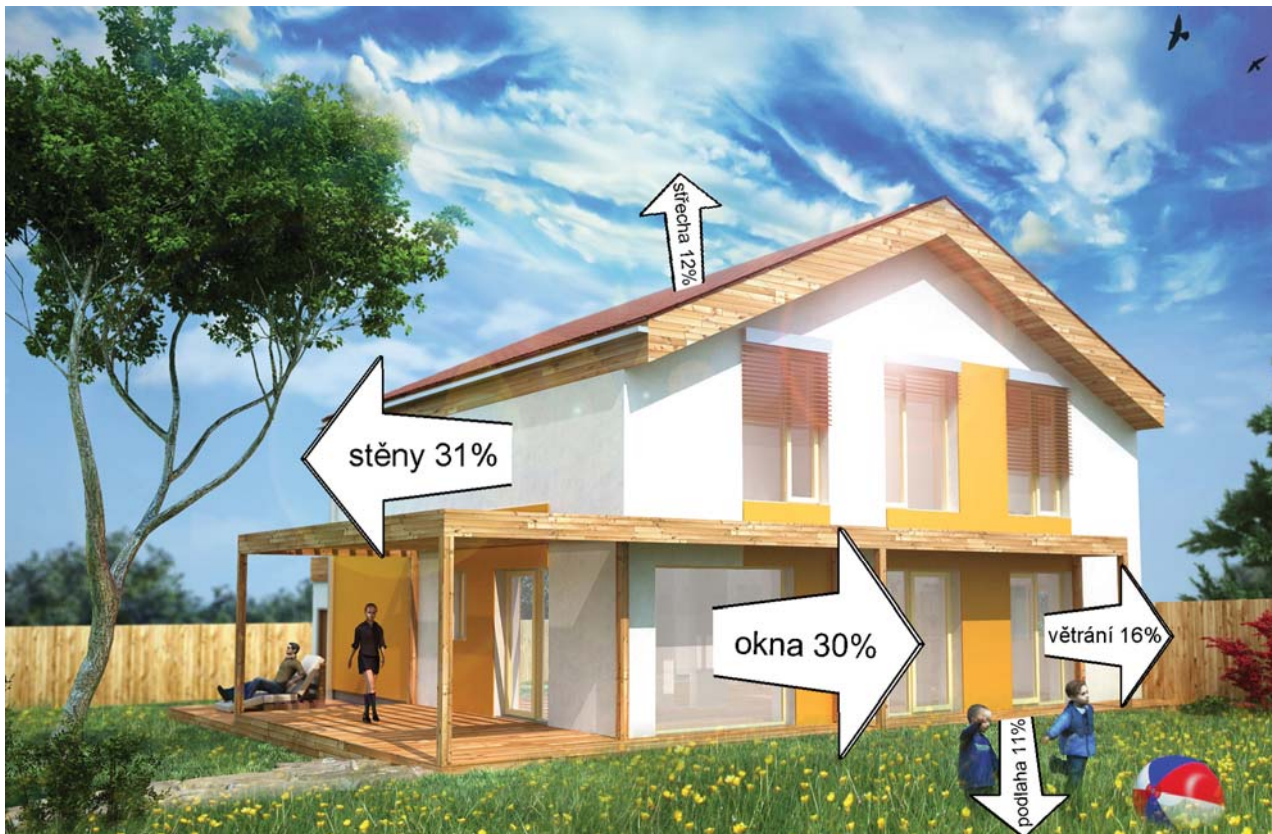
diag. 3.3 Znáornění energetické bilance pasivního domu v absolutních hodnotách – vztah mezi tepelnými ztrátami a tepelnými zisky u RD-2 a BD-3 (klima HK)

Na diag. 3.3 je názorně vidět množství „bilancované“ energie u malého RD a velkého BD. Je nutné si uvědomit, že každá stavba již svým objemem definuje „objemy požívaných energií“, tj. kolik bude tepelných ztrát a tepelných zisků. U velkých staveb je třeba dbát na preciznost, protože i malá nepřesnost může udělat velkou chybu a obrovský rozdíl ve výsledku celkové energetické bilance domu. U rozdílných objemů, tvarů a prosklení jsou i jiné „proporce“ využívaných energií, toto krásně ukazuje diag. 3.4. Největší rozdíly jsou mezi větráním a vnitřními

zisky, které jsou odvozeny od vytápěné plochy domu, proto u větších staveb vychází větší vliv těchto parametrů díky jinému poměru mezi vnitřní užitnou plochou a plochou vnějšího pláště.



diag. 3.4 Znárodnění energetické bilance pasivního domu v % – vztah mezi tepelnými ztrátami a tepelnými zisky u RD-2 a BD-3 (klíma HK)



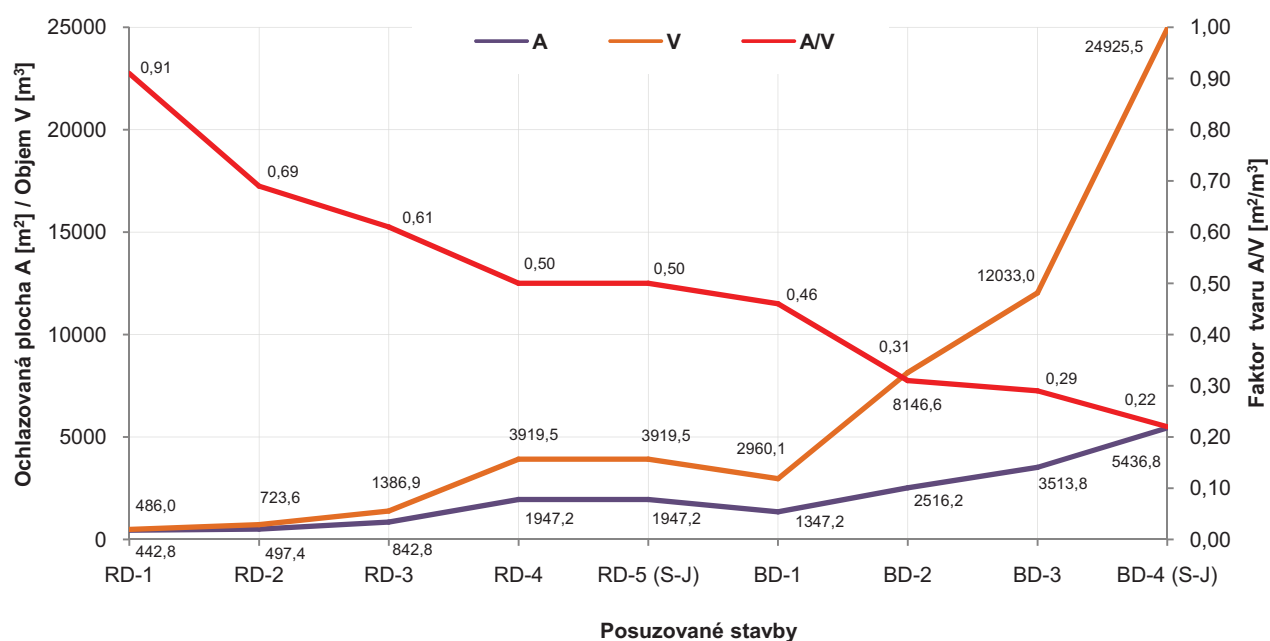
obr. 3.2 Ukázka tepelných ztrát u pasivního rodinného domu – arch. Vize Ateliér, Brno [13]

Na obr. 3.2 je na příkladě ilustrován poměr tepelných ztrát u malého domu. Díky své největší ploše mají hlavní vliv stěny a poté všechna okna. Okna mají zhruba šestkrát horší tepelně-technické parametry než stěny, ale na druhou stranu jižní orientace přijímá solární zisky, takže tato „slabina“ je velmi rychle eliminována. Hlavní úvaha je, že na energetickou bilanci stěny nemá orientace vůbec žádný vliv (pokud nezapočítáváme tepelné zisky neprůsvitnou konstrukcí), ale na okno má orientace zásadní vliv, viz kapitola 6.

tab. 3.3 Vypočtené hodnoty fyzikálních veličin posuzovaných staveb

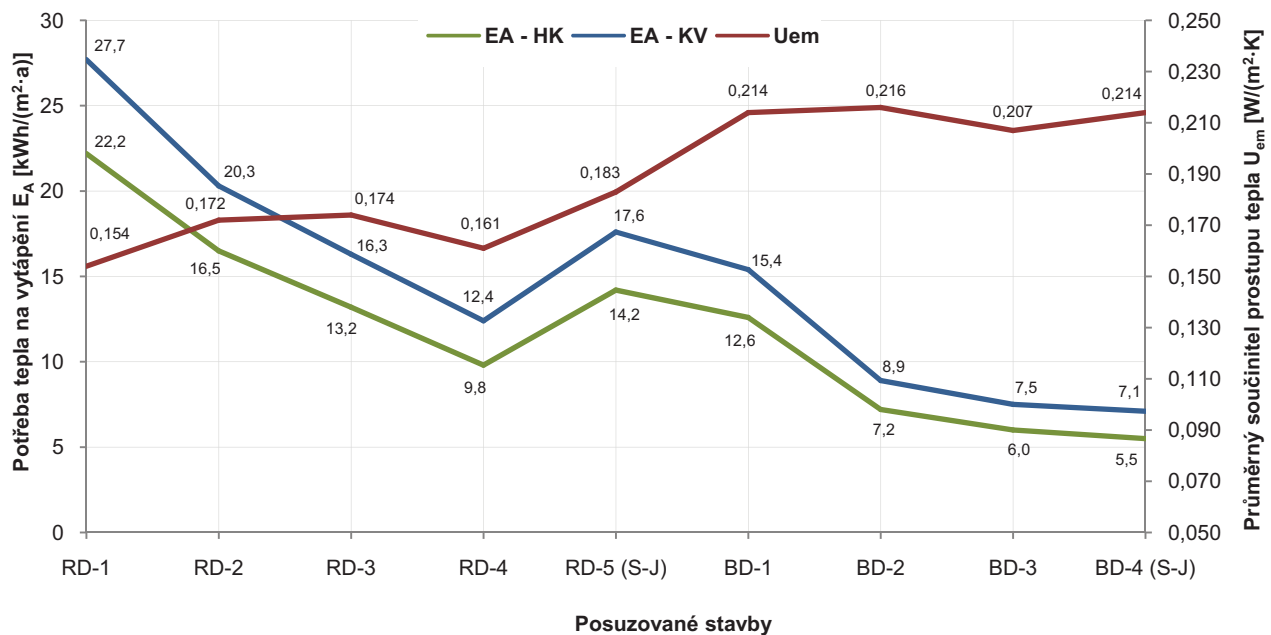
Fyzikální veličiny		Vypočtené hodnoty fyzikálních veličin								
značka	jednotka	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
A	[m <sup>2</sup> ]	442,8	497,4	842,8	1947,2	1947,2	1347,2	2516,2	3513,8	5436,8
V	[m <sup>3</sup> ]	486,0	723,6	1386,9	3919,5	3919,5	2960,1	8146,6	12033,0	24925,5
A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,91	0,69	0,61	0,50	0,50	0,46	0,31	0,29	0,22
E <sub>A</sub> - HK	[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
E <sub>A</sub> - KV	[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
U <sub>em</sub>	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,154	0,172	0,174	0,161	0,183	0,214	0,216	0,207	0,214

Všechny posuzované stavby jsou seřazeny do tab. 3.3 a znázorněny v diag. 3.5. Jako základní prvek, který je sledován, je průměrný součinitel prostupu tepla U<sub>em</sub>, který všechny stavby bez problému splňují (limit pro RD je U<sub>W</sub> < 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K) a pro BD do 0,30 W/(m<sup>2</sup>·K) [16]). Je to základní ukazatel kvality použitých konstrukcí, hlavně prosklených ploch a jejich množství (viz diag. 3.6). Je zjištěno, že pokud architekt použije příliš mnoho prosklených ploch, tak nelze splnit tento požadavek ani při velmi kvalitních oknech. Pokud se navrhuje dle zásad úsporných staveb, tak se lze u RD dostat na hodnotu cca U<sub>W</sub> ≈ 0,18 W/(m<sup>2</sup>·K) a u BD na U<sub>W</sub> ≈ 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K) a stále zůstane „rezerva“.



diag. 3.5 Vztah mezi ochlazovanou plochou A, objemem V a faktorem tvaru stavby A/V

Asi nejznámější faktor je tzv. faktor tvaru, nebo-li poměr mezi ochlazovanou plochou  $A$  a vytápěným objemem  $V$ . Z diag. 3.5 je tato závislost velmi dobře vidět, která ukazuje, že s rostoucím objemem klesá tento faktor tvaru. U RD se pohybujeme na hodnotě do 0,7 (je to i díky kompaktnímu tvaru) a u BD na číse cca 0,3. Zde je krásně patrný potenciál velkých staveb v pasivním standardu, protože i s méně kvalitními konstrukcemi lze u velkých staveb dosáhnout nízké hodnoty potřeby tepla na vytápění, jak je vidět na diag. 3.6. Na samotný faktor tvaru nemá vlastní tvar budovy, tzn. zda-li je stavba vysoká nebo široká či plochá, až takový významný vliv. Mezi velkými stavbami je nejméně vhodný věžovitý bytový dům. Jak je známo, u velkých staveb je někdy velmi obtížné dodržet kvalitu samotného provedení stavby (realizaci) a právě úsporné stavby jsou na to velmi citlivé. Naštěstí faktor tvaru těmto objemným stavbám dobře „pomáhá“, a proto jsou více odolnější na změnu kompaktnosti než malé rodinné domy, viz obr. 5.2.



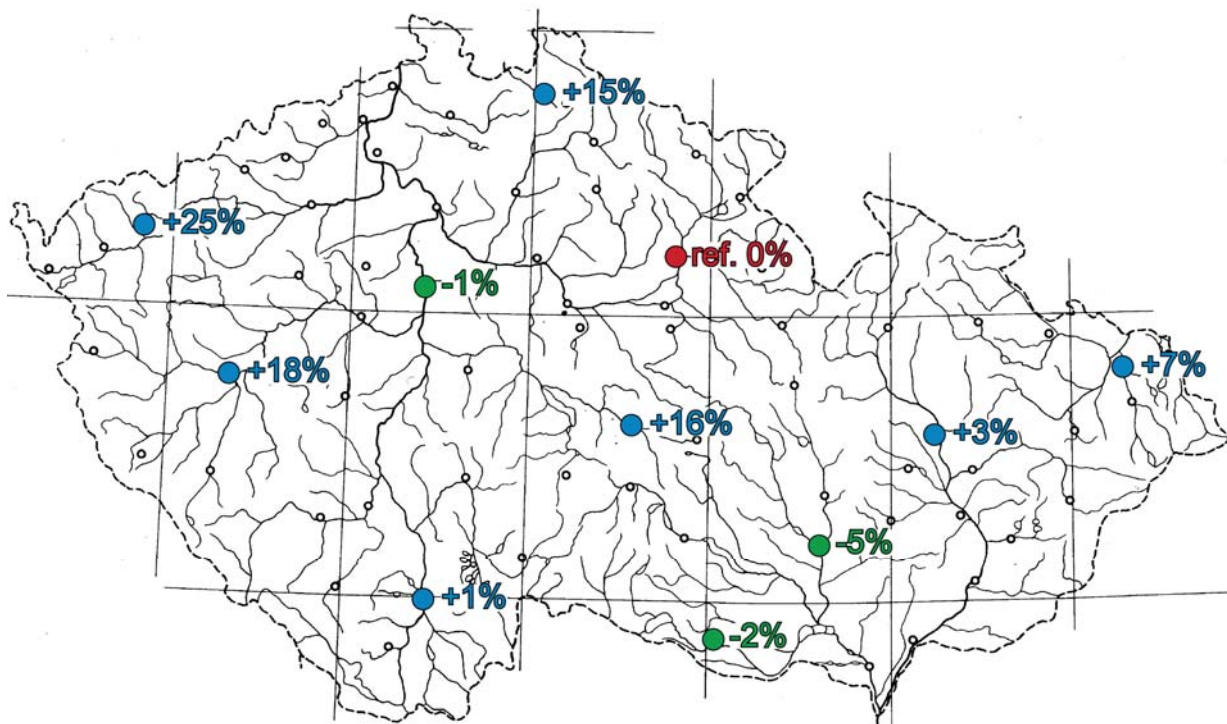
diag. 3.6 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK a klíma KV) a průměrným součinitelem prostupu tepla  $U_{em}$  stavby

Na diag. 3.6 je ukázáno porovnání dvou zvolených klimatických oblastí, tj. Hradec Králové (HK) a Karlovy Vary (KV). Méně příznivé je pro návrh klíma Karlových Varů (průměrná roční teplota 7,1 °C, 604 m n.m. [15]) oproti Hradci Králové (průměrná roční teplota 9 °C, 285 m n.m.). V každé lokalitě se stavba chová jinak a rozdíl je u nejmenší stavby cca 5,5 kWh/(m²·a) a u největší „pouze“ 1,6 kWh/(m²·a).

## 4 VLIVY UMÍSTĚNÍ STAVBY

### 4.1 Poloha stavby

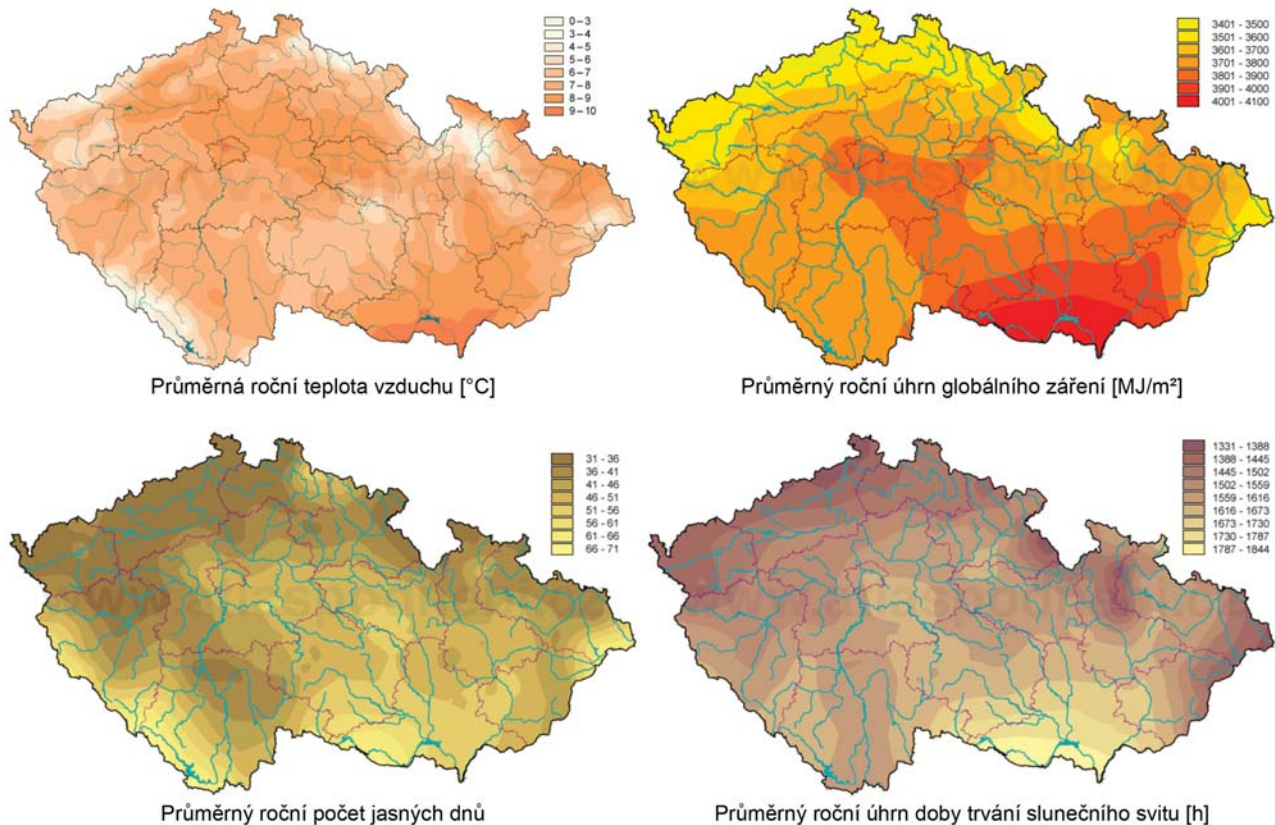
#### 4.1.1 Umístění v rámci České republiky



obr. 4.1 Schematické znázornění vlivu polohy úsporné stavby v rámci ČR

Obecně lze říci, že Česká republika je vnitrozemským státem, který leží v mírném klimatickém pásu severní polokoule. Z hlediska umístění ČR v Evropě je možné říci, že se naše republika nachází v oblasti přechodného klimatu středoevropského, v západní části území je větší vliv oceánu, směrem na východ vzrůstá vliv kontinentu. Pokud převládá vliv oceánu se západními a jihozápadními větry, je chladnější a deštivé léto, mírnější a teplejší zima. Pokud převládá vliv kontinentu s východními a severovýchodními větry, je teplejší a suché léto, silná a chladnější zima. Je možné také říci, že východní části státu jsou chladnější s většími rozdíly mezi létem a zimou a západnější části státu jsou teplejší s menšími rozdíly mezi létem a zimou. V ČR se velmi silně uplatňuje výšková rozmanitost terénu ve vztahu k převládajícím větrům – výsledkem je rozmanitost počasí u nás s jednou základní charakteristikou – směrem vzhůru klesají průměrné teploty vzduchu a naopak přibývá srážek. Hory u hranic a Českomoravská vrchovina představují jakési hráze, které brání přesunu atmosférických hmot, které sebou nesou určité množství tepla a srážek. Vytvářejí pak tzv. srážkové stíny – Šumava, Český les, Krušné hory. Mezi hlavní klimatologické faktory patří zeměpisná šířka, nadmořská výška a vzdálenost od oceánu. Rozdíly v zeměpisné šířce jsou v rámci ČR zanedbatelné, nejsevernější bod leží jen o necelých 2,5 stupně severněji než nejižnější. Nejdůležitějším faktorem variability klimatu ČR zůstává pestrá výšková členitost, díky níž se podnebí jednotlivých oblastí ČR liší. Průměrná teplota vzduchu je silně závislá na nadmořské výšce. Zatímco na nejvyšší hoře ČR Sněžce (1602 m) činí jen 0,4 °C, v nížinách jihovýchodní Moravy dosahuje téměř 10 °C. Nejvyšší průměrné teploty vzduchu vykazuje i Praha, kde k oteplení přispívá vliv městského klimatu – tzv. „tepelného ostrova“.

Význam polohy pasivních staveb v rámci ČR nelze zanedbat, neboť každé místo má „originální“ lokální podmínky, na které spolupůsobí více vlivů, jako je například zmíněná průměrná roční teplota a roční globální záření. Každé místo má jiný počet jasných dnů, které maximálně využívají potenciál solárních zisků daného místa a délku trvání slunečního svitu. Tyto „drobné“ odchylky jsou znázorněny na obr. 4.2. Pokud se zváží všechna hlediska, tak dle klimatických map je nevhodnější místo, které má nejvyšší průměrnou roční teplotu (významnější) a největší sluneční záření. Na mapě to je lokalita kolem Břeclavi na jižní Moravě. Jako nejobtížnější pro návrh jsou místa kolem Klášterce nad Ohří v Doupovských horách na severozápadní části České republiky.



obr. 4.2 Schematické klimatické mapy ČR [63]

V software PHPP je posuzováno 11 klimatických oblastí. Je možné posuzovat i jiné oblasti, zejména lokality „horského“ rázu, kde je vyšší intenzita slunečního záření. Tyto oblasti se vyskytují v ČR velmi zřídka (cca 0,5 % plochy našeho státu) a získané údaje lze dostat interpolační metodou z jiných známých dat. Kvůli této velké nepřesnosti a malé významnosti nejsou posuzovány, ale v jiných (například alpských oblastech) hrají dominantní roli.

Dle tab. 4.1 a celkové mapy České republiky na obr. 4.1 je patrné, že lokalita Brno je z těchto oblastí nevhodnější a stavby mají nejnižší potřebu tepla na vytápění. Znojmo, které je více na jihu, je o cca 100 m výše, tzn. má nižší průměrnou teplotu, která tuto oblast mírně znevýhodňuje. Rozdíl u RD-1 je mezi Brnem a Karlovými Vary (nejhorší) 6,4 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a u BD-4 (S-J) pouze 1,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Ale dle tab. 4.2 je zřejmé, že procentuální vliv je u obou zhruba 29 %. Velké a malé budovy mají zhruba stejnou změnu, ale velké stavby jsou odolnější a na celkovou měrnou potřebu vycházejí mnohem lépe díky velké vytápěné ploše. Je zajímavé, že stavby s orientací S-J jsou na změnu lokality méně citlivé než stavby orientované přímo na jih.

Je to z důvodu hlavní orientace oken na západ a východ, na kterých sluneční zisky nejsou tak radikální a vliv jejich změny je menší.

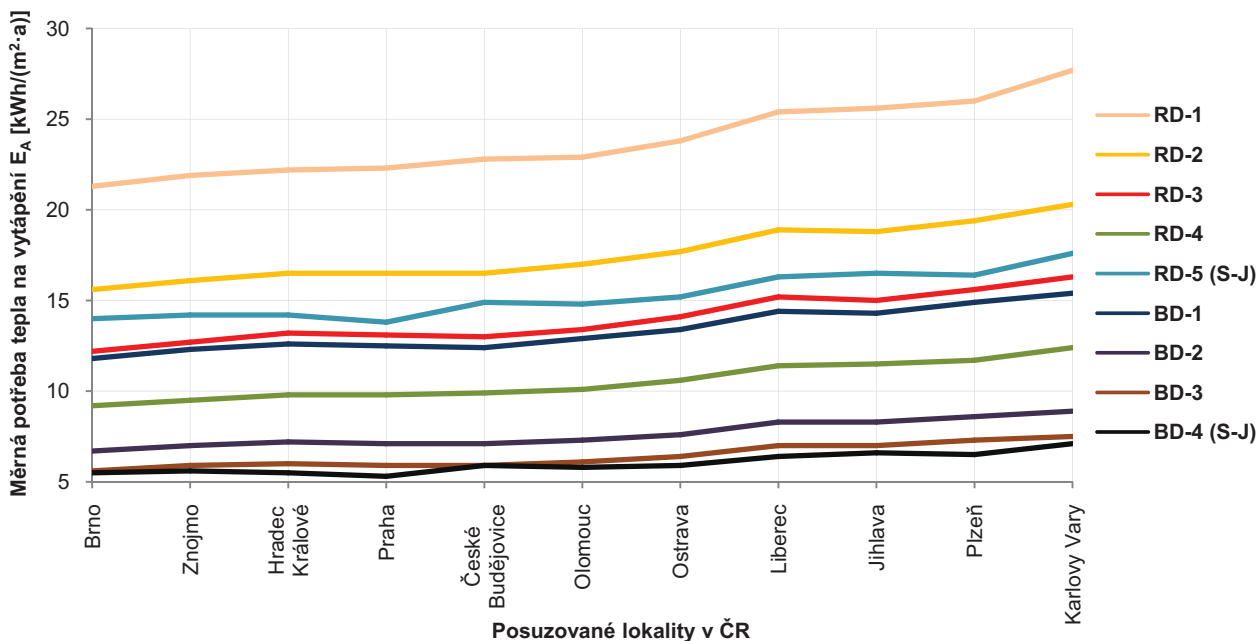
tab. 4.1 Vliv klimatické oblasti v ČR na  $E_A$

Klimatická oblast v ČR	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
Brno	21,3	15,6	12,2	9,2	14,0	11,8	6,7	5,6	5,5
Znojmo	21,9	16,1	12,7	9,5	14,2	12,3	7,0	5,9	5,6
Hradec Králové	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
Praha	22,3	16,5	13,1	9,8	13,8	12,5	7,1	5,9	5,3
České Budějovice	22,8	16,5	13,0	9,9	14,9	12,4	7,1	5,9	5,9
Olomouc	22,9	17,0	13,4	10,1	14,8	12,9	7,3	6,1	5,8
Ostrava	23,8	17,7	14,1	10,6	15,2	13,4	7,6	6,4	5,9
Liberec	25,4	18,9	15,2	11,4	16,3	14,4	8,3	7,0	6,4
Jihlava	25,6	18,8	15,0	11,5	16,5	14,3	8,3	7,0	6,6
Plzeň	26,0	19,4	15,6	11,7	16,4	14,9	8,6	7,3	6,5
Karlovy Vary	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1

tab. 4.2 Vliv klimatické oblasti na procentuální změnu  $E_A$

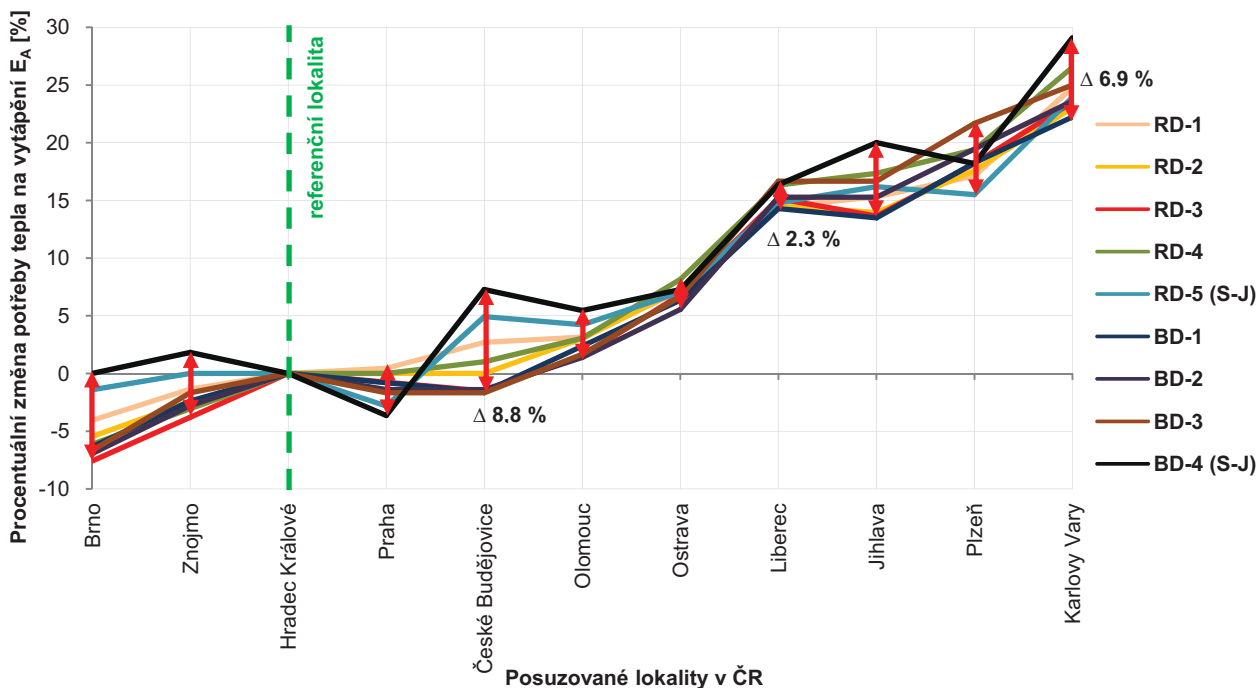
Klimatická oblast v ČR	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
Brno	-4,1%	-5,5%	-7,6%	-6,1%	-1,4%	-6,3%	-6,9%	-6,7%	0%
Znojmo	-1,4%	-2,4%	-3,8%	-3,1%	0%	-2,4%	-2,8%	-1,7%	+1,8%
Hradec Králové	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Praha	+0,5%	0%	-0,8%	0%	-2,8%	-0,8%	-1,4%	-1,7%	-3,6%
České Budějovice	+2,7%	0%	-1,5%	+1%	+4,9%	-1,6%	-1,4%	-1,7%	+7,3%
Olomouc	+3,1%	+3%	+1,5%	+3,1%	+4,2%	+2,4%	+1,4%	+1,7%	+5,5%
Ostrava	+7,2%	+7,3%	+6,8%	+8,2%	+7%	+6,3%	+5,6%	+6,7%	+7,3%
Liberec	+14,4%	+14,5%	+15,2%	+16,2%	+14,8%	+14,3%	+15,3%	+16,7%	+16,4%
Jihlava	+15,3%	+13,9%	+13,6%	+17,3%	+16,2%	+13,5%	+15,3%	+16,7%	+20%
Plzeň	+17,1%	+17,6%	+18,2%	+19,4%	+15,5%	+18,5%	+19,4%	+21,7%	+18,2%
Karlovy Vary	+24,8%	+23,0%	+23,5%	+26,5%	+23,9%	+22,2%	+23,6%	+25,0%	+29,1%

Na diag. 4.1 je znázorněn pozvolný růst potřeby tepla na vytápění dle seskládaných klimatických oblastí. Je zde vidět, že citlivost malých staveb je vyšší. Budova RD-5 (S-J) má nejvyšší propad potřeby v Praze, je to pravděpodobně dle velkého vlivu okolní teploty (tepelný ostrov). Hlavním poznatkem je, že architekt musí zohlednit danou lokalitu, ve které bude pasivní dům navrhovat a reagovat přímo na místní klimatické podmínky. Od této volby se odvíjí i cenová náročnost a například díky špatnému rozhodnutí se energetický standard budovy zhorší až o 29 %. Je jasné, že pro výběr je třeba zvážit mnoho dalších kritérií.



diag. 4.1 Vztah mezi klimatickou oblastí a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$

V diag. 4.2 jsou ukázány oblasti, ve kterých dochází k nejvyšším odlišnostem mezi malou a velkou stavbou (jako referenční lokalita je Hradec Králové) a ukazuje směr trendu (tj. není určen k přesnému odečítání dat). Nevyšší nuance vznikají v Českých Budějovicích a nejmenší v Liberci, kde velká a malá stavba bude mít zhruba stejnou procentuální transformaci. Může to být způsobeno „mírnou“ nepřesností klimatických dat.



diag. 4.2 Vztah mezi klimatickou oblastí a procentuální změnou potřeby tepla na vytápění  $E_A$



## 4.1.2 Korekce nadmořské výšky



obr. 4.3 Schematické znázornění vlivu korekce nadmořské výšky na RD a BD

Nadmořská výška je svislá vzdálenost (výškový rozdíl) určitého místa na zemi k hladině některého moře (obvykle nejbližšího). Udává se v metrech nad mořem (m n.m.) případně ve stopách nad hladinou moře v angloamerické měrné soustavě. Nadmořské výšky v České republice jsou udávány k hladině Baltského moře po vyrovnání. Až do roku 1955 v tehdejším Československu, a před tím v Rakousko-Uhersku, byla používána jako základ střední hladina Jaderského moře v Terstu, která je oproti baltskému systému o 0,46 m výše. Nejvyšším bodem je hora Sněžka (1602 m n.m.) v Krkonoších, nejvýše položené sídlo je Filipova Huť v okrese Klatovy (1093 m n.m.) a nejnižše položené místo je Labe na odtoku ze země u Hřenska (115 m n.m.) [64].

tab. 4.3 Vliv korekce nadmořské výšky na  $E_A$  (klima HK)

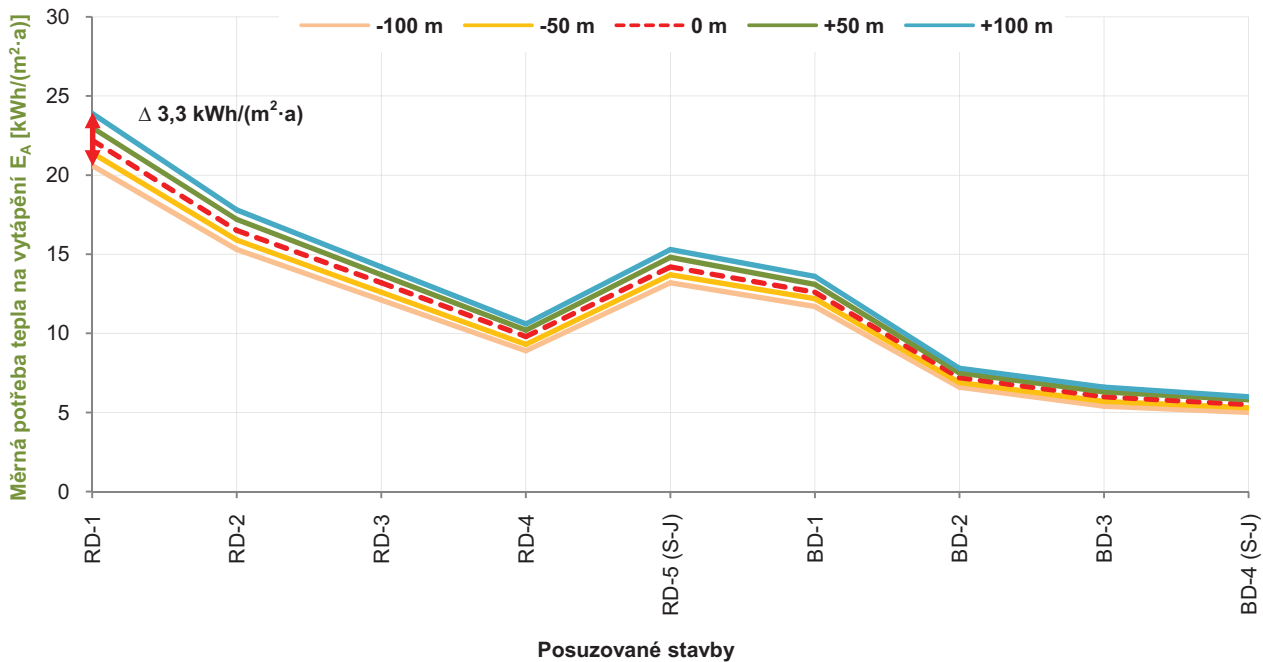
Korekce nadmořské výšky	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
-100 m	20,6	15,3	12,1	8,9	13,2	11,7	6,6	5,4	5,0
-50 m	21,4	15,9	12,6	9,3	13,7	12,2	6,9	5,7	5,3
0 m	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
+50 m	23,0	17,2	13,7	10,2	14,8	13,1	7,5	6,3	5,8
+100 m	23,9	17,8	14,2	10,6	15,3	13,6	7,8	6,6	6,0

tab. 4.4 Vliv korekce nadmořské výšky na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Korekce nadmořské výšky	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
-100 m	-7,2%	-7,3%	-8,3%	-9,2%	-7%	-7,1%	-8,3%	-10,0%	-9,1%
-50 m	-3,6%	-3,6%	-4,5%	-5,1%	-3,5%	-3,2%	-4,2%	-5%	-3,6%
0 m	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
+50 m	+3,6%	+4,2%	+3,8%	+4,1%	+4,2%	+4%	+4,2%	+5,0%	+5,5%
+100 m	+7,7%	+7,9%	+7,6%	+8,2%	+7,7%	+7,9%	+8,3%	+10,0%	+9,1%

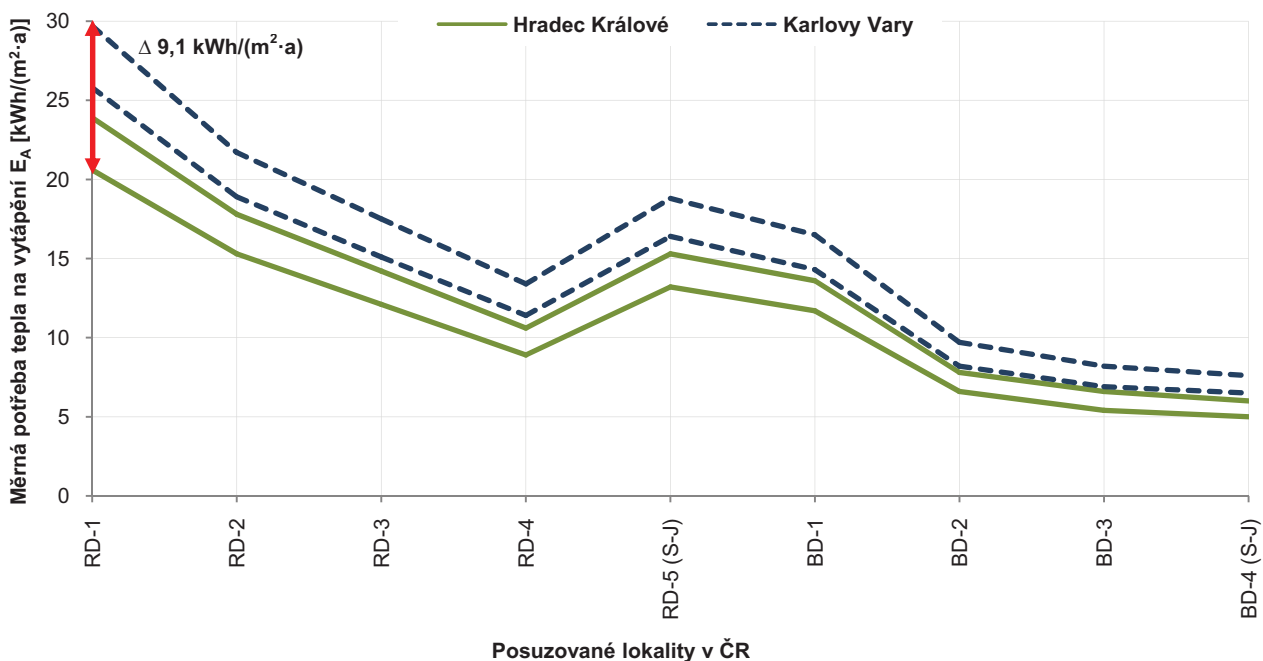
Přesnost polohy pasivního domu musí být nejen v rámci ČR, tj. přesné klimatické oblasti, ale i v relativně přesné nadmořské výšce. Z různých měření je známo, že na každých 100 m výšky klesá průměrná roční teplota o 0,6 °C (vertikální teplotní gradient [15]), se kterou i počítá PHPP. Dům může být dobře umístěn, ale pokud je špatně zaměřena jeho výška, tak vznikne chyba, jak ukazuje tab. 4.3 a tab. 4.4. Tyto tabulky vyhodnocují korekci nadmořské výšky v klima Hradce Králové, klima Karlových Varů vyhodnocují tab. P.1.1 a tab. P.1.2. Obě oblasti mají velmi podobné vlivy na výslednou potřebu.

Pokud se dům posune někdy i o „zanedbatelnou“ hodnotu o 100 m níže nebo výše, tak se u RD-1 vytvoří chyba 1,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je chyba cca 7 %. Velký bytový dům BD-4 (S-J) má změnu 0,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je cca 9 %.



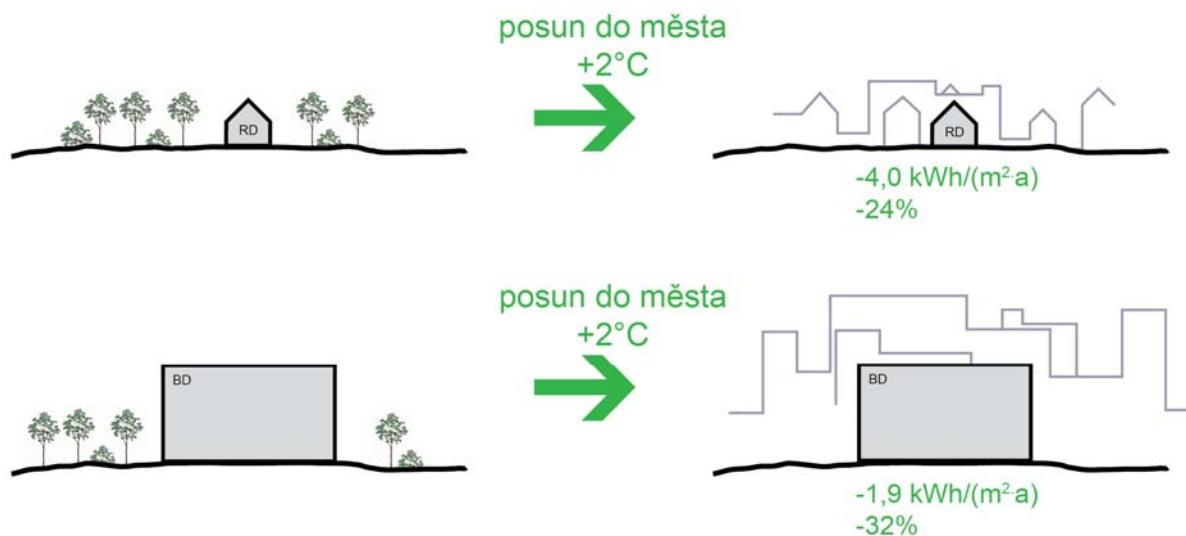
diag. 4.3 Vztah mezi korekcí nadmořské výšky a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK)

Na diag. 4.3 je prezentováno, že chyba v rámci nadmořské výšky není až tak velká a pokud architekt má jistotu, že zná nadmořskou polohu, tak je vše bez problému. Zjistit polohu navrhovaného domu lze z dostupných map z odečtu vrstevnic (chyba většinou menší než 50 m). Skutečně velká chyba pak může vzniknout zanedbáním a přiřazením polohy v rámci ČR a nadmořské výšky, která se v dané lokalitě vůbec nevyskytuje. Například pro nížinou oblast zadá výšku nad 700 m n.m. V tuto chvíli vznikne absurdní chyba, která odhadem může výsledek deformovat o desítky procent (tato chyba se prakticky nesmí nikdy stát). Velké stavby jsou na změnu méně citlivé a orientace stavby na výsledek nemá žádný vliv, viz obr. 4.3.



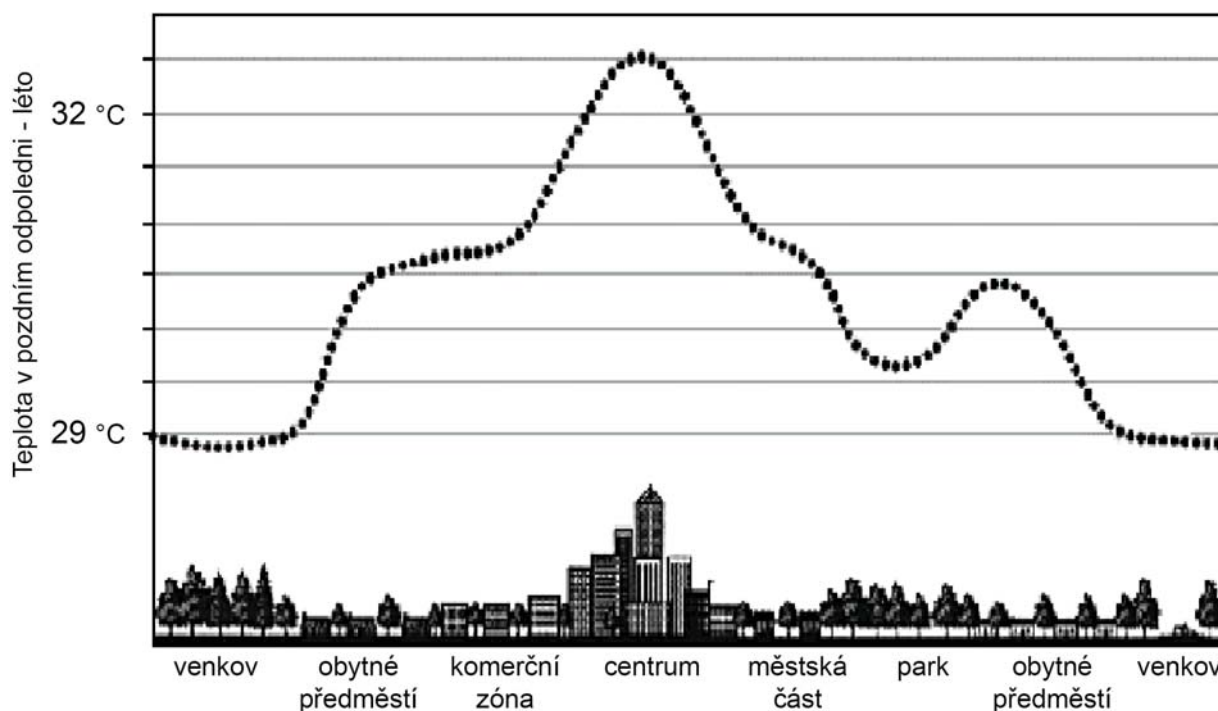
diag. 4.4 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění  $E_A$  mezi klimatem HK a klimatem KV u korekce nadmořské výšky

### 4.1.3 Korekce okolní teploty



obr. 4.4: Schematické znázornění vlivu korekce okolní teploty na RD a BD

Ve městech dnes žije asi polovina světového obyvatelstva a OSN odhaduje, že do roku 2030 to bude 60 %. Jelikož v rozvinutém světě žije ve městech již 74 % lidí a do roku 2030 to má být 80 %, dá se očekávat, že do konce tohoto století to bude obdobně vypadat v rozvojovém světě [65].



obr. 4.5 Ukázka městského tepelného ostrova [66]

Vliv okolní teploty na energetickou bilanci domu je velmi významný. Například minimální denní teplota vzduchu je asi půl hodiny po východu Slunce, protože to je důsledek ochlazování povrchu dlouhovlnným vyzařováním v období negativní radiační bilance. Pro energetickou bilanci domu je rozdíl, zda-li stojí ve volné krajině nebo ve městě. Tomuto „městskému jevu“ se odborně

říká městské tepelné ostrovy<sup>4</sup> (obr. 4.5) a tou je městská zástavba, která vykazuje znatelně vyšší teploty než její okolí. Teplotní rozdíly jsou větší v noci než ve dne a závažnější v zimě než v létě a jsou nejvýraznější při slabém větru či bezvětří. Hlavní příčinou tepelných ostrovů je překrytí původní plochy vegetace pozemními komunikacemi a budovami. Asfalt a beton, které jsou zde použity, nemají schopnost přijímané sluneční záření upotřebit a přeměnit na fotochemickou (fotosyntéza) či jinou energii, jak tomu probíhá u vyšších rostlin a mají taky větší tendenci dopadající světelné a tepelné záření absorbovat. V případě asfaltových silnic absorpci prohlubuje tmavá barva těchto komunikací. Druhotným přispívajícím činitelem je vyplývané teplo dodávané do jednotlivých domů a bytů. Spolu s tím, jak roste přeměna původní krajiny, roste i teplota v centrech tepelných ostrovů. Tepelné ostrovy se dají měřit v infračervené části spektra. U největších velkoměst činí rozdíl teploty kolem 10 °C, u menších měst 5 °C a méně. Díky postupnému uvolňování tepla těchto povrchů se největší rozdíl teploty, v porovnání s nezastavěnou krajinou, projevuje po západu Slunce a v průběhu noci. Důvodem tepelných rozdílů v zimě je skutečnost, že sníh (který má schopnost odrazet až 90 % dopadajícího slunečního záření) je ve městech (a to i těch menších) během několika hodin po sněžení odklizen. Účinek tepelných ostrovů lze výrazně ovlivnit „zelenou zástavbou“ – v případové studii v německém Stuttgartu byl v ulicích s vysázenou zelení zaznamenán úbytek tepla o 2 až 4 °C. Příspěvek ke globálnímu oteplování je u městských ostrovů jen nepatrný a je lokálního charakteru. To, co však tepelné ostrovy ovlivňují ve větší míře, jsou tepelné poměry a pochody v atmosféře a množství srážek. Například měsíční dešťové srážky jsou o 28 % větší směrem po větru k městským částem než proti větru [67]. Nejvýraznější efekt městského tepelného ostrova bývá za jasných, klidných, zimních nocí.

tab. 4.5 Vliv korekce okolní teploty na  $E_A$  (klima HK)

Zvýšení teploty	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> -a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
<b>+1,0°C</b>	19,6	14,5	11,4	8,4	12,6	11,1	6,1	5,0	4,7
<b>+2,0°C</b>	17,0	12,5	9,7	7,0	11,0	9,5	5,1	4,1	3,9

tab. 4.6 Vliv korekce okolní teploty na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Zvýšení teploty	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>+1,0°C</b>	-11,7%	-12,1%	-13,6%	-14,3%	-11,3%	-11,9%	-15,3%	-16,7%	-14,5%
<b>+2,0°C</b>	-23,4%	-24,2%	-26,5%	-28,6%	-22,5%	-24,6%	-29,2%	-31,7%	-29,1%

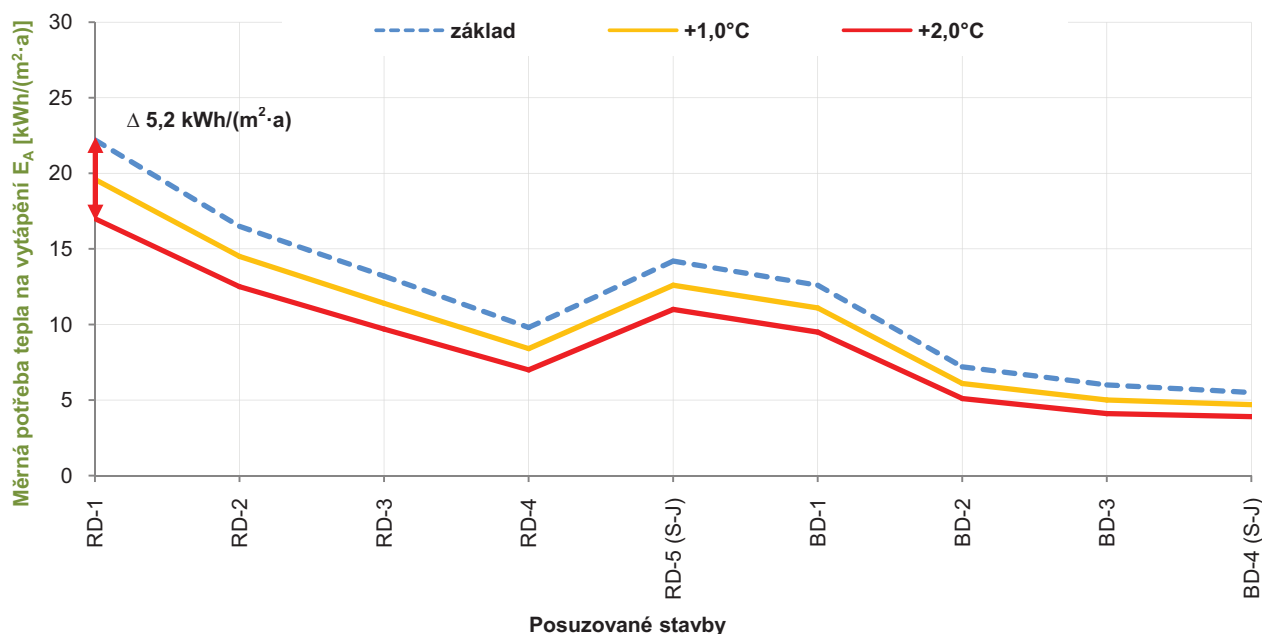
### Kontrast teploty mezi městem a venkovskou krajinou:

- charakter aktivního povrchu je měněn lidskou aktivitou, zvláště ve městech (zástavba, vozovky, chodníky aj.);
- venkovská krajina – vegetace – transpirace (výpar z povrchu rostlin) – odnímání tepla, povrch chladnější (výraznější ochlazující vliv v případě lesního porostu);

<sup>4</sup> Jako první objevil tento jev britský meteorolog Luke Howard na počátku 19. století v Londýně, avšak s expanzí měst a postupujícím nahrazováním vegetace vysokými domy a komunikacemi je dokumentován z řady světových měst – od Tel Avivu, Baltimoru a Phoenixu po Guadalajaru v Mexiku, Barrow na Aljašce, Šanghaj, Soul, Milán, Vídeň a Stockholm.

- půdní povrch je vlhčí, při výparu jeho ochlazování;
- ve městě je srážková voda odváděna mimo město, povrch je sušší, insolací se otepluje povrch (teplota vyšší než v okolní venkovské krajině);
- stavební materiály ve městě pohlcují a uchovávají zářivou energii, v noci ji vyzařují (noční teploty vyšší než v okolní venkovské krajině);
- pohlcování tepla je posíleno několikerým odrazem záření mezi různými vertikálními povrchy ve městě.

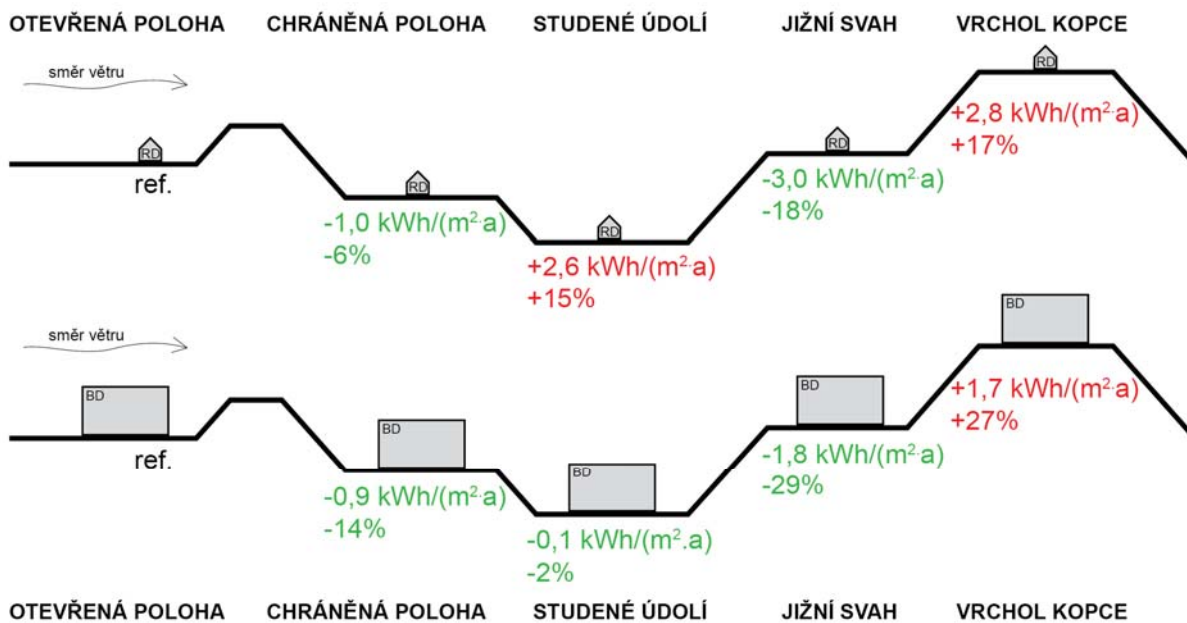
Příkladem městského tepelného ostrovu u nás může být centrum Prahy. Průměrná roční teplota (1961–1990) na meteorologické stanici v Praze-Karlově (261 m n.m.) činila +9,4 °C (leden -0,9 °C, červenec +19,1 °C), zatímco meteorologická stanice Semčice (234 m n.m.) ve srovnatelné nadmořské výšce a zeměpisné poloze vykazovala za stejné období průměrnou roční teplotu +8,7 °C (leden -1,9 °C, červenec +18,3 °C [67]).



diag. 4.5 Vztah mezi korekcí okolní teploty a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK)

V rámci této kapitoly je posuzována celoroční změna teploty o 2 °C nad lokální průměr, tj. posunutí do malého města (cca 5000 obyvatel, viz obr. 4.4). Obě tab. 4.5 a tab. 4.6 ukazují změnu u RD-1 o 5,2 kWh/(m²·a) a u BD-4 (S-J) 1,6 kWh/(m²·a). V procentuální bilanci se provede změna o -23 % a -29 % na potřebě tepla na vytápění. Podobné hodnoty nastávají i v klimatu KV (viz tab. P.1.3 a tab. P.1.4). Jak je i na obr. 4.5 zřejmé, tak lokální klimatické podmínky mají podstatný vliv. Ve městě je třeba zvážit i jiné parametry, jako je například stínění okolními budovami. Závěr může být takový, že kladný projev vnější teploty je mírně potlačen a na výsledku se projeví jen velmi málo.

### 4.1.4 Geografické umístění stavby



obr. 4.6 Schematické znázornění vlivu geografického umístění RD a BD

Geografická poloha by se dala charakterizovat jako poloha určitého objektu (bodu) v geografickém prostoru (na Zemi). Z hlediska vztahů k jiným objektům lze rozlišit polohu absolutní a relativní. Absolutní poloha je pozice objektu k polohovému systému, který na povrchu Země vytváří síť, vzhledem ke které je možné určovat pozici jednotlivých objektů. Relativní poloha je pozice vzhledem k jiným objektům. Česká republika má povrch členitý a v porovnání s ostatními středoevropskými státy členitý povrch zaujímá většinu území. Na území republiky je necelá pětina tvarů, které můžeme označit jako ploché (roviny, kotliny, pánve, brázdy). Střední nadmořská výška České republiky je 430 m n.m., což je na evropské poměry o cca 140 m nadprůměr (průměrná výška Evropy je 290 m n.m.). Čechy mají střední nadmořskou výšku 465 m n.m. a Morava se Slezskem 416 m n. m [61].

tab. 4.7 Nastavení parametrů pro vyhodnocení geografického umístění stavby

Geografická poloha	Parametry závislé na geografické poloze domu				
	teplota	Větr		Stínění	
	změna teploty [°C]	součinitel větrné expozice e [-]	součinitel počtu vystavených stran f [-]	převýšení [m]	vzdálenost [m]
základ	0	0,07	15	0	0
otevřená poloha	0	0,08	15	35	1000
chráněná poloha	0	0,05	15	35	600
studené údolí	-2	0,01	20	35	200
jižní svah	1	0,05	15	35	600
vrchol kopce	-1	0,10	15	0	0

Pro návrh úsporné stavby je nutné zvážit lokální klimatické podmínky, které vychází z dané geografické polohy a topografie terénu. Terén se někdy chová velmi „neklidně“ a architekt by měl dokázat využít terénních vln pro umístění domu. Teplota může kolísat v závislosti na umístění

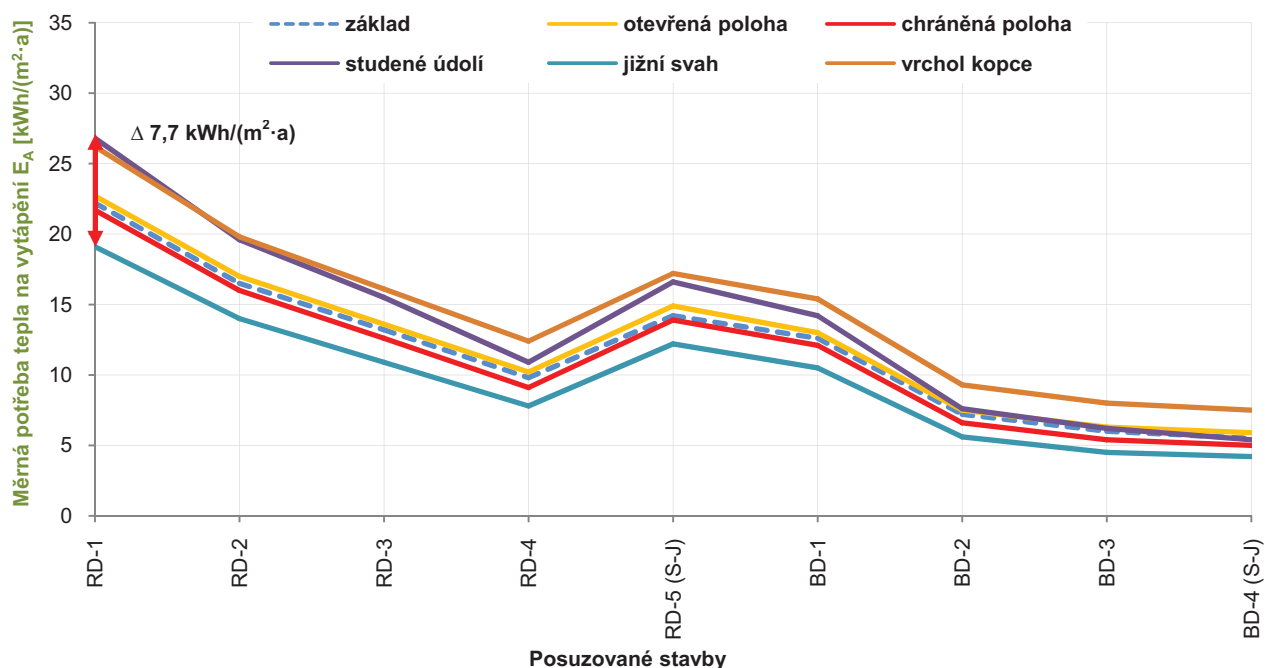
i o několik stupňů. Ve studeném údolí nastává efekt „studené vany“ kde klesá vzduch z okolních kopců. Tento vliv je výraznější v menších údolích a prudších svazích, kde vzduch klesá rychleji. Dole se může vytvářet díky zvýšené vlhkosti více mlhy inverzního charakteru. Vrchol kopce není nijak stíněn, ale zase se zde projevuje naplno vliv větru a jeho laminární a turbulentní proudění, které dům na závětrné straně dokáže velmi ochladit, viz obr. 4.6.

tab. 4.8 Vliv geografického umístění stavby na  $E_A$  (klima HK)

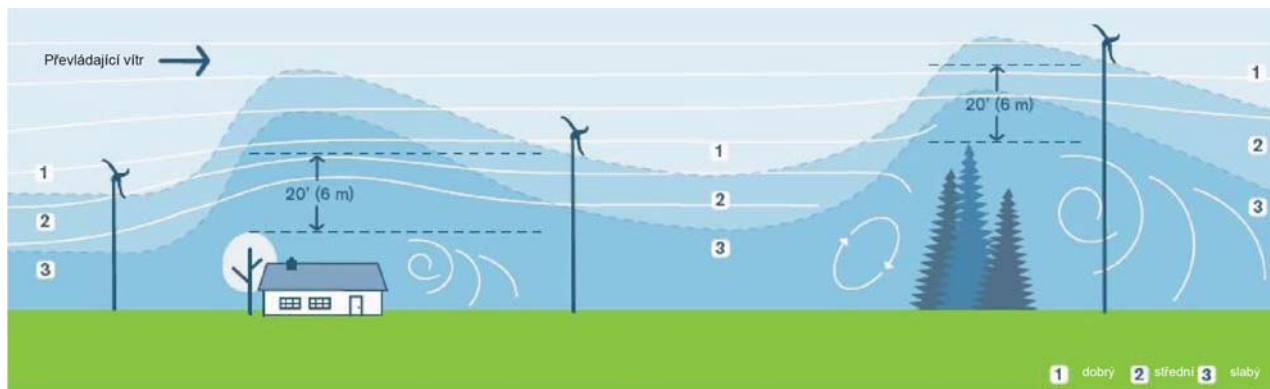
Geografická poloha	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
otevřená poloha	22,7	17,0	13,6	10,2	14,9	13,0	7,5	6,3	5,9
chráněná poloha	21,7	16,0	12,6	9,1	13,9	12,1	6,6	5,4	5,0
studené údolí	26,8	19,6	15,5	10,9	16,6	14,2	7,6	6,2	5,4
jižní svah	19,1	14,0	10,9	7,8	12,2	10,5	5,6	4,5	4,2
vrchol kopce	26,2	19,8	16,1	12,4	17,2	15,4	9,3	8,0	7,5

tab. 4.9 Vliv geografického umístění stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Geografická poloha	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
otevřená poloha	+2,3%	+3%	+3%	+4,1%	+4,9%	+3,2%	+4,2%	+5%	+7,3%
chráněná poloha	-2,3%	-3%	-4,5%	-7,1%	-2,1%	-4%	-8,3%	-10%	-9,1%
studené údolí	+20,7%	+18,8%	+17,4%	+11,2%	+16,9%	+12,7%	+5,6%	+3,3%	-1,8%
jižní svah	-14%	-15,2%	-17,4%	-20,4%	-14,1%	-16,7%	-22,2%	-25%	-23,6%
vrchol kopce	+18%	+20%	+22%	+26,5%	+21,1%	+22,2%	+29,2%	+33,3%	+36,4%

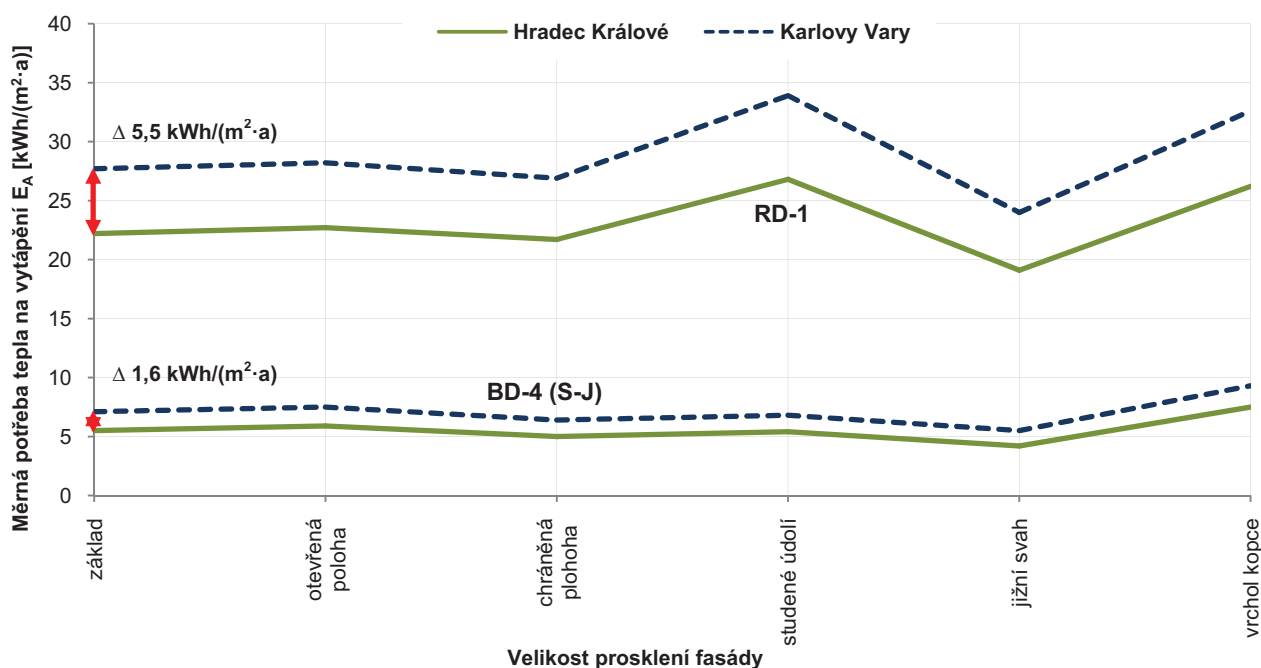
diag. 4.6 Vztah mezi geografickým umístěním stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK)

Posoudit, která geografická poloha je příznivější, není jednoduché, neboť navzájem spolupůsobí mnoho faktorů, viz tab. 4.7. Pro výpočet byly zvoleny parametry, které co nejvíce simulují danou polohu domu. Převýšení v ČR nejsou až tak extrémní jako v alpských oblastech, kde chyba nastavení a výpočtu může být velmi značná. V rámci PHPP jsou měněny parametry jako je změna teploty (oproti výchozímu referenčnímu stavu), vliv větru a účinek stínění okolím. Jedna z nejzajímavějších a zároveň z nejtěžších věcí je určení polohy domu vzhledem k větru a jeho významný vliv na úniky energie. Neznamená totiž, že umístění domu za překážku je výhodné, je třeba více osadit stavbu o něco dále a zohlednit aerodynamiku překážky, ukázka viz obr. 4.7.



obr. 4.7 Ukázka turbulentního a laminárního proudění při poryvu větru [68]

Dle tab. 4.8 a tab. 4.9 jako nejlepší poloha vychází jižní svah, což je docela logické díky zvýšenému solárnímu přímému záření. Stínění je pouze mírné z jihu, což prakticky nemá žádný význam. U menších staveb vychází studené údolí trochu hůře, tzn. u RD-1 je zvýšení potřeby o 20 % a u vrcholu kopce „jen“ o 18 %. U velkých staveb je tento vliv přesně opačný, tzn. v údolí je zvýšení u BD-4 (S-J) o 36% a na kopci dokonce mírné zlepšení o 2 %. Je to kvůli výšce stavby, tj. pokud není údolí příliš hluboké, tak stíní „málo“ (diag. 4.6 a diag. 4.7).

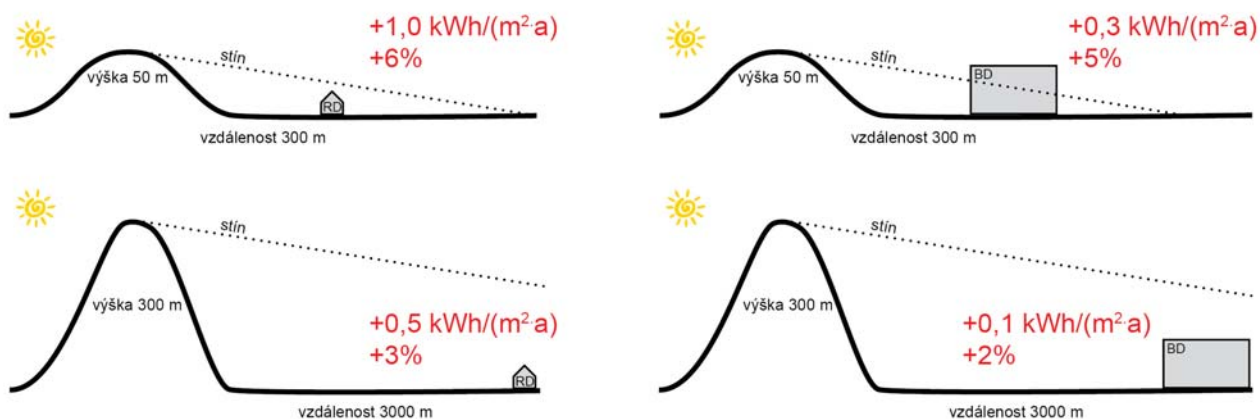


diag. 4.7 Porovnání vlivů geografického umístění stavby na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV)



## 4.2 Situace v urbanistickém kontextu

### 4.2.1 Stínění okolních kopců



obr. 4.8 Schematické znázornění vlivu stínění okolních kopců na RD a BD

Důležitou složkou je zohlednění stínění okolních kopců. Tato položka se u drtivé většiny staveb vůbec nezapočítává (prakticky nikdo se nedívá do situace širších vztahů, kde by byly zakresleny okolní kopce do vzdálenosti cca 5 km (obr. 4.8). Pokud se nacházíme v rovinaté oblasti (nížina, pánev), tak pravděpodobnost stínění není velká, ale v hornaté oblasti je o desítky procent vyšší.

Stínění kopců je nevyšší hned u paty kopce a jeho vliv klesá do vzdálenosti v přímé úměře, tj. intenzita stínu klesá s druhou mocninou vzdálenosti.

tab. 4.10 Vliv stínění okolních kopců na  $E_A$  (klima HK)

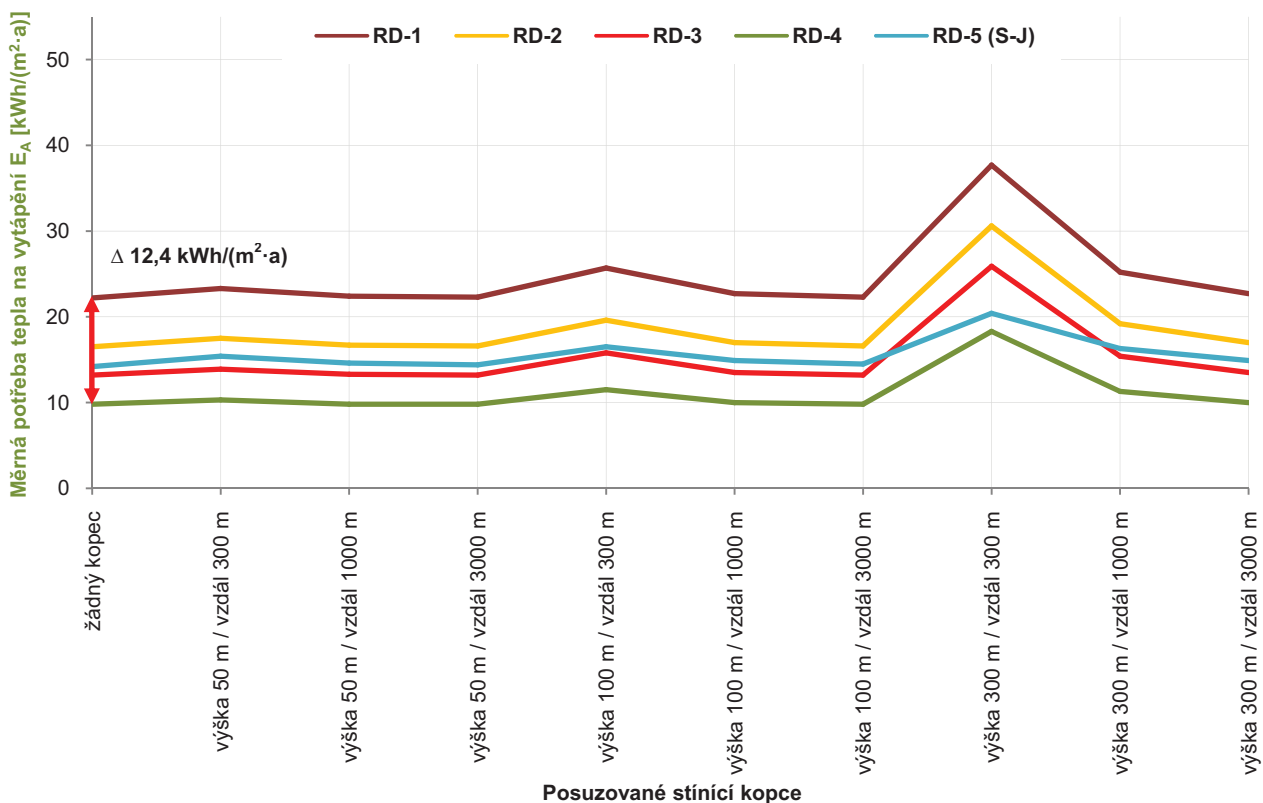
Stínící okolní kopce		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
50 m	300 m	23,3	17,5	13,9	10,3	15,4	13,2	7,5	6,3	5,8
	1000 m	22,4	16,7	13,3	9,8	14,6	12,7	7,2	6,0	5,6
	3000 m	22,3	16,6	13,2	9,8	14,4	12,7	7,2	6,0	5,5
100 m	300 m	25,7	19,6	15,8	11,5	16,5	14,7	8,4	7,1	6,3
	1000 m	22,7	17,0	13,5	10,0	14,9	12,9	7,4	6,1	5,7
	3000 m	22,3	16,6	13,2	9,8	14,5	12,7	7,2	6,0	5,6
300 m	300 m	37,7	30,6	25,9	18,3	20,4	24,1	13,5	11,8	7,9
	1000 m	25,2	19,2	15,4	11,3	16,3	14,7	8,3	7,0	6,3
	3000 m	22,7	17,0	13,5	10,0	14,9	13,0	7,4	6,1	5,7

Pro zjištění významnosti stínění okolními kopci je posuzováno několik variant výšky a vzdálenosti kopce. Změna probíhá od referenčního stavu, který není vůbec stíněn – přes malé převýšení 50 m ve vzdálenosti 300 m, přes velmi extrémní „teoreticky dosažitelné“ stínění výšky 300 m ve vzdálenosti 300 m až po minimální převýšení 50 m ve vzdálenosti 3000 m.

tab. 4.11 Vliv stínění okolních kopců na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

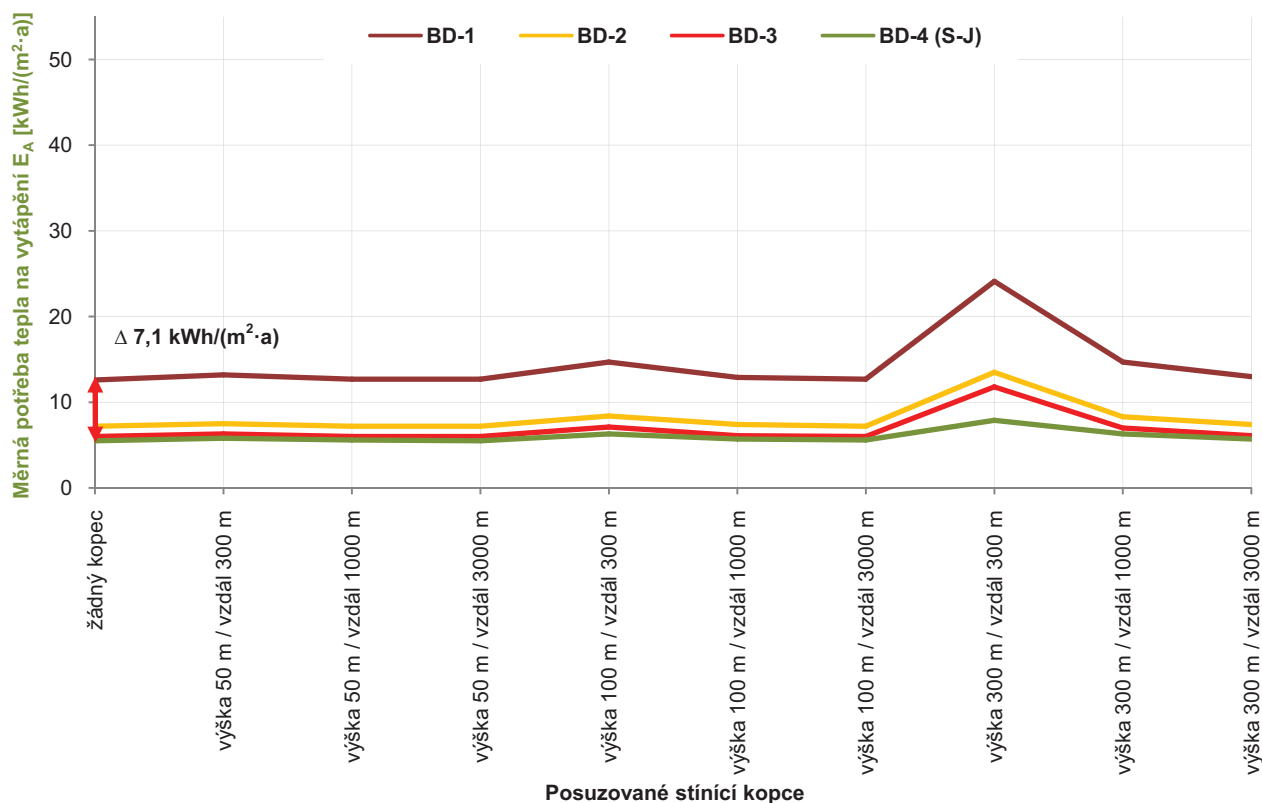
Stínící okolní kopece		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]									
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
50 m	300 m	+5%	+6,1%	+5,3%	+5,1%	+8,5%	+4,8%	+4,2%	+5%	+5,5%	
	1000 m	+0,9%	+1,2%	+0,8%	0%	+2,8%	+0,8%	0%	0%	+1,8%	
	3000 m	+0,5%	+0,6%	0%	0%	+1,4%	+0,8%	0%	0%	0%	
100 m	300 m	+15,8%	+18,8%	+19,7%	+17,3%	+16,2%	+16,7%	+16,7%	+18,3%	+14,5%	
	1000 m	+2,3%	+3%	+2,3%	+2%	+4,9%	+2,4%	+2,8%	+1,7%	+3,6%	
	3000 m	+0,5%	+0,6%	0%	0%	+2,1%	+0,8%	0%	0%	+1,8%	
300 m	300 m	+69,8%	+85,5%	+96,2%	+86,7%	+43,7%	+91,3%	+87,5%	+96,7%	+43,6%	
	1000 m	+13,5%	+16,4%	+16,7%	+15,3%	+14,8%	+16,7%	+15,3%	+16,7%	+14,5%	
	3000 m	+2,3%	+3%	+2,3%	+2%	+4,9%	+3,2%	+2,8%	+1,7%	+3,6%	

Výsledky posouzení v PHPP jsou zapsány v tab. 4.10 a tab. 4.11 a graficky znázorněny v diag. 4.8, diag. 4.9, diag. 4.10 a diag. 4.12. Pro přehlednost jsou odděleny RD a BD. Jak je dobře vidět, tak vliv kopců hraje významnější roli u extrémního případu (300/300), kde potřeba vzroste až o 70 % u RD-1 a „pouze“ 44 % u BD-4 (S-J)..

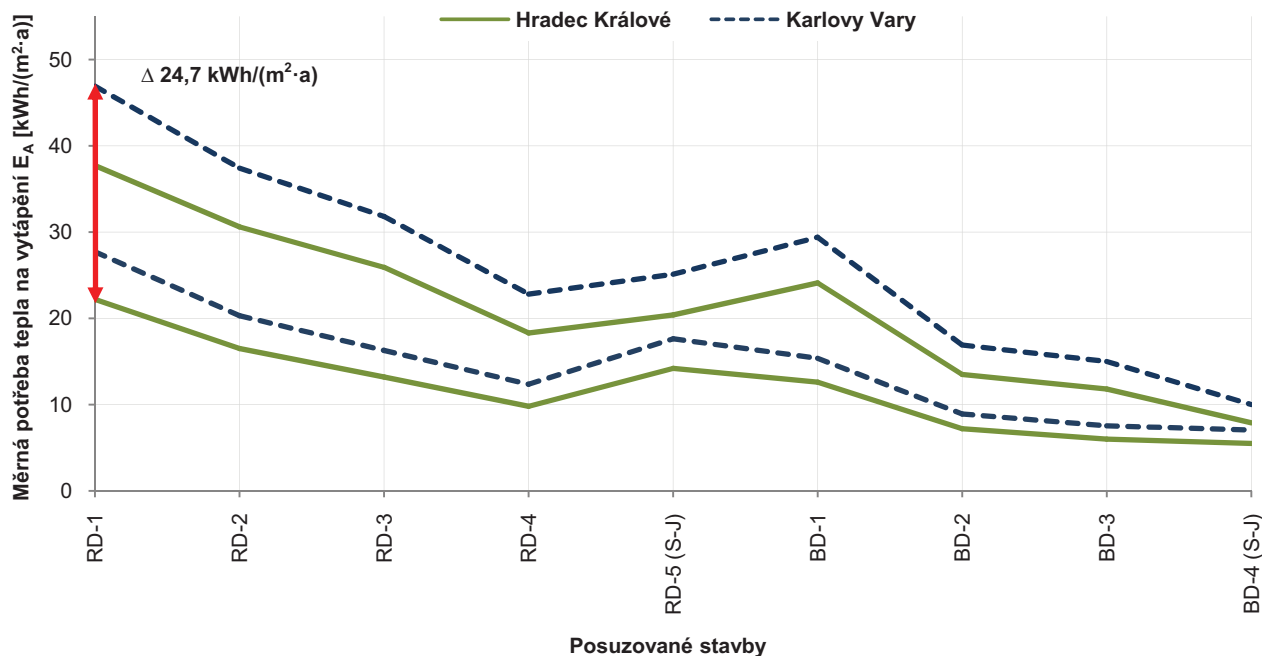


diag. 4.8 Vztah mezi stíněním okolních kopců (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění EA (klima HK) u posuzovaných rodinných domů

Při standardní poloze, kde je v okolí kopec vysoký 100 m ve vzdálenosti 300 m, je změna stínění u všech staveb skoro stejná, tj. cca o 16 % (u RD-1 to je o 3,5 kWh/(m²·a) a u RD-4 (S-J) to je 0,8 kWh/(m²·a). Obě stavby přitom mají limit 15 kWh/(m²·a) pro pasivní standard.



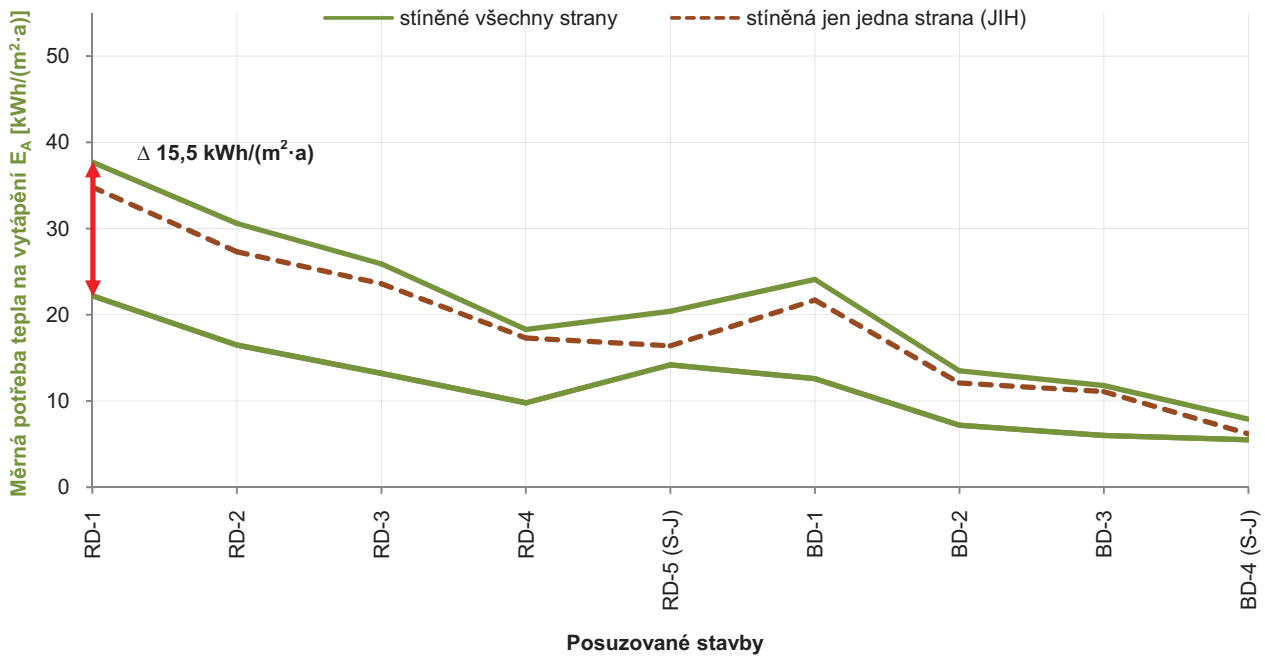
diag. 4.9 Vztah mezi stíněním okolních kopců (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění EA (klima HK) u posuzovaných bytových domů



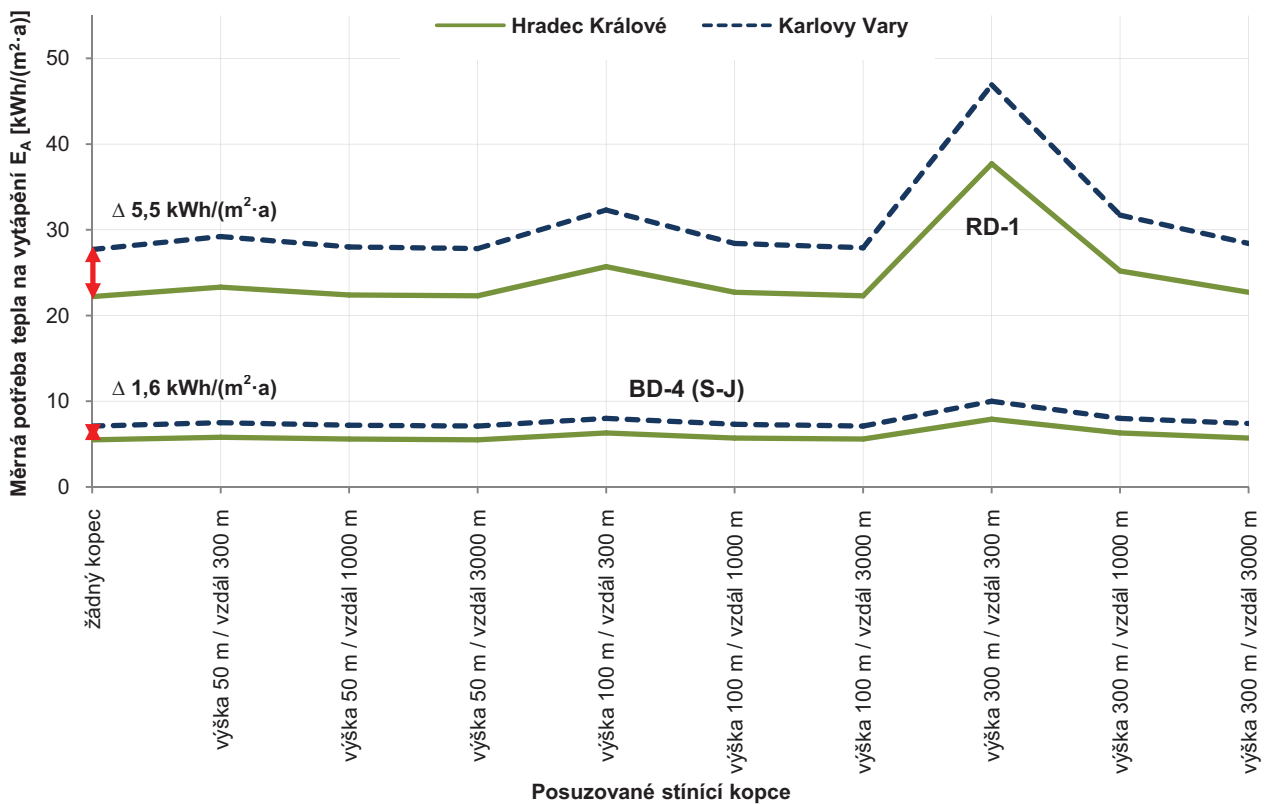
diag. 4.10 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění EA mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění okolních kopců

Na diag. 4.11 je rozpoznat porovnání vlivu stínění na všechny 4 strany (S, J, Z, V) a pouze z jihu. Je zřejmé, že význam stínění z jižní strany je nejdůležitější a ostatní strany jsou pouze „doplňkové“ (tuto úvahu lze vyčíst již z příslušných klimatických dat). Proto je třeba dát hlavní

důraz na posouzení všech možných stínění hlavně z jihu. Pokud se toto zanedbá, tak při provozu úsporné stavby může vzniknout problém nedostatečných solárních zisků.

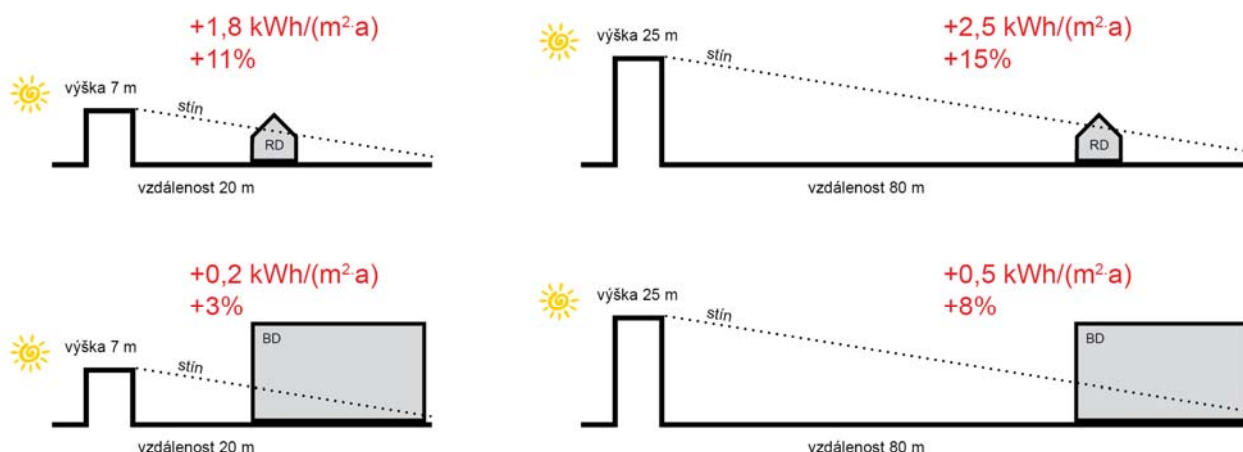


diag. 4.11 Porovnání vlivu všech 4 stran a pouze jedné jižní (východní u RD-5 a BD-4) strany na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK) u stínění okolních kopců



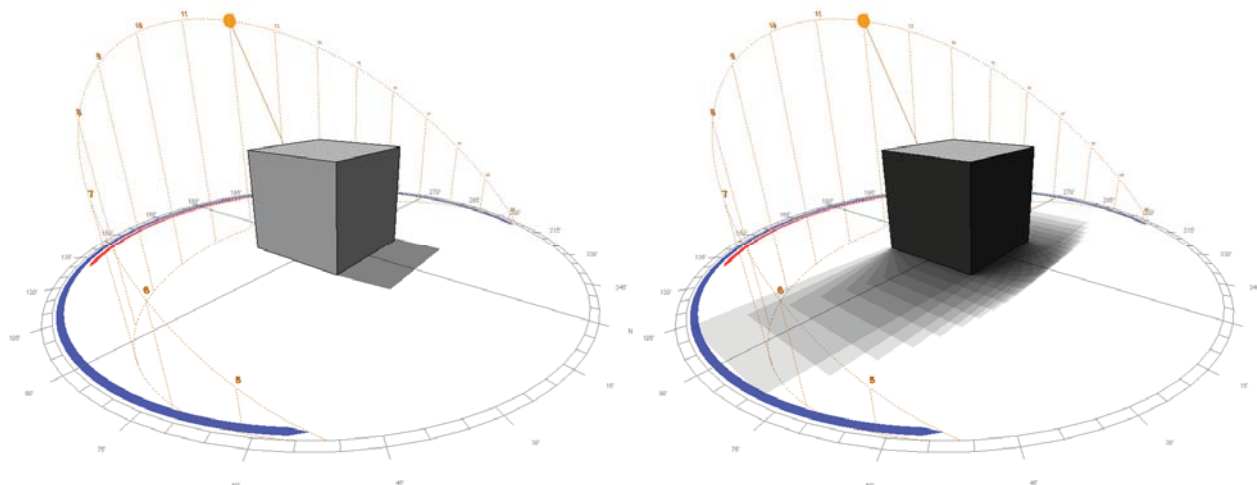
diag. 4.12 Porovnání vlivu stínění okolních kopců na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV)

## 4.2.2 Stínění okolními budovami



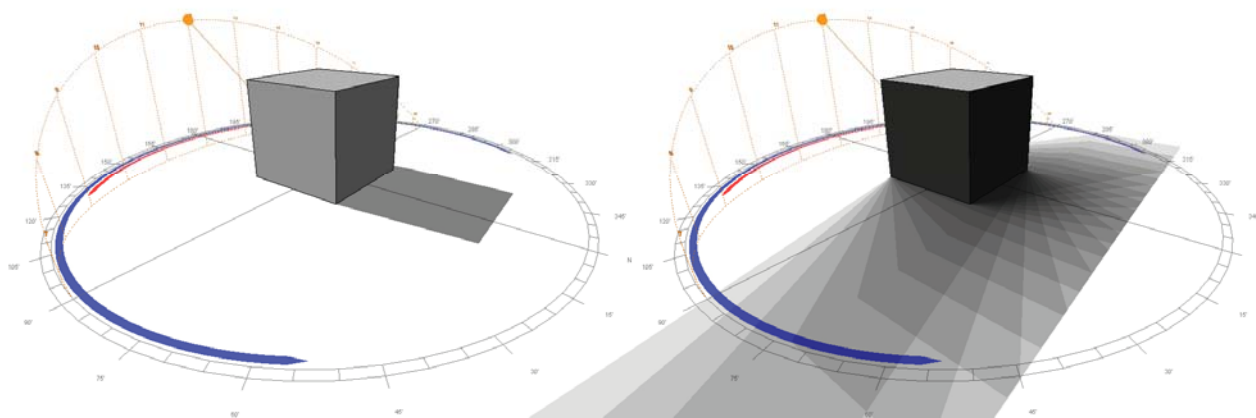
obr. 4.9 Schematické znázornění vlivu stínění okolními budovami na RD a BD

Vliv stínění okolními budovami je obdobný problém jako stínění okolními kopci avšak s mnohem výraznějším efektem (obr. 4.9). Bohužel i tato skutečnost je v projektech zanedbávána, i když mnoho architektů si tento problém již nějakým způsobem uvědomí při zkoumání studie širších vztahů, kde jsou okolní tvary budov již zakresleny (bohužel ne jejich výška). Asi většinu z nich napadá, že stavby z jihu stíní okolí, „otázkou ale je, jak moc?“. Pasivní dům je možné postavit i v hlubokém stinném údolí, ale zde by velká prosklená fasáda mohla způsobit více tepelných ztrát než zisků. Zastínění menšími stromy a obrostlou zelení jako je vinná réva a podobně, může být i výhodné, jestliže se jedná o rostliny a stromy v zimě opadající. V létě tvoří příjemný stín a v zimě pro změnu volně propouštějí sluneční záření [6].

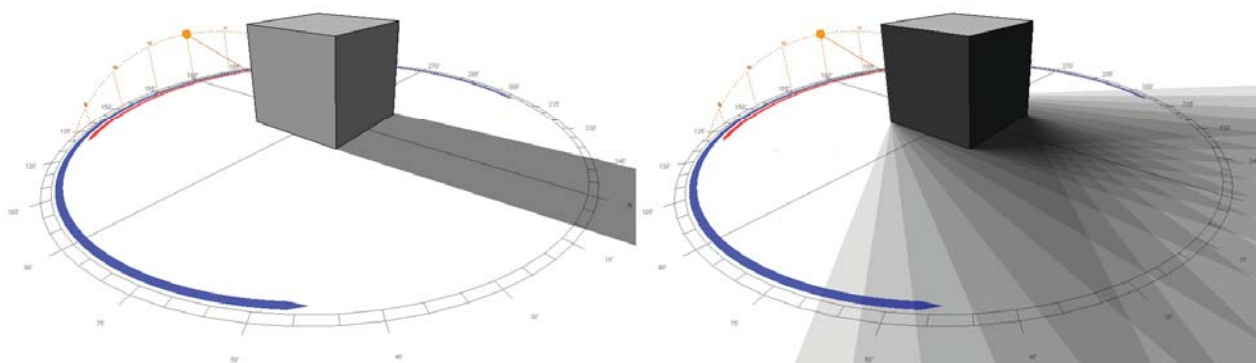


obr. 4.10 Trajektorie Slunce při letním slunovratu (21.6.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69]

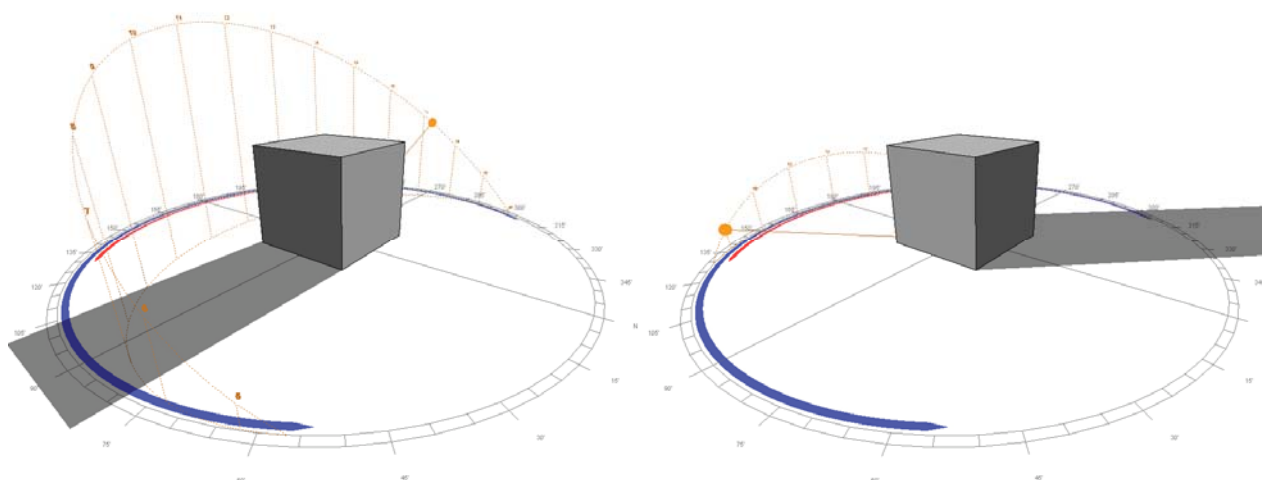
K pochopení základních vztahů chování je třeba znát trajektorii Slunce a jeho polohu na obloze během proměny ročních období. Dají se velmi dobře vysledovat změny polohy výšky, intenzity slunečních paprsků a časový denní výskyt Slunce na obloze. Pro určení těchto vztahů slouží „záchytné body“ v roce a to je letní a zimní slunovrat a jarní a podzimní rovnodennost. Je možné v různých programech posuzovat vizuální změny stavby působením stínů, ale pro praktický význam jejich vlivu to mnoho nepomůže. Dobrá je znalost schémat obr. 4.10 až obr. 4.13.



obr. 4.11 Trajektorie Slunce při jarní a podzimní rovnodennosti (21.3. a 23.9.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69]



obr. 4.12 Trajektorie Slunce při zimním slunovratu (21.12.) – vlevo je maximální stín ve 12:00 hodin a vpravo je velikost stínu po celý den [69]



obr. 4.13 Poloha Slunce při západu a východu (v létě a v zimě) – vlevo je stín v létě při západu Slunce a vpravo je stín při východu Slunce v zimě [69]

Nejkratší a nejintenzivnější stíny vznikají při letním slunovratu (na obratníku Raka). Kolem 12:00 má sklon cca 63,5 ° (je závislý na přesné poloze). Toto sluneční záření je pro pasivní stavby spíše škodlivé, protože velmi hrozí letní přehřívání interiéru. Proto je nutné se „bránit“ stíněním fixním nebo mobilním a to i ze západu. Paradoxně, když Slunce nepotřebujeme, tak ho máme nejvíce a po nejdelší dobu, tj. průměrně od 4:20 do 20:00 hodin. Současně si stavby nejméně stíní díky krátkým stínům. V zimě při zimním slunovratu je Slunce velmi daleko nad obratníkem Kozoroha. Jeho svit je o několik desítek procent slabší, ale právě toto záření pasivní domy využívají ke snížení potřeby tepla na vytápění. Hlavní příjem energie je pomocí oken. Bohužel Slunce je na obloze jen mezi 8:00 až 16:00 hodin, tj. pouze 8 hodin a má nízký sklon nad horizontem, tj. pouze cca 16,5 ° v pravé poledne. Správný návrh proto musí dbát těchto zásad a toto záření maximálně využít. V tuto chvíli jsou nejdelší stíny, které jsou ale nejslabší, takže jejich účinek je malý. Při jarní a podzimní rovnodennosti je Slunce na rovníku a je na obloze v době 6:00 až 18:00 hodin. V celkové roční bilanci jsou právě tyto stíny „průměrné“, ale díky své intenzitě, vzdálenosti a časové četnosti působí nejvíce. Na obr. 4.13 je patrné, že není až příliš velký rozdíl při délce stínů v rámci roku, pokud Slunce vychází nebo zapadá. I když je intenzita při obou variantách velmi malá, tak v létě je rozsah větší a účinkuje jiným směrem než v zimě. Je to tím, že Slunce vychází již velmi brzo a intenzita záření slunečních paprsků velmi rychle roste.

tab. 4.12 Vliv stínění okolními budovami na  $E_A$  (klíma HK)

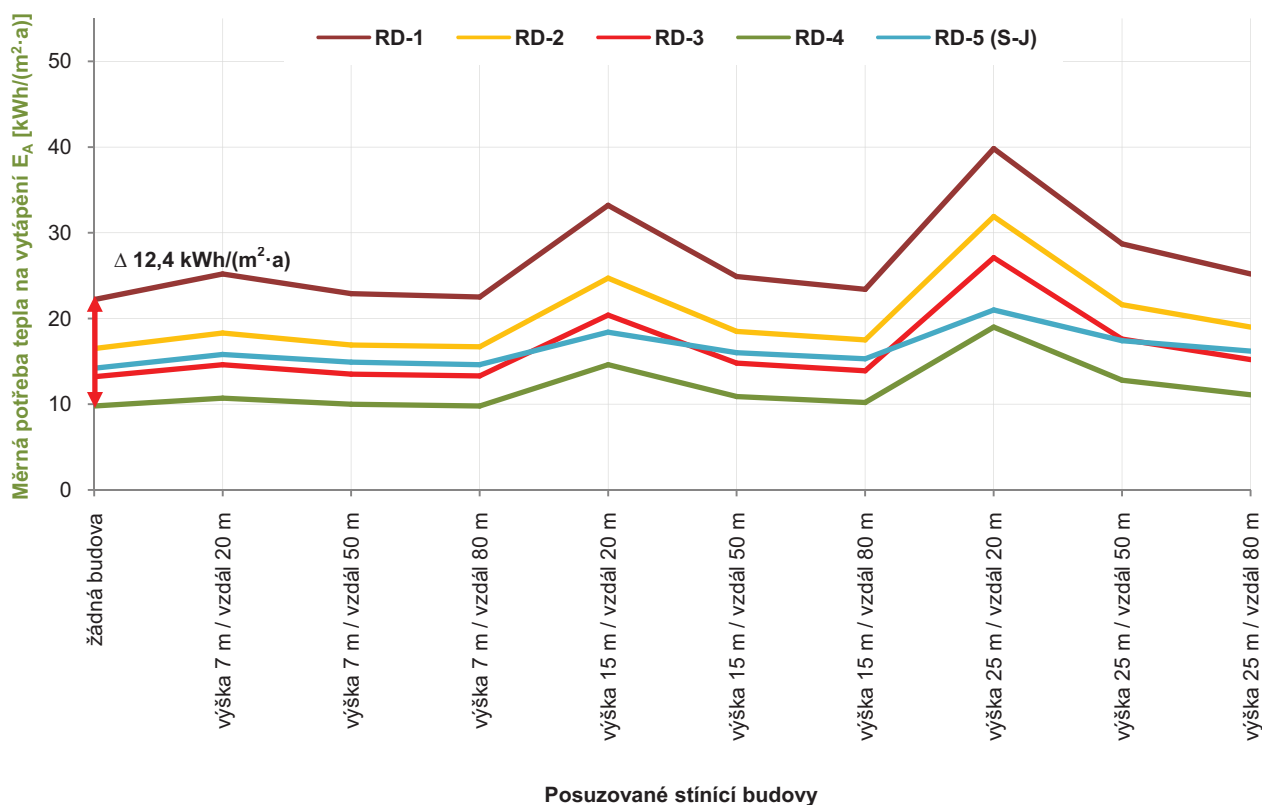
Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
7 m	20 m	25,2	18,3	14,6	10,7	15,8	13,0	7,4	6,2	5,7
	50 m	22,9	16,9	13,5	10,0	14,9	12,7	7,2	6,0	5,6
	80 m	22,5	16,7	13,3	9,8	14,6	12,7	7,2	6,0	5,5
15 m	20 m	33,2	24,7	20,4	14,6	18,4	14,7	8,4	7,4	6,3
	50 m	24,9	18,5	14,8	10,9	16,0	13,2	7,5	6,3	5,8
	80 m	23,4	17,5	13,9	10,2	15,3	12,9	7,3	6,1	5,7
25 m	20 m	39,8	31,9	27,1	19,0	21,0	19,1	10,9	10,4	7,5
	50 m	28,7	21,6	17,6	12,8	17,4	14,6	8,3	7,2	6,4
	80 m	25,2	19,0	15,2	11,1	16,2	13,5	7,7	6,5	6,0

tab. 4.13 Vliv stínění okolními budovami na procentuální změnu  $E_A$  (klíma HK)

Stínící okolní budovy		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 m	20 m	+13,5%	+10,9%	+10,6%	+9,2%	+11,3%	+3,2%	+2,8%	+3,3%	+3,6%
	50 m	+3,2%	+2,4%	+2,3%	+2%	+4,9%	+0,8%	0%	0%	+1,8%
	80 m	+1,4%	+1,2%	+0,8%	0%	+2,8%	+0,8%	0%	0%	0%
15 m	20 m	+49,5%	+49,7%	+54,5%	+49%	+29,6%	+16,7%	+16,7%	+23,3%	+14,5%
	50 m	+12,2%	+12,1%	+12,1%	+11,2%	+12,7%	+4,8%	+4,2%	+5%	+5,5%
	80 m	+5,4%	+6,1%	+5,3%	+4,1%	+7,7%	+2,4%	+1,4%	+1,7%	+3,6%
25 m	20 m	+79,3%	+93,3%	+105,3%	+93,9%	+47,9%	+51,6%	+51,4%	+73,3%	+36,4%
	50 m	+29,3%	+30,9%	+33,3%	+30,6%	+22,5%	+15,9%	+15,3%	+20%	+16,4%
	80 m	+13,5%	+15,2%	+15,2%	+13,3%	+14,1%	+7,1%	+6,9%	+8,3%	+9,1%

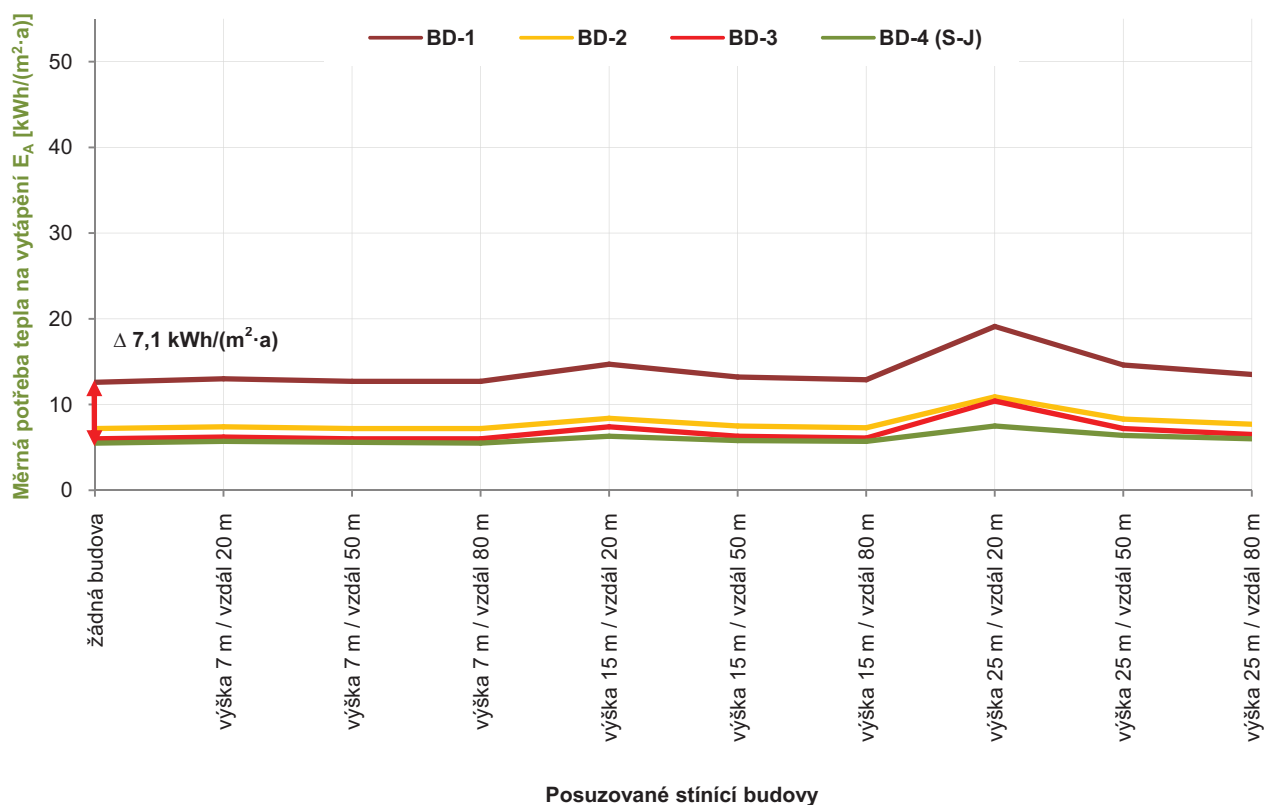
Osazení bytových domů do zastavovaného území je výrazně podmíněné urbanismem a jeho regulací, tj. uliční čarou, mírou vnějšího stínění okolní zástavbou, resp. orografií a následnou dostupností přímého i difuzního slunečního záření. V zástavbě při řadových výstavbách a v uličních prolukách rozhodují o ploše a optické kvalitě prosklení plochy vždy primární požadavky na světelnou pohodu prostoru, které jsou definovány intenzitou součinitele denní osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení.

Pro správné posouzení je k dispozici několik hledisek. Z hygienického hlediska je nutné dodržet požadovanou dobu expozice přímým slunečním zářením v zimním období, které se vyhodnocuje 1. března. Dostatečná doba je třetina obytné plochy bytu osluněná min. 1,5 hodiny. Omezení přímého slunečního záření okolní zástavbou na fasádě z hlediska energetického není u nás legislativně limitované. Hygienické požadavky z hlediska oslunění výraznou měrou ovlivňují dispoziční řešení budov, určují, zda budou byty orientované jednostranně nebo do více stran, z toho je následně odvozená i skladba a počet komunikačních jader. Dovolená míra stínění existující, resp. předpokládanou okolní zástavbou je limitovaná v závislosti od lokality území. Je vyjádřena ekvivalentním úhlem stínění. Jeho hodnota je ve většině lokalit určených k bytové výstavbě 25 až 35°. Druhý aspekt, který rozhoduje o intenzitě denního osvětlení na porovnávací rovině, je optická kvalita zasklení. Při bytové výstavbě se preferuje čiré sklo, tj. s normálovým součinitelem energetické prostupnosti min. 0,5 (lépe 0,6). Pokud uvažujeme, že výplňové konstrukce budou současně sloužit jako kolektorové plochy s pasivním využíváním solárních zisků na snížení tepelné ztráty, měl by být solární faktor zasklení min. 0,75.



diag. 4.13 Vztah mezi stíněním okolními budovami (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK) u posuzovaných rodinných domů

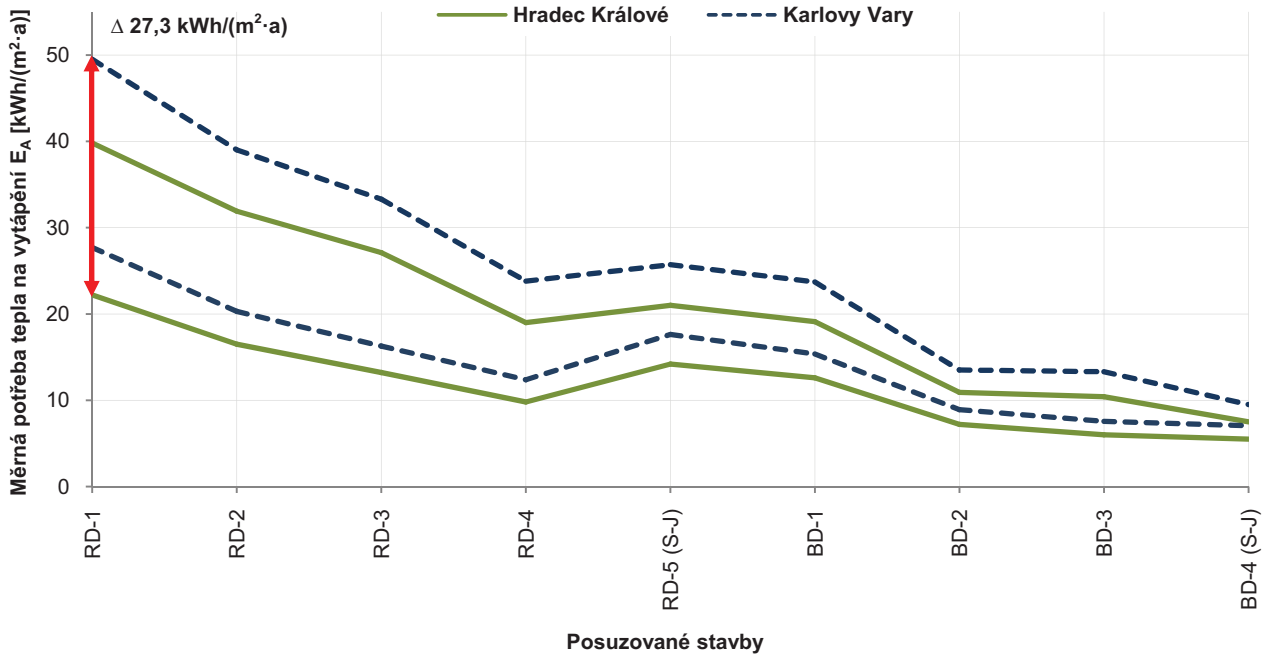




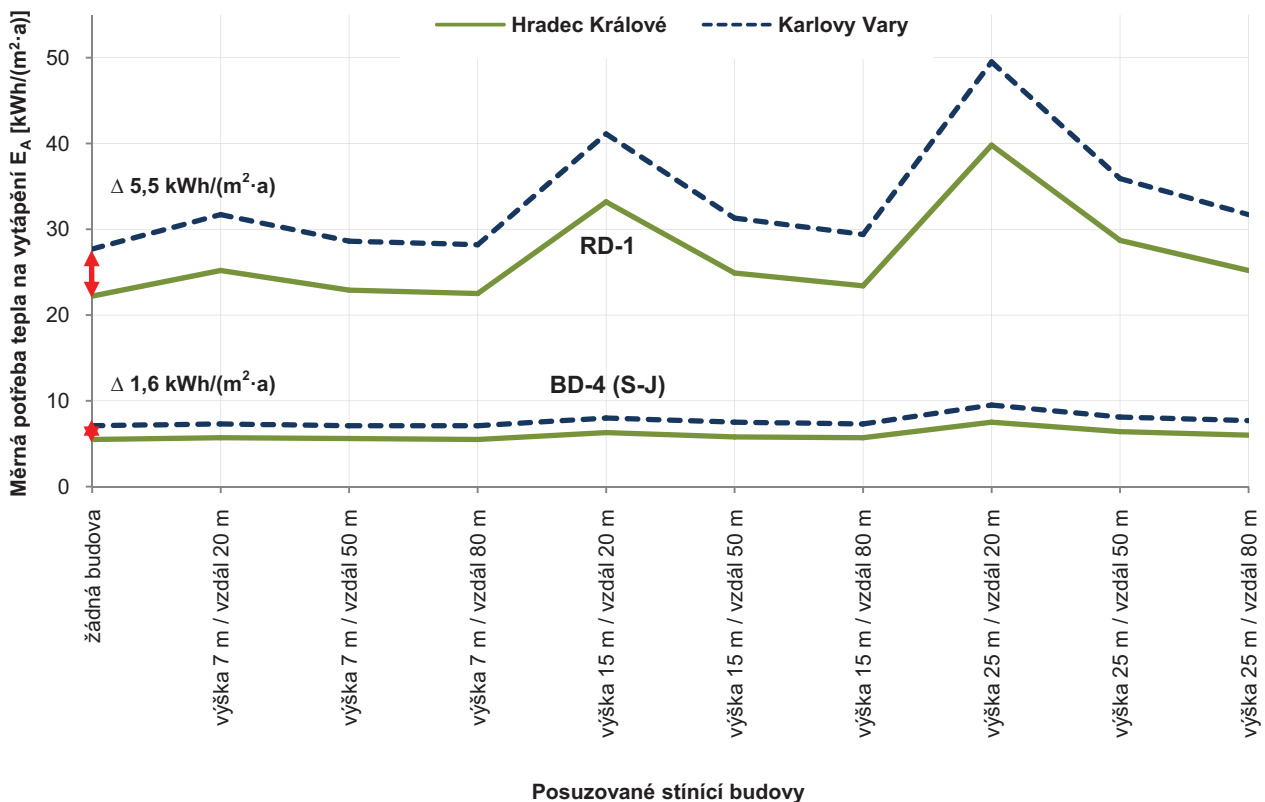
diag. 4.14 Vztah mezi stíněním okolními budovami (výškou a vzdáleností) a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK) u posuzovaných bytových domů

Z urbanistického hlediska se hlavně upřednostňuje vytváření prostorově diferencované zástavby a to vede buď k nerovnoměrnému oslunění bytů, nebo k redukování hustoty zástavby. Ve většině případů vedou snahy o soulad obou faktorů – k řazení různě orientovaných hmot, přičemž vzniká problém samostínění zalomených nebo dvorových struktur. Solárně-energetická optimalizace má při tvorbě zastavovacích konceptů omezené možnosti – striktní orientace na jih a vyloučení stínění by vedly k rigidní řadové nebo bodové zástavbě bez prostorové diferenciaci. Kromě velikosti prosklených ploch ovlivňuje pasivní tepelné zisky i „solární průzor“, určený orientací budovy, jejich stíněním a typem okolní zástavby.

Na diag. 4.13 až diag. 4.16 jsou vidět výsledky posouzení v tab. 4.12 a tab. 4.13. Pro výpočet je zvažováno stínění budovami ze všech čtyř stran orientace s „nekonečnou“ šířkou, tj. po celé délce horizontu. Rozdíl mezi stíněním ze všech stran a pouze z jihu je minimální, jak ukazuje například diag. 4.11. Jak je názorné, tak mnohem větší reakce je u malých rodinných domů. Pokud je protější budova vzdálena 20 m s převýšením 15 m, tak RD-1 zvýší potřebu o 11 kWh/(m²·a), což je o 50 %. Větší budovy bytových domů více reagují „až“ na budovu vzdálenou 20 m a vysokou 25 m, například BD-1 zvýší potřebu o 6,5 kWh/(m²·a), což je o 52 %. Stavby s orientací S-J (RD-5 a BD-4) reagují minimálně. Je to tím, že hlavní orientaci fasád mají na západ a východ, kde stínění okolím hraje menší roli než z jihu. U těchto orientací je hlavní distribuce rozptýleného difuzního světla. Na tab. P.1.9 a tab. P.1.10 jsou ukázána velmi podobná chování i v klimatu Karlových Varů, pouze křivky jsou posunuté trochu výše.

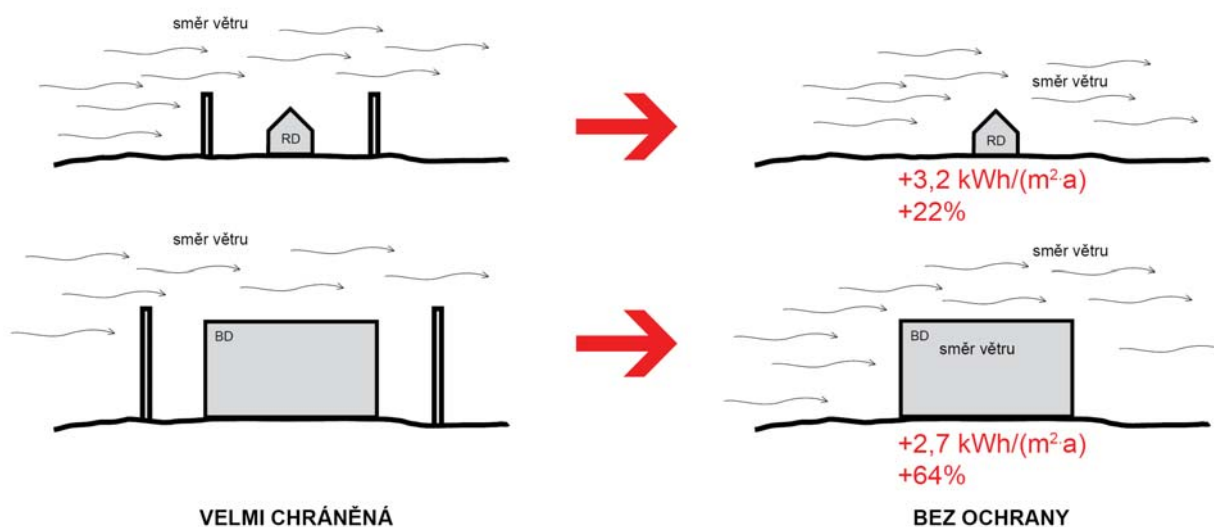


diag. 4.15 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění  $E_A$  mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění okolními budovami



diag. 4.16 Porovnání vlivu stínění okolními budovami na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV)

### 4.2.3 Větrná expozice stavby



obr. 4.14 Schematické znázornění vlivu větrné expozice na RD a BD

Správné umístění stavby z hlediska aerodynamického větrného proudění, a tak snížení potřeby tepla na vytápění, je architektům již dlouho známé. I když jsou pasivní stavby velmi těsné konstrukce, stejně na ně účinkuje efekt infiltrace, tj. výměna vzduchu skrze neutěsněné spáry mezi vnitřním a vnějším prostředím. Výměnu vzduchu zajišťují rozdíly způsobené gravitačním vztlakem, dynamickým účinkem větru a obecně tlakovými rozdíly mezi vnějším a vnitřním prostředím. Budovy s členitou vnitřní dispozicí a fasádou s četnými otvory jsou vystaveny rozdílnému působení tlaku větru, který je závislý na poměrné velikosti otvorů a konkrétním směru působení větru. Budovy s velkými otvory na návětrné straně jsou namáhány přetlakově, naopak podtlakově je namáhána budova, jejíž otvory na návětrné straně jsou menší než ty na straně závětrné, viz obr. 4.7. Tlaky větru jsou všeobecně vysoké/kladné na návětrné straně budovy a nízké/záporné na závětrné straně (může vznikat sání). Při větší rychlosti působení větru intenzita výměny vzduchu v bytě roste.

#### Výskyt a změna tlaků větru na stěny budovy závisí na:

- rychlosti větru a směru větru působení na budovu;
- poloze a okolním prostředí budovy;
- tvaru budovy;
- vzduchotěsné kvalitě budovy.

V pasivních stavbách se měří vzduchotěsná kvalita obálky Blower-door testem. Minimální požadavek na vzduchotěsnost stavby je při podtlaku a přetlaku 50 Pa výměna vzduchu maximálně 0,6 objemu vzduchu interiéru za hodinu. Tento test simuluje vliv větru o rychlosti cca 10 m/s. Čím je výsledek testu menší, tím má vliv větru na stavbu nižší vliv.

Nejlépe je navrhovat stavby na chráněných místech, na kterých není „vratné“ turbulentní proudění, které se vyskytuje často přímo za překážkou. Na exponované pozemky bez přirozené terénní ochrany se doporučuje umístit větrolamy nebo lze cílenou výsadbou zeleně částečně usměrňovat a odvádět studený vzduch (obr. 4.14) [3].

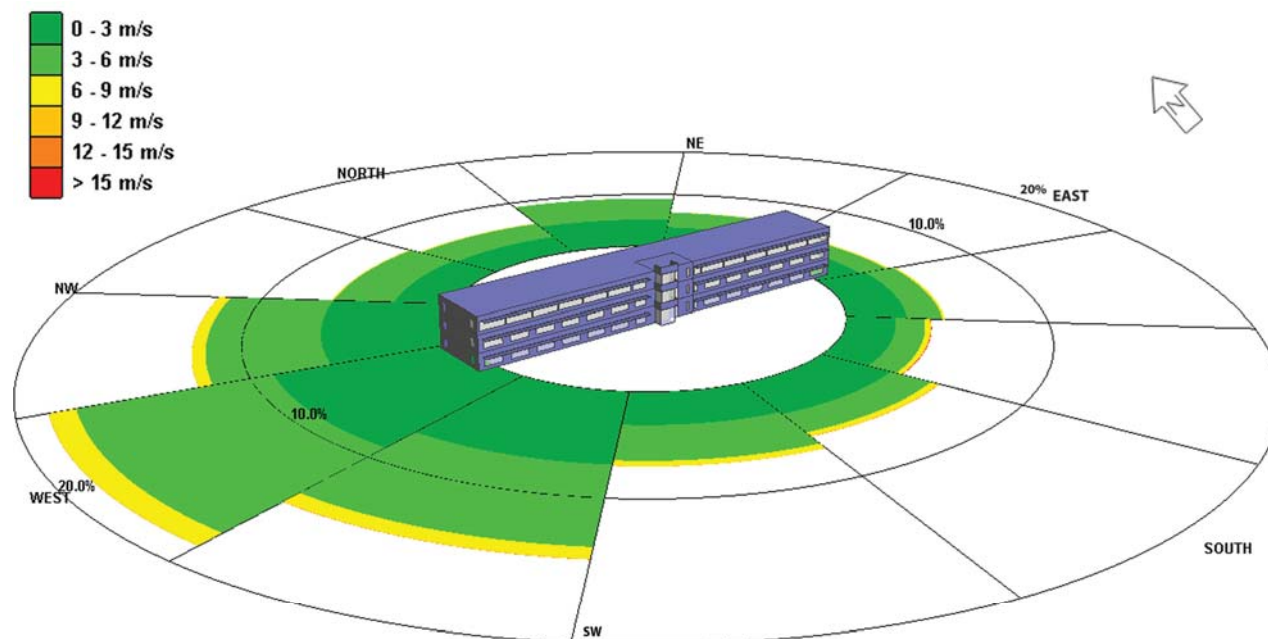
tab. 4.14 Vliv větrné expozice na  $E_A$  (klima HK)

Větrná expozice		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
strany	ochrana	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
jedna strana vystavená	vysoká ochrana	20,1	14,4	11,2	7,7	10,6	10,6	5,4	4,2	3,7
	mírná ochrana	20,4	14,8	11,5	8,0	11,0	11,0	5,7	4,5	4,0
	bez ochrana	20,8	15,1	11,8	8,4	11,3	11,3	6,0	4,8	4,3
několik stran vystavených	vysoká ochrana	21,1	15,5	12,2	8,7	11,6	11,6	6,3	5,1	4,6
	mírná ochrana	22,2	16,5	13,2	9,8	12,6	12,6	7,2	6,0	5,5
	bez ochrany	23,3	17,6	14,2	10,8	13,7	13,7	8,1	6,9	6,5

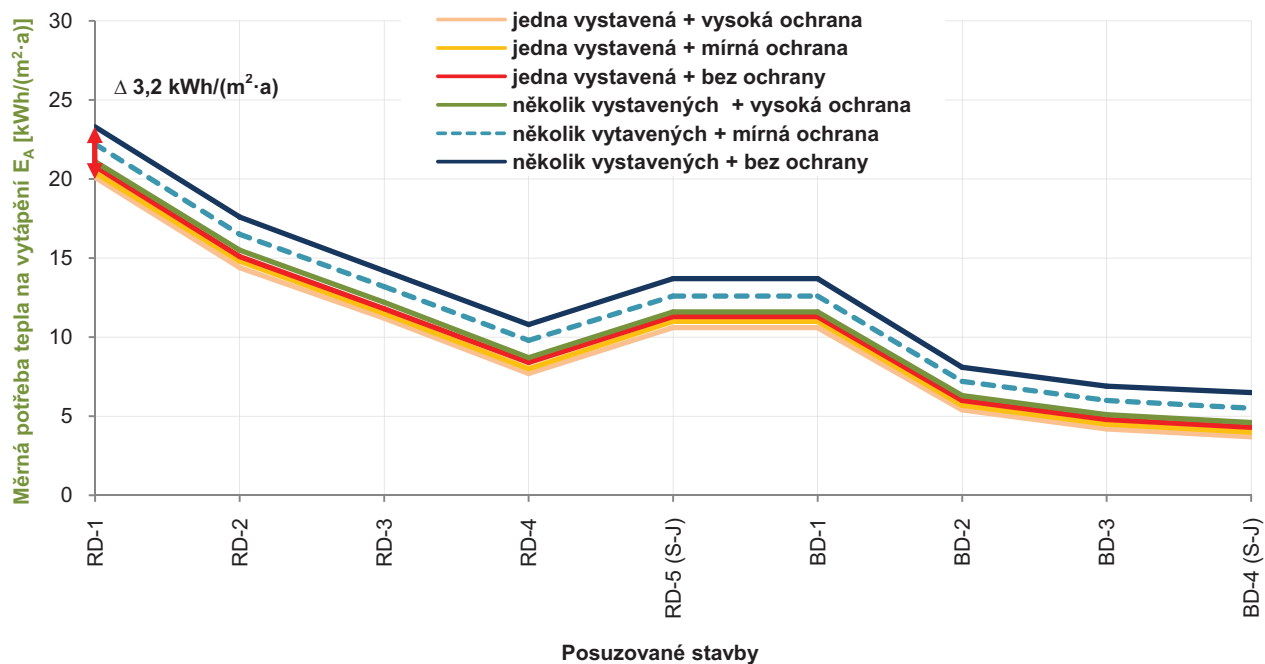
tab. 4.15 Vliv větrné expozice na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Větrná expozice		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
strany	ochrana	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
jedna strana vystavená	vysoká ochrana	-9,5%	-12,7%	-15,2%	-21,4%	-15,9%	-15,9%	-25%	-30%	-32,7%
	mírná ochrana	-8,1%	-10,3%	-12,9%	-18,4%	-12,7%	-12,7%	-20,8%	-25%	-27,3%
	bez ochrany	-6,3%	-8,5%	-10,6%	-14,3%	-10,3%	-10,3%	-16,7%	-20%	-21,8%
několik stran vystavených	vysoká ochrana	-5%	-6,1%	-7,6%	-11,3%	-7,9%	-7,9%	-12,5%	-15%	-16,4%
	mírná ochrana	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	bez ochrany	+5%	+6,7%	+7,6%	+10,2%	+8,7%	+8,7%	+12,5%	+15,0%	+18,2%

U bytových domů se předpokládá, že jsou obvykle vyšší a stojí dále od okolní výstavby, tedy lze očekávat, že bude větší plocha jejich fasád přímo zatížena větrem. U rodinných domů se naopak předpokládá nižší podlažnost a krytá poloha vzhledem k větru. Z klimatických dat lze získat hodnoty převládajících směrů větru a jeho intenzita, jak například ukazuje obr. 4.15. Poté stavba může být navržena tak, aby vyhovovala aerodynamickému proudění a měla co nejmenší odpor vzhledem k větrnému proudění. Ve skutečnosti ale málokterá stavba je takto posuzována, protože regulace definovaná územně plánovací dokumentací to neumožňuje.

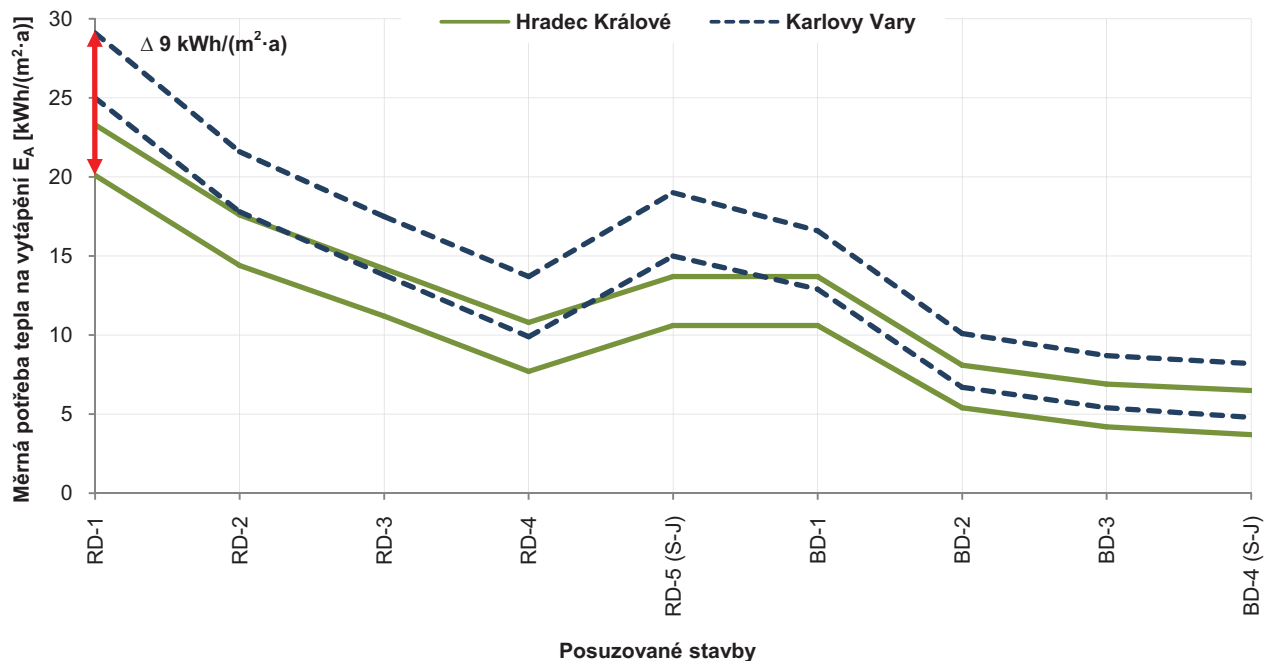


obr. 4.15 Ukázka větrné růžice – posouzení vlivu větrné expozice na orientaci stavby [40]



diag. 4.17 Vztah mezi větrnou expozicí a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK)

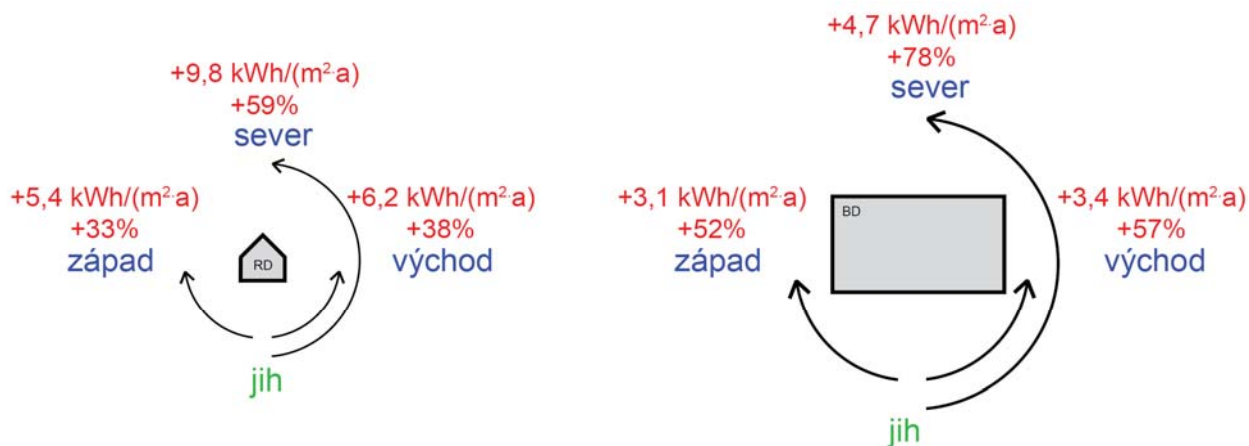
V rámci základního stavu je zvažován vliv větru na několik stran s mírnou ochranou (běžně dosažitelné hodnoty). Na diag. 4.17 a obr. 4.18 je znázorněno, že zvýšení potřeby tepla na vytápění je konstantní v absolutních hodnotách a už tolik nezávisí na tvaru a velikosti budovy, pouze u vyšších staveb je „zasazení“ větrem pravděpodobnější. Dle tab. 4.14 a tab. 4.15 je patrné, že díky vysoké ochraně proti větru lze ušetřit cca 2 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je pro malý RD-1 „pouze“ 10 % potřeby, ale u velkého BD-4 (S-J) to je už 33 %, takže v procentuálních hodnotách se to promítne razantněji.



diag. 4.18 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění  $E_A$  mezi klimatem HK a klimatem KV u větrné expozice stavby

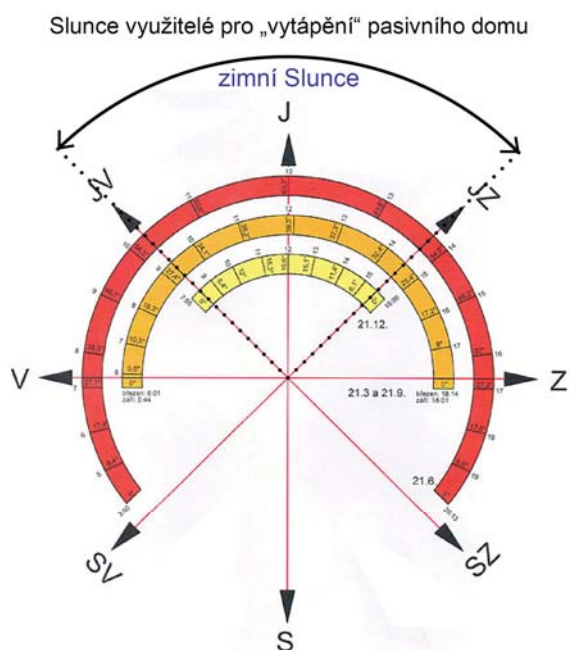
## 4.3 Orientace stavby

### 4.3.1 Orientace ke světovým stranám



obr. 4.16 Schematické znázornění vlivu orientace na RD a BD

Vhodná orientace budovy na pozemku je velmi důležitá. V ideálním případě by měl dům stát na pozemku nestíněn, hlavní fasádou s největší prosklenou plochou otočen směrem k osluněné straně (od jihovýchodu přes jih po jihozápad). To kromě výhody využívání pasivních solárních zisků skrývá i riziko přehřívání budovy, a je proto zapotřebí pečlivě navrhnout stínící prvky. Je ovšem nutno brát ohled na intenzitu denního osvětlení a jeho pozitivní vliv na psychiku a výkonnost uživatelů. Někdy však volbu pozemku nebo umístění budovy nemůžeme ovlivnit. Poloha budovy může být regulována určitými pravidly (např. řadová zástavba, uliční čára) nebo jiný pozemek jednoduše nepřipadá v úvahu. V případě omezení ve formě stínění, nevhodné orientace pozemku nebo budovy, je zapotřebí tyto podmínky přesně definovat (nebo alespoň předvídat do budoucna) a zahrnout je do úvah (obr. 4.16), případně i výpočtů [6].



obr. 4.17 Ukázka polohy Slunce v rámci roku [70]

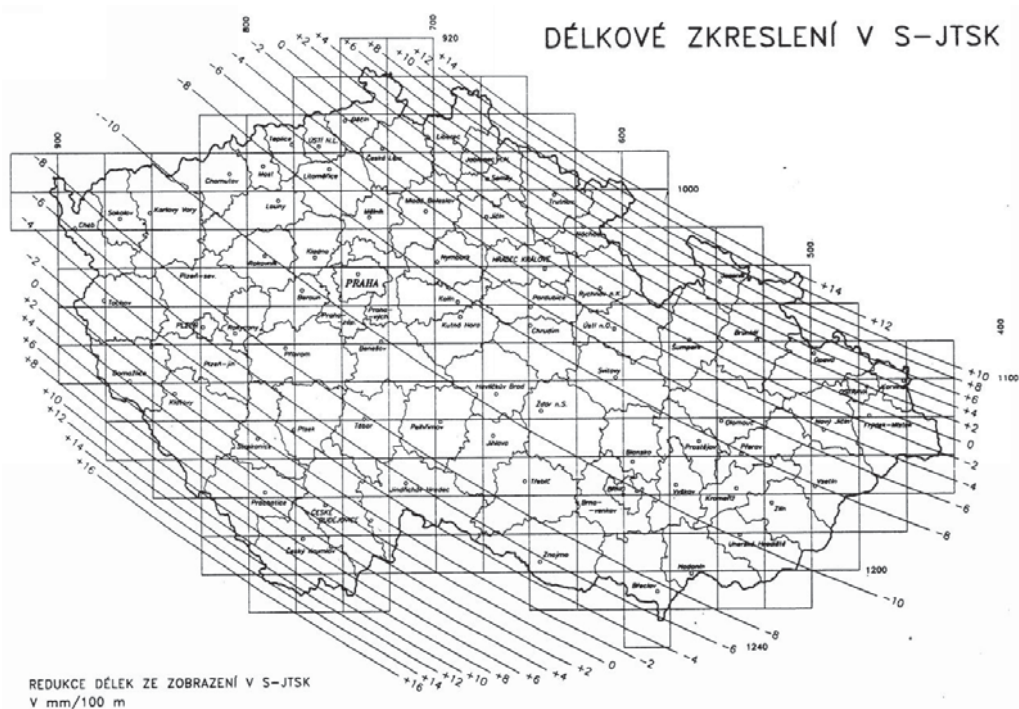
Na omezení slunečního příspěvku reagují pasivní domy velmi citlivě – pootočením jižně orientované hlavní fasády pasivního domu o 90° směrem na východ nebo západ, by se jeho potřeba tepla mohla zvýšit až o 145 %, v případě nízkoenergetické stavby by to bylo o 105 % [52]. Jak je vidět na obr. 4.17, tak pro „vytápění“ pasivního domu lze využívat pouze zimní Slunce, které ale bohužel má malou intenzitu a je nízko nad horizontem. Proto je nutné stavby orientovat s hlavní obytnou fasádou nejvíce na jih, pokud možno s minimální odchylkou. Je to z důvodu nejen snížení potřeby tepla na vytápění, ale i zvýšení účinnosti fixních stínících markýz nad okny proti letnímu přehřívání, atd. Například aby bylo možné v létě zastínit okna, která směřují na západ a východ, je nutno mít nad nimi předsazenou markýzu minimálně 3 m dlouhou, kratší nemají účinnost (proto je stínění tímto způsobem velmi neefektivní). Je velmi málo známo, že katastrální mapy se odchylojí od geografického severu (nesměřují přesně na sever) o Křovákovo zobrazení. Při bližší analýze je patrné, že zde vzniká drobná odchylka, která je způsobena převodem 3D geoidu Země na 2D plochu papíru. Toto řeší Křovákovo zobrazení (třeba Google mapy již tuto odchylku započítávají). Při odečítání orientace budovy ke světovým stranám z katastrální mapy (S-JTSK), je nutné započítat tzv. meridiánovou konvergenci (severní směr na mapě není totožný s její hranou). Ta se pro danou lokalitu stanoví ze vzorce:

$$C = \frac{24^{\circ}50' - L_{loc}}{1,34} \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.1)$$

kde  $L_{loc}$  [°] je východní délka lokality (např. pro Prahu 14,1°). Skutečná jižní orientace lokality je pak:

$$\gamma_{jih} = \gamma_{jih,S-JTSK} - C \quad [\text{kWh/a}] \quad (4.2)$$

kde [°]  $\gamma_{jih,S-JTSK}$  je jižní orientace odečtená z katastrální mapy (tj. skutečný jih je východněji) [58]. Meridiánová konvergence pro ČR nabývá hodnot 9°30' pro západní okraj ČR a 4°28' pro východní okraj. Ve výpočtu PHPP tato chyba může činit až 1 – 2 kWh(m<sup>2</sup>·a) pro RD a to může činit až 10 % chybu [52].



obr. 4.18 Ukázka meridiánové konvergence – Křovákovo zobrazení [71]

Pro osazení do terénu platí zásada přípustné odchylky od jižní azimutální orientace do 22,5°. Ze zkušeností se ukazuje, že pootočení domu o 30° a více stupňů oproti geografickému jihu znamená v ČR nemožnost dosažení pasivního domu. Orientace „jih na roh“ je velmi častá. V mnoha případech je to neřešitelný problém, který projektant již vyřešit vůbec nemůže (problém uliční čáry).

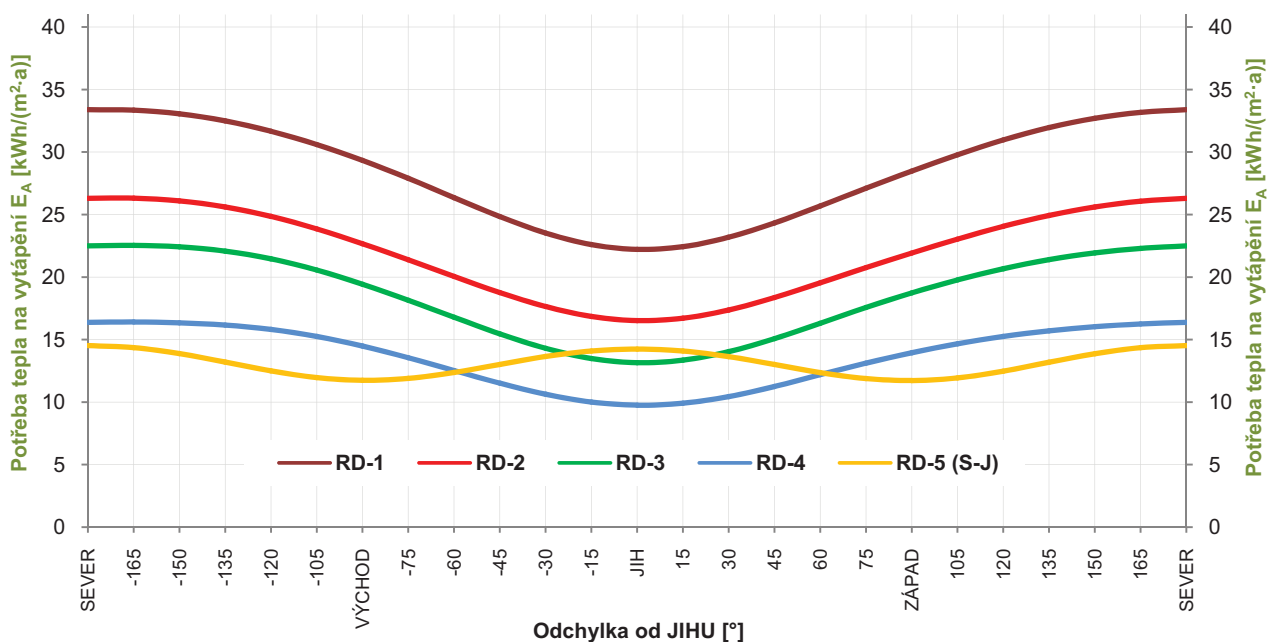
tab. 4.16 Vliv orientace stavby na  $E_A$  (klíma HK)

Orientace stavby	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
JIH	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5	
VÝCHOD	29,3	22,7	19,4	14,5	11,7	18,1	10,2	9,4	4,8	
ZÁPAD	28,5	21,9	18,7	13,9	11,7	17,6	9,9	9,1	4,8	
SEVER	33,4	26,3	22,5	16,4	14,5	21,0	11,8	10,7	5,9	

tab. 4.17 Vliv orientace stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klíma HK)

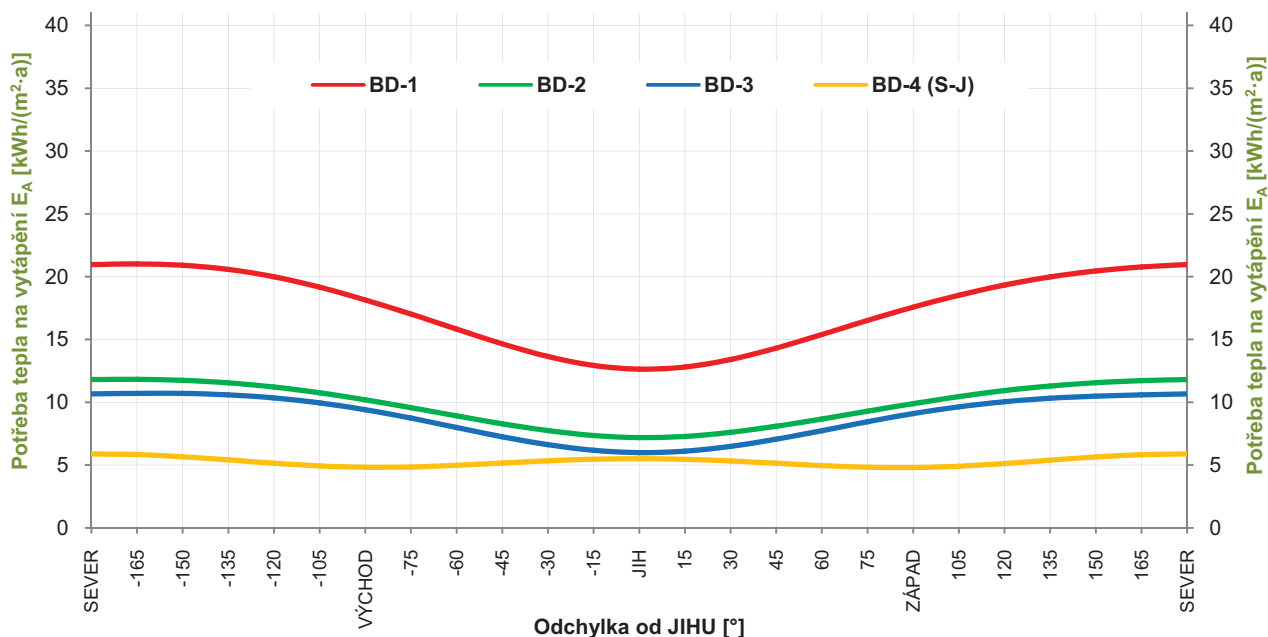
Orientace stavby	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
JIH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
VÝCHOD	+32%	+37,6%	+47%	+48%	-17,6%	+43,7%	+41,7%	+56,7%	-12,7%	
ZÁPAD	+28,4%	+32,7%	+41,7%	+41,8%	-17,6%	+39,7%	+37,5%	+51,7%	-12,7%	
SEVER	+50,5%	+59,4%	+70,5%	+67,3%	+2,1%	+66,7%	+63,9%	+78,3%	+7,3%	

Všechny stavby jsou vyhodnocovány tak, že základní stav, který je ideálně orientovaný na jih, je otáčen směrem k severu. Všechny proporce oken na fasádách jsou zachovány (většinou 30 % na jih, 10 % na východ a západ a 5 % na sever), takže při otočení o 180° přímo na sever má hlavně fasáda okna k severu, tj. na sever je 30 % prosklení a na jih pouze 5 % (v praxi výjimka).



diag. 4.19 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění  $E_A$  a orientací stavby u posuzovaných rodinných domů (klíma HK)



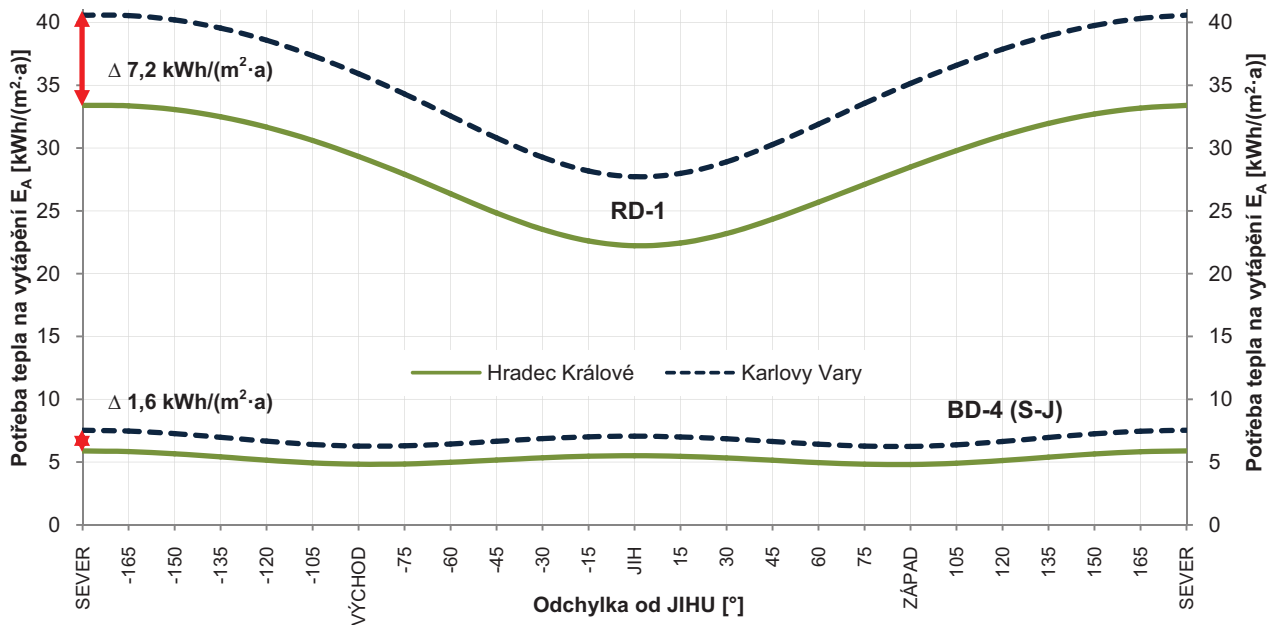


diag. 4.20 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění  $E_A$  a orientací stavby u posuzovaných bytových staveb (klíma HK)

Všechny změny orientace jsou zaneseny tab. 4.16 a tab. 4.17 a chování staveb je zakresleno do přehledných grafů diag. 4.19, diag. 4.20 a diag. 4.21. Po vyhodnocení je na diagramech ukázáno, že dobře zateplený objekt na změnu orientace reaguje výrazněji. Pro malé stavby je orientace pro energetickou bilanci velmi podstatná, neboť jejich citlivost je výrazně vyšší než u velkých bytových staveb. Malý RD-1 má při ideální orientaci potřebu 22,2 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a po otočení na sever (severní orientace) potřeba vzroste na 33,4 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je nárůst o 51 % (v absolutní hodnotě to je zvýšení o 11,2 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Pokud nejde zajistit ideální orientace, tak musí být obálka budovy tepelně-technicky vysoce kvalitní, což objekty prodražuje. Pokud nelze orientovat hlavní fasádu na jih, může být v některých případech nemožné, za předpokladu rozumné tloušťky stěn a rozumných investičních nákladů, dostat měrnou potřebu tepla na vytápění pod 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

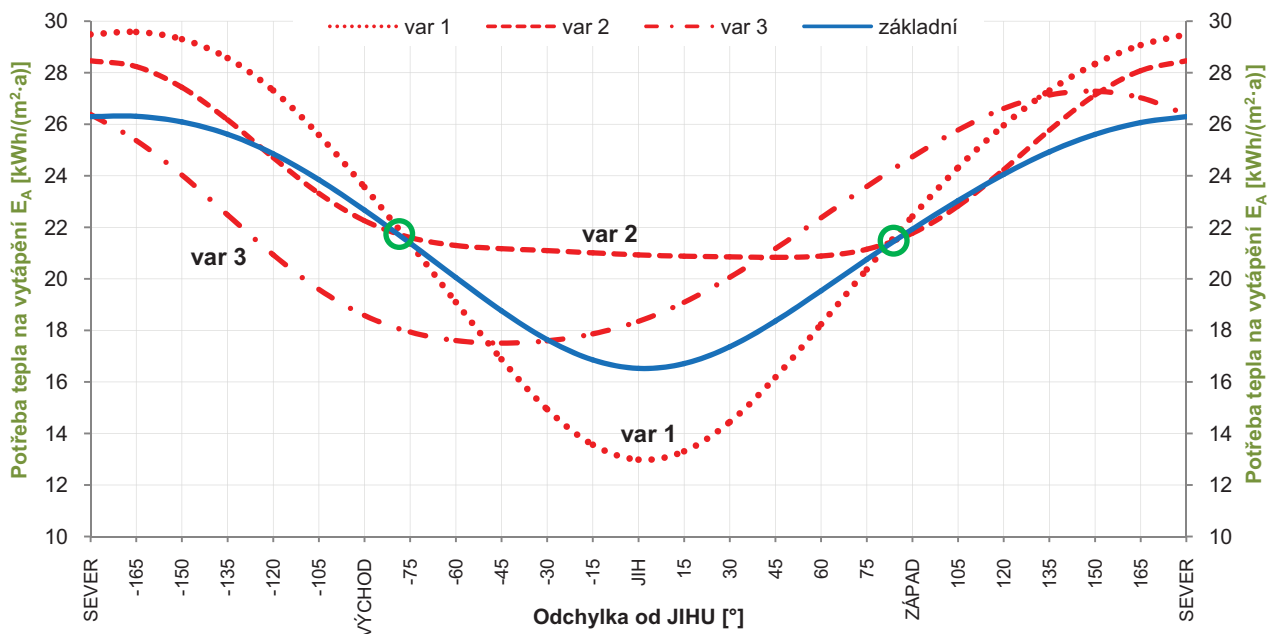
Velké objekty mají mnohem plošší křivky při změně orientace. Jsou mnohem více odolnější proti změnám v absolutních hodnotách, například BD-3 má v ideální pozici potřebu 6 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a po otočení na sever má již 10,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je zvýšení o 80 % (toto číslo může klamat, pokud si nevšimneme, že nárůst je pouze o 4,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a vzhledem k předchozí ideálně nízké hodnotě 6 kWh/(m<sup>2</sup>·a) je to „vysoký“ relativní nárůst). Kromě BD-1 se u bytových staveb vždy dostaneme na pasivní standard pod hodnotu 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Zajímavou reakci mají stavby v základním stavu orientované na S-J (RD-5 a BD-4). Tyto stavby díky velkým proskleným plochám mají nejnižší potřebu až při natočení o 45°. Tedy při základním stavu má RD-5 (S-J) potřebu 14,2 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a po mírném otočení lze snížit potřebu až na 11,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a), tj. o 18 %. Natáčení velké bytovky nemá podstatný vliv. Pokud srovnáme dvě velmi podobné stavby RD-4 a RD-5 (S-J), které mají stejný objem, tak výhodněji vychází RD-4 i po mírném natáčení až do 60° od jihu, tj. řadový dům s hlavní orientací fasády na jih.



diag. 4.21 Porovnání vlivu orientace stavby na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u RD-1 a BD-4 (S-J) (klima HK a klima KV)

Tepelné ztráty konstrukcemi jsou nezávislé na orientaci, ale zisky jsou na východní a západní fasádě samozřejmě menší než na jihu. Z poznatků vyplývá, že jižní strana má dominantní vliv a v ideálním případě nesmí být trvale stíněná (volný horizont), ale jen za předpokladu, že minimálně polovina z celkové plochy prosklení je s orientací na jih. Odchylna k západu je výhodnější než k jihovýchodu. To je dáno tím, že v dopoledních hodinách je obvykle větší oblačnost, takže dopadající energie je menší – tento údaj je přímo ověřený meteorology [35].

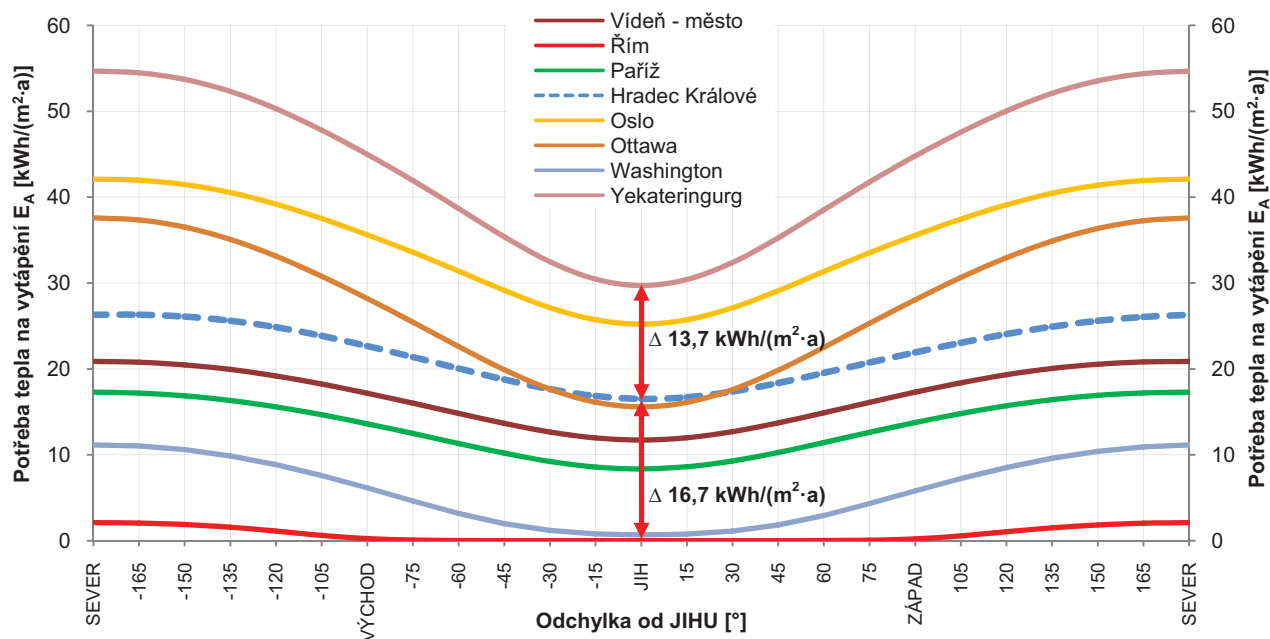


diag. 4.22 Porovnání vlivu orientace na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u tří variant RD-2 s různým poměrem prosklení fasád (klima HK)

Idealizované modely staveb mají všechny strany prosklení symetricky. Velmi zajímavé je i chování staveb s nerovnoměrným prosklením fasád, jak ukazuje diag. 4.22. Jsou posuzovány tyto varianty na modelu RD-2:

- základní – **ideální základní stav** - 30 % stěn jih, 10 % stěn západ a východ, 5 % stěn sever;
- varianta 1 – **velké prosklení jih** - 60 % stěn jih, 10 % stěn západ a východ, 5 % stěn sever;
- varianta 2 – **velké prosklení západ a východ** - 30 % stěn jih, 50 % stěn západ a východ, 5 % stěn sever;
- varianta 3 – **zcela asymetricky** - 20 % stěn jih, 5 % stěn západ, 30 % stěn východ, 0 % stěn sever.

Diagram má nastaveny osy tak, aby všechny změny byly co nejvíce čitelné. Varianta 1 s velkým prosklením na jih dokáže snížit potřebu o skutečně velkou hodnotu, cca na  $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , ale má velkou citlivost, protože už při mírném natočení potřeba rapidně roste. Varianta 2 ukazuje, že pokud má stavba hodně prosklený západ a východ, tak se změna orientace do cca  $80^\circ$  prakticky neprojeví, ale je nutné zvažovat s vyšší potřebou tepla na vytápění (lepší nízkoenergetický standard). Varianta 3 znázorňuje, že pokud má dům všechny fasády jinak prosklené, tak se lehce může stát, že ideální orientace je až při natočení domu, tj. přiblížení velkých prosklených ploch k jihu. Zde například je optimální natočení o  $45^\circ$  na východ.



diag. 4.23 Porovnání vlivu orientace na měrnou potřebu tepla na vytápění RD-1 v různých klimatických lokalitách po celém světě

Na diag. 4.23 je patrné, že podmínky pro dosažení pasivního standardu nejsou stejné po celém světě a přitom je limit  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  jednotný. V jižních krajích hraje hlavní roli ochlazování domu a potřeba na vytápění je skutečně nula. Například v Rusku je skvělé řešení, které se pohybuje na hranici  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Je tomu skutečně tak, že úporný dům reaguje na lokální situaci a nelze jednoduše zobecnit. Typovost a univerzálnost řešení je vhodná jen pro malé územní celky, kde je podobné klima. Už i ČR je dost velká na to, aby vznikaly mezi severem a jihem rozdíly u malých staveb typu RD-1, cca  $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , nebo-li 40 % rozdíl.



## 5 VLIVY GEOMETRIE STAVBY

### 5.1 Tvar stavby

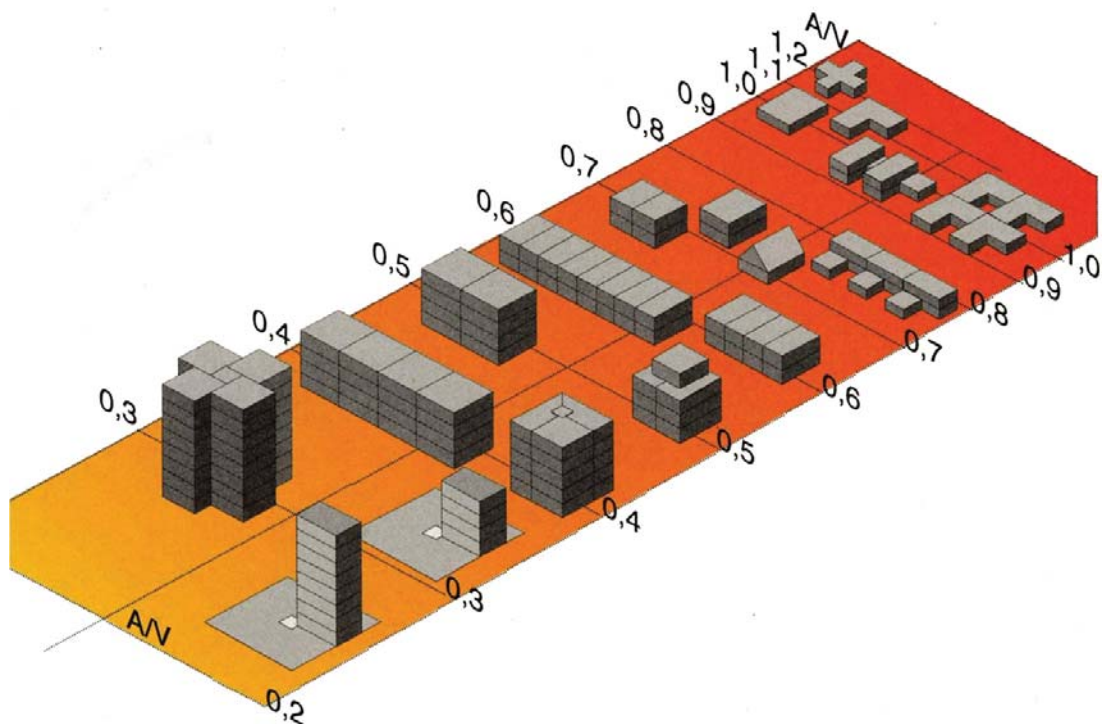
#### 5.1.1 Tvar a velikost stavby



obr. 5.1 Schematické znázornění velikosti stavby RD a BD

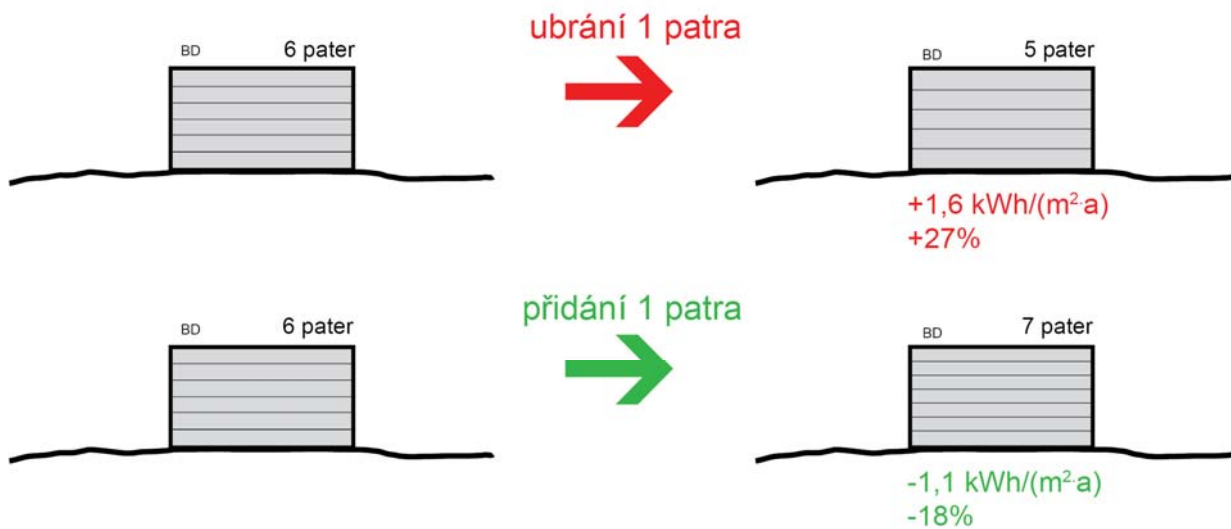
Jak je z předchozích úvah zřejmé, tvar a velikost stavby explicitně určují celkovou energetickou bilanci stavby. Již v kapitole 3 v diag. 3.5 je zdůrazněný faktor tvaru, nebo-li poměr  $A/V$ , který ukazuje předběžnou kvalitu stavby, viz obr. 5.2. Čím je tento faktor nižší, tím má stavba nižší předpoklady pro úsporný standard. Jak je vidět, jsou zvýhodněné stavby s větším objemem, kde se dost často pohybuje okolo  $0,3 \text{ m}^2/\text{m}^3$  a naopak jsou znevýhodněné stavby typu rodinný dům, který je nejobtížnější pro návrh. V ideálním případě by se měl faktor tvaru pohybovat kolem  $0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Nejvíce znevýhodněná je stavba jednopodlažního bungallowu RD-1, který má potřebu tepla  $22,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  a  $A/V$  má hodnotu  $0,91 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

Je jasné, že velikost stavby je mnohdy určena již samotným zadáním na počátku navrhování. Architekt má největší vliv na samotné uspořádání a tvarové členění stavby nebo-li kompaktnost. Faktor tvaru nelze moc přeceňovat, protože má pouze velmi orientační charakter a ukazuje „předpoklady“ stavby pro energetickou bilanci.  $A/V$  totiž neříká nic jiného o dalších parametrech, které jsou rovněž podstatné. Již samotným umístěním, například polohou v zemině a s dobrou orientací oken, lze vliv nevýhodného tvaru dobře eliminovat (obr. 5.1).



obr. 5.2 Ukázka faktoru tvaru  $A/V$  v závislosti na velikosti budovy [59]

### 5.1.2 Korekce podlažnosti



obr. 5.3 Schematické znázornění vlivu podlažnosti na BD

Konstrukční výška staveb pro bydlení může být různorodá, ale většinou se pohybuje v rozmezí mezi 2,3 (minimum v podkroví) až po 4,0 m v hlavní obytné místnosti nebo vstupním atriu domu. Výška místnosti určuje významnost a kvalitu prostoru, tzn. čím je vyšší, tím je důležitost prostoru vyšší. Spolu s tím nabývají na významu fyziologické důsledky, neboť vyšší místnosti jsou zpravidla světlejší, prostor se tváří více otevřeně a příjemněji pro obyvatele domu.

Zajímavá je teoretická úvaha, která staví na tom, že lze konstrukční výšku domu měnit a tím buď přidat nebo ubrat jedno patro (v tomto konkrétním případě lze myšlenku brát v úvahu jen u bytových domů). Díky těmto změnám dochází ke zmenšení, nebo zvětšení užité (vytápěné) plochy, ale obalová plocha domu, tj. plocha všech okolních konstrukcí, zůstává stejná, viz obr. 5.3. Tepelná ztráta domu je stejná, ale jelikož se určuje měrná potřeba tepla na vytápění, která je vztažná k vytápěné ploše, proto se mění i potřeba tepla. Je to způsobeno díky měnícím se proporcím mezi ochlazovanou a vytápěnou plochou.

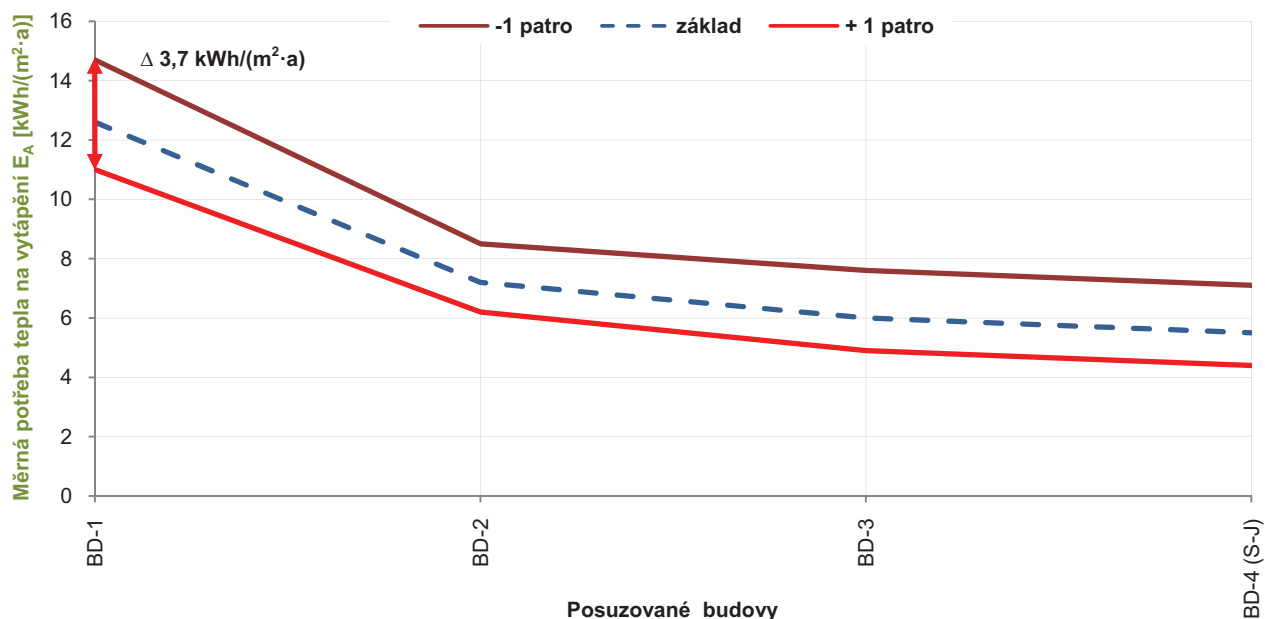
tab. 5.1 Vliv podlažnosti stavby na  $E_A$  (klíma HK)

počet pater [ks]	výška patra [m]	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]				výška patra [m]	počet pater [ks]
		BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)		
7	3,54	14,7	8,5	7,6	7,1	3,72	5
8	3,10	12,6	7,2	6,0	5,5	3,10	6
9	2,76	11,0	6,2	4,9	4,4	2,66	7

tab. 5.2 Vliv podlažnosti stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klíma HK)

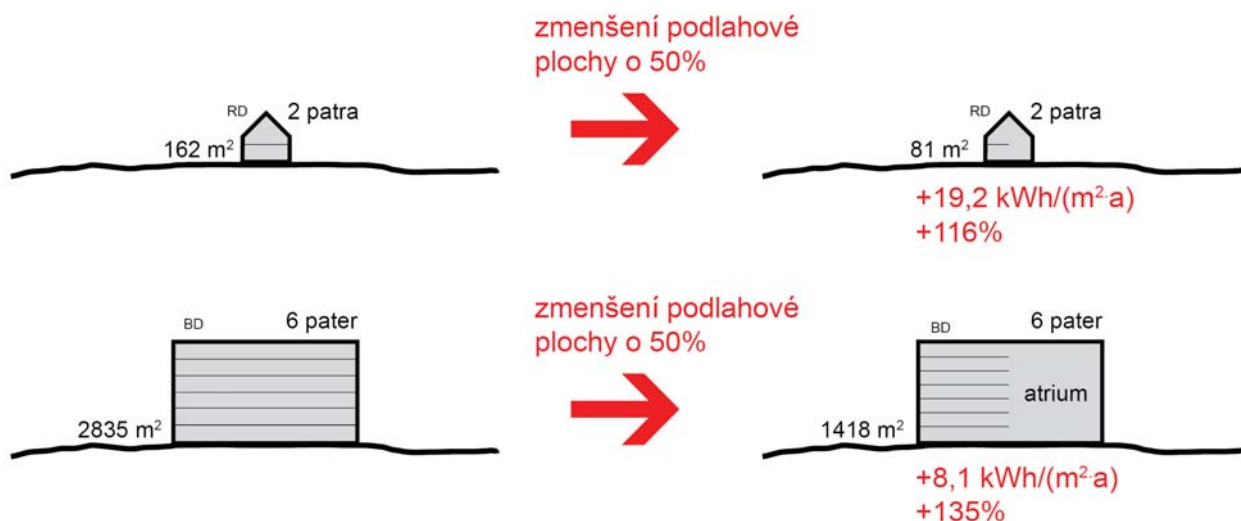
počet pater [ks]	výška patra [m]	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]				výška patra [m]	počet pater [ks]
		BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)		
7	3,54	+16,7%	+18,1%	+26,7%	+29,1%	3,72	5
8	3,10	0%	0%	0%	0%	3,10	6
9	2,76	-12,7%	-13,9%	-18,3%	-20%	2,66	7

V tab. 5.1 a tab. 5.2 jsou vidět variace různého počtu pater, tj. vždy se přidává a ubírá jedno patro a zaznamenávají se vlivy na potřebu tepla na vytápění. BD-1 a BD-2 mají základní počet pater 8, protože jsou věžového charakteru a BD-3 a BD-4 (S-J) mají 6 pater, neboť jsou deskového typu. Pokud přidáme u BD-1 patro, tak snížíme potřebu o 13 %, tj. o 1,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a pokud jedno ubereme, tak zvýšíme potřebu o 2,1 kWh/(m<sup>2</sup>·a), tj. o 17 %. U většího bytového domu po přidání patra snížíme potřebu o 1,1 kWh/(m<sup>2</sup>·a), tj. o 20 % a po ubrání zvýšíme o 1,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a), tj. o 29 %. Z daných výsledků se nám potvrzuje, že budovy jsou citlivější na ubírání podlahové plochy při zmenšování počtu pater (diag. 5.1).



diag. 5.1 Vztah mezi korekcí podlažnosti a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK)

### 5.1.3 Korekce podlahové plochy – atrium



obr. 5.4 Schematické znázornění vlivu korekce podlahové plochy na RD a BD

U pasivních domů se již zónování neprojevuje na zvyšování tepelné ztráty budovy, ale především na provozním fungování objektu. Vnitřní uspořádání místností se volí s ohledem na teplotní režim, regulaci, potřebnou míru denního osvětlení, funkční propojení nebo jiné požadavky, jako je možnost výhledu, dispozice pozemku apod. Základní rozdělení prostor v objektu je na vytápěné a nevytápěné, které většinou vychází z logicky a funkčně oddělených celků, jako jsou sklep, podkroví, garáž a obytné či jiné prostory. Vytápěnou a nevytápěnou zónu je nutné důkladně tepelně oddělit. Ve vytápěném prostoru dochází k dalšímu členění podle účelu místností, provozního režimu a následné regulace vytápění [6].

tab. 5.3 Vliv korekce podlahové plochy na E<sub>A</sub> (klima HK)

Zmenšení podlahové plochy	Měrná potřeba tepla na vytápění E <sub>A</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
-5%	23,6	17,5	14,0	10,4	15,1	13,4	7,7	6,4	5,9
-15%	26,7	19,9	15,9	11,9	17,2	15,2	8,8	7,4	6,9
-30%	33,1	24,6	19,8	15,0	21,5	19,0	11,1	9,4	8,8
-50%	47,9	35,7	28,9	22,0	31,3	27,6	16,5	14,1	13,4

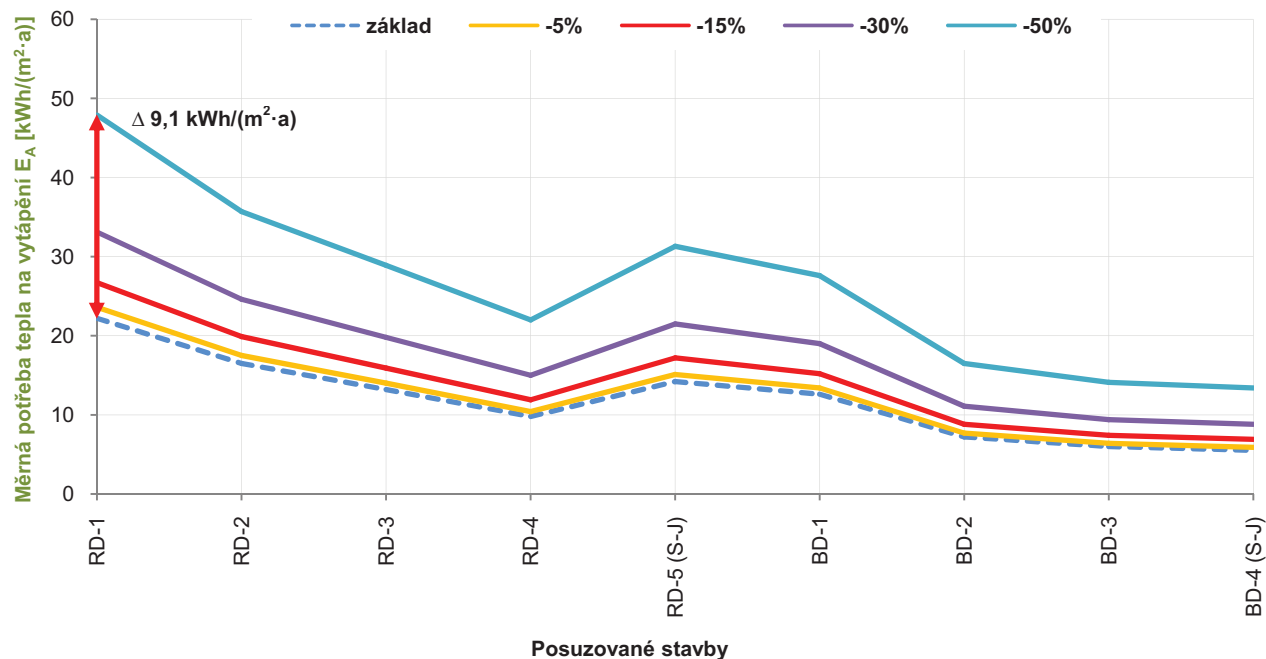
tab. 5.4 Vliv korekce podlahové plochy na procentuální změnu E<sub>A</sub> (klima HK)

Zmenšení podlahové plochy	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění E <sub>A</sub> [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
-5%	+6,3%	+6,1%	+6,1%	+6,1%	+6,3%	+6,3%	+6,9%	+6,7%	+7,3%
-15%	+20,3%	+20,6%	+20,5%	+21,4%	+21,1%	+20,6%	+22,2%	+23,3%	+25,5%
-30%	+49,1%	+49,1%	+50%	+53,1%	+51,4%	+50,8%	+54,2%	+56,7%	+60%
-50%	+115,8%	+116,4%	+118,9%	+124,5%	+120,4%	+119%	+129,2%	+135%	+143,6%

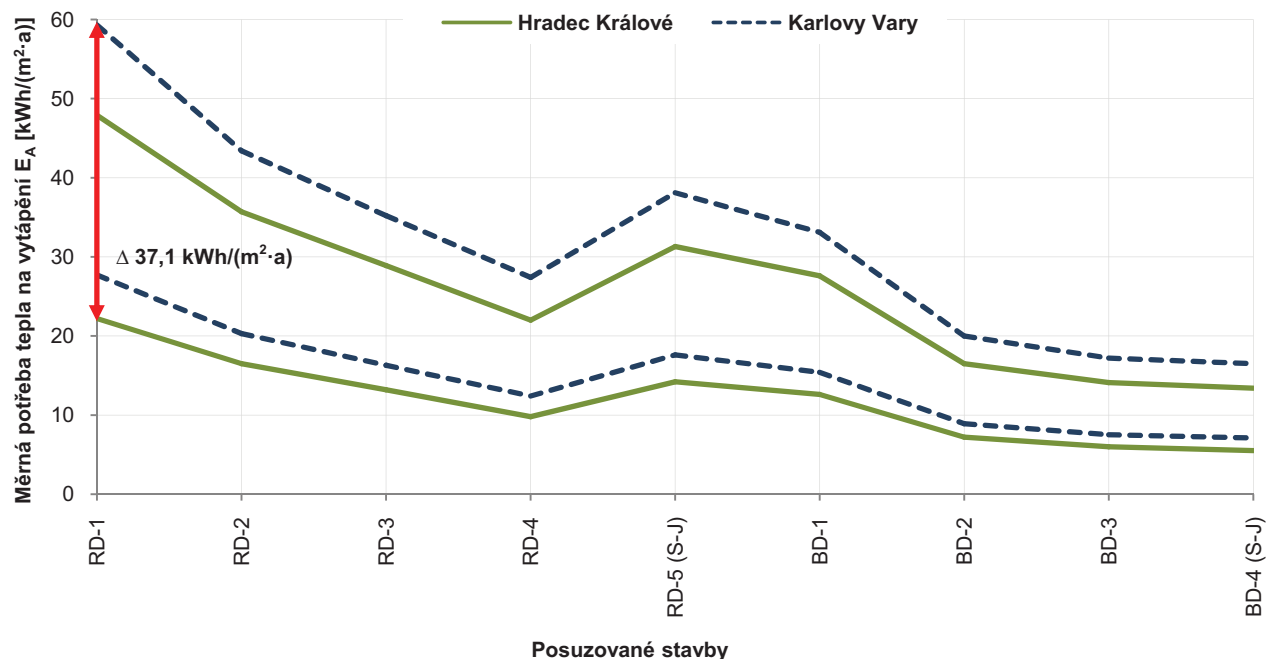
Dnešním oblíbeným prvkem je instalace vnitřního atria (obr. 5.4) v budovách. Atrium, nebo-li vnitřní prostor spojující minimálně jedno podlaží v otevřený, přehledný a logický celek, má jednu



nevýhodu, kterou architekti nezřídka podceňují. Snižuje praktickou využitelnost objektu a tou je užitná plocha domu. V tab. 5.3 a tab. 5.4 je patrné že tento „úbytek plochy“ by se neměl podceňovat. Jak je na diag. 5.2 a diag. 5.3 patrné, tak se efekt projevuje významně u větších úbytků. Například odebráním 50 % vytápěné plochy zvýšíme potřebu u RD-1 o 25,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je o 116 %. Tato skutečnost se ještě více projeví u větších staveb, například u BD-4 (S-J) dojde ke zvýšení o 7,9 kWh/(m<sup>2</sup>·a), nebo-li o 144 %. Vnitřní atria v domě mají svoje opodstatnění z mnoha hledisek, ale nesmí jich být příliš.

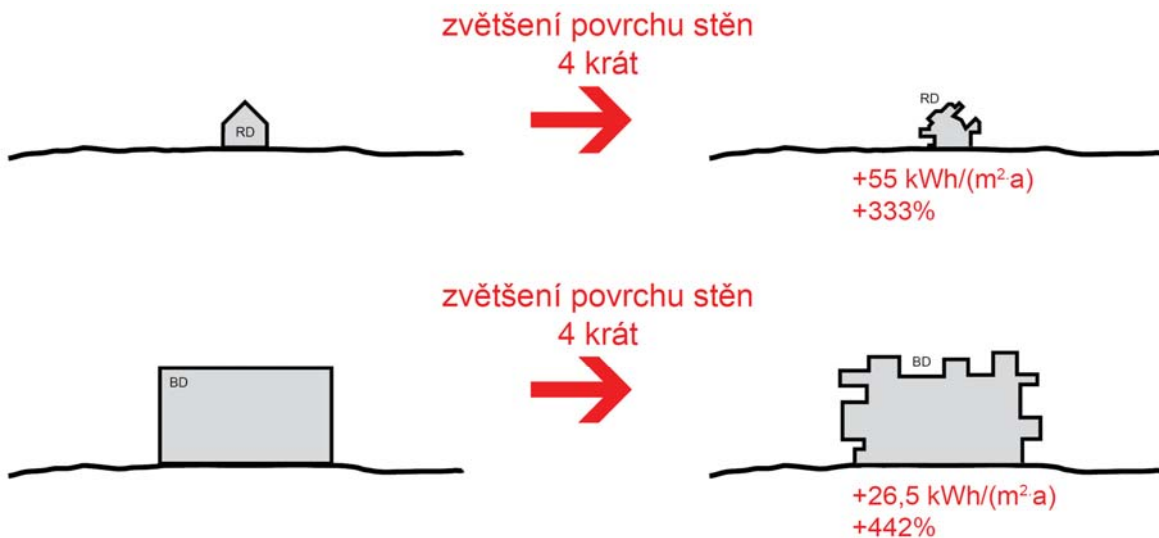


diag. 5.2 Vztah mezi korekcí podlahové plochy a měrnou potřebou tepla na vytápění E<sub>A</sub> (klima HK)



diag. 5.3 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění E<sub>A</sub> mezi klimatem HK a klimatem KV u korekce podlahové plochy

### 5.1.4 Kompaktnost stavby



obr. 5.5 Schematické znázornění kompaktnosti na RD a BD

Velikost a tvar budovy budou vždy předmětem zásadních diskusí investora a projektanta. Tvarová kompaktnost ve značné míře přispívá ke snižování potřeby tepla na vytápění. Určitě není možné nějakým způsobem absolutně optimalizovat tvar budovy vzhledem k tomuto jedinému parametru. Stojí za to prověřit několik vhodných tvarových a velikostních variant použitelných pro daný účel budovy z tohoto hlediska. Vhodnější je menší faktor tvaru  $A/V$  [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>]. Větší a kompaktní budovy mají chování podle očekávání relativně lepší (obr. 5.5). Vhodné je přemýšlet i o energetických důsledcích nejrůznějších výstupků a členitostí fasád.

tab. 5.5 Vliv kompaktnosti stavby na  $E_A$  (klima HK)

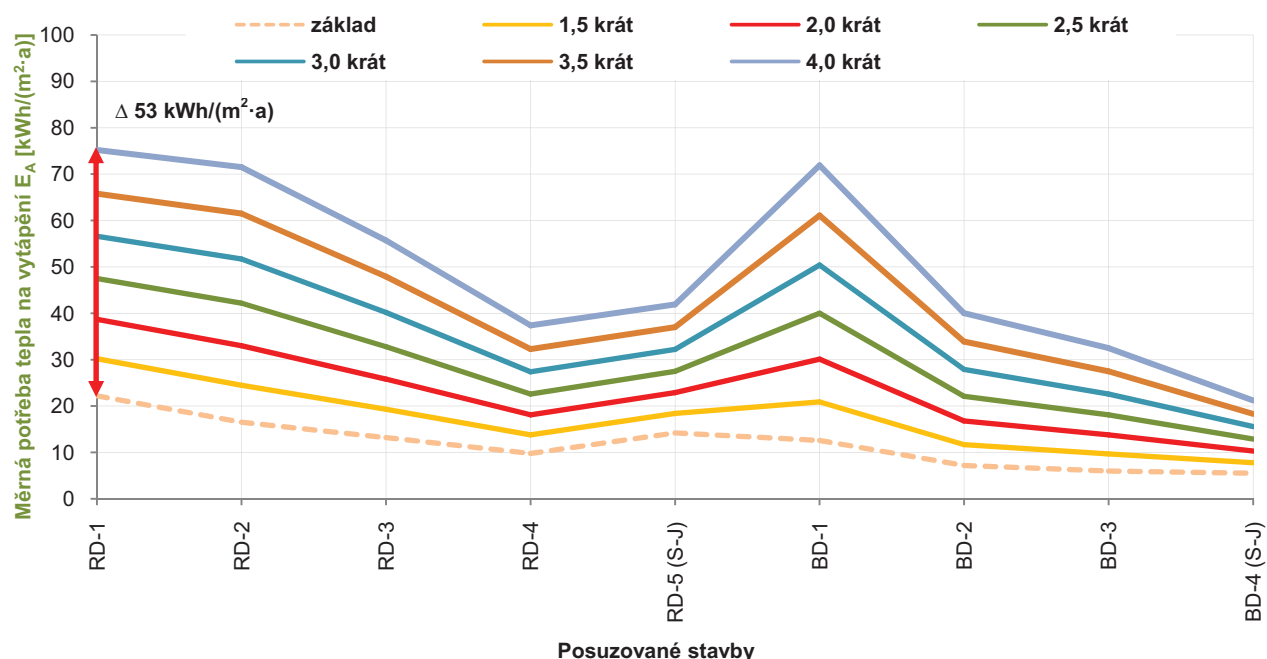
Zvětšení povrchu	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>základ</b>	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5	
1,5 krát	30,2	24,5	19,3	13,8	18,4	20,9	11,7	9,7	7,8	
2,0 krát	38,7	33,0	25,8	18,1	22,9	30,1	16,8	13,8	10,3	
2,5 krát	47,5	42,2	32,8	22,6	27,5	40,0	22,1	18,1	12,9	
3,0 krát	56,6	51,7	40,2	27,4	32,2	50,4	27,9	22,6	15,6	
3,5 krát	65,8	61,5	47,9	32,3	37,0	61,1	33,9	27,5	18,3	
4,0 krát	75,2	71,5	55,7	37,4	41,9	71,9	40,0	32,5	21,2	

tab. 5.6 Vliv kompaktnosti stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Zvětšení povrchu	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1,5 krát	+36%	+48,5%	+46,2%	+40,8%	+29,6%	+65,9%	+62,5%	61,7%	+41,8%	
2,0 krát	+74,3%	+100%	+95,5%	+84,7%	+61,3%	+138,9%	+133,3%	+130%	+87,3%	
2,5 krát	+114%	+155,8%	+148,5%	+130,6%	+93,7%	+217,5%	+206,9%	+201,7%	+134,5%	
3,0 krát	+155%	+213,3%	+204,5%	+179,6%	+126,8%	+300%	+287,5%	+276,7%	+183,6%	
3,5 krát	+196,4%	+272,7%	+262,9%	+229,6%	+160,6%	+384,9%	+370,8%	+358,3%	+232,7%	
4,0 krát	+238,7%	+333,3%	+322%	+281,6%	+195,1%	+470,6%	+455,6%	+441,7%	+285,5%	

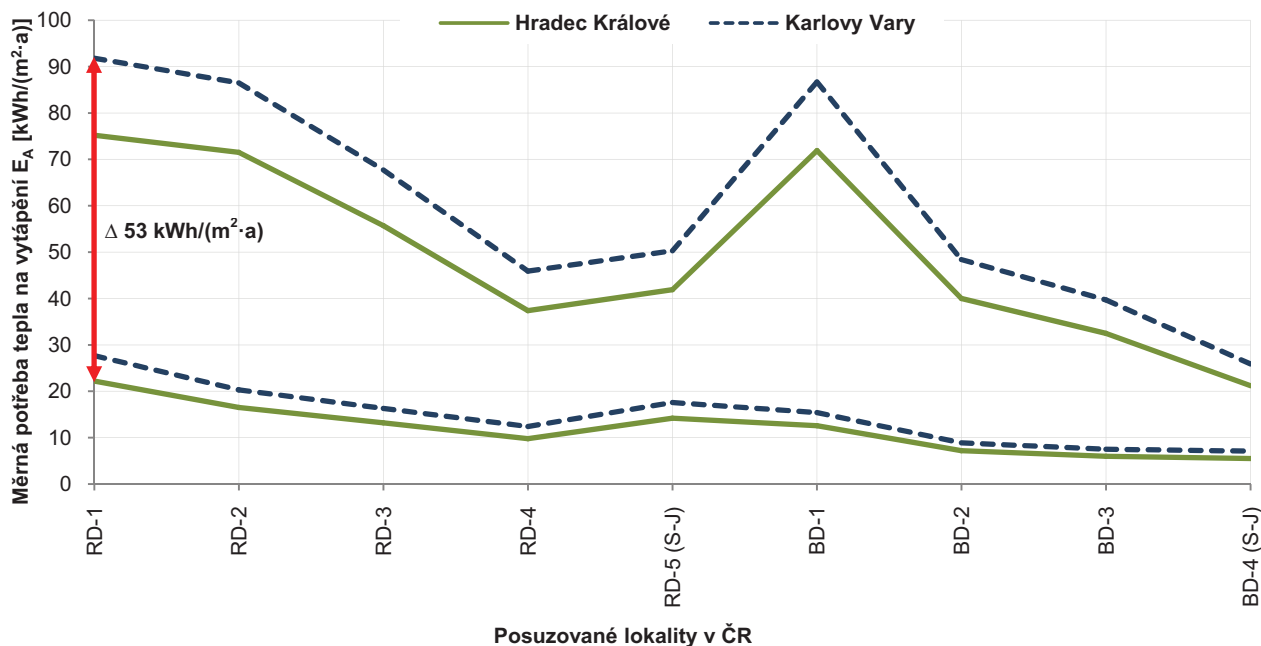
Nejjednodušším způsobem, jak omezit tepelné ztráty, je zmenšit podíl ochlazovaných ploch konstrukcí vzhledem k objemu. Pokud by tvar byl podřízen jen technickým parametrům, byla by ideální koule (minimální plocha vzhledem k objemu), ale reálně bude vyhovovat kvádr, delší stranou obrácený k jihu, se střechou mírně skloněnou k severu. Z hlediska kompaktnosti stavby je výhodnější vícepatrová varianta.

Členité stavby přinášejí s sebou mimo nárůstu ochlazovaných ploch i množství složitých detailů a napojení nosných konstrukcí komplikujících realizaci. Tvarová kompaktnost je základním pravidlem při navrhování pasivních domů. Pokud to není nezbytně nutné, je vhodné různé vystupující prvky a místnosti volit jako nevytápěné nebo je sdružovat a spojovat do větších objemů. Také výstavba samostatně stojících rodinných domů je už ve své podstatě energeticky nevýhodnější při srovnání s řadovou nebo bytovou zástavbou. Sdružování do větších celků poskytuje rovněž možnost napojení na společný zdroj tepla [3].



diag. 5.4 Vztah mezi kompaktností stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma HK)

Pro zjištění účinků kompaktnosti je pouze měněn povrch vnějších stěn stavby, tzn. není zohledněno stínění různých převisů nad okny a tím snížení solárních zisků. Dále není více brána zřetel na zesložení celé konstrukce a přidání dalších geometrických vazeb, které vznikají při změně tvaru budovy (různé rohy a úžlabí). V tab. 5.5 a tab. 5.6 a na diag. 5.4 a diag. 5.5 je názorně demonstrováno, jak velký vliv má plocha stěn. Stěny mají totiž na všech tvarech největší podíl (je jich mnohem více než plochy podlahy, střechy, ale i oken) a díky nim jsou tepelné ztráty nejvyšší. Je třeba zdůraznit, že ztráty nezávisí na orientaci, takže je jedno, jestli je stavba méně kompaktní na severu nebo na jihu. Pouze může vadit přílišná členitost stavby, kdy mohou vznikat podmínky pro vytváření stínů a zmenšení účinku slunečního záření jak na neprůsvitné, tak především na průsvitné plochy („samostínění“).



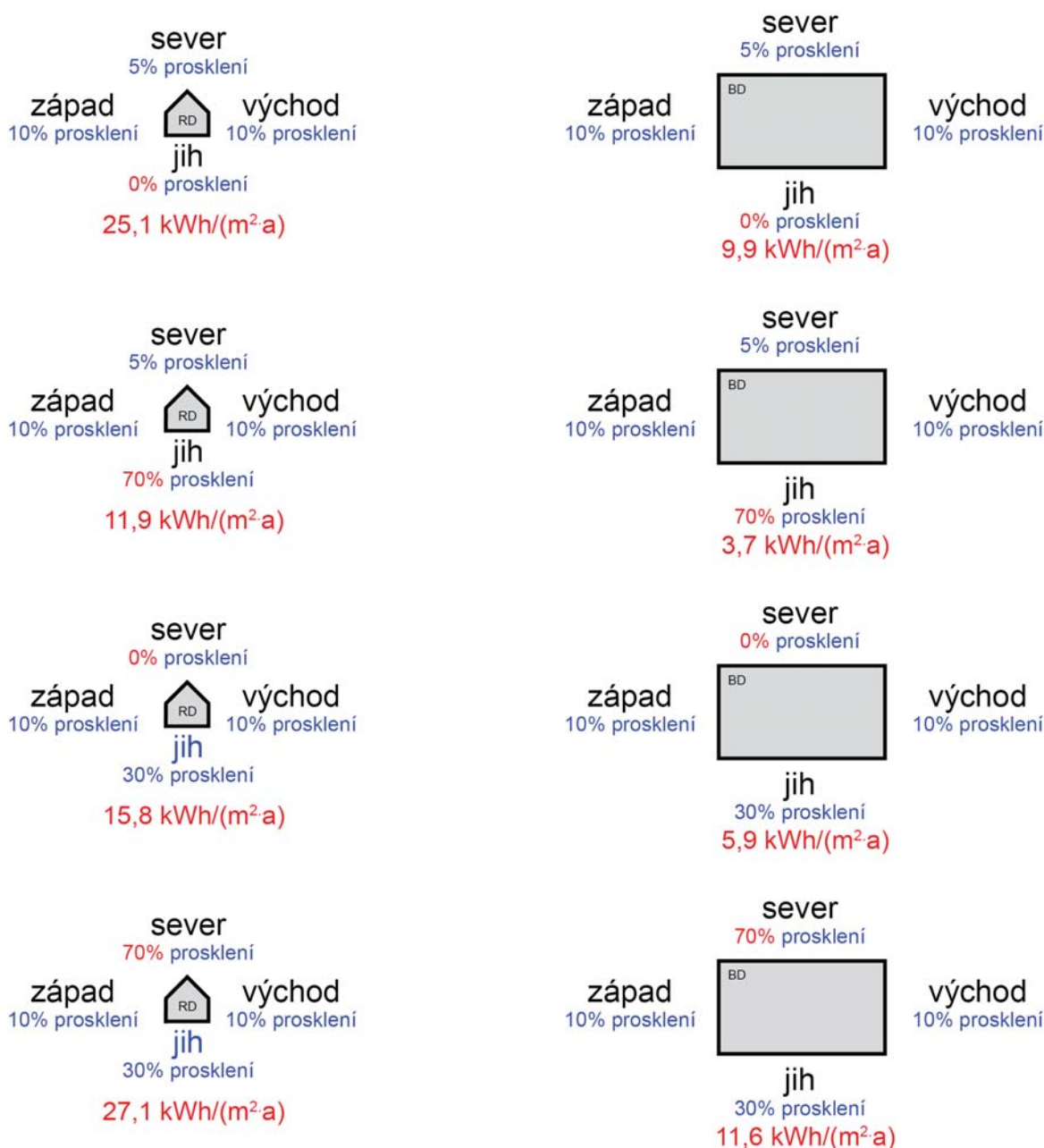
diag. 5.5 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění  $E_A$  mezi klimatem HK a klimatem KV u kompaktnosti stavby

Menší rodinné domy mají větší citlivost na změnu kompaktnosti, například při zvýšení povrchu stěn 3 krát (těchto hodnot lze dobře dosáhnout), tak u RD-1 dojde ke zvýšení potřeby tepla na vytápění o 34,4 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je o 155 %. U velkého bytového domu BD-4 (S-J) dojde ke zvýšení o 10,1 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je o 184 %. Na diag. 5.4 je velmi zřetelně vidět, že budova BD-1 bytového domu věžového tvaru velmi výrazně reaguje na změnu kompaktnosti. Je to proto, že podíl stěn k ostatním konstrukcím je zde nevyšší. Lze konstatovat, že malé i vysoké stavby jsou velmi citlivé na složitý povrch. Kompaktnost je někdy mnohem důležitější, než vliv prosklení fasády (ukázka moderní kompaktní stavby na obr. 5.6). Parametrickými studiemi se prokázalo, že vedle tepelně-technické kvality objektu představuje kompaktnost nejdůležitější vlastnost, která dosaženou potřebu tepla na vytápění výrazně ovlivňuje. Typ objektu má v českém klimatu dokonce větší význam než samotné klima [12].



obr. 5.6 Pasivní stavba – kompaktní tvar s moderním designem – arch. Vize Ateliér, Brno [13]

## 5.2 Prosklení fasád stavby



obr. 5.7 Schematické znázornění vlivu prosklení fasády na RD a BD

Okna a dveře, kterým se technicky říká výplně stavebních otvorů, mají v budovách řadu funkcí. Asi není třeba zmiňovat, že slouží zejména pro osvětlení místností, které řeší samostatný vědní obor. Okna a světlo se stávají prostředkem architekta pro vytvoření atmosféry, výrazu a pocitu z prostoru. Dostatek světla je naprosto klíčový pro vytvoření zdravého a příjemného pracovního prostředí kanceláře, stejně jako moderního, prosluněného obývacího či dětského pokoje. Okna, která tyto požadavky zajišťují, však mají v pasivním domě i jinou důležitou funkci a přispívají výrazně k úspoře tepla na vytápění. Energie, která se dostává přes zasklení do interiéru, snižuje potřebu tepla na vytápění. Okno pro pasivní dům by mělo do interiéru propouštět dostatek slunečního záření, které dopadá na zasklení. Tím, že je dům kvalitně zateplen a utěsněn, teplo neuniká, ale zůstává uvnitř [72].

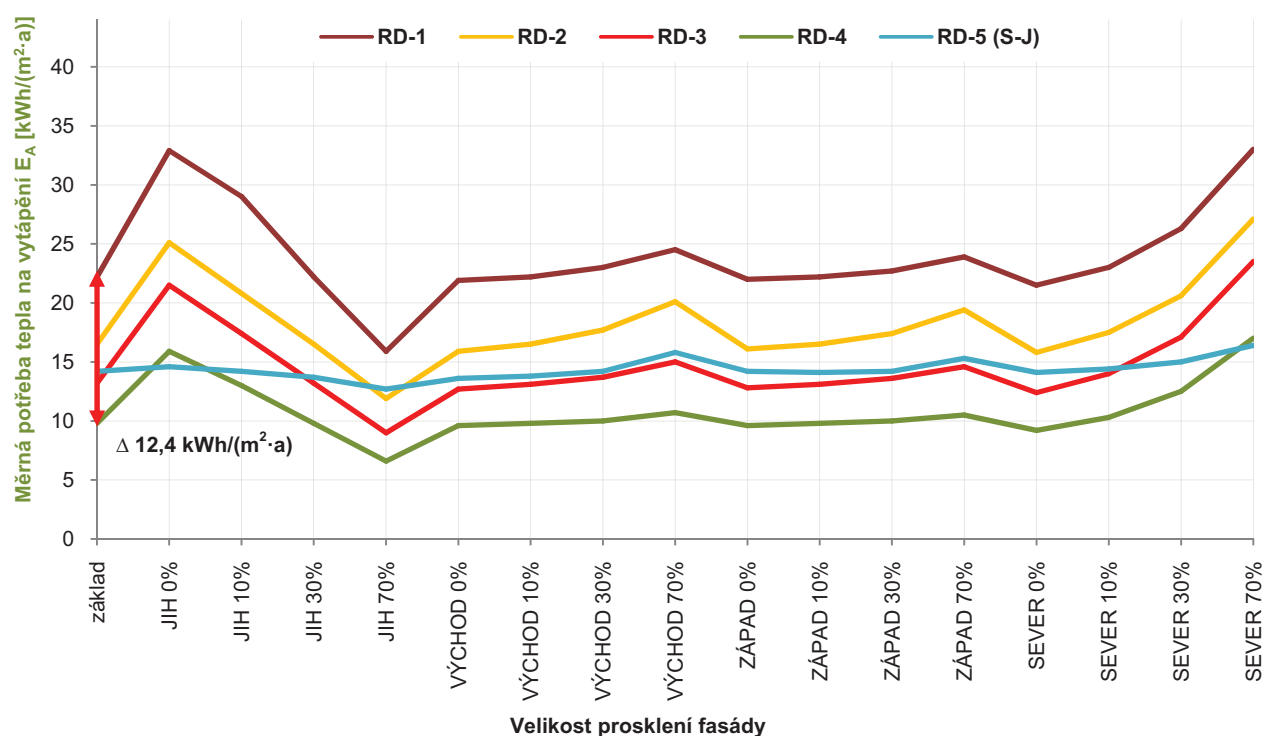
tab. 5.7 Vliv prosklení fasády na  $E_A$  (klima HK)

Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
orientace	velikost prosklení	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
	<b>základ</b>	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
JIH	0%	32,9	25,1	21,5	15,9	14,6	20,0	10,9	9,9	5,8
	10%	29,0	20,8	17,4	13,0	14,2	16,5	9,3	8,1	5,6
	30%	22,2	16,5	13,2	9,8	13,7	12,6	7,2	6,0	5,2
	70%	15,9	11,9	9,0	6,6	12,7	8,5	4,8	3,7	4,5
VÝCHOD	0%	21,9	15,9	12,7	9,6	13,6	12,1	6,8	5,8	5,2
	10%	22,2	16,5	13,1	9,8	13,8	12,6	7,1	6,0	5,2
	30%	23,0	17,7	13,7	10,0	14,2	13,7	7,7	6,3	5,5
	70%	24,5	20,1	15,0	10,7	15,8	15,9	8,9	6,9	6,2
ZÁPAD	0%	22,0	16,1	12,8	9,6	14,2	12,2	6,9	5,9	5,3
	10%	22,2	16,5	13,1	9,8	14,1	12,6	7,1	6,0	5,4
	30%	22,7	17,4	13,6	10,0	14,2	13,5	7,6	6,2	5,5
	70%	23,9	19,4	14,6	10,5	15,3	15,3	8,5	6,7	6,0
SEVER	0%	21,5	15,8	12,4	9,2	14,1	11,9	6,8	5,6	5,4
	10%	23,0	17,5	14,0	10,3	14,4	13,3	7,6	6,4	5,6
	30%	26,3	20,6	17,1	12,5	15,0	16,2	9,3	8,1	6,2
	70%	33,0	27,1	23,5	17,0	16,4	22,1	12,8	11,6	7,3

tab. 5.8 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu  $E_A$  (klima HK)

Stínící okolní budovy		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
orientace	velikost prosklení	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
	<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
JIH	0%	+48,2%	+52,1%	+62,9%	+62,2%	+2,8%	+58,7%	+51,4%	+65%	+5,5%
	10%	+30,6%	+26,1%	+31,8%	+32,7%	0%	+31%	+29,2%	+35%	+1,8%
	30%	0%	0%	0%	0%	-3,5%	0%	0%	0%	-5,5%
	70%	-28,4%	-27,9%	-31,8%	-32,7%	-10,6%	-32,5%	-33,3%	-38,3%	-18,2%
VÝCHOD	0%	-1,4%	-3,6%	-3,8%	-2%	-4,2%	-4%	-5,6%	-3,3%	-5,5%
	10%	0%	0%	-0,8%	0%	-2,8%	0%	-1,4%	0%	-5,5%
	30%	+3,6%	+7,3%	+3,8%	+2%	0%	+8,7%	+6,9%	+5%	0%
	70%	+10,4%	+21,8%	+13,6%	+9,2%	+11,3%	+26,2%	+23,6%	+15%	+12,7%
ZÁPAD	0%	-0,9%	-2,4%	-3%	-2%	0%	-3,2%	-4,2%	-1,7%	-3,6%
	10%	0%	0%	-0,8%	0%	-0,7%	0%	-1,4%	0%	-1,8%
	30%	+2,3%	+5,5%	+3%	+2%	0%	+7,1%	+5,6%	+3,3%	0%
	70%	+7,7%	+17,6%	+10,6%	+7,1%	+7,7%	+21,4%	+18,1%	+11,7%	+9,1%
SEVER	0%	-3,2%	-4,2%	-6,1%	-6,1%	-0,7%	-5,6%	-5,6%	-6,7%	-1,8%
	10%	+3,6%	+6,1%	+6,1%	+5,1%	+1,4%	+5,6%	+5,6%	+6,7%	+1,8%
	30%	+18,5%	+24,8%	+29,5%	+27,6%	+5,6%	+28,6%	+29,2%	+35%	+12,7%
	70%	+48,6%	+64,2%	+78%	+73,5%	+15,5%	+75,4%	+77,8%	+93,3%	+32,7%

Dnešní moderní okno je výstupem velmi kvalitní technologie, která využívá především poznatků ze stavební fyziky a materiálového inženýrství. Moderní rámy mají kvalitní těsnění a jsou doplněny o tepelně-izolační výplně. Po usazení do konstrukce jsou ještě navíc velmi často dobře preizolovány, aby se zabránilo vzniku tepelného mostu. Tímto může vznikat i nový architektonický výraz rámu, protože díky úplnému ukrytí vzniká tzv. bezrámové zasklení. V okně jsou použita velmi kvalitní čirá trojskla vyplněná inertním plynem (většinou argon nebo krypton), mají tzv. „teplé“<sup>5</sup> distanční rámečky a hlavně mají pokovení na dvou vnitřních stranách skel. Díky nanesení kvalitní vzácné vrstvy oxidu stříbra vzniká emisní vrstva, která dovoluje proniknout do interiéru „živému“ krátkovlnnému záření. Díky akumulaci v konstrukcích se toto záření přemění na dlouhovlnné tepelné spektrum a toto záření již emisní vrstva nepustí. Tímto vzniká v domě skleníkový efekt, který je velmi účinný. Je třeba vyváženost mezi tepelně-izolační kvalitou skel a jejich prostupností pro sluneční záření. Dle výpočtů vychází, že na jižní straně je mnohem důležitější dbát na čirost skla a na jiných orientacích naopak na izolační kvalitu skla.

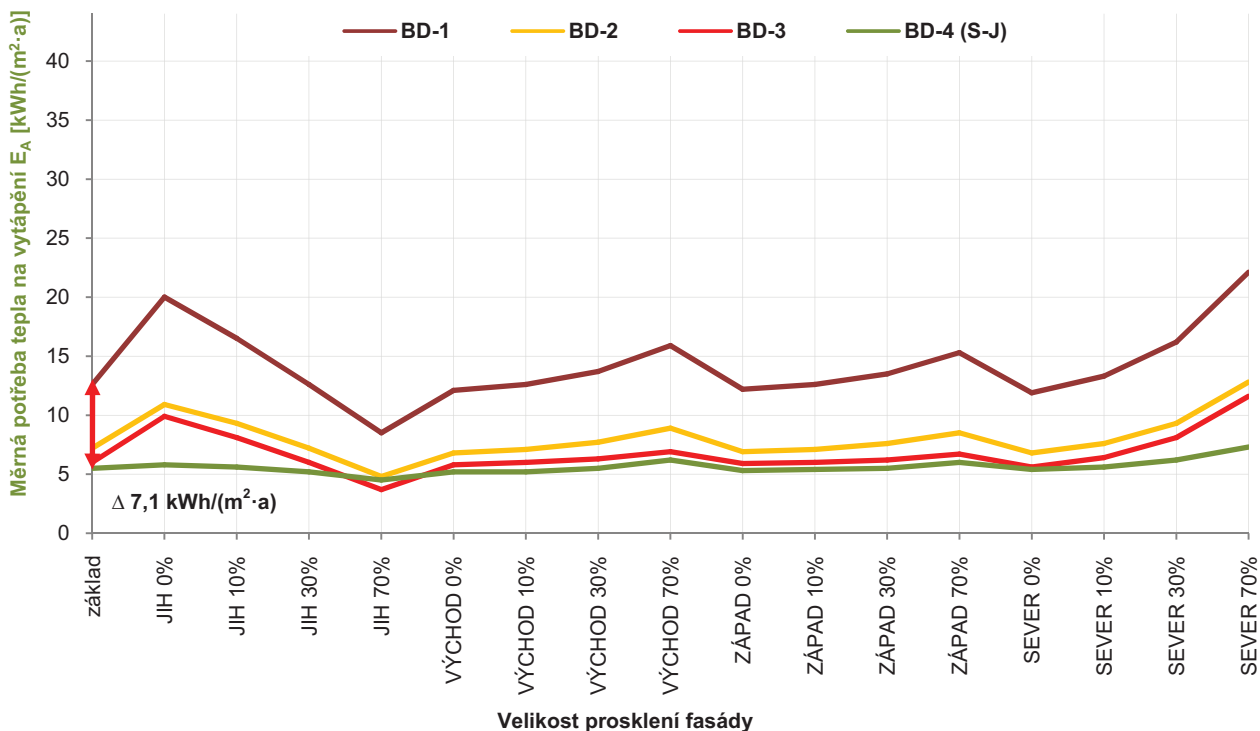


diag. 5.6 Vztah mezi prosklením fasády a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK) u posuzovaných rodinných domů

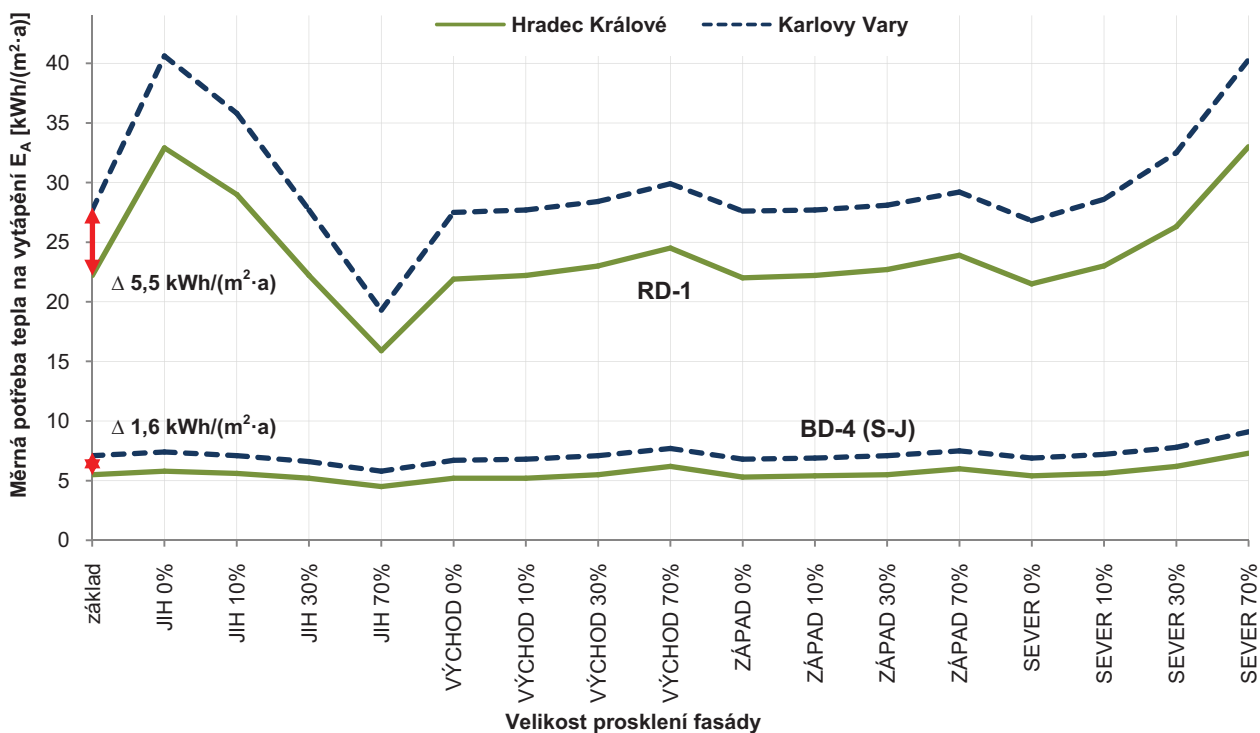
Díky pasivnímu solárnímu získávání tepla lze v úsporném domě pokrýt cca 40 % zbytkové potřeby tepla, jak je dobře vidět na diag. 3.4. Velikost prosklení nesmí být neúměrná. Ztráty díky okenním plochám jsou přibližně šestinásobné oproti netransparentním prvkům obvodového pláště (například na RD-2 okna tvoří jen 8 % teplosměnné plochy, ale jako tepelně-technicky nejslabší článek obvodového pláště budovy tvoří 34 % jeho celkových tepelných ztrát). Podíl prosklených ploch na jižní fasádě by se měl pohybovat od 25 % do 40 %. Při zohlednění klimatických podmínek lze dosáhnout menší nebo větší plochu prosklení (od 10 do 60 %). Poměr prosklení na východní a západní fasádě by neměl přesáhnout 10 % podlahové plochy přilehlých

<sup>5</sup> Teplé distanční rámečky jsou vyráběny ze speciální hmoty, která je mechanicky odolná a stabilní. Navíc jsou obohacena o skleněná vlákna a tím slouží jako výborný izolant pro zasklívání. Významně tak snižují lineární koeficient prostupu tepla zasklení a zamezují kondenzaci vodních par.

místností. Přesahy střešní roviny nebo balkony nad jižními okny do hloubky 1,3 m v zimě potřebu tepla ve srovnání s nestíněnými fasádami nezvyšují, teplotní špičky v létě však výrazným způsobem minimalizují.



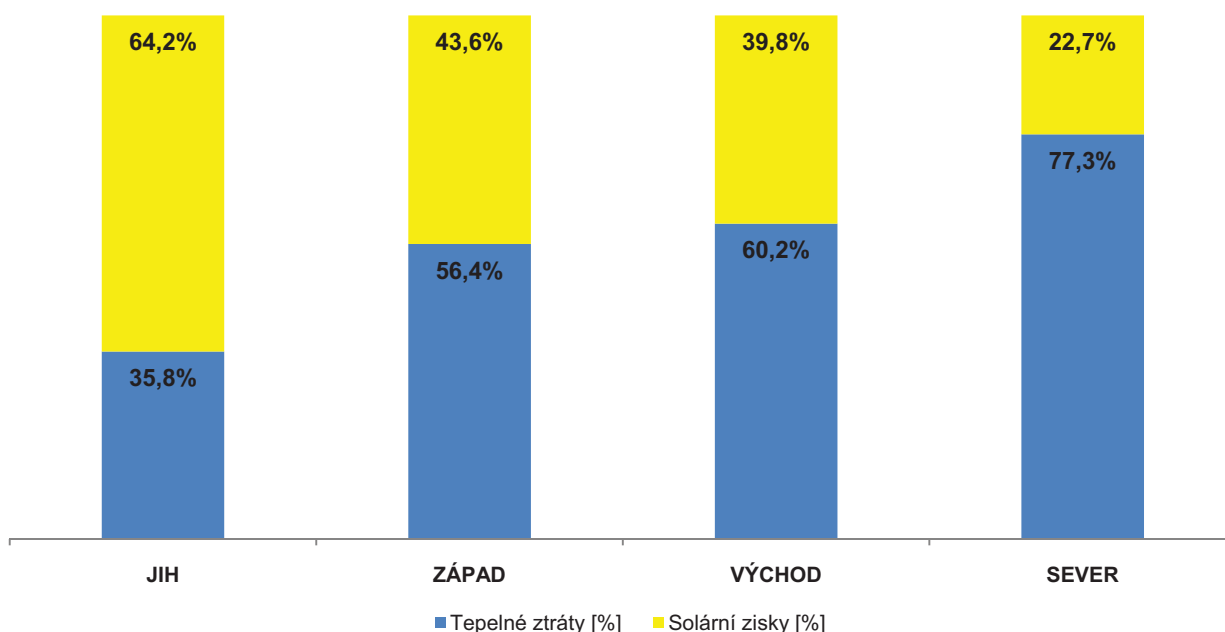
diag. 5.7 Vztah mezi prosklením fasády a měrnou potřebou tepla na vytápění E<sub>A</sub> (klíma HK) u posuzovaných bytových domů



diag. 5.8 Porovnání vlivu prosklení fasády na měrnou potřebu tepla na vytápění E<sub>A</sub> u RD-1 a BD-4 (S-J) (klíma HK a klíma KV)



Při návrhu prosklení fasád se musí zohlednit daná energetická bilance všech oken (obr. 5.7), tzn. podíl slunečních zisků a tepelných ztrát. Ztráty jsou skutečně nezávislé na orientaci, ale solární zisky se explicitně uplatňují se směrem ke Slunci. Výsledkem musí být alespoň mírně pozitivní energetická bilance, tzn. po započtení všech oken (i na sever) musí být kladná. Na diag. 5.9 je znázorněná bilance oken u RD-2, tedy je patrné, že u oken směrem na jih zisky převládají nad ztrátami. U západu a východu to již není tak jednoznačné a na severu drtivě převládají ztráty. Tyto hodnoty se mění dle natáčení domu, poměry energií jsou závislé na energetické obálce domu a samozřejmě na kvalitě použitých skel (prostupnost, odrazivost, emisivita). Například „pouze“ u nízkoenergetické stavby okna na západ a východ vycházejí bilančně neutrálně (nic nepřevažuje), ale u standardu pasivního domu již jsou lehce negativní. Je to skutečně dáno mnohem lepší tepelně-izolační obálkou domu. Celkovou bilanci může dobře ovlivnit stínění, je třeba s ním počítat a zacházet s ním při výpočtech velmi citlivě a opatrně.



diag. 5.9 Energetická bilance oken RD-2 při ideální jižní orientaci (klima HK)

V tab. 5.7 a tab. 5.8 jsou zanesena posouzení vlivů prosklení fasád. Vychází se vždy ze základního stavu prosklení, kterým je 30 % na jih, 10 % na západ a východ a 5 % na sever. Jak již bylo výše popsáno, tato kombinace je optimální vzhledem k bilanci a dispozičnímu využití stavby. Respektuje zásady úsporného navrhování, tj. efektivní využití solárních zisků. Pro vyhodnocení je měněna pouze jedna hodnota prosklení na určité fasádě. Výsledky jsou zaneseny do diag. 5.6, diag. 5.7 a diag. 5.8. Grafy dobře potvrzují hypotézu, že největší pozitivní reakce dochází u zvětšování oken na jižní straně a největší negativní reakce při zvětšování oken na severu. Západní a východní orientace nepřináší nějaké velké změny, takže skutečně nelze říci, že nám bilančně pomáhají. Menší RD jsou mnohem více citlivé než BD, což se potvrzuje i v jiných parametrech. Stavby RD-5 (S-J) a BD-4 (S-J) s jinou orientací nereagují skoro vůbec. Opět potvrzují, že pokud se architekt „spokojí“ se zvýšenou potřebou na bázi nízkoenergetického standardu, tak ji při orientaci S-J dobře dosáhne a změna velikosti prosklení bude mít malý vliv. Ale na pasivní standard se lze dostat mnohem hůře. Zajímavé je, že skoro stejných hodnot se dosáhne, pokud nemá stavba na jihu žádné okno anebo naopak má prosklení na severu 70 %. U RD-1 se potřeba zvýší o 10,8 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což je o 49 % více proti ideálnímu stavu.

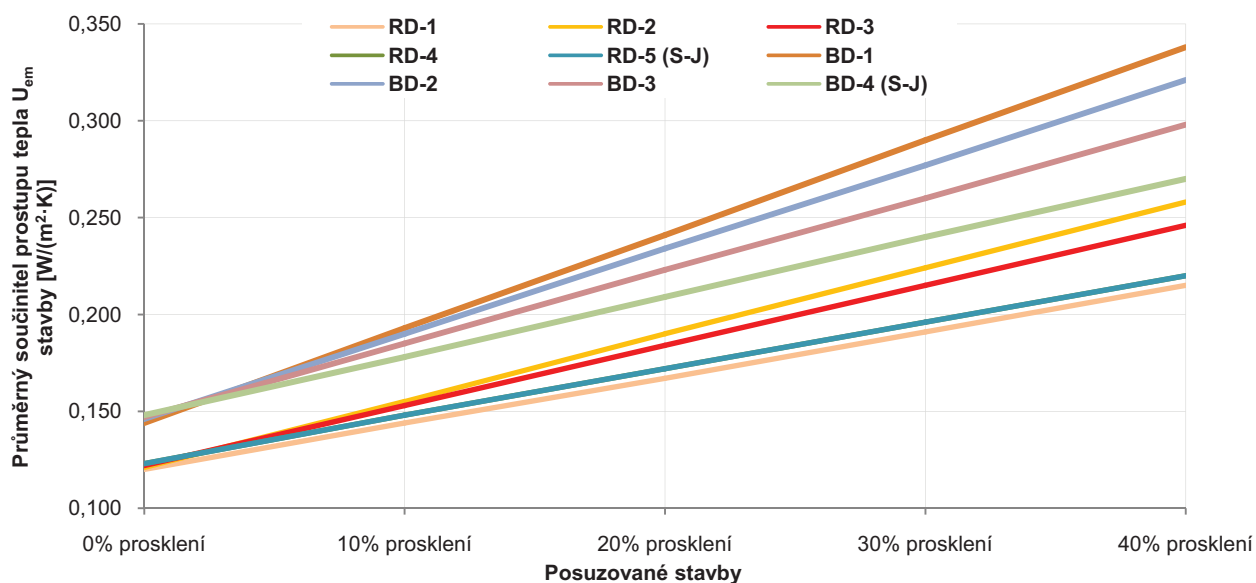
tab. 5.9 Vliv prosklení fasády na  $U_{em}$  (klima HK)

Velikost prosklení stěn stavby	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ stavby [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>základ <math>U_{em}</math></b>	0,154	0,172	0,174	0,161	0,183	0,214	0,216	0,207	0,214	
<b>základ prosklení</b>	14,43%	14,89%	16,65%	15,62%	24,87%	14,36%	15,82%	15,81%	21,80%	
<b>0% prosklení</b>	0,120	0,121	0,122	0,123	0,123	0,144	0,146	0,147	0,148	
<b>10% prosklení</b>	0,144	0,155	0,153	0,148	0,148	0,193	0,190	0,185	0,178	
<b>20% prosklení</b>	0,167	0,190	0,184	0,172	0,172	0,241	0,234	0,223	0,209	
<b>30% prosklení</b>	0,191	0,224	0,215	0,196	0,196	0,290	0,277	0,260	0,240	
<b>40% prosklení</b>	0,215	0,258	0,246	0,220	0,220	0,338	0,321	0,298	0,270	
max. prosklení pro splnění $U_{em,max} > U_{em}$	$U_{em,max} = 0,22 W/(m^2 \cdot K)$					$U_{em,max} = 0,30 W/(m^2 \cdot K)$				
	42%	29%	31%	40%	40%	32%	35%	40%	49%	

tab. 5.10 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu  $U_{em}$  (klima HK)

Velikost prosklení stěn stavby	Procentuální změna průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em}$ stavby [%]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>0% prosklení</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
<b>10% prosklení</b>	+20%	+28,1%	+25,4%	+20,3%	+20,3%	+34%	+30,1%	+25,9%	+20,3%	
<b>20% prosklení</b>	+39,2%	+57%	+50,8%	+39,8%	+39,8%	+67,4%	+60,3%	+51,7%	+41,2%	
<b>30% prosklení</b>	+59,2%	+85,1%	+76,2%	+59,3%	+59,3%	+101,4%	+89,7%	+76,9%	+62,2%	
<b>40% prosklení</b>	+79,2%	+113,2%	+101,6%	+78,9%	+78,9%	+134,7%	+119,9%	+102,7%	+82,4%	

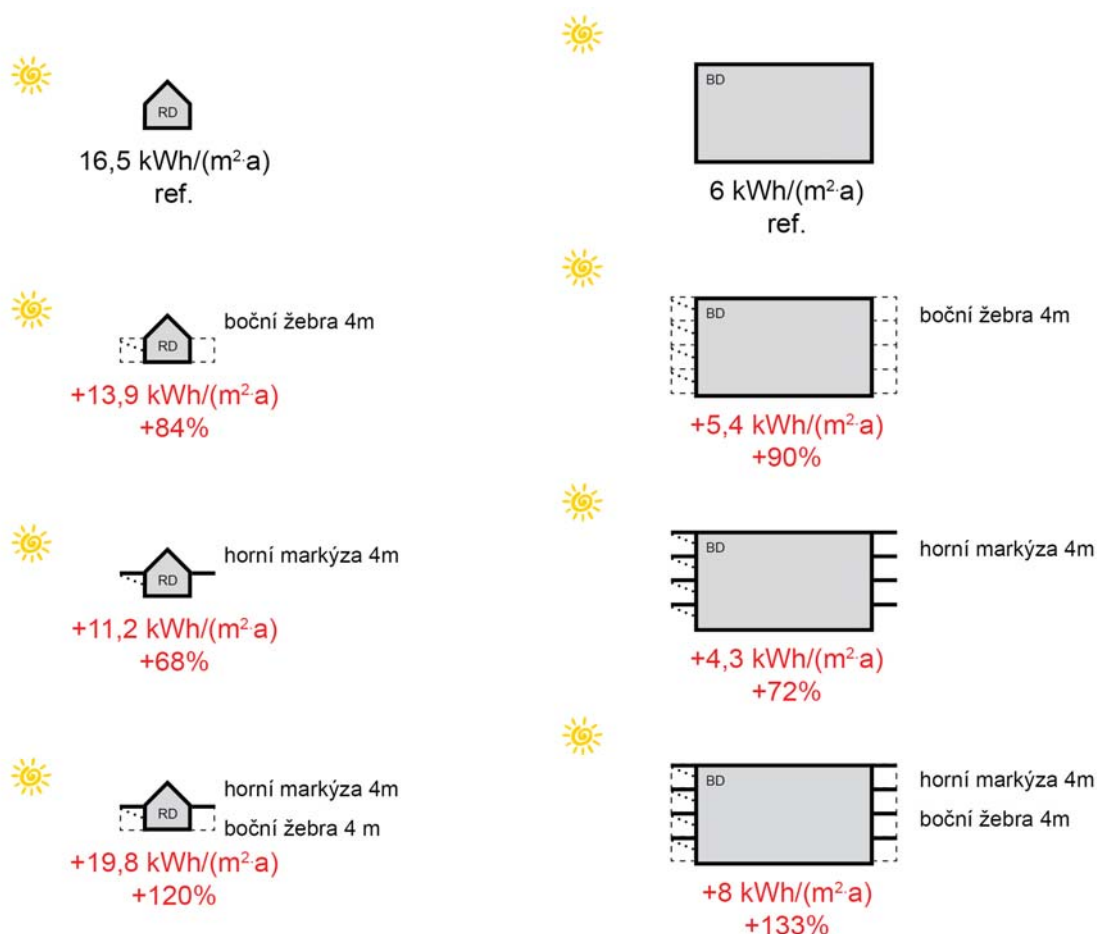
Obě tab. 5.9 a tab. 5.10 prokazují, jaký vliv má velikost prosklení na průměrný součinitel prostupu tepla, viz diag. 5.10. Jelikož jsou okna slabým článkem, tak při jejich zvětšování dochází ke zvětšování součinitele  $U_{em}$ . Dle TNI 73 0329(30) [16; 17] je stanovena maximální velikost průměrného součinitele prostupu tepla, která je dost benevolentní, protože „povoluje“ prosklení většinou až cca 40 % stěn stavby a stále je splněn standard. Ideální stav pro RD je někde na  $U_{em} \approx 0,18 W/(m^2 \cdot K)$  a pro BD kolem  $U_{em} \approx 0,23 W/(m^2 \cdot K)$ .



diag. 5.10 Vztah mezi prosklením fasády a průměrným součinitelem prostupu tepla stavby  $U_{em}$  (klima HK)

## 5.3 Stínění stavby

### 5.3.1 Stínění horní markýzou a bočními žebry



obr. 5.8 Schematické znázornění vlivu stínění horní markýzou a bočními žebry na RD a BD

Světlo, které prochází naším okem na sítnici, má podíl na tom, jak vidíme své okolí. Ovlivňuje také naše nálady, chování, pohodu a zdraví. Určité množství světla (více než 1 500 lx) je potřebné k vyvolání některých biologických funkcí. Světlo přímo ovlivňuje hladinu melatoninu (hormonu, který účinkuje na naše usínání, hloubku spánku a probouzení). Bez optimálního zastínění jsme vystaveni riziku spánkových poruch v noci a naopak ospalosti a až chorobné spavosti v průběhu dne. Úroveň osvětlení je velmi důležitý faktor pro psychickou rovnováhu. Tráví-li člověk dny v interiéru, je nezbytné množství světla optimalizovat podle jeho požadavků. Prostor v blízkosti okna poskytuje světlo mnohem větší intenzity než vzdálenější pozice s nuceným umělým osvětlením. Pokud však není množství světla správně regulováno, mohou nevhodné světelné podmínky vyvolat nejen zrakovou únavu, ale spolu s vysokou teplotou okolí negativně ovlivní soustředění a rychlost myšlenkových procesů, což vede ke snížení produktivity práce. Intenzita venkovního světla v průběhu dne kolísá od několika tisíců luxů při zatažené obloze až po 100 000 lx za jasného počasí. Protože jde o 4 000 hodin denního přírodního světla za rok, existují z lékařského hlediska oprávněné obavy z negativních důsledků prostupujícího záření na zdraví člověka. Pomocí vhodné stínicí techniky lze předcházet přehřátí či oslnění prudkým světlem. Stínicí prvky zajišťují, kromě tradiční funkce ochrany soukromí, především ochranu před negativními vlivy vnějšího prostředí (světlo, teplo). U nově budovaných objektů,

jejichž stěny jsou z velké části prosklené, by měla být protisluneční ochraně věnována mimořádná pozornost již v jejím prvotním návrhu. Zastínění lze pojímat nejen jako technické zařízení konkrétního určení, ale také jako architektonický prvek. K vypracování návrhu stínění budov vhodnými systémy, s ohledem na vnitřní klima, je třeba dobře znát možnosti a alternativy kombinací jednotlivých stínících produktů. Potřeba regulace zastínění souvisí také s rozdílnými vnějšími poměry v závislosti na ročním období. Oslnění nemusí být způsobeno jen jasným světlem objektů, které vidí člověk z okna (Slunce, obloha, odražené světlo okolních budov atd.), ale i zrcadlením hladkých ploch nebo odrazy či odlesky předmětů. Za předpokladu, že jas archu papíru a záření monitoru počítače je asi  $100 \text{ cd/m}^2$ , jas světla prostupujícího oknem by měl být pro běžnou práci menší než  $1\,000 \text{ cd/m}^2$ . Velkými rozdíly mezi jasnými vnímanými plochami v zorném poli (např. jas monitorů počítačů, listů papíru, povrchu desky pracovního stolu, stěn atd.) vzniká riziko oslnění vysokým jasným a zrakové únavy. Vhodné stínění vede ke snížení maximálních hodnot jasu (hodnota jasu pod  $500 \text{ cd/m}^2$  již nezpůsobuje poruchy vidění) a kontrastu, tj. vyrovnání rozdílu mezi maximální a minimální hodnotou jasu objektů v interiéru. Různé odlesky v místnosti téměř zmizí [73]. K zabezpečení optimálních pracovních podmínek je důležité odstranit nadbytečné světelné záření stínícím systémem tak, aby procházelo pouze potřebné množství přírodního světla. Je třeba si uvědomit, že zastínění nemá způsobit výrazný pokles intenzity osvětlení v interiéru, pouze má omezit negativní vliv přímého slunečního záření (pro potřebu většího poklesu intenzity osvětlení se již hovoří o zatemnění a volí se jiné systémy a materiály). Zastíněná místnost by měla v ideálním případě poskytovat rozložení jasu 10/4/3 (přijatelné je i rozložení 3/4/10), tzn. je-li na pracovní ploše stolu hodnota jasu  $250 \text{ cd/m}^2$ , jas předmětů v blízkém okolí by měl mít hodnotu aspoň  $60 \text{ cd/m}^2$  a jas předmětů v periferním vidění  $25 \text{ cd/m}^2$  (přijatelné – stůl  $250 \text{ cd/m}^2$ , blízké okolí  $320 \text{ cd/m}^2$ , periferie  $1\,000 \text{ cd/m}^2$ ). Oslnění jasným světlem oblohy při jasném počasí dostatečně eliminuje stínící materiál, jehož činitel prostupu světla je menší než 10 %. V případě možného pohledu přímo na Slunce není dostatečný ani činitel prostupu od 1 do 2 %, a proto je v tomto případě nutná ochrana zatemňující (neprůsvitnou) clonou. Ke snížení jasu oblohy se občas volí okna se zabarveným sklem (obvykle se používají u nadměrně velkých okenních ploch). Tato skla zpravidla také zabírají propouštění ultrafialového, popř. infračerveného záření. Výsledkem je i zkreslení barev vnějšího prostředí. Navíc většina zabarvených skel propouští světlo s činitelem prostupu 25 až 60 %, avšak pro účinné odstínění je potřebná hodnota menší než 10 %. Poněkud matoucí pojem „pasivní chlazení“, které označuje nikoliv chlazení, ale různá **opatření proti tepelným ziskům**, zejména slunečním. Patří mezi ně:

- omezení enormních prosklených ploch na jižní straně, nebo množství a velikosti střešních oken;
- stínění v nejširším slova smyslu;
- tvorba žádoucího mikroklimatu v okolí budovy.

Stínit lze v první řadě výsadbou listnatých stromů, které během léta poskytují dostatečný stín, zatímco v zimě nebrání průchodu slunečního záření (v praxi to není nejlepší způsob, neboť nelze nijak regulovat). Dále můžeme stínit např. žaluziemi, markýzou či roletami, které lze dobře korigovat, a tak měnit intenzitu stínění (optimální způsob). Zde je dobré vědět, že jejich účinnost se značně liší podle toho, **v jaké poloze** vzhledem k prosklení leží:

- nejméně účinné je stínění uvnitř budovy, kdy tepelné zisky skrze okna srazíme na 60 %;
- lépe jsou na tom žaluzie uvnitř prosklení, kde je tepelný zisk 50 %;

- nejlépe stíní vnější žaluzie, kterými projde jen 10 až 15 % slunečního záření.

Velmi zajímavou a podstatnou možností je pevné stínění ve formě slunolamu, markýzy, či balkonu. Díky rozdílné výšce Slunce nad obzorem v létě a v zimě lze při správném poměru výšky okna a délky stínícího zařízení docílit toho, že zatímco v létě překážka stíní, v zimě již ne. Na jižní fasádě je tato optimální délka 1,2 - 1,7 krát větší než je výška okna [74].

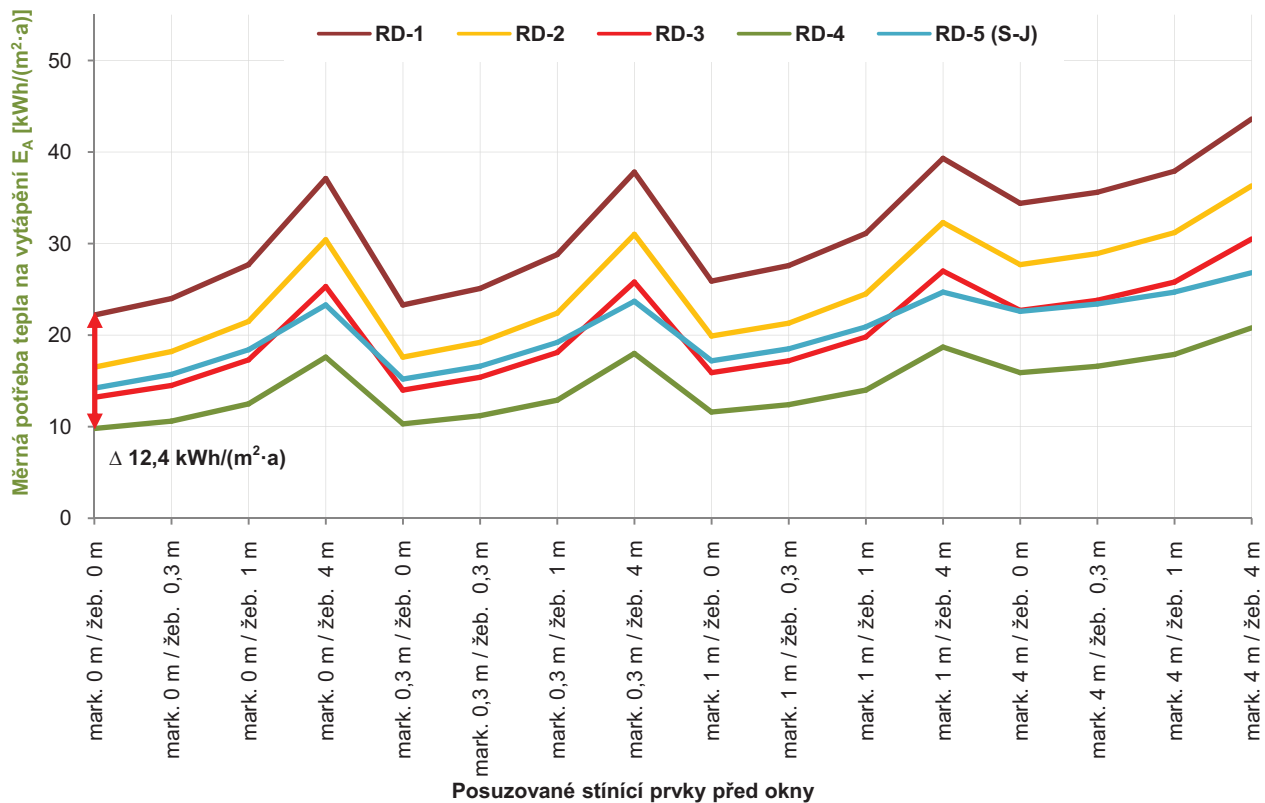
tab. 5.11 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na  $E_A$  (klíma HK)

Stínící prvky před okny		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
markýza	žebra	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0 m	0 m	22,2	16,5	13,2	9,8	14,2	12,6	7,2	6,0	5,5
	0,3 m	24,0	18,2	14,5	10,6	15,7	13,9	7,9	6,6	6,0
	1 m	27,7	21,5	17,3	12,5	18,4	16,7	9,5	7,9	7,1
	4 m	37,1	30,4	25,3	17,6	23,3	24,1	13,5	11,4	8,7
0,3 m	0 m	23,3	17,6	14,0	10,3	15,2	13,5	7,6	6,4	5,8
	0,3 m	25,1	19,2	15,4	11,2	16,6	14,7	8,4	7,0	6,4
	1 m	28,8	22,4	18,1	12,9	19,2	17,4	10,0	8,3	7,3
	4 m	37,8	31,0	25,8	18,0	23,7	24,6	13,8	11,7	8,9
1 m	0 m	25,9	19,9	15,9	11,6	17,2	15,3	8,7	7,2	6,6
	0,3 m	27,6	21,3	17,2	12,4	18,5	16,6	9,5	7,8	7,1
	1 m	31,1	24,5	19,8	14,0	20,9	19,0	10,9	9,1	7,8
	4 m	39,3	32,3	27,0	18,7	24,7	25,8	14,6	12,3	9,2
4 m	0 m	34,4	27,7	22,7	15,9	22,6	21,7	12,2	10,3	8,4
	0,3 m	35,6	28,9	23,8	16,6	23,4	22,7	12,8	10,7	8,7
	1 m	37,9	31,2	25,8	17,9	24,7	24,7	13,9	11,6	9,2
	4 m	43,6	36,3	30,5	20,8	26,8	29,0	16,4	14,0	10,0

tab. 5.12 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na procentuální změnu  $E_A$  (klíma HK)

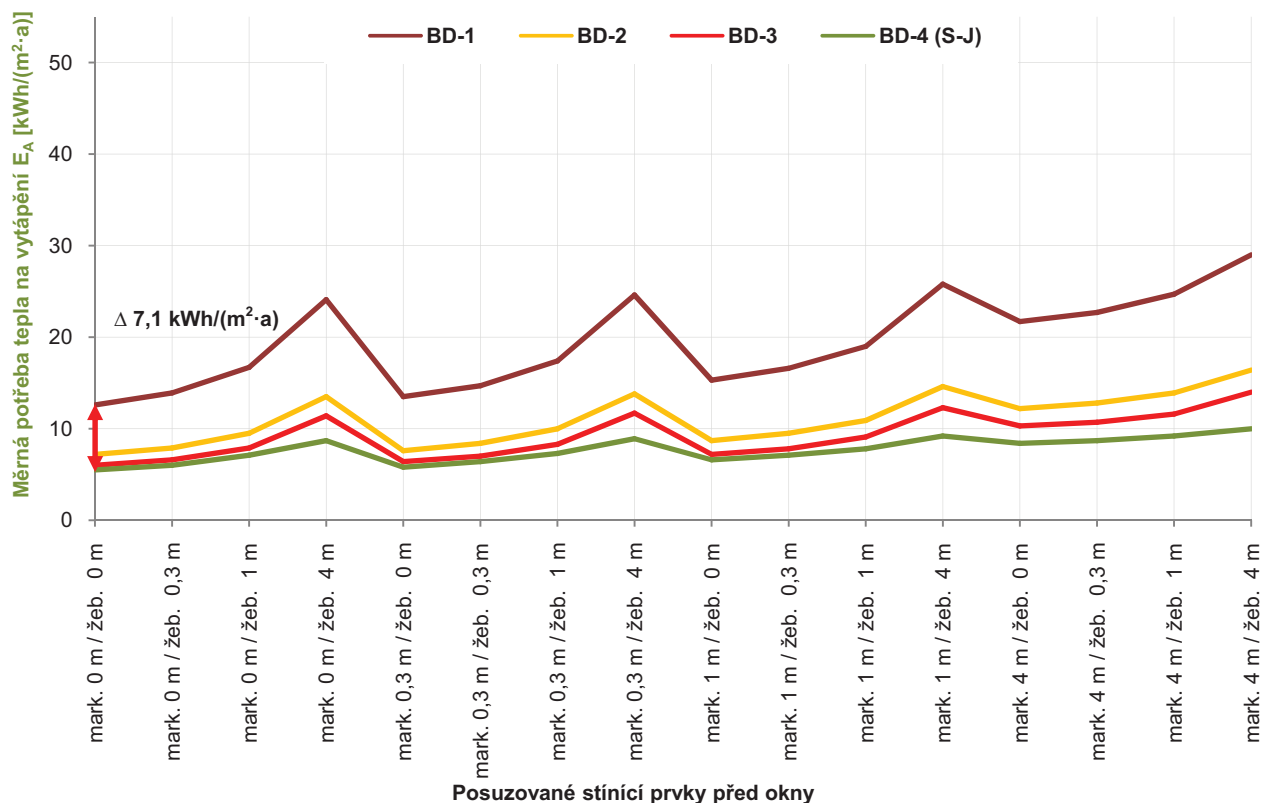
Stínící prvky před okny		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
markýza	žebra	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0 m	0 m	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0,3 m	+8,1%	+10,3%	+9,8%	+8,2%	+10,6%	+10,3%	+9,7%	+10%	+9,1%
	1 m	+24,8%	+30,3%	+31,1%	+27,6%	+29,6%	+32,5%	+31,9%	+31,7%	+29,1%
	4 m	+67,1%	+84,2%	+91,7%	+79,6%	+64,1%	+91,3%	+87,5%	+90%	+58,2%
0,3 m	0 m	+5%	+6,7%	+6,1%	+5,1%	+7%	+7,1%	+5,6%	+6,7%	+5,5%
	0,3 m	+13,1%	+16,4%	+16,7%	+14,3%	+16,9%	+16,7%	+16,7%	+16,7%	+16,4%
	1 m	+29,7%	+35,8%	+37,1%	+31,6%	+35,2%	+38,1%	+38,9%	+38,3%	+32,7%
	4 m	+70,3%	+87,9%	+95,5%	+83,7%	+66,9%	+95,2%	+91,7%	+95%	+61,8%
1 m	0 m	+16,7%	+20,6%	+20,5%	+18,4%	+21,1%	+21,4%	+20,8%	+20%	+20%
	0,3 m	+24,3%	+29,1%	+30,3%	+26,5%	+30,3%	+31,7%	+31,9%	+30%	+29,1%
	1 m	+40,1%	+48,5%	+50%	+42,9%	+47,2%	+50,8%	+51,4%	+51,7%	+41,8%
	4 m	+77%	+95,8%	+104,5%	+90,8%	+73,9%	+104,8%	+102,8%	+105%	+67,3%
4 m	0 m	+55%	+67,9%	+72%	+62,2%	+59,2%	+72,2%	+69,4%	+71,7%	+52,7%
	0,3 m	+60,4%	+75,2%	+80,3%	+69,4%	+64,8%	+80,2%	+77,8%	+78,3%	+58,2%
	1 m	+70,7%	+89,1%	+95,5%	+82,7%	+73,9%	+96%	+93,1%	+93,3%	+67,3%
	4 m	+96,4%	+120%	+131,1%	+112,2%	+88,7%	+130,2%	+127,8%	+133,3%	+81,8%

V obytném prostředí je vždy výhodnější využívat ochrany před přímým slunečním zářením ze strany exteriéru regulovatelnými stínícími systémy, které umožňují regulaci tepelným přírůstků celoročně bez zásadního omezení distribuce denního světla a rovněž vizuálně chrání soukromí obytných prostor bytu. Z hlediska distribuce denního světla je zajímavá kombinace vnější žaluzie, která omezuje tepelnou zátěž a vnitřní žaluzie s usměrněným tokem světla, které zabezpečují jeho difúzní rozptyl.

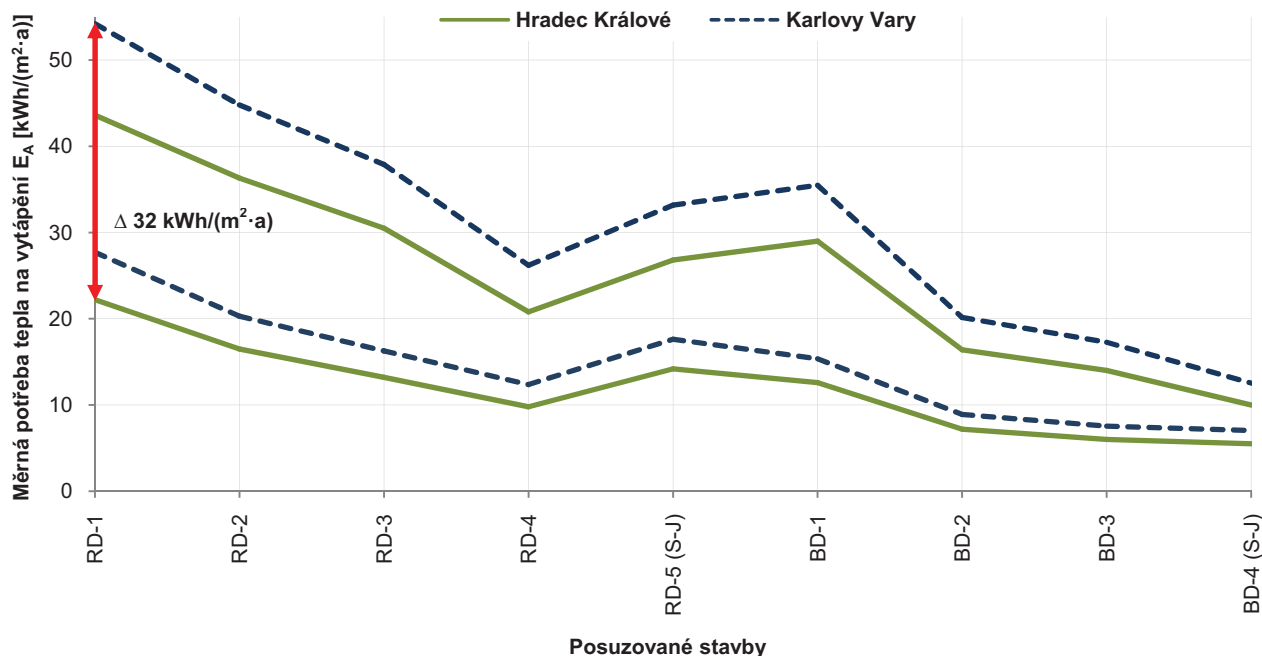


diag. 5.11 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK) u posuzovaných rodinných domů

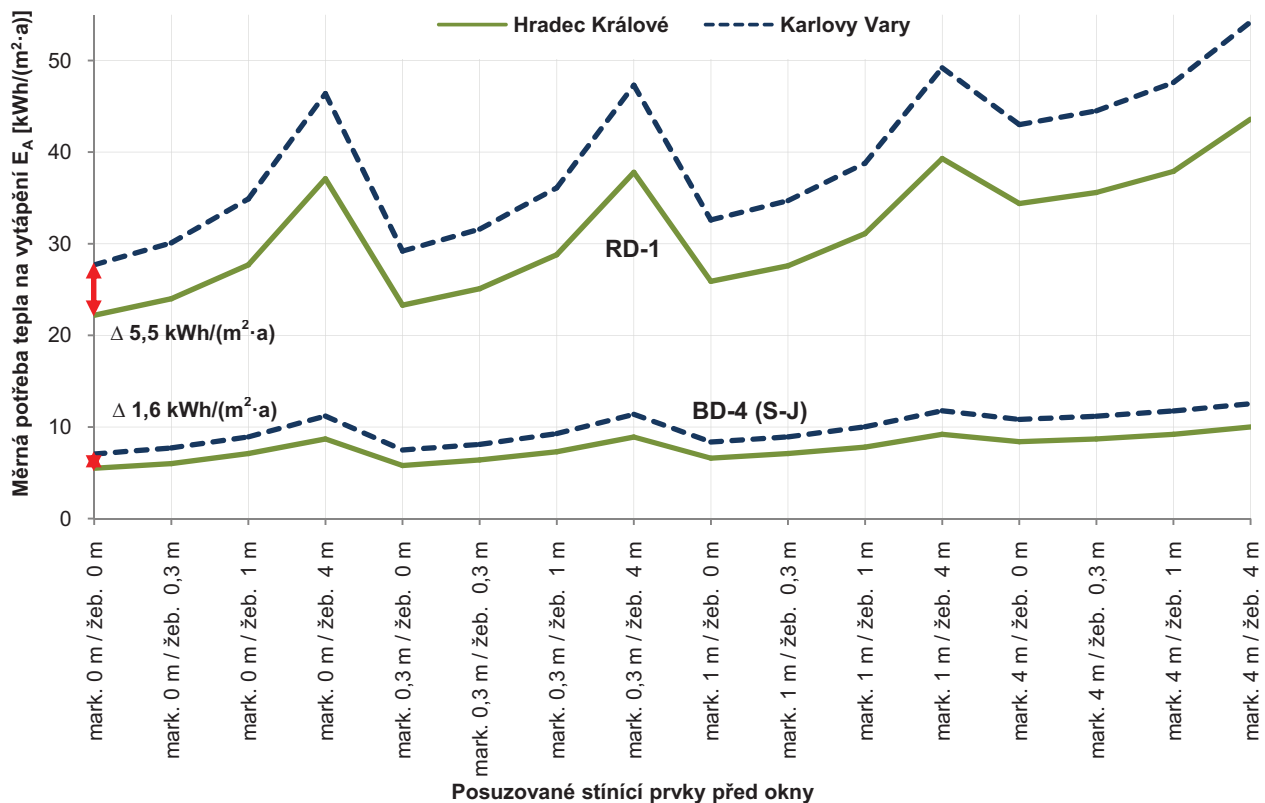
Tato část práce se věnuje vlivu stínění fixních prvků navržených na fasádě domu. V tab. 5.11 a tab. 5.12 jsou zanesena data, která vždy vychází ze základního stavu, kterým je nulové zastínění (pouze je zvažováno mírné stínění ostěním okna). Ve výpočtech je variováno stínění markýzou a dvěma bočními žebry. Prvky jsou umístěny těsně vedle okna, takže není nutno brát v úvahu vliv oddálení stínícího prvku (výpočet by se mohl deformovat). Na grafech diag. 5.11, diag. 5.12 a diag. 5.14 je zřetelné zvyšování potřeby na vytápění při prodlužování stínících prvků. Menší stavby reagují citlivěji než velké bytové stavby, ale ne tak výrazně, jak by se dalo očekávat. BD-1 se díky svému tvaru „věže“ chová především jako rodinný dům. Domy natočené na S-J reagují opět mírněji. Například pokud zastíníme všechna okna rodinného domu RD-1 markýzou a žebrem dlouhým 1 m, tak potřeba vzroste o 8,9 kWh/(m²·a), což je o 40 %. Pokud takto zastíníme bytový dům BD-5 (S-J), tak potřeba tepla vzroste o 2,3 kWh/(m²·a), což je o 42 %. V relativních hodnotách se chovají velmi analogicky. Je vidět, že solární zisky se u dobře zateplených budov projevují významněji, než na klasických stavbách dneška. V obou klimatických oblastech HK a KV se stavby chovají obdobně, jak ukazuje diag. 5.13. Tepelné zisky se nesmí přecenit, protože sluneční svit je významný, ale zároveň poměrně nevyzpytatelný a obtížně definovatelný zdroj. Jde o hodnotu proměnlivou a do značné míry nespolehlivou.



diag. 5.12 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima HK) u posuzovaných bytových domů



diag. 5.13 Porovnání extrémů měrné potřeby tepla na vytápění  $E_A$  mezi klimatem HK a klimatem KV u stínění horní markýzou a bočními žebry

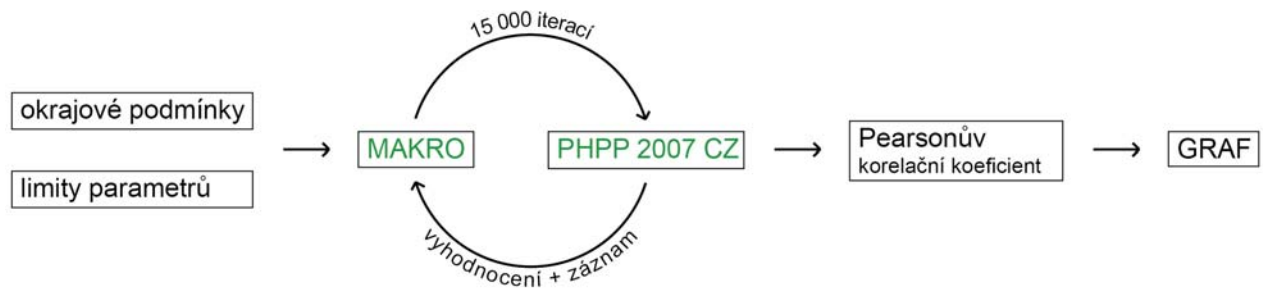


diag. 5.14 Porovnání vlivu stínění horní markýzou a bočními žebry na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  u RD-1 a BD-4 (S-J) (klíma HK a klíma KV)

Při hodnocení letního komfortu se prokazuje, že i v českém klimatu je horizontální přesah nad oknem nejúčinnějším (také i nejlevnějším) opatřením proti výskytu nadměrných teplot, bez významného dopadu na potřebu tepla na vytápění (obr. 5.8). Tyto výsledky jsou závislé na zeměpisné poloze, neboť jinde na Zemi toto tvrzení nemusí fungovat. Potvrzuje se, že příliš velké okenní plochy na východní a západní fasádě nejsou vhodné. Vede to ke zvýšení četnosti nadměrných teplot [12] a z hlediska tepla na vytápění neznámá jejich příspěvek k solárním ziskům, v porovnání se ztrátami, žádný významný přínos. U objektů se špatnými okny je riziko přehřívání nižší, protože pasivní okna mají obecně nižší tepelné ztráty a to platí i pro léto. Na druhé straně mají však pasivní domy delší časovou konstantu, proto jsou výkyvy vnitřní teploty menší.



## 5.4 Významnost jednotlivých parametrů



obr. 5.9 Schematické znázornění postupu výpočtu při významnosti jednotlivých faktorů

Jednou z nejzajímavějších věcí, ale zároveň také z nejsložitějších, je posuzování všech vstupujících parametrů současně a vyhodnocování jejich vzácné interakce. Cílem této části je využití metody komplexního hodnocení alternativ, jako metod multi-kriteriálního rozhodování pro řešení úlohy výběru optimální varianty potřeby tepla na vytápění  $E_A$  (obr. 5.9). V rámci makra ve VBA (Visual Basic for Applications, viz obr. 5.10) se stanovují okrajové podmínky a limity pro 10 nezávislých proměnných a na bázi stochastického modelu s rovnoměrným rozložením pravděpodobnosti vyhodnocuje pomocí metody Monte Carlo (15000 iterací) a citlivostní analýzy (Pearsonův korelační koeficient) vliv významnosti jednotlivých parametrů. Pro vyhodnocení významnosti byla zvolena již zmiňovaná metoda Monte Carlo [75], která je nejčastějším a nejjednodušším typem citlivostní analýzy. Znalost citlivosti vstupních parametrů na změnu výstupních parametrů by měla být součástí každé úlohy identifikace, analýzy, syntézy a hlavně optimalizace. V případě hledání minima, například funkce  $Y_i$  nám slouží citlivostní analýza pro identifikaci takového vstupního parametru  $X_i$ , který má na hodnotu  $Y_i$  největší vliv. Citlivostní analýzou můžeme také seřadit pořadí významnosti (citlivosti) jednotlivých parametrů  $X_i$  od nejcitlivějšího (nejsilnějšího) po „nejslabší“ parametr. V takovém případě je nutné nejdříve matematický model, popsaný deterministickým způsobem, popsat stochastickým (pravděpodobnostním) modelem, tj. modelem respektující náhodný charakter vstupních parametrů.

KROK		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
VÝSLEDKY	EA	39,72	77,14	49,45	63,20	70,04	69,76	56,82	38,75	45,55	44,55	57,89	69,70	52,59	59,15	54,87	63,01	44,53	57,09
	QS uprav	55,24	51,43	26,21	27,51	32,31	6,48	55,49	37,50	70,95	76,12	43,62	31,97	13,24	22,75	19,78	42,19	19,87	38,31
NÁHODNÁ ČÍSLA	členitost	1,21	1,25	1,27	1,10	1,04	1,28	1,54	1,03	1,31	1,14	1,49	1,49	1,13	1,42	1,42	1,11	1,31	1,07
	% sklo JIH	0,74	0,51	0,51	0,29	0,47	0,20	0,40	0,47	0,52	0,62	0,22	0,68	0,05	0,49	0,02	0,46	0,29	0,46
	% sklo VYC	0,48	0,69	0,81	0,35	0,46	0,08	0,22	0,65	0,46	0,69	0,60	0,68	0,03	0,02	0,57	0,58	0,18	0,77
	% sklo ZAP	0,16	0,83	0,06	0,48	0,65	0,14	0,79	0,00	0,61	0,77	0,53	0,03	0,16	0,43	0,39	0,53	0,08	0,81
	% sklo SEV	0,42	0,79	0,45	0,68	0,71	0,68	0,06	0,36	0,46	0,35	0,37	0,37	0,65	0,31	0,13	0,40	0,23	0,18
	stin JIH	0,13	0,31	0,74	0,57	0,47	0,92	0,24	0,36	0,06	0,06	0,34	0,50	0,95	0,43	1,00	0,53	0,39	0,81
	stin VYCHC	0,381	0,808	0,125	0,147	0,790	0,739	0,833	0,259	0,396	0,907	0,420	0,890	0,497	0,654	0,487	0,871	0,872	0,176
	stin ZAPAC	0,725	0,452	0,531	0,790	0,694	0,836	0,282	0,497	0,304	0,114	0,381	0,006	0,167	0,770	0,523	0,323	0,439	0,706
	stin SEVER	0,713	0,885	0,934	0,556	0,721	0,708	0,557	0,806	0,103	0,018	0,185	0,573	0,525	0,870	0,228	0,340	0,015	0,051
	orientace	33,972	2,493	41,520	33,247	21,791	7,334	41,722	16,629	9,123	13,220	34,789	30,886	18,358	35,335	32,919	33,191	23,371	34,722

obr. 5.10 Ukázka makra ve VBA (MS Excel)

Metoda Monte Carlo je založena na mnohočetném numerickém opakování výpočetního kroku základního výpočtu, který je vygenerovaný jako náhodná veličina v daném rozmezí (limitu). Každý základní výpočet může mít libovolnou sadu náhodných veličin vstupních parametrů. Pokud chceme model optimalizovat, je vhodné u všech vstupních parametrů zvolit rovnoměrné (binomické) rozložení pravděpodobnosti – všechny hodnoty z intervalu mají stejnou pravděpodobnost výskytu. Pro vyhodnocení vzájemných souvislostí získaných dat je použit tzv. Pearsonův korelační koeficient, který udává míru vlivu, nebo-li míru významnosti prvku. Koeficient determinace porovnává skutečné hodnoty a jejich odhady. Nabývá hodnot od 0 do 1 (0, 100%). Pokud je roven 1, existuje v tomto vzorku dokonalá korelace, tj. mezi odhadem a skutečnými hodnotami y není žádný rozdíl. Pokud je koeficient determinace roven nule, znamená to, že regresní rovnice nedokáže předpovídat hodnoty y a neexistuje žádný vztah [55].

### Postup výpočtu korelace:

- stanovit deset posuzovaných parametrů a jejich limity (meze);
- pomocí metody Monte Carlo generované náhodné veličiny posuzovaných parametrů vyhodnocovat pomocí PHPPP, výsledky zapisovat do tabulky a tento proces zopakovat 15 000 krát (iterační proces);
- získaná data vyhodnocovat pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a výsledek zapsat do diagramu.

Opakovací výpočetní proces byl 15 000 krát dostačující a s dostatečnou přesností. Další iterace by nadměru prodloužily čas výpočtu. Navíc MS Excel 2007 má „pouze“ 16 384 sloupců. Jen pro představu, jedno posouzení trvalo na dvoujádrovém počítači více než 2,5 hodiny a procesory musely v tu dobu spočítat více než 3 miliardy jednotlivých výpočetních úkonů souvisejících pouze s úkonem výpočtu.

tab. 5.13 Charakteristické hodnoty posuzovaných krychlí

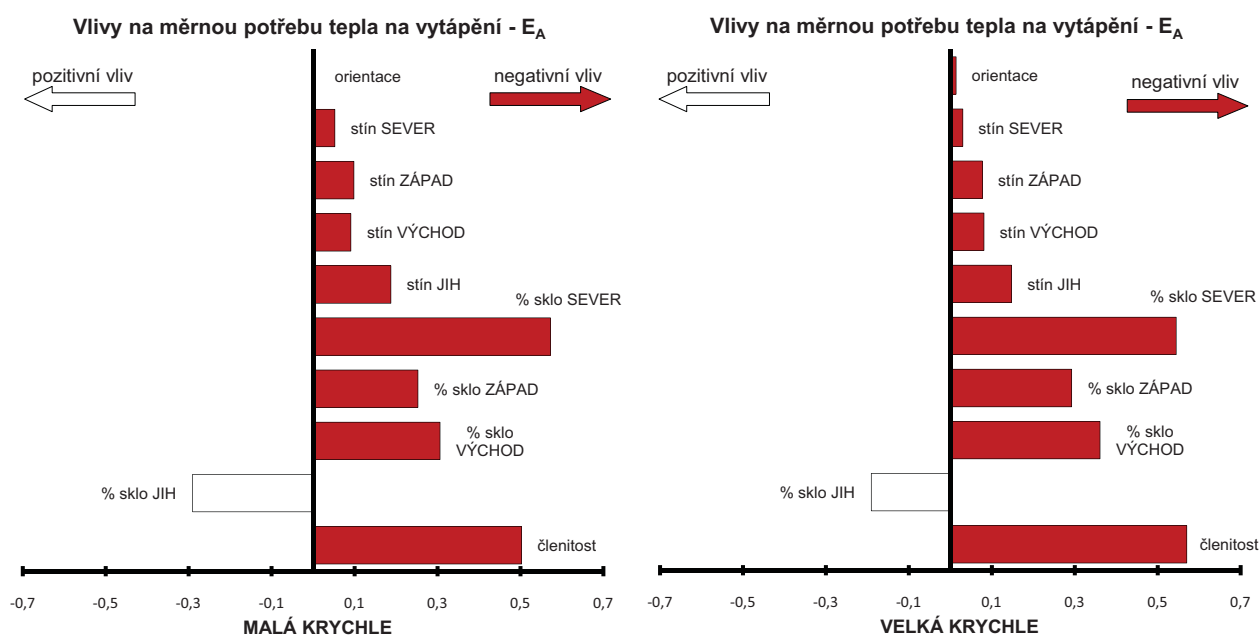
Charakteristika			KRYCHLE	
popis		jednotky	MALÁ	VELKÁ
Rozměry	Šířka	[m]	7	70
	Hloubka	[m]	7	70
	Výška	[m]	6,7	68,7
Ochlazovaná plocha		[m <sup>2</sup> ]	285,6	29036
Objem stavby		[m <sup>3</sup> ]	328,3	29036
Vytápěná plocha		[m <sup>2</sup> ]	73,5	80850
Procento prosklení fasád	Jih	[%]	30	30
	Východ	[%]	10	10
	Západ	[%]	10	10
	Sever	[%]	5	5

Pro co nejvíce korektní výpočet jsou zvoleny pouze dvě různě velké virtuální krychle, které reprezentují malou a velkou stavbu (velká byla zvolena jako 10 krát větší než malá stavba), viz tab. 5.13. Rozměry jsou velmi rozdílné, aby výsledky byly čitelné a dobře porovnatelné. Nejde o simulování reálné stavby, která by z hlediska oslunění dispozice takto postavit nešla. Stejně rozměry jsou vybrány, aby nedocházelo ke zkreslení závěrů s ohledem na proporce ploch fasád

(aby žádná z nich nebyla zvýhodněna). Složitou věcí je na úloze správná konfigurace nastavených parametrů, aby výsledky byly relevantní, tzn. určit reálně dosažitelné meze posuzovaných proměnných. Jsou zvoleny hodnoty, které se při návrhu nejvíce vyskytují. Posuzovány jsou dvě varianty vzhledem k potřebě tepla na vytápění.

tab. 5.14 Významnost vlivu parametrů na  $E_A$  – STANDARDNÍ POSOUZENÍ (klíma HK)

Vliv parametrů na potřebu tepla na vytápění $E_A$ - Pearsonův korelační koeficient [bez jednotky]				
Posuzovaný parametr	minimální meze	maximální meze	pearson MALÁ	pearson VELKÁ
členitost stěn	100%	160%	0,503	0,570
% sklo JIH	0%	85%	-0,290	-0,191
% sklo VÝCHOD	0%	85%	0,306	0,361
% sklo ZÁPAD	0%	85%	0,253	0,293
% sklo SEVER	0%	85%	0,572	0,545
stín JIH	0%	30%	0,187	0,147
stín VÝCHOD	0%	30%	0,091	0,081
stín ZÁPAD	0%	30%	0,098	0,077
stín SEVER	0%	30%	0,053	0,030
orientace od jihu	0°	±45°	0,000	0,014



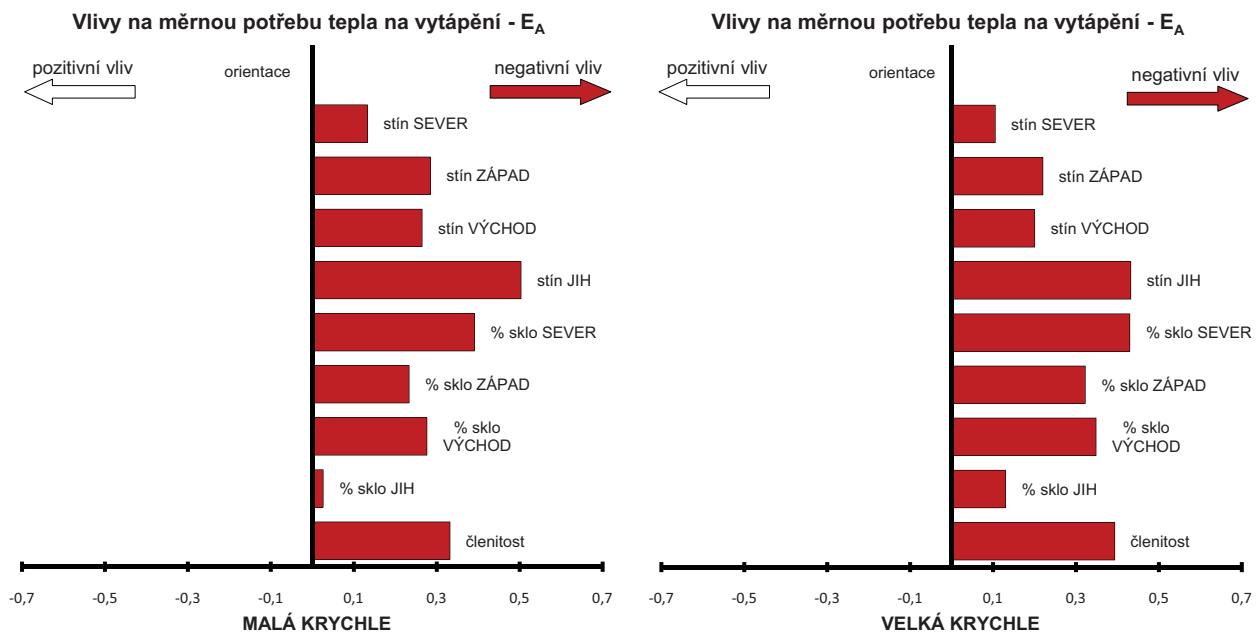
diag. 5.15 Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  – STANDARDNÍ POSOUZENÍ (klíma HK)

První varianta ukazuje standardní posouzení, které běžně nastává při návrhu, který není nějak „deformovaný“ požadavky. Obsahuje standardní pravděpodobnost stínění fasád (do 30 %), prosklení (do 85 % celé fasády), kompaktnost (s dostatečnou tolerancí do 160 %) a běžně zvažovanou orientaci (odchylka od jihu do 45°). Meze a výsledky Pearsonova koeficientu, které ukazují významnost a slouží k porovnání krychlí jsou zaneseny do tab. 5.14 a diag. 5.15. Jak se dalo předpokládat, tak jižní prosklení účinkuje velmi pozitivně a je to prakticky jediný parametr, který se vyplatí vždy zvětšovat (ale pozor na topnou zátěž a letní přehřívání). U malé krychle působí významněji, je to z důvodů proporcí oken a stěn, protože jak již bylo výše zmíněno,

tak malé stavby jsou na změnu prosklení citlivější. Nejvíce škodí severní prosklení (je horší než členitost) a velmi negativně ovlivňuje celkovou bilanci (více opět u malých staveb). Prosklení na západ a východ účinkuje negativně, ale mnohem méně, neboť energetická bilance oken na této orientaci je většinou mírně záporná. Je zajímavé, že u větších staveb působí výrazněji. Zastínění (je uvažováno do 30 %) se nejvíce projeví na jižní straně a na severní jen velmi málo, tedy nemá moc smysl zastiňovat severní okna. Členitost, nebo-li porušení kompaktnosti, je další hlavní složkou, která se nemůže podcenit. U větších staveb hraje o něco větší roli, to potvrzuje hypotézu, že menší stavby jsou citlivější na orientaci a větší na kompaktnost. Dokonce u velké krychle je členitost o něco podstatnější než prosklení severní fasády. Změna orientace v rozmezí 45° je v rámci statistické chyby, takže nemá až tak velký vliv, jak by se mohlo na první pohled jevit. Účinkuje negativně, ale mírná odchylka se promítne mnohem méně, než velké okno na jihu.

tab. 5.15 Významnost vlivu parametrů na  $E_A$  – VELKÉ STÍNĚNÍ (klíma HK)

Vliv parametrů na potřebu tepla na vytápění $E_A$ - Pearsonův korelační koeficient [bez jednotky]				
Posuzovaný parametr	minimální meze	maximální meze	pearson MALÁ	pearson VELKÁ
členitost stěn	100%	160%	0,328	0,400
% sklo JIH	0%	85%	0,031	0,074
% sklo VÝCHOD	0%	85%	0,244	0,329
% sklo ZÁPAD	0%	85%	0,217	0,317
% sklo SEVER	0%	85%	0,391	0,443
stín JIH	0%	100%	0,523	0,436
stín VÝCHOD	0%	100%	0,243	0,245
stín ZÁPAD	0%	100%	0,296	0,204
stín SEVER	0%	100%	0,142	0,089
orientace od jihu	0°	±45°	0,001	0,006



diag. 5.16 Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění  $E_A$  – VELKÉ STÍNĚNÍ (klíma HK)

V tab. 5.15 a diag. 5.16 jsou posuzovány významnosti faktorů při velkém stínění, tj. zvažuje se možnost stoprocentního zastínění oken (interval od 0 do 100 %). Tato možnost nastává, pokud jsou zastavovací podmínky mnohem méně výhodné a je třeba zvažovat i se stíněním okolí, které může například eliminovat veškeré solární zisky na jihu. Týká se to především urbanizovaného území v proluce, atd. Jak je patrné, tak již ani prosklení na jih není pokaždé kladné, ale při jeho zvětšování vznikne minimální chyba. Když je například jižní fasáda zastíněná, pak při zvětšování rostou rychle tepelné ztráty a mnohem méně přibývají zisky od Slunce – díky tomu se nevyplatí zvětšovat okna. S tímto souvisí i velký vliv trvalého stínění jižních oken, které je podstatným faktorem. V této kombinaci má prosklení severní fasády velký vliv, ale menší než zmíněné jižní stínění. Významnost ostatních prvků je podobná, jako při standardním posouzení, včetně vlivu členitosti a minimálního vlivu orientace.

Tato parametrická posouzení s citlivostní analýzou poskytují dobrý základ pro další výzkum, neboť u každé stavby a klimatických dat se mohou jinak projevit prvky významnosti a jejich vzájemné proporce.

Přesto jsou zjištěny tyto **obecné předpoklady**:

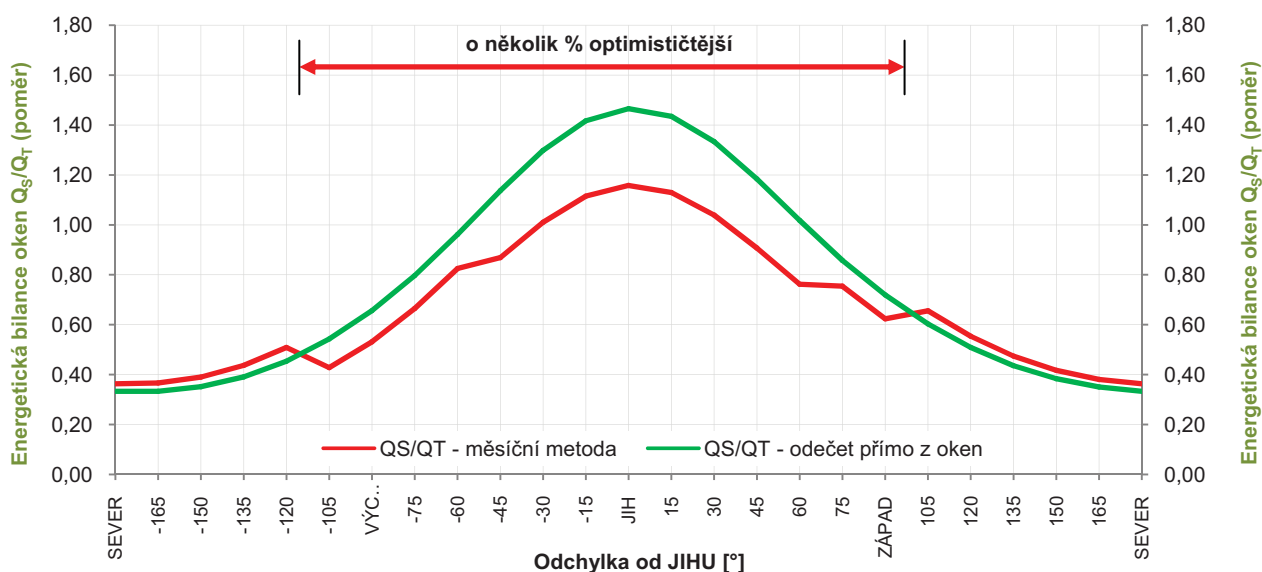
- na jižní fasádě má smysl zvětšovat prosklení, ale pokud není výrazně stíněno stálým zastíněním;
- severní prosklení je velký negativní prvek a výrazně se projevuje do energetické bilance, jeho trvalé zastínění nemá výraznější efekt, protože se na ziscích prosazuje jen slabé difúzní záření;
- západní a východní prosklení má mírný negativní vliv, při větším prosklení se netvoří zásadní chyba, ale nemůže se kalkulovat s vyššími solárními příspěvky, západní a východní směr není vždy úplně stejný (většinou je příznivější západní strana);
- členitost a kompaktnost hmoty je důležitým parametrem, špatný návrh může vést k vzájemnému samostínění oken, větší citlivost mají větší stavby;
- orientace je podstatná až při vyšších odklonech od jihu (od 45°), v tomto „malém“ rozmezí je méně škodlivá než ostatní prvky.



## 6 VLIVY ARCHITEKTONICKÝCH PRVKŮ

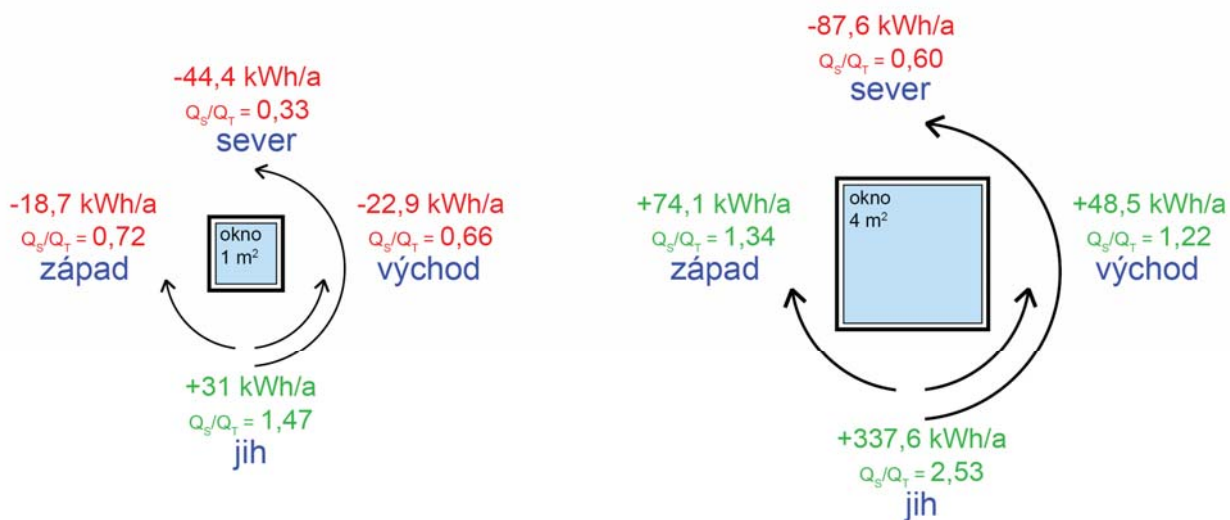
Jedním z nejvýraznějších prvků na stavbě jsou otvory ve vnějším obvodovém plášti. Okna jsou prvek, který svým vzhledem, výrazem a proporcí definuje výraz stavby a musí být sladěn s ostatními prvky, které design charakterizují. Architekt má v ruce nespočet možností, jak lze výraz okna vyladit jak z exteriéru, tak i z interiéru pro samotného uživatele stavby. Například na venkovní část lze použít klasický dřevěný rám okna až po moderní vzhled dřevo-hliníkových oken v libovolné barvě. Pasivní stavby mají dle optimálních konstrukčních zásad rámy oken zapuštěné v izolaci pro eliminaci tepelného mostu, a tak vzniká typický projev úsporných staveb, tj. jsou vidět jen úzké rámy okolo skla s větším „objemem“ rámu u parapetu. Dnešní technologie umožňují tento „deficit“ vyřešit a vznikají tzv. „fix frame“ konstrukce rámu, které jsou úmyslně schovány v konstrukci. Výzkumy ukázaly, že ne všechny rámy je třeba přezisolovávat a u rámu s hliníkovým překrytím je to přímo nežádoucí. Vzniká tím jiný vzhled prosklených ploch. Samotná trojskla lze požívat na každou fasádu jiného charakteru (čirost a tepelně-izolační kvalita skel), aby se maximálně využil jejich potenciál propouštění slunečního záření do interiéru a naopak se zabránilo tepelné úniky. Je výhodnější umístit na jižní stranu čirá skla s vysokým solárním prostupem i za cenu toho, že zvýšíme tepelné ztráty, neboť bilance vychází výhodněji, viz následující tabulky. Ostatní orientace zase dbají na tepelně-izolační vlastnosti.

Pro účely výzkumu se bere v potaz pouze jeden okenní díl a ten se posuzuje v PHPP a následně vyhodnocuje. Posuzuje se vliv orientace a vertikálního natáčení okna v závislosti na velikosti a proporcí oken s vazbou na energetickou bilanci a celkový součinitel prostupu tepla  $U_w$  okna. Různých nastavení existuje bezpočet možností, takže výpočet zvažuje okno se stejnou kvalitou, jako je použité u staveb, viz tab. 3.2. Pro výpočet jsou pouze měněny rozměry posuzovaných oken. V software se pro vyhodnocení energetické bilance okna  $Q_s/Q_T$  používají dvě metody: jedna, která je tzv. „přímá“, která posuzuje přímo čistý podíl toků energie bez jiných „deformací“ a „nepřímá“ měsíční metoda, která zohledňuje více vlivů a celková bilance je přesnější [15]. Bohužel tato metoda nejde pro jednotlivá okna použít, neboť je „skokovitá“ (viz diag. 6.1) a poskytovala by matoucí výsledky. Proto je použita názornější přímá metoda, která je v některých údajích optimističtější, což pro účely základního posouzení nevadí. Ve své podstatě se obě metody doplňují a výsledky na potřebu tepla na vytápění jsou velmi podobné.



diag. 6.1 Porovnání odchylek přímé a nepřímé metody  $Q_s/Q_T$  v PHPP při 10 prosklených plochách

## 6.1 Orientace svislé okenní plochy



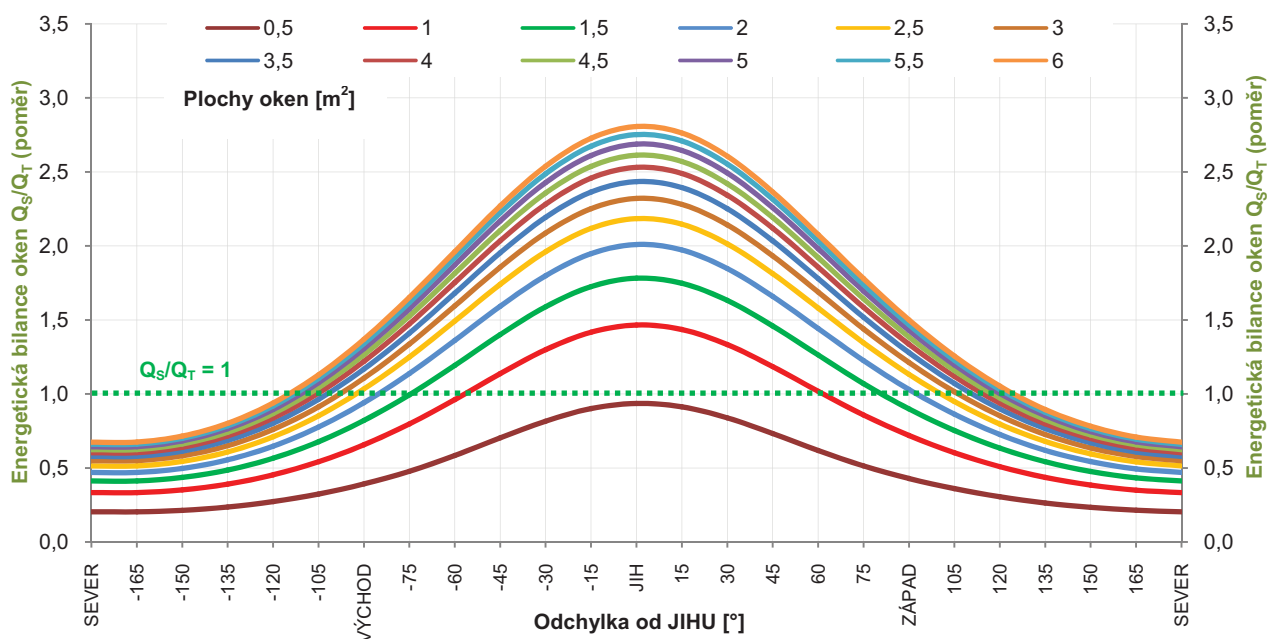
obr. 6.1 Schematické znázornění vlivu orientace svislé plochy

Efektivnost oken je závislá od kvality provedení (rámy, sklo, usazení v konstrukci), od rozměrů, proporcí a hlavně od orientace a stínění (obr. 6.1). Pro vyhodnocení je posuzován poměr  $Q_s/Q_T$  [-], který je buď větší než 1, tzn. vyplatí se zvětšovat rozměry a okno působí pozitivně pro snížení potřeby na vytápění (zisky převažují nad ztrátami), anebo je menší než 1, tzn. při zvětšování rozměrů okno účinkuje negativně (zisky jsou menší než ztráty). Druhý ukazatel je  $Q_s - Q_T$  [kWh/a], který porovnává rozdíl absolutních hodnot tepelných zisků a ztrát. Ukazuje, jakou hodnotou prosklená plocha přispívá do toků energie. Jak je patrné na tab. 6.1 a následně na diag. 6.2, tak čím je okno větší, tak tím je vhodnější, protože se výrazně mění poměr mezi plochou rámu a skla (rám je méně kvalitní než sklo). U malého okna, například  $0,5 \text{ m}^2$ , není příznivá bilance energií ani přímo na jihu. U větších oken je efektivita výrazně lepší, ale se zvětšujícími rozměry se začíná limitně blížit k hodnotě 2,8, tj. při velkých oknech jsou sluneční zisky 2,8 krát vyšší než tepelné ztráty (jinak kvalitní okna mohou dosáhnout trochu jiné hodnoty). Při změně orientace jsou větší okna nad  $2,5 \text{ m}^2$  stále přínosná k západu a východu, dále už převažují ztráty (u nepřímé metody je efektivnost o něco nižší). V tab. 6.2 a diag. 6.3 jsou sledovány absolutní toky energií. Malá okna jsou neefektivní, ale pokud se umístí na sever, tak udělají mnohem menší škody než velká okna. Například na oknu  $0,5 \text{ m}^2$  na severní straně převažují ztráty o 30 kWh/a, ale na oknu  $3 \text{ m}^2$  již 77 kWh/a. I když jsou větší okna lepší, tak při nevhodných orientacích mohou udělat větší škody.

tab. 6.1 Vliv orientace okna na  $Q_s/Q_T$  (klíma HK)

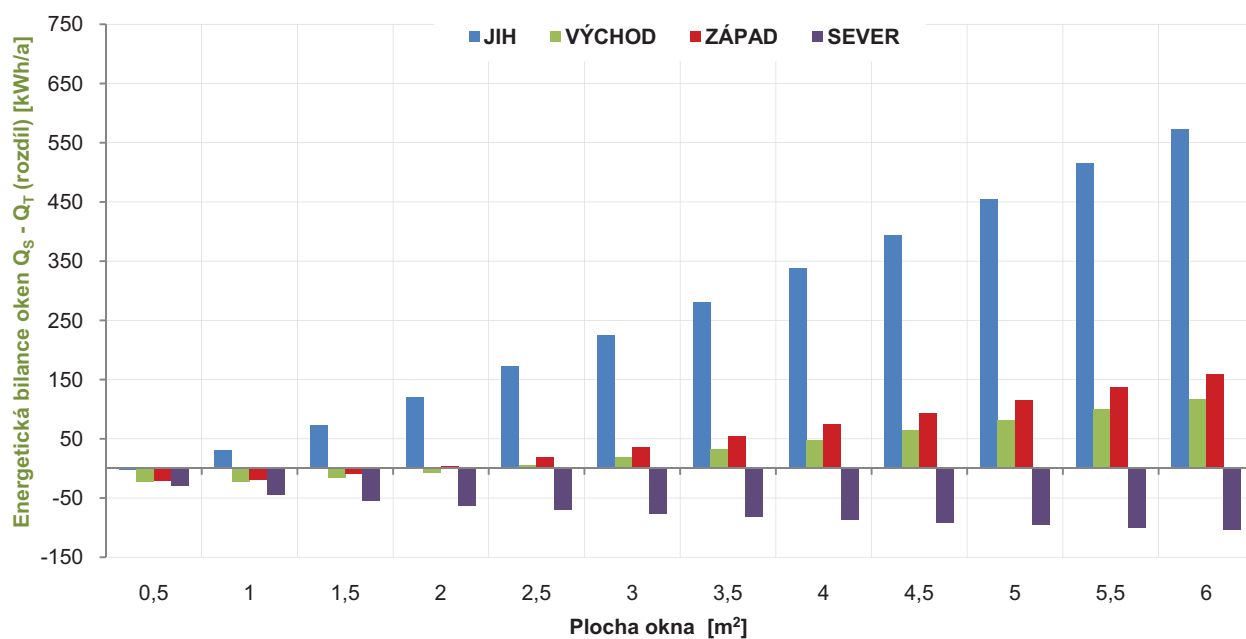
Orientace stavby	Energetická bilance oken $Q_s/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
JIH	0,94	1,47	1,78	2,01	2,18	2,32	2,43	2,53	2,61	2,69	2,75	2,81
VÝCHOD	0,39	0,66	0,82	0,94	1,03	1,11	1,17	1,22	1,26	1,30	1,34	1,37
ZÁPAD	0,43	0,72	0,90	1,03	1,13	1,21	1,28	1,34	1,38	1,43	1,47	1,50
SEVER	0,20	0,33	0,41	0,47	0,51	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67
$Q_s/Q_T > 1$	nikdy	-57°	-75°	-86°	93°	-98°	-103°	-106°	-109°	-111°	-113°	-115°
	nikdy	+62°	+81°	+92°	+100°	+106°	+111°	+114°	+117°	+120°	+123°	+125°



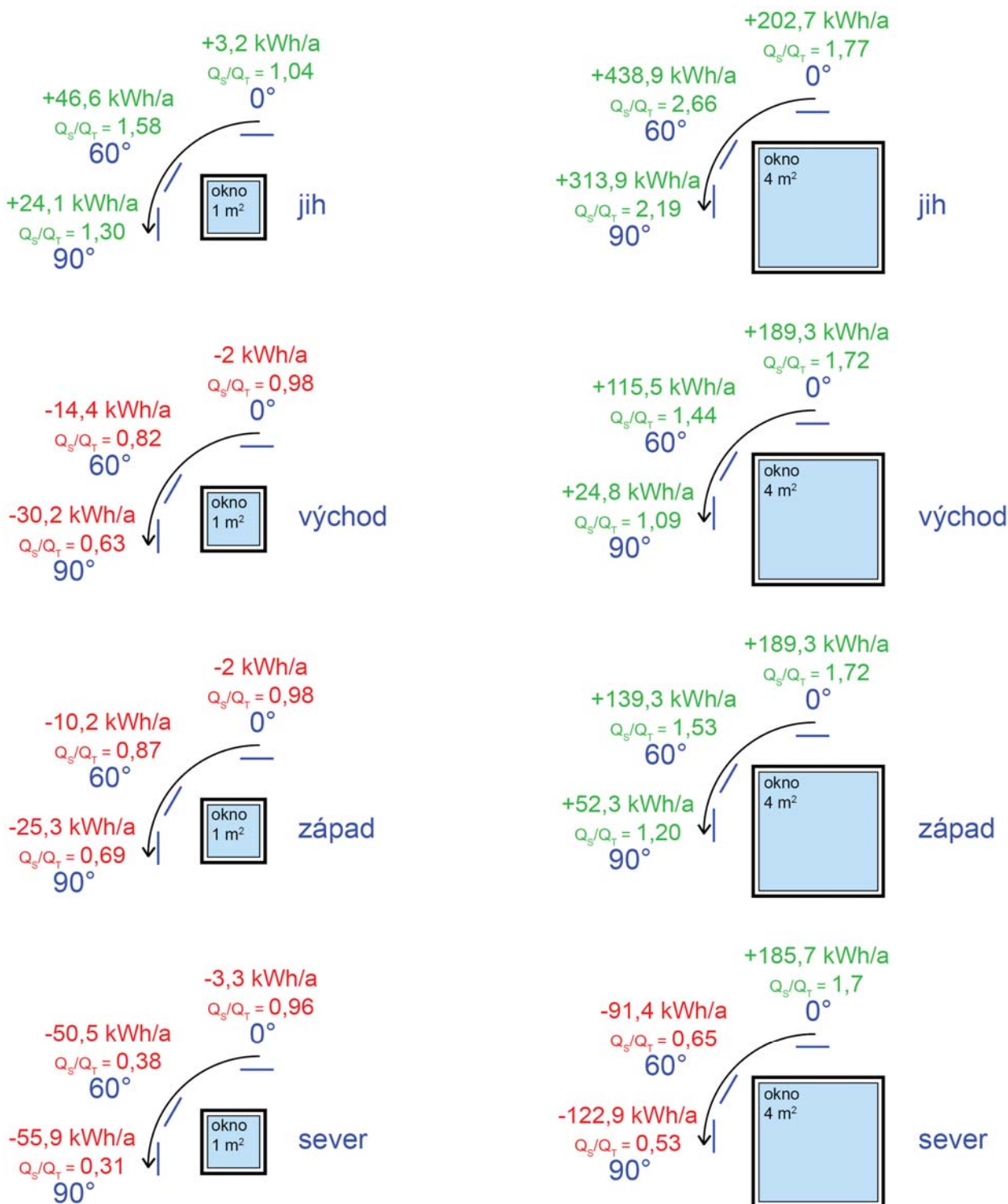

 diag. 6.2 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí  $Q_S/Q_T$  při změně orientace (klíma HK)

 tab. 6.2 Vliv orientace okna na  $Q_S - Q_T$  (klíma HK)

Orientace stavby	Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
JIH	-2,39	30,99	72,94	120,74	172,60	225,50	280,92	337,60	394,38	455,44	515,18	572,62
VÝCHOD	-22,79	-22,85	-16,73	-7,10	4,92	18,22	32,91	48,51	64,60	82,31	99,96	117,18
ZÁPAD	-21,39	-18,69	-9,44	3,61	19,27	36,22	54,69	74,14	94,06	115,86	137,49	158,54
SEVER	-29,80	-44,36	-54,82	-63,43	-70,80	-77,04	-82,63	-87,63	-92,08	-96,36	-100,15	-103,48


 diag. 6.3 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S - Q_T$  při změně orientace (klíma HK)

## 6.2 Vertikální naklápění okenní plochy



obr. 6.2 Schematické znázornění vlivu naklápění okenní plochy

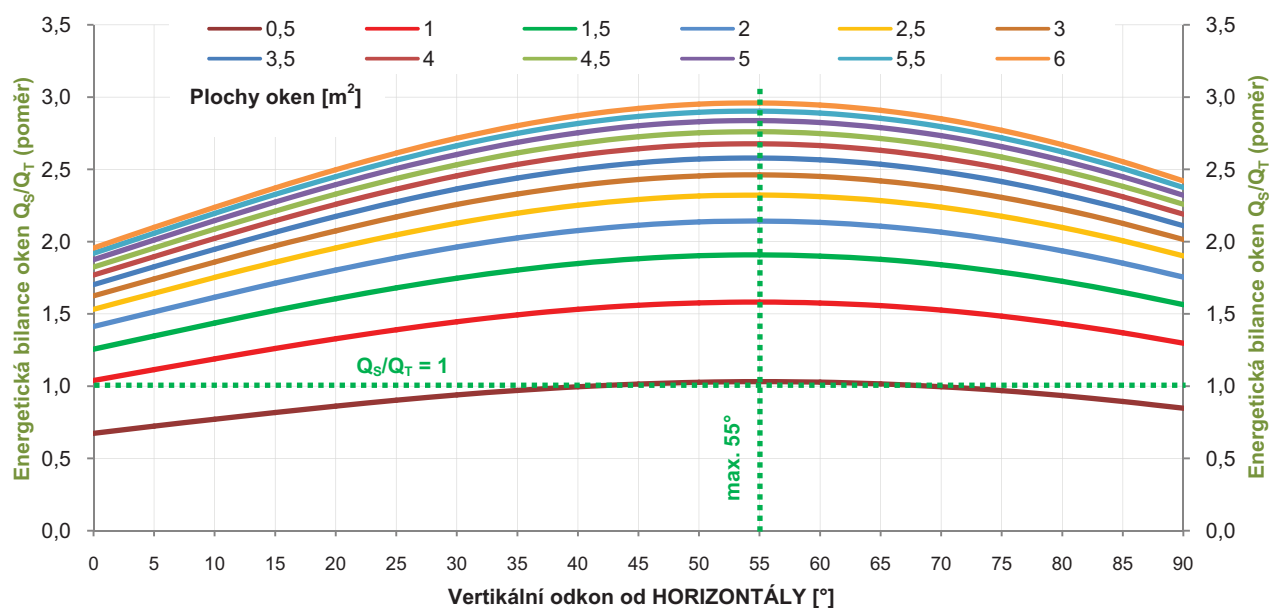
Posuzování vertikálního naklápění oken simuluje střešní okna. U pasivních staveb nejsou střešní okna příliš vhodná, ale přesto lze v některých případech o nich uvažovat. Je třeba respektovat a účelně zabránit letnímu přehřívání stavby (hrozí i při západní a východní orientaci) a zvážit jeho polohu (obr. 6.2). Pro účely této práce je zvoleno okno, které má parametry horší než klasické okno, protože nakloněním zasklení totiž dochází k relativně výraznému zhoršení

součinitele prostupu tepla (min. 10 %). Je zdůvodněno tím, že mezi skly začíná inertní plyn lehce proudit a teplo se začne přenášet konvekcí. Osazení střešního okna je také v izolaci a v místě napojení vzniká patrný tepelný most. Zatím neexistuje technologie, díky které lze tento problém lépe vyřešit. Použitá okna jsou i přesto velmi kvalitní a umožňují do budoucna inovaci. Pro výpočty je použitý součinitel prostupu tepla  $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a lineární tepelný most  $0,04 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ , ostatní parametry jsou stejné, viz tab. 3.2.

Střešní okna na jih mají výbornou bilanci, viz tab. 6.3 a diag. 6.4 – kromě malého okna vychází pozitivně. Jako ideální je odklon od horizontu  $55^\circ$ , kdy je maximální podíl  $Q_s/Q_T$  u velkých oken až cca 3, tj. trojnásobek tepelných zisků oproti tepelným ztrátám). Při těchto hodnotách je minimální stínění ostěním okna (je menší než u klasického okna, neboť střešní okno je usazeno v rovině izolace) a sklo je kolmé na normálu globálního záření a tím jsou poskytovány nejvyšší sluneční zisky. Pokud se okno natočí do svislé polohy, tak zisky teoreticky poklesnou cca o třetinu, tento deficit se prakticky „dožene“ lepším usazením a  $U_g$  skla se zvýší. Dle tab. 6.4 a diag. 6.5 je vidět, že efektivnost oken na jihu je velmi vysoká prakticky při jakémkoliv sklonu, pouze horizontálnější poloha je mnohem více namáhaná klimatickými podmínkami.

tab. 6.3 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_s/Q_T$  na JIHU (klima HK)

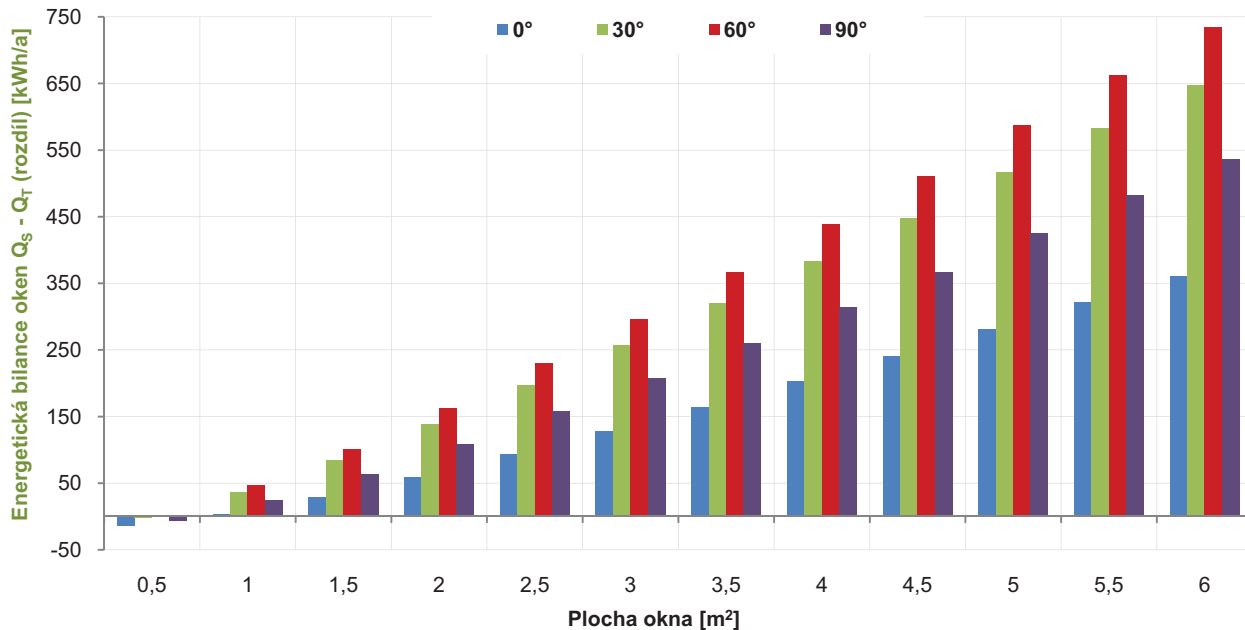
Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_s/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0,67	1,04	1,26	1,41	1,53	1,63	1,70	1,77	1,82	1,88	1,92	1,96
30°	0,94	1,45	1,75	1,96	2,13	2,26	2,36	2,46	2,53	2,60	2,66	2,72
60°	1,03	1,58	1,90	2,13	2,31	2,45	2,57	2,66	2,75	2,82	2,89	2,95
90°	0,85	1,30	1,56	1,75	1,90	2,01	2,11	2,19	2,26	2,32	2,37	2,42
$Q_s/Q_T > 1$	+40°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy
	+70°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy



diag. 6.4 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_s/Q_T$  při vertikálním natáčení na JIHU (klima HK)

tab. 6.4 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S - Q_T$  na JIHU (klíma HK)

Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	-15,08	3,19	28,92	59,37	93,10	127,94	164,75	202,65	240,81	282,03	322,48	361,48
30°	-2,79	36,12	84,19	138,60	197,41	257,26	319,84	383,77	447,75	516,50	583,71	648,29
60°	1,28	46,60	101,50	163,18	229,56	296,93	367,24	438,95	510,65	587,61	662,80	735,00
90°	-7,04	24,09	63,57	108,68	157,70	207,73	260,18	313,85	367,63	425,49	482,10	536,54

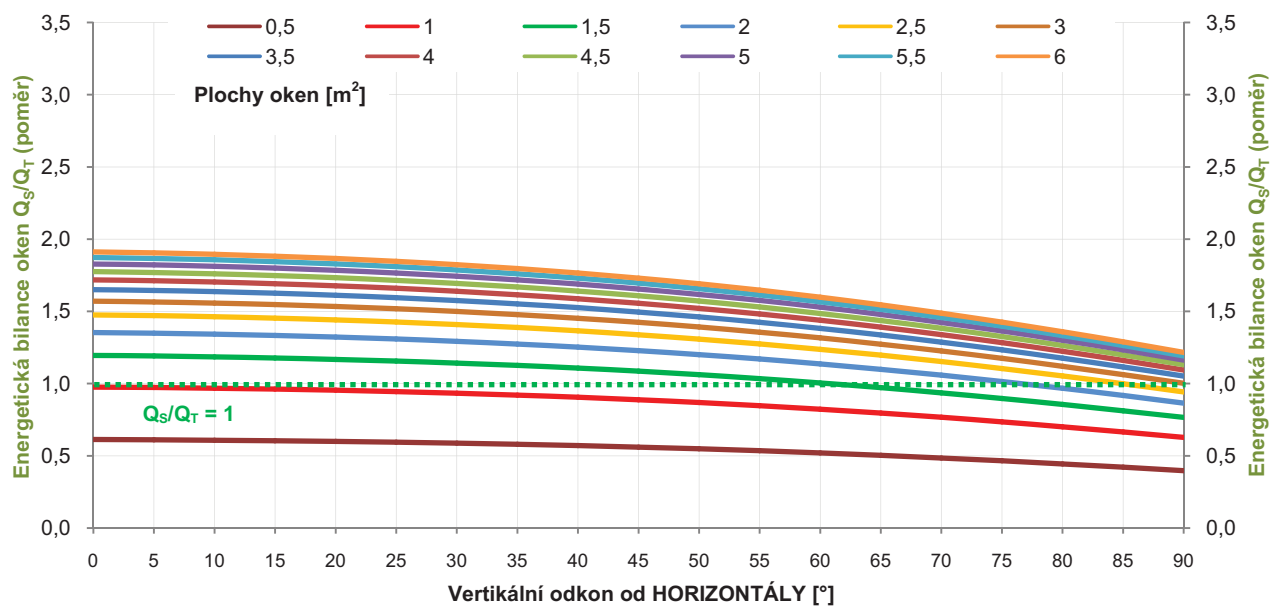


diag. 6.5 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S - Q_T$  při vertikálním natáčení na JIHU (klíma HK)

Dle tab. 6.5 a diag. 6.6 je patrné, že východní orientace je méně příznivá než jižní, a to o desítky procent. Prakticky až okna větší než 3 m<sup>2</sup> mají poměr  $Q_S/Q_T$  vždy větší než 1, kdy maximální poměr je cca 1,9. Rozdíl mezi horizontálním a svislým směrem je cca 50 %. Dle tab. 6.6 a diag. 6.7 je patrné, že východní okna nepřináší žádné velké absolutní hodnoty  $Q_S - Q_T$ , ale vyhovuje to, že u oken do 3 m<sup>2</sup> nepůsobí větší „negativní škodu“.

tab. 6.5 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S/Q_T$  na VÝCHODU (klíma HK)

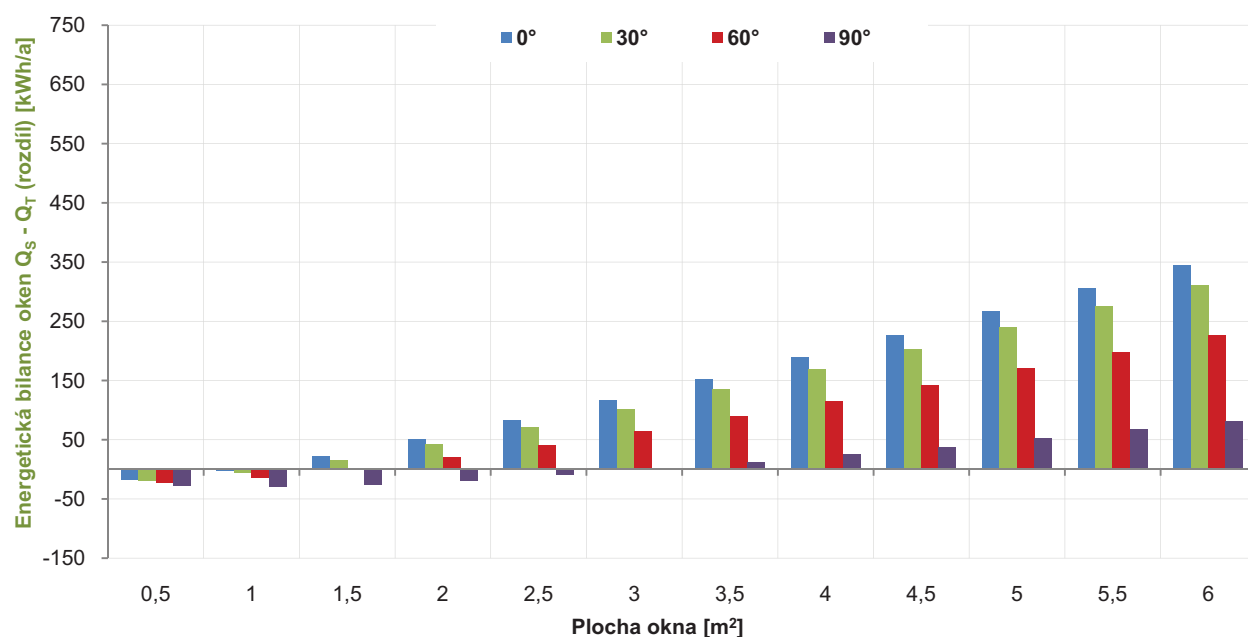
Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0,61	0,98	1,20	1,35	1,48	1,57	1,65	1,72	1,78	1,83	1,89	1,91
30°	0,59	0,93	1,14	1,29	1,41	1,50	1,58	1,64	1,69	1,74	1,79	1,82
60°	0,52	0,82	1,00	1,14	1,24	1,32	1,38	1,44	1,49	1,53	1,57	1,60
90°	0,40	0,63	0,77	0,87	0,94	1,00	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,22
$Q_S/Q_T > 1$	nikdy	nikdy	0°	0°	0°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy
	nikdy	nikdy	+61°	+77°	+85°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy



diag. 6.6 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S/Q_T$  při vertikálním natáčení na VÝCHODU (klíma HK)

tab. 6.6 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S - Q_T$  na VÝCHODU (klíma HK)

Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	-17,92	-1,95	21,99	50,89	83,21	116,81	152,47	189,30	226,46	266,68	306,22	344,39
30°	-19,10	-5,39	16,01	42,14	71,54	102,21	134,82	168,57	202,67	239,60	275,95	311,07
60°	-22,23	-14,36	0,53	19,60	41,55	64,74	89,63	115,54	141,86	170,47	198,73	226,09
90°	-27,91	-30,18	-26,44	-19,42	-10,16	0,36	12,16	24,84	38,00	52,57	67,16	81,45

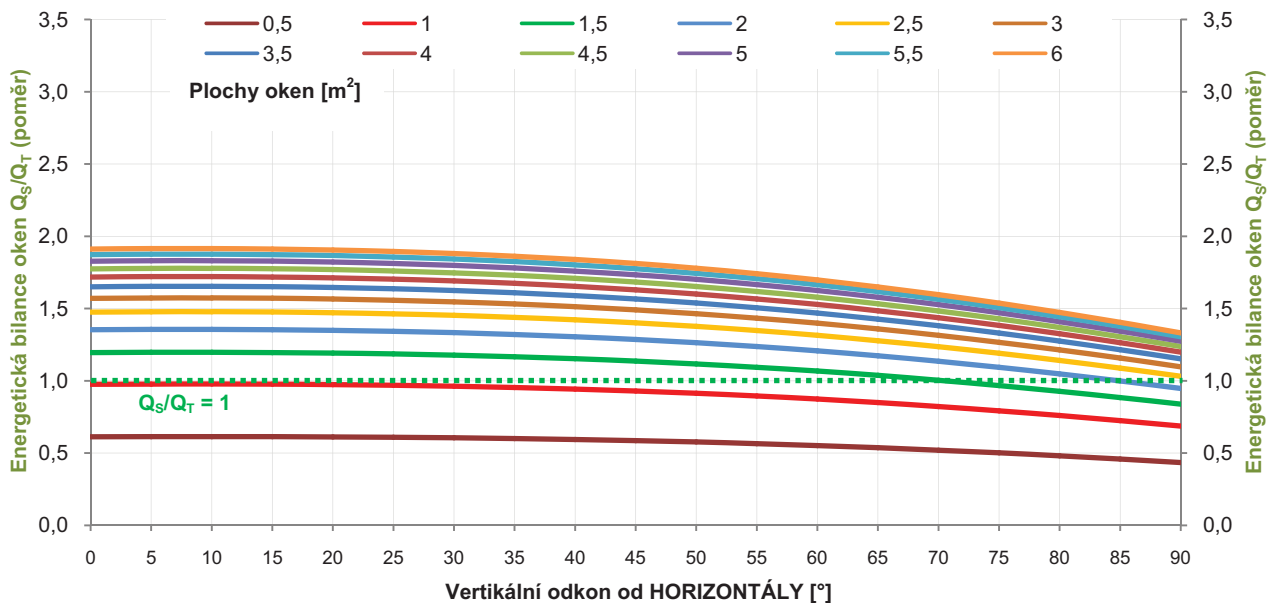


diag. 6.7 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S - Q_T$  při vertikálním natáčení na VÝCHODU (klíma HK)

Okna se západní orientací mají dle tab. 6.7 a diag. 6.8 podobné chování jako východní směr. Křivky mají mírně plošší charakter a je vidět, že západní strana v celoroční bilanci poskytuje lepší výsledky. Dovoluje o několik stupňů vyšší odklon od horizontály. Je to způsobeno vyšší oblačností ráno po východu Slunce nad východním horizontem. Pro srovnání, například okno 3 m<sup>2</sup> se sklonem 60° má na východě  $Q_S/Q_T$  1,32 a na západě o 6 % více, tj. 1,40. Energetický přínos je na východě 64,7 kWh/a a na západě 81,6 kWh/a. Třeba na RD-1 se potřeba u prvního okna sníží o 0,6 kWh/(m<sup>2</sup>·a) a u druhého okna o 0,8 kWh/(m<sup>2</sup>·a), což už je měřitelná hodnota.

tab. 6.7 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S/Q_T$  na ZÁPADĚ (klíma HK)

Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0,61	0,98	1,20	1,35	1,48	1,57	1,65	1,72	1,78	1,83	1,87	1,91
30°	0,61	0,96	1,18	1,33	1,45	1,55	1,63	1,69	1,75	1,80	1,84	1,88
60°	0,55	0,87	1,07	1,21	1,31	1,40	1,47	1,53	1,58	1,63	1,66	1,70
90°	0,44	0,69	0,84	0,95	1,03	1,10	1,15	1,20	1,24	1,27	1,30	1,33
$Q_S/Q_T > 1$	nikdy	nikdy	0°	0°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy
	nikdy	nikdy	+71°	+85°	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy	vždy

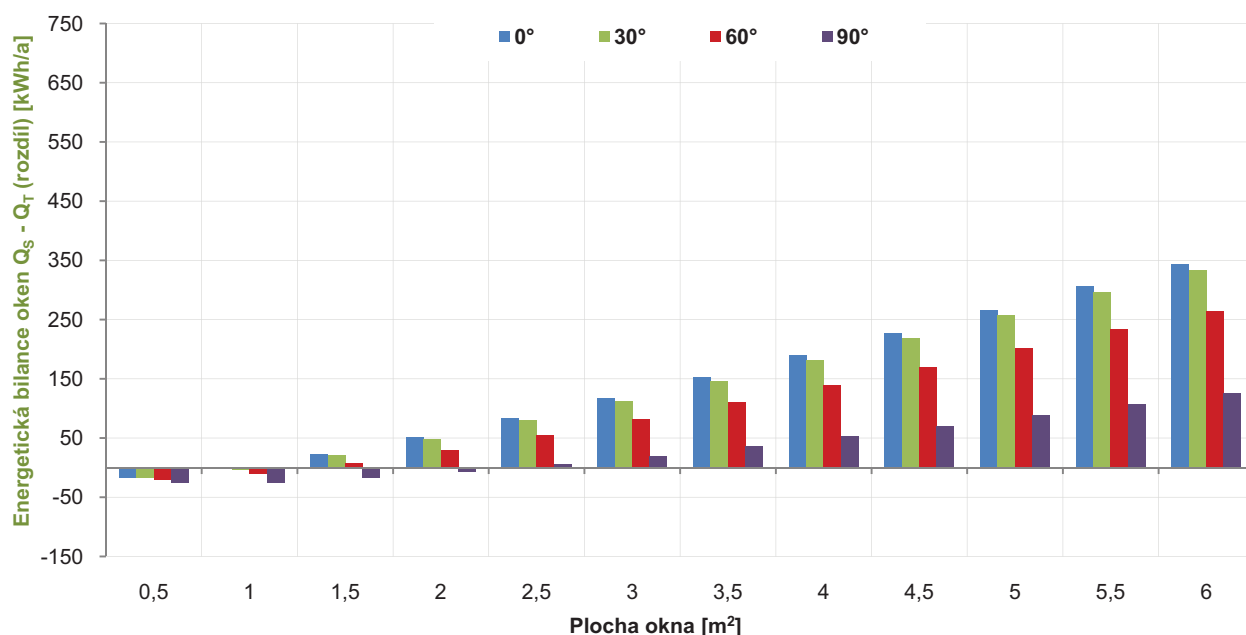


diag. 6.8 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S/Q_T$  při vertikálním natáčení na ZÁPADĚ (klíma HK)

tab. 6.8 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S - Q_T$  na ZÁPADĚ (klíma HK)

Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	-17,92	-1,95	21,99	50,89	83,21	116,81	152,47	189,30	226,46	266,68	306,22	344,39
30°	-18,24	-3,00	20,08	48,02	79,33	111,90	146,49	182,22	218,30	257,35	295,76	332,84
60°	-20,72	-10,18	7,63	29,85	55,11	81,62	109,92	139,29	169,04	201,33	233,15	263,92
90°	-26,16	-25,34	-18,22	-7,56	5,54	19,89	35,65	52,32	69,45	88,26	106,97	125,20

V tab. 6.8 a diag. 6.9 je jen potvrzeno velmi podobné chování západní orientace s východním směrem.



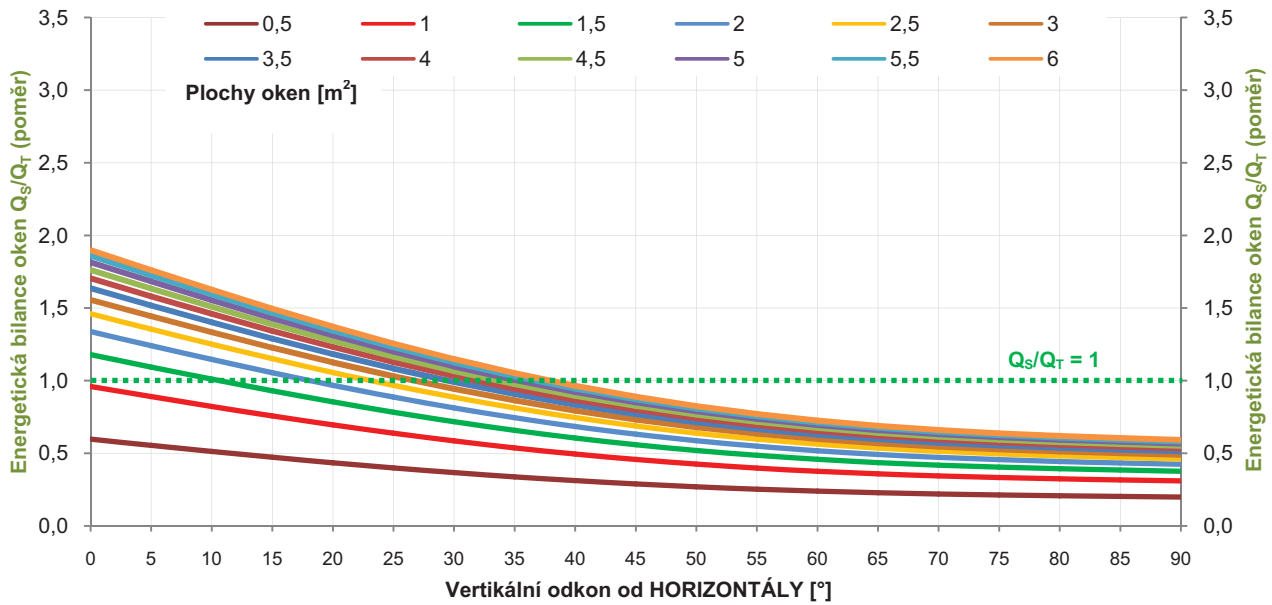
diag. 6.9 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_s - Q_T$  při vertikálním natáčení na ZÁPADĚ (klíma HK)

Severní orientace je vidět na tab. 6.9 a diag. 6.10. Nejlepší  $Q_s/Q_T$  se blíží k cca 1,9 při úplné horizontální poloze okna. Výpočty lze velmi dobře validovat tak, že se porovnají hodnoty při nulovém sklonu (vodorovná poloha) a měly by být stejné. Při porovnání je zjištěno, že se shodují až na malé odchylky, které jsou způsobeny nepřesností klimatických dat. V tab. 6.10 a diag. 6.11 je prezentováno, že neefektivnost severní strany lze snížit vertikálním nakloněním. Proto jsou střešní okna vhodnější na severu než na jiných stranách. Například nakloněním svislého okna velikosti 3 m<sup>2</sup> o 60° se zlepší jeho bilance z 0,49 na 0,94, což je o 48 %. Absolutní bilance se změní z -104,5 kWh/a na -11,6 kWh/a. Taková změna vede k úspoře u RD-1 cca 0,9 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Nikdy se u navrhování prosklených otvorů nesmí zapomenout, že konečný efekt osvětlení prostoru je vždy v pochopení symbiózy velikosti okna, jeho tvaru a prostorového umístění, což není záležitost jen fyzikální, ale především psycho fyziologická.

tab. 6.9 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_s/Q_T$  na SEVERU (klíma HK)

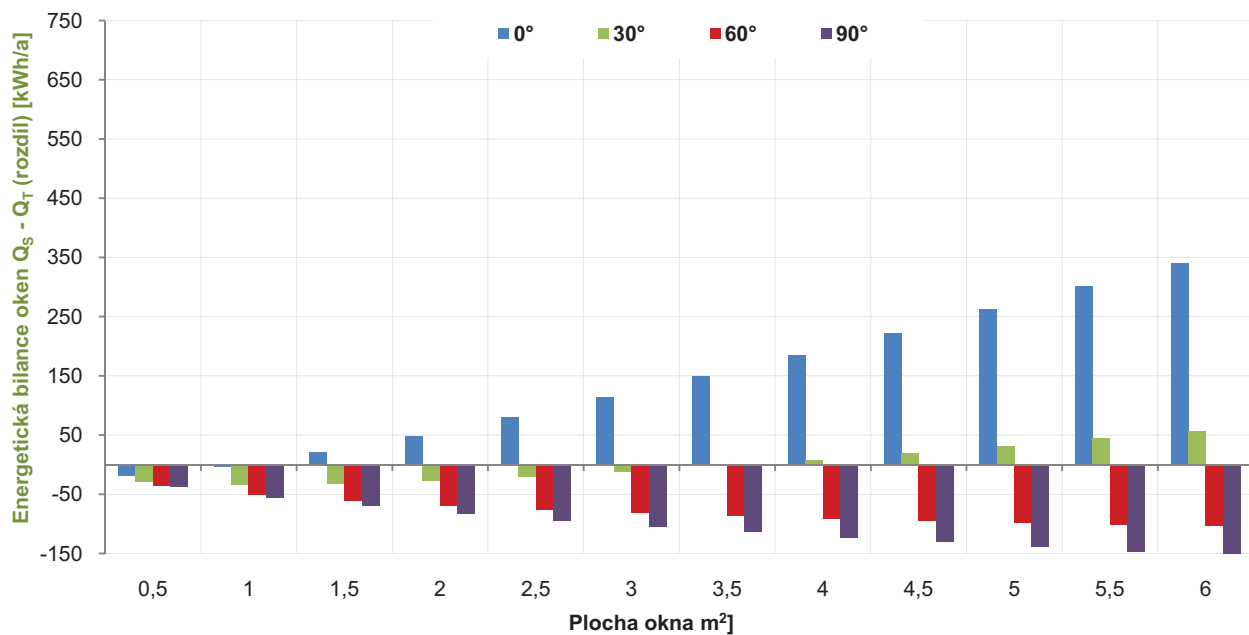
Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_s/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 × 0,71	1,00 × 1,00	1,22 × 1,22	1,41 × 1,41	1,58 × 1,58	1,73 × 1,73	1,87 × 1,87	2,00 × 2,00	2,12 × 2,12	2,24 × 2,24	2,35 × 2,35	2,45 × 2,45
0°	0,60	0,96	1,09	1,34	1,46	1,50	1,64	1,70	1,76	1,82	1,86	1,90
30°	0,37	0,59	0,72	0,81	0,89	0,94	0,99	1,03	1,07	1,10	1,13	1,15
60°	0,24	0,38	0,46	0,52	0,56	0,60	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73
90°	0,20	0,31	0,38	0,42	0,46	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57	0,58	0,59
$Q_s/Q_T > 1$	nikdy	nikdy	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
	nikdy	nikdy	+10°	+18°	+23°	+26°	+29°	+32°	+33°	+35°	+37°	+38°



diag. 6.10 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S/Q_T$  při vertikálním natáčení na SEVERU (klíma HK)

tab. 6.10 Vliv vertikálního naklápění okna na  $Q_S - Q_T$  na SEVERU (klíma HK)

Odklon od horizontály	Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	-18,63	-3,27	20,18	48,65	80,60	113,86	149,20	185,73	222,62	262,56	301,86	339,80
30°	-29,30	-33,57	-31,89	-27,02	-19,96	-11,62	-2,04	8,40	19,37	31,60	43,94	56,08
60°	-35,22	-50,51	-61,09	-69,51	-76,48	-82,19	-87,15	-91,42	-95,10	-98,50	-101,39	-103,82
90°	-37,12	-55,90	-70,34	-82,96	-94,35	-104,49	-114,02	-122,93	-131,21	-139,53	-147,21	-154,23

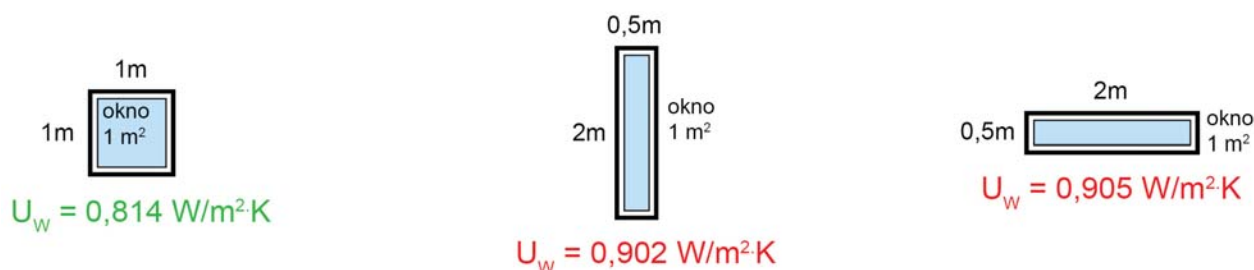


diag. 6.11 Vztah mezi plochou okna a energetickou bilancí okna  $Q_S - Q_T$  při vertikálním natáčení na SEVERU (klíma HK)



## 6.3 Velikost a proporce okenní plochy

### 6.3.1 Vliv na celkový součinitel prostupu tepla okna $U_{w, \text{eff}}$



obr. 6.3 Schematické znázornění vlivu rozměrů a proporcí okna na  $U_w$

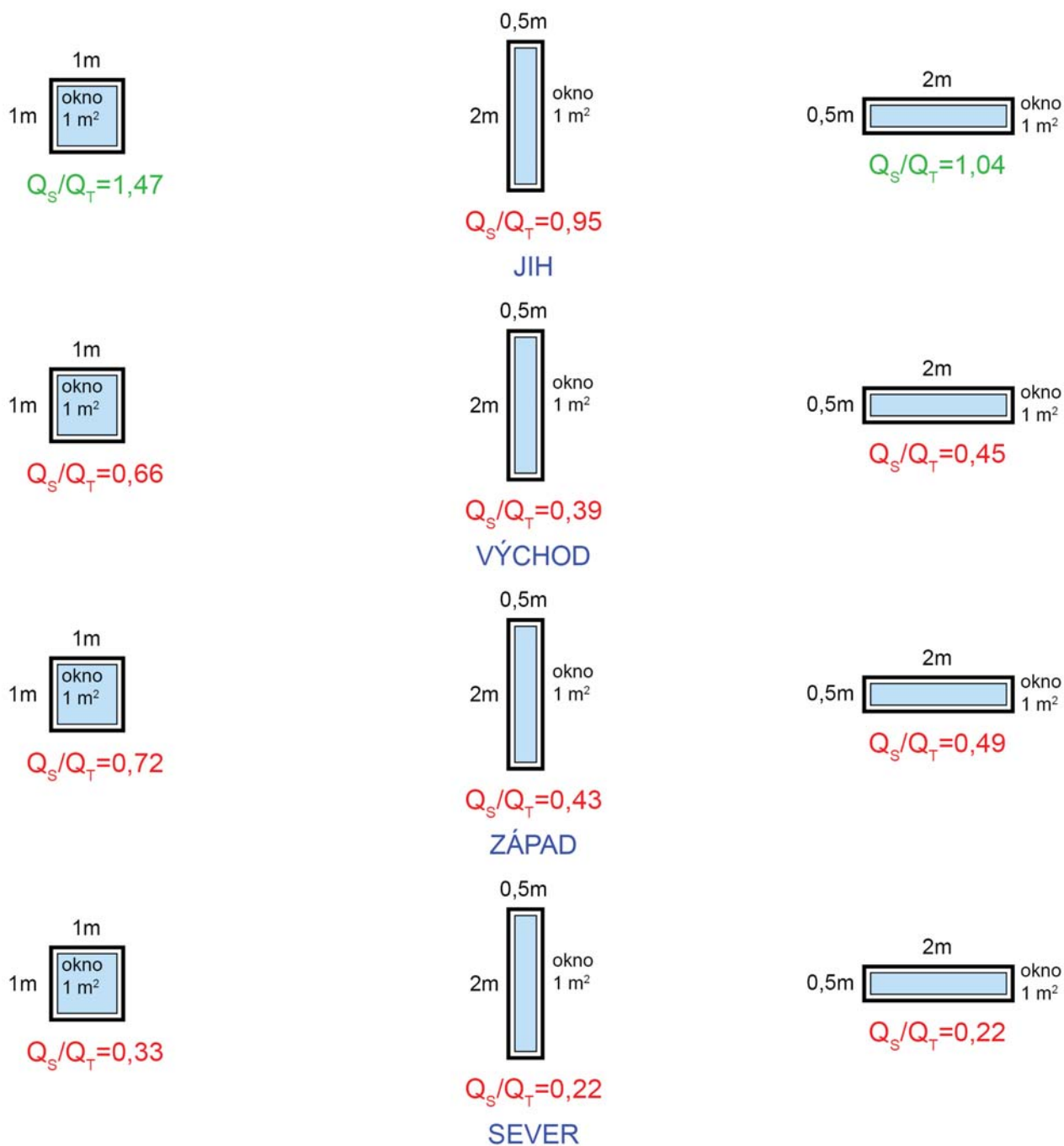
Pro pasivní standard je na okno definován požadavek  $U_{w, \text{eff}} = \max. 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , tj. hodnota celkového součinitele prostupu okna včetně ukotvení do konstrukce [18]. Tento požadavek je pro dnešní okna celkem přísný a klade důraz na kvalitní rámy, sklo a vzduchotěsné napojení do zdi v šířce izolace. U moderních oken ho není problém dosáhnout a za pár let bude velmi dobře splnitelný. Součinitel je nezávislý na orientaci okna, ale na jeho velikosti a proporcích (obr. 6.3) a samozřejmě kvalitě okna, atd.

Pro posouzení jsou vybrány klasická vertikální okna, která mají hodnoty  $U_f$ ,  $U_g$ , atd. z tab. 3.2. Jak je znázorněno v tab. 6.11, tak malá okna nemají šanci splnit požadavek, protože mají malý poměr skla k rámu, tzn. „obsahují“ příliš velkou plochu rámu. Naopak velká okna od 1 m² dosahují tento standard vždy, ale je ještě třeba dbát na proporce. Jako ideální se ukazuje „průměrný“ čtvercový tvar, ostatní proporce jsou méně výhodné. Trochu lepší variantou je volba okna na výšku, jak prezentuje obr. 6.3.

tab. 6.11 Vliv rozměrů okna na celkové  $U_w$  (klíma HK)

		Celkový součinitel prostupu tepla u oken $U_w$ [W/(m²·K)]																	
		Horizontální rozměr okna [m]																	
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Vertikální rozměr okna [m]	0,3	1,130	1,122	1,117	1,114	1,112	1,110	1,109	1,108	1,107	1,106	1,106	1,105	1,105	1,104	1,104	1,104	1,103	1,103
	0,4	1,124	1,081	1,055	1,038	1,025	1,016	1,009	1,003	0,998	0,994	0,991	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980	0,979	0,977
	0,5	1,120	1,056	1,017	0,992	0,973	0,960	0,949	0,940	0,933	0,927	0,922	0,918	0,914	0,911	0,908	0,906	0,904	0,902
	0,6	1,118	1,039	0,992	0,961	0,939	0,922	0,909	0,898	0,890	0,883	0,877	0,871	0,867	0,863	0,860	0,856	0,854	0,851
	0,7	1,116	1,028	0,975	0,939	0,914	0,895	0,880	0,868	0,859	0,851	0,844	0,838	0,833	0,829	0,825	0,821	0,818	0,815
	0,8	1,115	1,019	0,961	0,923	0,895	0,875	0,859	0,846	0,835	0,827	0,819	0,813	0,807	0,803	0,798	0,795	0,791	0,788
	0,9	1,114	1,012	0,951	0,910	0,881	0,859	0,842	0,828	0,817	0,808	0,800	0,793	0,788	0,783	0,778	0,774	0,771	0,767
	1,0	1,113	1,006	0,942	0,900	0,869	0,846	0,829	0,814	0,803	0,793	0,785	0,778	0,772	0,766	0,762	0,758	0,754	0,750
	1,1	1,112	1,002	0,936	0,891	0,860	0,836	0,818	0,803	0,791	0,781	0,772	0,765	0,759	0,753	0,748	0,744	0,740	0,737
	1,2	1,112	0,998	0,930	0,884	0,852	0,828	0,809	0,794	0,781	0,771	0,762	0,755	0,748	0,742	0,737	0,733	0,729	0,725
	1,3	1,111	0,995	0,925	0,879	0,845	0,820	0,801	0,785	0,773	0,762	0,753	0,746	0,739	0,733	0,728	0,723	0,719	0,716
	1,4	1,111	0,992	0,921	0,874	0,840	0,814	0,794	0,779	0,766	0,755	0,746	0,738	0,731	0,725	0,720	0,715	0,711	0,707
	1,5	1,111	0,990	0,917	0,869	0,835	0,809	0,789	0,773	0,759	0,748	0,739	0,731	0,724	0,718	0,713	0,708	0,704	0,700
1,6	1,110	0,988	0,914	0,865	0,830	0,804	0,784	0,767	0,754	0,743	0,733	0,725	0,718	0,712	0,707	0,702	0,698	0,694	
1,7	1,110	0,986	0,912	0,862	0,826	0,800	0,779	0,763	0,749	0,738	0,728	0,720	0,713	0,707	0,701	0,697	0,692	0,688	
1,8	1,110	0,984	0,909	0,859	0,823	0,796	0,775	0,759	0,745	0,733	0,724	0,716	0,708	0,702	0,697	0,692	0,687	0,683	
1,9	1,110	0,983	0,907	0,856	0,820	0,793	0,772	0,755	0,741	0,730	0,720	0,711	0,704	0,698	0,692	0,687	0,683	0,679	
2,0	1,109	0,982	0,905	0,854	0,817	0,790	0,769	0,752	0,738	0,726	0,716	0,708	0,700	0,694	0,688	0,683	0,679	0,675	

### 6.3.2 Vliv na energetickou bilanci okenní plochy



obr. 6.4 Schematické znázornění vlivu rozměrů a proporcí okna na jeho energetickou bilanci

V předchozích odstavcích je posuzován vliv velikosti a orientace okna na energetickou bilanci a vztah velikosti a proporce na celkový součinitel prostupu tepla. Tato část se zabývá vzájemnou závislostí mezi velikostí a proporcí okna a jeho orientací (obr. 6.4). Pro tento účel vznikly tab. 6.12 až tab. 6.15, které dokumentují a názorně předvádějí, že proporce okna je jeden z faktorů, který může do jisté míry ovlivnit jeho výkonnost. Jižní strana je skutečně ta hlavní a u prosklených ploch nad 1 m<sup>2</sup> jsou různé proporce „dovoleny“, protože jejich kladný potenciál je na jižní straně vysoký. Okno se dá zvažovat za výhodné, pokud má  $Q_S/Q_T$  vyšší než jedna, ale po zohlednění dalších faktorů (samostínění, atd.) by mělo mít alespoň  $Q_S/Q_T = 1,1$ .

tab. 6.12 Vliv rozměrů okna na  $Q_S/Q_T$  na JIHU (klima HK)

JIH		Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]																		
		Horizontální rozměr okna [m]																		
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
Vertikální rozměr okna [m]	0,3	0,04	0,11	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	
	0,4	0,09	0,23	0,33	0,41	0,46	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	
	0,5	0,13	0,32	0,46	0,57	0,66	0,72	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	
	0,6	0,15	0,38	0,56	0,70	0,80	0,89	0,96	1,01	1,06	1,10	1,14	1,17	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,29	
	0,7	0,17	0,43	0,63	0,79	0,92	1,01	1,10	1,16	1,22	1,27	1,31	1,35	1,38	1,41	1,44	1,46	1,48	1,50	
	0,8	0,18	0,46	0,69	0,87	1,00	1,12	1,21	1,28	1,35	1,40	1,45	1,49	1,53	1,56	1,59	1,62	1,64	1,67	
	0,9	0,19	0,49	0,74	0,93	1,08	1,20	1,30	1,38	1,45	1,52	1,57	1,62	1,66	1,69	1,73	1,75	1,78	1,81	
	1,0	0,20	0,52	0,77	0,98	1,14	1,27	1,38	1,47	1,54	1,61	1,67	1,72	1,76	1,80	1,84	1,87	1,90	1,92	
	1,1	0,20	0,54	0,81	1,02	1,19	1,33	1,44	1,54	1,62	1,69	1,75	1,80	1,85	1,89	1,93	1,96	2,00	2,02	
	1,2	0,21	0,55	0,83	1,05	1,23	1,38	1,50	1,60	1,68	1,76	1,82	1,88	1,93	1,97	2,01	2,05	2,08	2,11	
	1,3	0,21	0,57	0,85	1,08	1,27	1,42	1,54	1,65	1,74	1,82	1,88	1,94	1,99	2,04	2,08	2,12	2,16	2,19	
	1,4	0,22	0,58	0,87	1,11	1,30	1,46	1,58	1,69	1,79	1,87	1,94	2,00	2,05	2,10	2,15	2,19	2,22	2,25	
	1,5	0,22	0,59	0,89	1,13	1,33	1,49	1,62	1,73	1,83	1,91	1,99	2,05	2,11	2,16	2,20	2,24	2,28	2,31	
1,6	0,23	0,60	0,91	1,15	1,35	1,52	1,65	1,77	1,87	1,95	2,03	2,09	2,15	2,20	2,25	2,29	2,33	2,37		
1,7	0,23	0,61	0,92	1,17	1,38	1,54	1,68	1,80	1,90	1,99	2,07	2,13	2,19	2,25	2,29	2,34	2,38	2,41		
1,8	0,23	0,61	0,93	1,19	1,40	1,57	1,71	1,83	1,93	2,02	2,10	2,17	2,23	2,29	2,33	2,38	2,42	2,46		
1,9	0,23	0,62	0,94	1,20	1,41	1,59	1,73	1,86	1,96	2,05	2,13	2,20	2,27	2,32	2,37	2,42	2,46	2,50		
2,0	0,23	0,63	0,95	1,22	1,43	1,61	1,76	1,88	1,99	2,08	2,16	2,23	2,30	2,35	2,40	2,45	2,49	2,53		

tab. 6.13 Vliv rozměrů okna na  $Q_S/Q_T$  na VÝCHODĚ (klima HK)

VÝCHOD		Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]																		
		Horizontální rozměr okna [m]																		
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
Vertikální rozměr okna [m]	0,3	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
	0,4	0,03	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	
	0,5	0,04	0,11	0,17	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	
	0,6	0,05	0,14	0,21	0,28	0,33	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	
	0,7	0,05	0,16	0,25	0,32	0,38	0,43	0,47	0,51	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,65	0,66	0,67	0,68	
	0,8	0,06	0,17	0,27	0,36	0,42	0,48	0,53	0,57	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77	
	0,9	0,06	0,18	0,29	0,38	0,46	0,52	0,57	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	
	1,0	0,07	0,19	0,31	0,41	0,49	0,55	0,61	0,66	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	
	1,1	0,07	0,20	0,33	0,43	0,51	0,58	0,64	0,69	0,73	0,77	0,80	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	
	1,2	0,07	0,21	0,34	0,44	0,53	0,61	0,67	0,72	0,77	0,81	0,84	0,87	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	
	1,3	0,07	0,22	0,35	0,46	0,55	0,63	0,69	0,75	0,80	0,84	0,87	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	
	1,4	0,07	0,22	0,36	0,47	0,57	0,65	0,71	0,77	0,82	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,01	1,04	1,06	1,07	
	1,5	0,08	0,23	0,37	0,48	0,58	0,66	0,73	0,79	0,84	0,89	0,93	0,96	0,99	1,02	1,04	1,07	1,09	1,10	
1,6	0,08	0,23	0,37	0,49	0,59	0,68	0,75	0,81	0,86	0,91	0,95	0,98	1,02	1,04	1,07	1,09	1,11	1,13		
1,7	0,08	0,23	0,38	0,50	0,61	0,69	0,76	0,83	0,88	0,93	0,97	1,01	1,04	1,07	1,09	1,12	1,14	1,16		
1,8	0,08	0,24	0,38	0,51	0,62	0,70	0,78	0,84	0,90	0,94	0,99	1,02	1,06	1,09	1,11	1,14	1,16	1,18		
1,9	0,08	0,24	0,39	0,52	0,62	0,71	0,79	0,86	0,91	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20		
2,0	0,08	0,24	0,39	0,52	0,63	0,72	0,80	0,87	0,92	0,97	1,02	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,20	1,22		

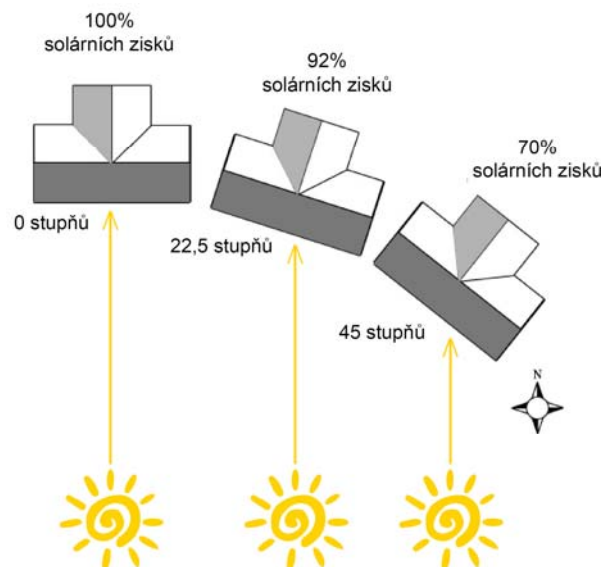
tab. 6.14 Vliv rozměrů okna na  $Q_S/Q_T$  na ZÁPADĚ (klima HK)

ZÁPAD		Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]																		
		Horizontální rozměr okna [m]																		
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
Vertikální rozměr okna [m]	0,3	0,01	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
	0,4	0,03	0,08	0,13	0,17	0,19	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	
	0,5	0,04	0,12	0,19	0,24	0,29	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	
	0,6	0,05	0,15	0,24	0,30	0,36	0,41	0,44	0,47	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	
	0,7	0,06	0,17	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52	0,55	0,59	0,61	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,73	0,75	
	0,8	0,06	0,19	0,30	0,39	0,46	0,53	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	
	0,9	0,07	0,20	0,32	0,42	0,50	0,57	0,63	0,67	0,71	0,75	0,78	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92	
	1,0	0,07	0,21	0,34	0,45	0,53	0,61	0,67	0,72	0,76	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	
	1,1	0,07	0,22	0,36	0,47	0,56	0,64	0,70	0,76	0,80	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	
	1,2	0,08	0,23	0,37	0,49	0,58	0,67	0,73	0,79	0,84	0,88	0,92	0,95	0,98	1,01	1,03	1,06	1,08	1,09	
	1,3	0,08	0,24	0,38	0,50	0,60	0,69	0,76	0,82	0,87	0,92	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,10	1,12	1,14	
	1,4	0,08	0,24	0,39	0,52	0,62	0,71	0,78	0,85	0,90	0,95	0,99	1,02	1,06	1,08	1,11	1,13	1,16	1,18	
	1,5	0,08	0,25	0,40	0,53	0,64	0,73	0,80	0,87	0,92	0,97	1,01	1,05	1,09	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	
1,6	0,08	0,25	0,41	0,54	0,65	0,74	0,82	0,89	0,95	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20	1,22	1,24		
1,7	0,08	0,26	0,42	0,55	0,66	0,76	0,84	0,91	0,96	1,02	1,06	1,10	1,14	1,17	1,20	1,22	1,25	1,27		
1,8	0,09	0,26	0,42	0,56	0,67	0,77	0,85	0,92	0,98	1,03	1,08	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,27	1,29		
1,9	0,09	0,26	0,43	0,57	0,68	0,78	0,87	0,94	1,00	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,29	1,32		
2,0	0,09	0,27	0,43	0,57	0,69	0,79	0,88	0,95	1,01	1,07	1,12	1,16	1,20	1,23	1,26	1,29	1,31	1,34		

tab. 6.15 Vliv rozměrů okna na  $Q_S/Q_T$  na SEVERU (klima HK)

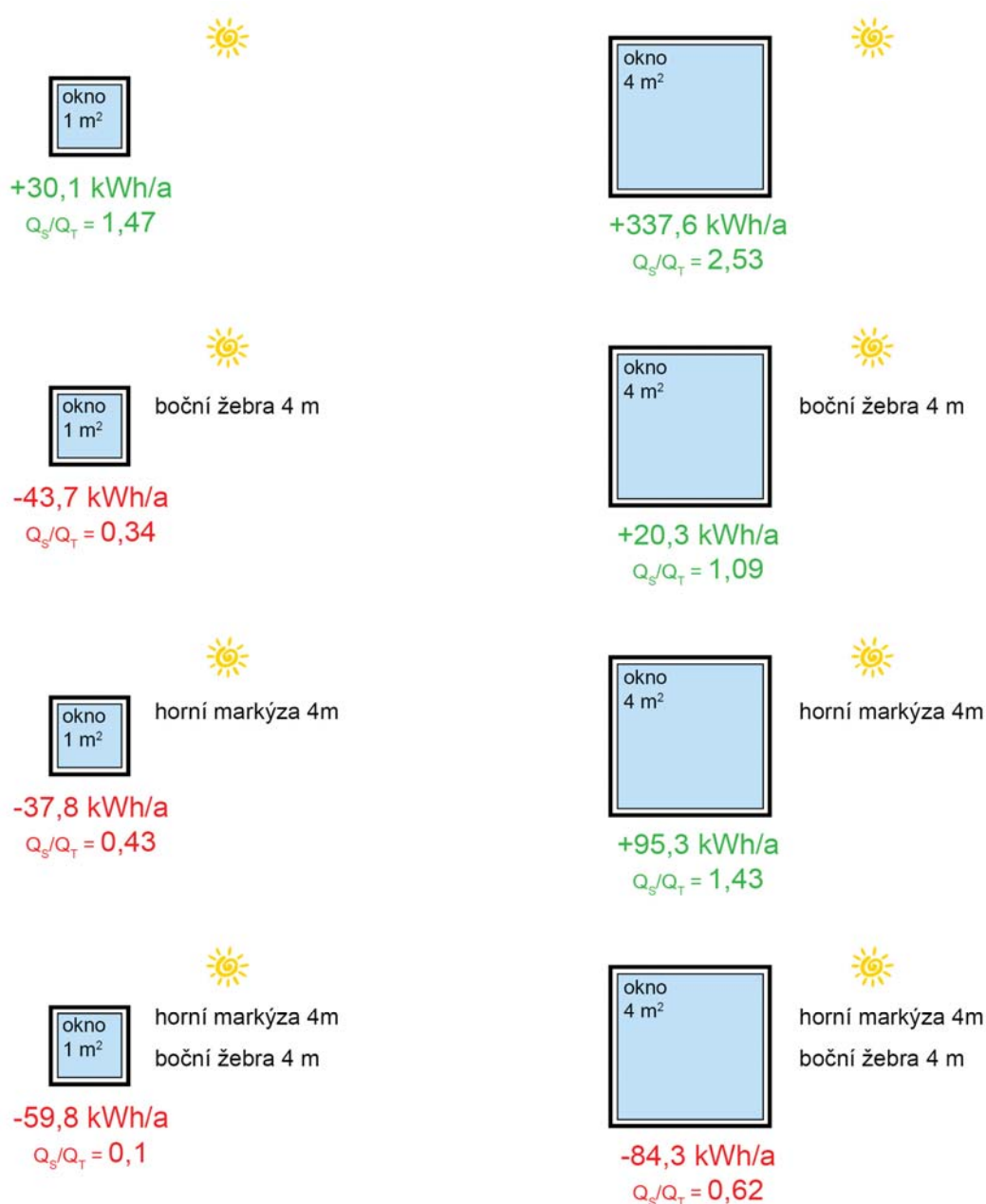
SEVER		Energetická bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [bez jednotky]																	
		Horizontální rozměr okna [m]																	
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Vertikální rozměr okna [m]	0,3	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	
	0,4	0,02	0,04	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	
	0,5	0,03	0,06	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	
	0,6	0,03	0,08	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	
	0,7	0,04	0,09	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	
	0,8	0,04	0,10	0,15	0,19	0,22	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38	
	0,9	0,04	0,11	0,16	0,20	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	
	1,0	0,04	0,11	0,17	0,22	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	
	1,1	0,05	0,12	0,18	0,23	0,27	0,30	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	
	1,2	0,05	0,12	0,19	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	
	1,3	0,05	0,13	0,19	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49	0,50	0,51	
	1,4	0,05	0,13	0,20	0,25	0,30	0,33	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	
1,5	0,05	0,13	0,20	0,26	0,30	0,34	0,38	0,40	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,54		
1,6	0,05	0,13	0,21	0,26	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55		
1,7	0,05	0,14	0,21	0,27	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56		
1,8	0,05	0,14	0,21	0,27	0,32	0,36	0,40	0,43	0,45	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57		
1,9	0,05	0,14	0,21	0,28	0,33	0,37	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58		
2,0	0,05	0,14	0,22	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59		

Orientace k dalším světovým stranám již neposkytuje tak kvalitní výsledky, viz obr. 6.4. Je na skutečném zvážení, zda stojí za to, aby se výrazně měnily proporce oken, které už tak slabou bilanci ještě více znehodnotí. Snížení efektivity je v extrémních případech i o 50 %. Zde stojí za povšimnutí, že okna na výšku mají slabší solární zisky a tím pádem nižší hodnoty energetické bilance  $Q_S/Q_T$ . Je to rozdílné oproti obr. 6.3, který naopak preferuje okna na výšku. Jak je z tabulek zřejmé, tak na jižní straně je velký výběr oken, ale na západní nebo východní straně je portfolio výběru značně omezené. V reálné rovině lze vybírat pouze okna, která mají minimálně jeden rozměr cca 1,4 m, aby sluneční zisky převažovaly nad tepelnými ztrátami. Severní orientace ani při největších čtvercových oknech 4 m<sup>2</sup> nedokáže mít bilanci kladnou. V nejlepším případě se dostaneme na hodnotu  $Q_S/Q_T$  0,6. Zde je třeba dát velký pozor, abychom díky velkému oknu a jeho velké absolutní bilanci  $Q_S-Q_T$  neškodili domu. Například jedno okno 4 m<sup>2</sup> na severu má bilanci -87,6 kWh/a, což domu RD-1 uškodí o 0,9 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Na obr. 6.5 je znázorněn vliv prostupnosti solárních paprsků skrze okno v závislosti na natočení budovy – u větších úhlů dochází k nadměrnému odrazu a minimálnímu prostupu.



obr. 6.5 Schematické znázornění vlivu natočení budovy na velikosti solárních zisků [76]

## 6.4 Stínění horní markýzou a bočními žebry

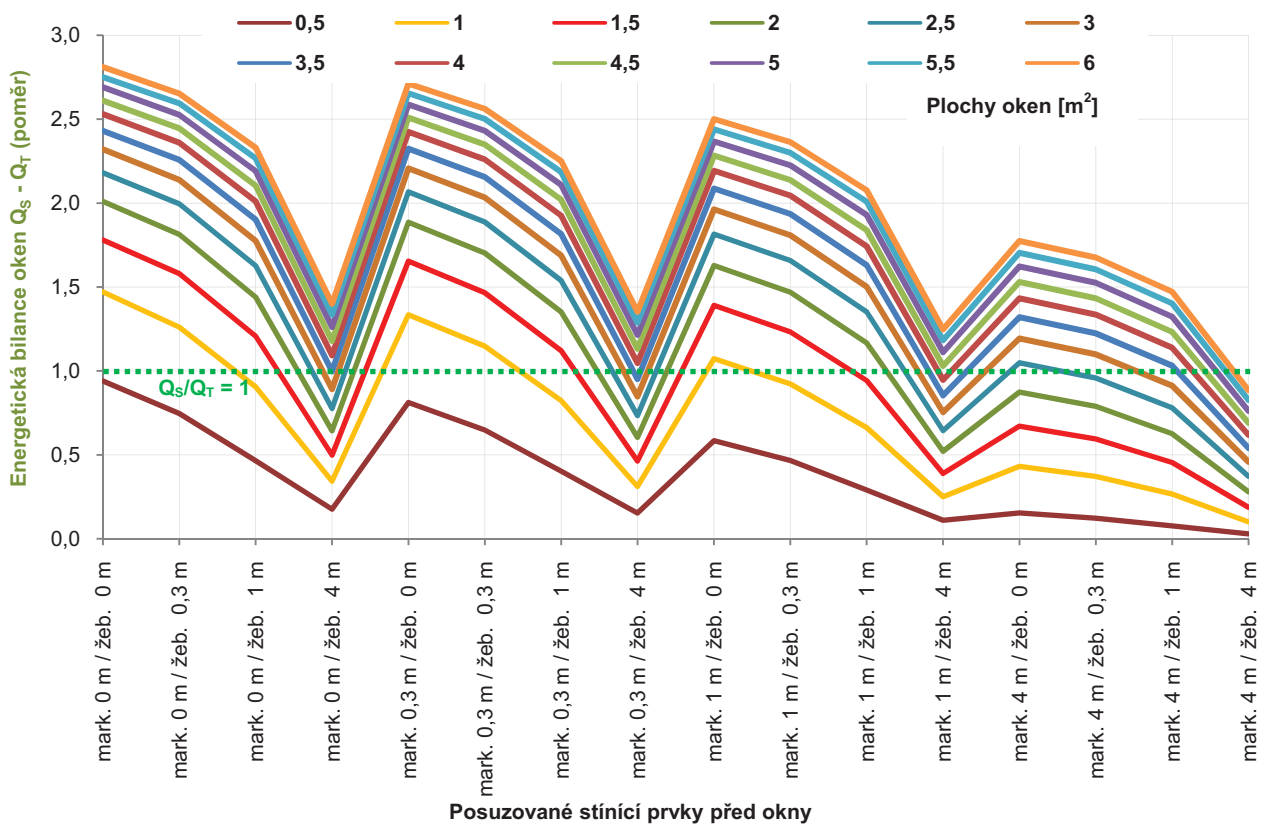


obr. 6.6 Schematické znázornění vlivu stínění markýzou a bočními žebry

Tato část dizertační práce sleduje vztah mezi významem stínění na okno a jeho velikost. Specializuje se pouze na orientaci směrem na jih, která je nejvýraznější a zároveň nejproblématictější z pohledu stínění. Jak je již výše napsáno, tak proporce a především velikost okna má vliv na prvotní bilanci energií  $Q_s/Q_T$ , tedy již na počátku nejsou stejné podmínky a malá okna jsou v nevýhodě, například na obr. 6.6 jsou 1,7 krát horší. V tab. 6.16, tab. 6.17 a diag. 6.12 je opět potvrzeno, že boční žebra mají větší vliv než horní markýza. V extrémním případě mají okna 6 m<sup>2</sup> bilanci 2,81, při stínění bočními žebry 4 m dlouhými se  $Q_s/Q_T$  sníží na 1,40 a při stínění markýzou „pouze“ na 1,77. U prvního je snížení o 50 % a u druhého o 37 %. V absolutních hodnotách to vychází na 126,8 kWh/a a 245,2 kWh/a. Dobré je, že ani při takto velkých stínění celkem výrazně převyšují solární zisky. Okna účinkují negativně až při „nereálném“ stínění 4 m u obou prvků, je třeba dát opět pozor u oken menších než 2,5 m<sup>2</sup>.

tab. 6.16 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na  $Q_s/Q_T$  na JIHU (klima HK)

Stínící prvky před okny		Energetická bilance oken $Q_s/Q_T$ [bez jednotky]											
markýza	žebra	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
		0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0 m	0 m	0,94	1,47	1,78	2,01	2,18	2,32	2,43	2,53	2,61	2,69	2,75	2,81
	0,3 m	0,75	1,26	1,58	1,81	2,00	2,14	2,26	2,36	2,45	2,53	2,59	2,65
	1 m	0,46	0,90	1,21	1,44	1,63	1,77	1,90	2,01	2,10	2,19	2,27	2,33
	4 m	0,18	0,34	0,50	0,64	0,78	0,89	1,00	1,09	1,18	1,26	1,33	1,40
0,3 m	0 m	0,81	1,33	1,65	1,89	2,07	2,21	2,32	2,42	2,51	2,59	2,65	2,71
	0,3 m	0,65	1,15	1,47	1,70	1,89	2,03	2,16	2,26	2,35	2,43	2,50	2,56
	1 m	0,40	0,82	1,12	1,35	1,54	1,69	1,82	1,93	2,02	2,11	2,18	2,25
	4 m	0,15	0,31	0,46	0,60	0,73	0,85	0,95	1,05	1,13	1,21	1,29	1,35
1 m	0 m	0,58	1,07	1,39	1,63	1,81	1,96	2,09	2,19	2,28	2,37	2,44	2,50
	0,3 m	0,47	0,92	1,23	1,47	1,66	1,81	1,94	2,04	2,14	2,22	2,30	2,36
	1 m	0,29	0,66	0,94	1,17	1,35	1,50	1,63	1,74	1,84	1,93	2,01	2,08
	4 m	0,11	0,25	0,39	0,52	0,64	0,75	0,85	0,95	1,03	1,11	1,18	1,25
4 m	0 m	0,15	0,43	0,67	0,87	1,05	1,19	1,32	1,43	1,53	1,62	1,70	1,77
	0,3 m	0,12	0,37	0,59	0,79	0,96	1,10	1,22	1,33	1,43	1,52	1,61	1,68
	1 m	0,08	0,27	0,45	0,63	0,78	0,91	1,03	1,14	1,23	1,32	1,40	1,47
	4 m	0,03	0,10	0,19	0,28	0,37	0,46	0,54	0,62	0,69	0,76	0,83	0,88



diag. 6.12 Vztah mezi stíněním horní markýzou a bočními žebry a energetickou bilancí okna  $Q_s/Q_T$  (klima HK) na JIHU

tab. 6.17 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na  $Q_S - Q_T$  na JIHU (klima HK)

Stínící prvky před okny		Energetická bilance oken $Q_S - Q_T$ (rozdíl) [kWh/a]											
markýza	žebra	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
		0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0 m	0 m	-2,39	30,99	72,94	120,74	172,60	225,50	280,92	337,60	394,38	455,44	515,18	572,62
	0,3 m	-9,49	17,33	54,07	97,30	145,04	194,28	246,27	299,76	353,59	411,69	468,72	523,69
	1 m	-20,05	-6,34	19,35	52,61	91,22	132,28	176,56	222,83	269,96	321,35	372,18	421,51
	4 m	-30,88	-43,72	-46,75	-42,63	-32,73	-18,63	-0,67	20,34	43,53	70,46	98,48	126,77
0,3 m	0 m	-7,04	22,26	61,01	106,01	155,35	206,02	259,34	314,07	369,05	428,32	486,41	542,34
	0,3 m	-13,20	9,82	43,50	84,01	129,29	176,34	226,26	277,83	329,88	386,21	441,60	495,07
	1 m	-22,36	-11,73	11,27	42,06	78,38	117,38	159,71	204,15	249,57	299,24	348,49	396,37
	4 m	-31,75	-45,76	-50,09	-47,35	-38,85	-26,11	-9,50	10,18	32,11	57,73	84,52	111,66
1 m	0 m	-15,58	4,88	36,48	75,14	118,74	164,29	212,81	263,06	313,89	369,00	423,27	475,72
	0,3 m	-20,01	-5,12	21,75	56,15	95,84	137,89	183,11	230,27	278,24	330,47	382,08	432,12
	1 m	-26,60	-22,45	-5,36	19,94	51,13	85,47	123,36	163,62	205,15	250,88	296,51	341,07
	4 m	-33,35	-49,83	-56,95	-57,23	-51,85	-42,13	-28,55	-11,83	7,24	29,90	53,89	78,43
4 m	0 m	-31,71	-37,77	-30,67	-15,01	7,00	32,90	62,68	95,26	129,58	168,01	206,86	245,22
	0,3 m	-32,87	-41,80	-37,77	-25,20	-6,23	16,85	43,90	73,85	105,69	141,60	178,10	214,29
	1 m	-34,60	-48,78	-50,85	-44,65	-32,05	-15,01	6,10	30,33	56,72	87,05	118,34	149,71
	4 m	-36,38	-59,80	-75,74	-86,10	-91,51	-92,57	-90,00	-84,25	-75,88	-64,41	-51,09	-36,55



obr. 6.7 Okno s otevíravou a neotevíravou částí a s vyrovnáním skel na stejnou výšku [77]

Z předchozích zjištění je prokázáno, že navrhování prosklených ploch není tak jednoduchou záležitostí. Je skutečně třeba brát v úvahu nejen rozměry oken, orientaci a jejich kvalitu, ale i vzájemné proporce a otevíravost křídel. Vše se dá dobře skloubit v elegantní architektonické řešení, které významně zlepšuje bilanci pasivního domu, jako například na obr. 6.7.





---

## 7 PŘÍKLAD ENERGETICKÉ OPTIMALIZACE

Tato část dizertační práce ukazuje reálný příklad optimalizace návrhu pasivního domu. Rozdíl mezi čistě teoretickou prací a skutečnou praktickou ukázkou je v tom, že cílem teoretické práce je poznatky zobecnit na co nejširší portfolio domů. Právě díky tomuto nelze postihnout drobné nuance, na kterých praktická optimalizace stojí. Cílem této části je ukázat, jaké možnosti se při fázi studie úsporného domu vyskytují. Pokud se dům „ladí“ v další části projektu, tak již nelze dobře měnit zásadní rozhodnutí a výsledek lze upravit o podstatně menší část, než právě zde – ve studii.

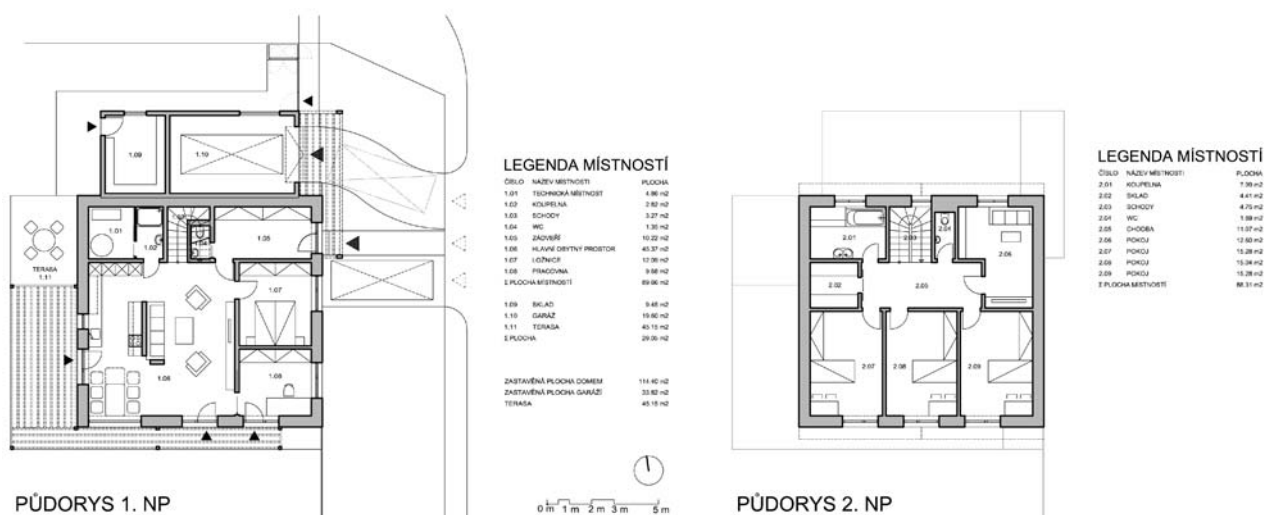
### Popis vybrané stavby

Pro názornou ukázkou je zvolena stavba středně velkého rodinného domu, který je navrhován do pasivního standardu, tj. do 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Aby se dům této hodnotě co nejvíce přiblížil, tak je nezbytné ho energeticky vyhodnotit. Stavba se nachází v obci Blažovice (okres Brno - venkov) v nadmořské výšce 250 m n.m., což je o 39 m níže, než je průměrná výška Brna. Budova co nejvíce respektuje zásady návrhu úsporných staveb v závislosti na místních regulativech, které jsou celkem striktní a nekompromisní (odstupy stavby, výška, podlažnost, zastavěná plocha, tvar střechy, barevnost, atd.). Proto je dům dvoupodlažní (spodní patro a obytné podkroví) s klasickou sedlovou střechou bez přesahů na okapových hranách. Tvar, členění a barevnost domu je sladěna a odpovídá požadovanému výrazu architekta i klienta, viz obr. 7.1.

Je navržen kompaktní tvar stavby orientovaný na jih s odklonem 8° na západ. Snahou je vyhovět daným regulativům, a tak je zvolený půdorysný tvar, který se blíží čtverci s delší stranou k jihu s ohledem na maximalizaci slunečních zisků, viz obr. 7.2. Na severní straně je navržena účelná garáž, která je s domem konstrukčně propojena.



obr. 7.1 Ukázkový pasivní rodinný dům v Blažovicích – arch. Vize Ateliér, Brno [13]



obr. 7.2 Půdorysy ukázkového domu [13]

Dispozice je navržena tak, aby obytné prostory byly k jihu a k západu do zahrady, takže je umožněný kontakt s okolím. V prvním patře je jeden velký spojený přehledný prostor, který propojuje obývací pokoj a kuchyň s jídelnou. Ve druhém patře jsou tři velké pokoje a samostatný pokoj pro hosty.

Proti nadměrnému přehřívání v létě jsou na jižní a západní straně navrženy dřevěné pergoly s ideální optimalizovanou šířkou, aby v létě zabránily pronikání slunečních paprsků a v zimě ho naopak pustily. Podle trajektorie Slunce je jižní pergola velmi účinná a její efektivita se zvyšuje s využitím prostupu difuzního záření (zvažováno, že pergolu tvoří dřevěné hranoly v určitém rastru). Pro odstínění je široká cca 1,4 m, a nadpraží nad oknem je cca 0,4 m, protože pokud by byla pergola přímo nad oknem, tak by v zimě stínila a snižovala by solární zisky. Západní pergola je v návrhu vždy spekulativní, neboť její efektivnost velmi klesá. Aby pergola dobře stínila, tak její šířka je cca 2 m a i přesto nelze při západu Sluce počítat s odstíněním veškerých paprsků. Na ostatních nestíněných oknech (kromě severu) jsou vnější žaluzie.

Aby byla optimalizace efektivní, tak je potřeba i ve studii zvolit podrobnější informace o dané konstrukci, typu větrání, kvalitě oken atd. Mnoho těchto parametrů lze dobře dopředu předvídat a zadat do programu PHPP a poté vyhodnotit. Samozřejmě v průběhu navrhování se budou požadavky zpřesňovat, proto se další výpočet koriguje. Zvolené parametry této stavby jsou v tab. 7.1. Pro vnitřní zisky je zvoleno 5 osob, na které je i navržena potřebná dispozice domu. Předpokládané vnitřní zisky jsou trochu sníženy díky většímu objemu vzduchu pro větrání interiéru (minimálně 25 m<sup>3</sup>/osoba·h). Klimatická oblast je Brno, což je prakticky nejpříhodnější oblast v rámci ČR s nejnižší potřebou tepla na vytápění. Faktor tvaru navrženého domu byl vzhledem k přítomnosti sedlové střechy příznivý –  $A/V = 0,63 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Navržená kvalita obalových konstrukcí je optimální pro pasivní standard na velikost rodinného domu. Všechny jsou nižší než požadovaných 0,15 W/(m<sup>2</sup>·K), tedy průměrná hodnota součinitele prostupu tepla je 0,169 W/(m<sup>2</sup>·K), což je výborná hodnota (požadavek dle TNI 73 0329 je max. 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K)). Severní fasáda je dobře chráněna garáží, což je vlastní nevytápěná zóna. Vnitřní teplota by neměla nikdy klesat pod 5 °C, a tak poskytuje potřebnou izolační ochranu. Díky garáži se sníží tepelné ztráty skrze konstrukci o cca 25 %, proto lze mezi dům a garáž navrhnout méně izolace.

tab. 7.1 Charakteristické hodnoty ukázkového domu

	OZN.	charakteristika	hodnota	jednotka	poznámka
ZÁKLADNÍ ÚDAJE	PD	definice standardu pasivního domu	<15	[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	doporučené hodnoty – dle PHPP
		měsíční metoda			přesnější metoda po jednotlivých měsících
		počet osob	5	[ks]	RD bude stále obývat přesný počet lidí
		klimatická oblast	CZ Brno		Jihomoravský kraj; 250 m n.m.; 9,2 °C
	A <sub>TFA</sub>	vytápěná plocha	116,2	[m <sup>2</sup> ]	dle DIN 277 Standard
	A	ochlazovaná plocha obálky	521	[m <sup>2</sup> ]	obálka domu
	V	obestavěný objem	823	[m <sup>3</sup> ]	obálka domu
	FT	faktor tvaru A/V	0,63	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	ideální hodnota pro RD ≤ 0,7 m <sup>-1</sup>
	c <sub>Air</sub>	větrání	0,3	[h <sup>-1</sup> ]	0,3 objemu interiéru za hod; ideální hodnota
	Q <sub>I</sub>	vnitřní tepelné zisky	9,2	[kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	obytné budovy 2,1 W/m <sup>2</sup>
	t <sub>i</sub>	vnitřní návrhová teplota	20	[°C]	výpočtová teplota
		orientace stavby	188°	[°]	odklon 8° od jihu, azimut 188°
	D <sub>t</sub>	denostupně	82	[kKh/a]	běžné hodnoty pro ČR
		měrná kapacita - teplotní konstanta zóny	180	[Wh/(m <sup>2</sup> ·K)]	v létě max. 25°C v interiéru – proti přehřívání
VĚTRÁNÍ	n <sub>50</sub>	součinitel vzduchotěsnosti	0,6	[h <sup>-1</sup> ]	při Blower-door testu 50 Pa
		netto objem vzduchu pro tlakový test	415	[m <sup>3</sup> ]	pro výpočet infiltrace
	Y <sub>rek</sub>	účinnost rekuperační jednotky	84	[%]	min. požadovaná hodnota je 75%
	e	součinitel větrné expozice	0,07	[-]	dle PHPP – mírná ochrana
	f	součinitel počtu vystavených stran	15	[-]	dle PHPP – několik stran vystavených
OKNA	U <sub>g,j</sub>	JIH - souč. prostupu tepla skla	0,6	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	díky lepší čirosti horší izolační vlastnosti
	g <sub>j</sub>	JIH - souči. prostupnosti slunečního záření	0,66	[-]	velmi čirá skla na jižní orientaci
	U <sub>g</sub>	OSTATNÍ - souč. prostupu tepla skla	0,5	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	velmi kvalitní izolační vlastnosti
	g	OSTATNÍ - souč. prostupnosti sluneč. zář.	0,5	[-]	čirá skla
	U <sub>f</sub>	součinitel prostupu tepla rámu okna	0,95	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	zanedbáno fixní / otevíravé
	ψ <sub>g</sub>	lineární tepelný most okraje skla	0,028	[W/(m·K)]	použit "teplý" distanční rámeček
	ψ <sub>f</sub>	lineární tepelný most osazení okna	-0,001	[W/(m·K)]	kvalitní detail ukotvení s přeizolováním
		zastínění léto JIH	10	[%]	zvažovány vnější žaluzie - zabrání 90%
KONSTRUKCE	U <sub>s</sub>	součinitel prostupu tepla ve stěně	0,13	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	VPC + TI
	U <sub>podl</sub>	součinitel prostupu tepla ve střeše	0,09	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	sedlová střecha, foukaná celulóza
	U <sub>r</sub>	součinitel prostupu tepla v podlaze	0,17	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	založení na zemině bez suterénu, pěnosklo
	U <sub>G</sub>	součinitel prostupu tepla do garáže	0,19	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	VPC + TI, 75%
	ψ <sub>p</sub>	lineární tepelný most u perimetru	0	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu
	ψ <sub>s</sub>	lineární tepelný most stěny_vertikální	-0,059	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu
	ψ <sub>r</sub>	lineární tepelný most u pozednice	-0,013	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu
	ψ <sub>G</sub>	lineární tepelný most u hřebenáče	-0,040	[W/(m·K)]	"záporný" tepelný most – dle předpokladu

Velmi důležitou složkou optimalizace je návrh velikosti a rozmístění prosklených otvorů vzhledem ke světovým stranám a s ohledem na stínění okolí. Na parcele, která sousedí na jihu, je rodinný dům typu bungallow do výšky cca 5,5 m ve vzdálenosti 12 m. Jeho stínění dům ovlivňuje, ale okna to naštěstí dokáží kompenzovat. Pro zvýšení zisků jsou na jižní fasádě volena okna s vyšším prostupem slunečního záření, ale s horší izolační kvalitou. Na ostatních fasádách, kde není velké přímé záření, je dbáno na tepelně-izolační kvalitu oken, viz tab. 7.1 a tab. 7.2.

tab. 7.2 Vliv orientace na efektivnost oken ukázkového domu

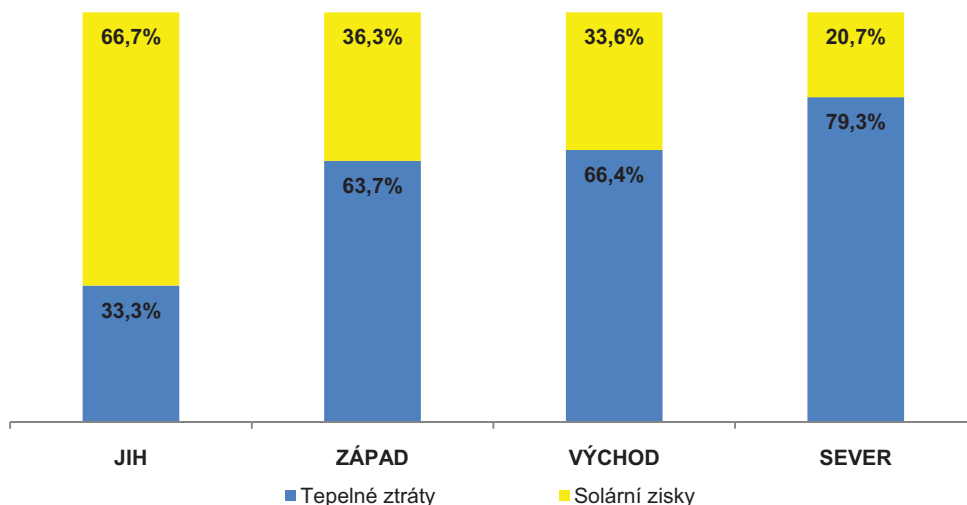
Orientace plochy okna	Globální sluneční záření (hlavní směry)	Souč. g	Činitel redukce solárního ozáření	Plocha okna	Souč. U okna	Plocha zasklení	Průměrné globální sluneční záření	Ztráty prostupem	Tepelné zisky ze solárního záření
	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	kWh/a	kWh/a
Sever	99	0,50	0,40	4,07	0,74	2,6	99	246	80
Východ	215	0,50	0,32	4,52	0,75	2,8	238	277	171
Jih	423	0,66	0,48	22,77	0,73	17,5	422	1360	3066
Západ	232	0,50	0,37	4,29	0,69	3,1	210	241	168
suma nebo průměr		0,61	0,44	35,65	0,73	26		<b>2124</b>	<b>3485</b>

V tabulce tab. 7.2 je dobře patrné, že bylo třeba navrhnout 4,07 m<sup>2</sup> oken na severní fasádě a celkem 8,81 m<sup>2</sup> oken na východ a západ, aby bylo zaručeno přiměřené prosvětlení přilehlých místností. Pro snížení bilance je navrženo z celkové plochy všech oken 35,65 m<sup>2</sup> na jižní fasádě 22,77 m<sup>2</sup> oken, což je cca 29 % plochy jižní fasády (optimum je 25 – 35 % z hlediska topné zátěže a letní stability). Kvalitu oken určují i velikosti skel a rozměrové proporce, které definují činitel redukce solárního ozáření. Další tab. 7.3 ukazuje energetickou výkonnost oken, tzn. poměr solárních zisků a tepelných ztrát Q<sub>S</sub>/Q<sub>T</sub>. Jak je poznat dle sledovaného poměru, tak jižní prosklené plochy se podílí na 64 % tepelných ztrát, ale na 89 % tepelných zisků. Proto, i když díky velkým oknům na jihu projde mnoho energie do exteriéru, tak výborná čírost skel zajistí dostatek slunečního záření, a tím problém eliminuje.

tab. 7.3 Energetická bilance oken Q<sub>S</sub>/Q<sub>T</sub> ukázkového domu

Prvek	Orientace	absolutní ztráta	procentuální ztráta	Prvek	Orientace	absolutní zisky	procentuální zisky	POMĚR
		kWh/a	%			kWh/a	%	
tepelné ztráty	jih	1258	64,04	solární zisky	jih	2518	88,86	<b>2,00</b>
	západ	223	11,35		západ	127	4,47	<b>0,57</b>
	východ	256	13,02		východ	129	4,56	<b>0,51</b>
	sever	228	11,59		sever	59	2,10	<b>0,26</b>
suma		1964	100			2833	100	<b>1,44</b>

OKNA - poměr tepelných ztrát a solárních zisků



diag. 7.1 Poměr tepelných ztrát a solárních zisků oken u ukázkového domu

Z výsledků je zřejmé, že čirost skla je na této straně podstatnější než energetická kvalita okna. Západní a východní strana díky výborné kvalitě obálky pokrývá solárními zisky jen cca 60 % tepelných ztrát. Na severní straně, kde převládá difúzní záření, se kryjí tepelné ztráty jen cca z jedné třetiny, což je velmi málo. Po vyhodnocení všech  $Q_S/Q_T$  je názorné, že celková bilance je pozitivní, převládají zisky 1,44 krát nad ztrátami. Grafické znázornění poměrů ztrát a zisků je na diag. 7.1.

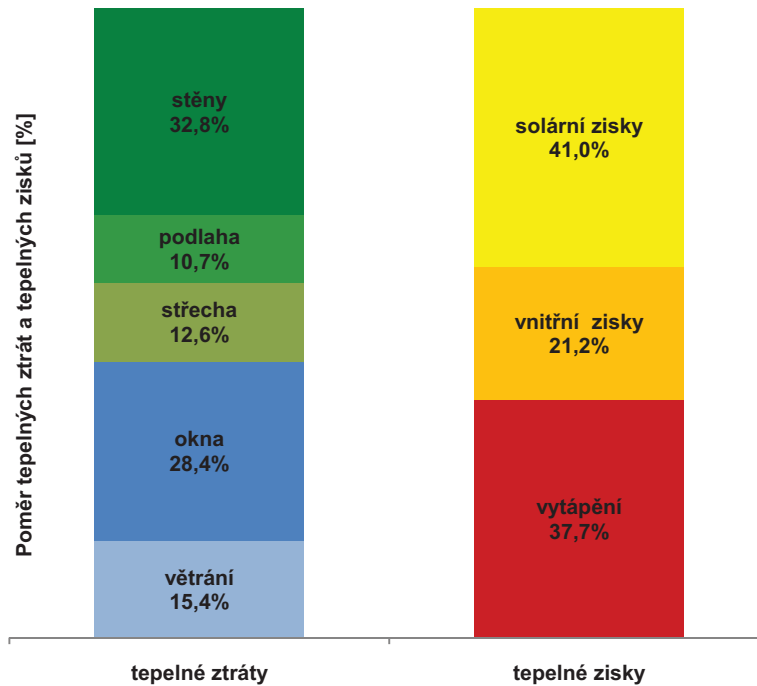
Návrh vytápění pasivního domu vychází ze zákona zachování energie, tzn. žádná energie nemůže systém samovolně opustit, viz tab. 7.4 a tab. 7.5. Výpočet určí veškeré tepelné ztráty, tj. prostupem konstrukcí (okna, stěny, podlaha) a větráním. I když je v domě zvažováno nucené větrání s rekuperací, tak stejně nelze pominout určité tepelné ztráty, které během roku vznikají. Například v tomto domě se podílejí na 15,4 % veškerých ztrát (při velmi účinné rekuperaci 84 %!). Tuto rovnováhu energií snižují veškeré zisky v domě, tj. vnitřní a vnější solární. Obrovskou výhodou je, že s těmito zisky oproti jiným výpočtům počítá, protože, jak je vidět na diag. 7.2, tak pokryjí cca 62 % ztrát a pouze cca 38 % musí pokrýt jiná dodávka energie, tzn. otopný systém. Na tomto domě je měrná potřeba 15,7 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Výpočet je popravdě ještě trochu složitější – ve ztrátách jsou započteny „záporné“ tepelné mosty, které je trochu snižují a veškeré zisky jsou trochu poníženy o zisky, které nelze využít. V tomto konkrétním případě jich lze upotřebit „pouze“ 96 %.)

tab. 7.4 Jednotlivé tepelné ztráty ukázkového domu

Prvek	Orientace	absolutní ztráta	absolutní ztráta	měrná ztráta	měrná ztráta	procentuální ztráta	procentuální ztráta
		kWh/a	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	%	%
stěny	jih	645	2269	3,88	13,65	9,34	32,85
	západ	286		1,72		4,14	
	východ	673		4,05		9,74	
	sever	665		4,00		9,63	
podlaha		738	738	4,44	4,44	10,68	10,68
střecha		871	871	5,24	5,24	12,61	12,61
okna	jih	1258	1964	7,57	11,82	18,21	28,43
	západ	223		1,34		3,23	
	východ	256		1,54		3,70	
	sever	228		1,37		3,30	
větrání		1066	1066	6,41	6,41	15,43	15,43
suma		6908	6908	41,57	41,57	100	100

tab. 7.5 Jednotlivé solární zisky ukázkového domu

Prvek	Orientace	absolutní zisky	absolutní zisky	měrné zisky	měrné zisky	procentuální zisky	procentuální zisky
		kWh/a	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	%	%
solární zisky	jih	2518	2833	15,15	17,05	36,45	41,02
	západ	127		0,76		1,84	
	východ	129		0,78		1,87	
	sever	59		0,36		0,86	
vnitřní		1468	1468	8,83	8,83	21,25	21,25
E <sub>A</sub>		2607	2607	15,69	15,69	37,74	37,74
suma		6908	6908	41,57	41,57	100	100



diag. 7.2 Celková energetická bilance ukázkového domu

### Ukázka optimalizačních změn

Nyní začínají nejzajímavější části optimalizace. V této části je ukázka, jak se dům chová, pokud uděláme nějaké „korekce“ a původní referenční stav  $15,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  změníme. Posuzován je nárůst nebo snížení měrné potřeby tepla na vytápění v absolutních hodnotách.

#### Optimalizační změny:

- Pokud se dům posune do jiné lokality, tak změna naroste, neboť Brno je v klimaticky příznivé poloze (ideální). Nárůsty jsou ukázány v tab. 7.6. Jako nejobtížnější lokalita se ukazují Karlovy Vary, kde je nárůst o  $5,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ , což je změna o 34 %.

tab. 7.6 Porovnání vlivu lokalit na změnu potřeby tepla na vytápění  $E_A$  u ukázkového domu

klima	prům. teplota [°C]	nadmořská výška [m n.m.]	$E_A$ [kWh(m <sup>2</sup> ·a)]	změna $E_A$ [%]
Blažovice (klima Brno)	9,4	250	15,7	0%
Brno	9,2	289	16,2	+3%
České Budějovice	8,2	381	17,2	+9,8%
Hradec Králové	9	285	17	+8,3%
Jihlava	7,6	525	19,4	+23,9%
Karlovy Vary	7,1	604	21,1	+34,1%
Liberec	7,9	401	19,4	+23,9%
Olomouc	8,9	242	17,5	+11,5%
Ostrava	8,7	243	18,2	+15,9%
Plzeň	7,9	468	19,8	+26,1%
Praha	8,8	250	17,1	+8,9%
Znojmo	9	339	16,6	+5,6%

- Zvýší-li se počet osob z pěti na šest, tak potřeba vzroste o  $0,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , protože se zvýší vnitřní zisky od lidí, ale vzrostou nároky na větrání, které jsou významnější; pokud teoreticky v domě bude 10 lidí po celý rok, tak se zvýší o  $2,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .
- Pokud bude dům velmi dobře chráněn proti větru, tak se potřeba sníží o  $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , ale pokud dům bude v hodně větrné poloze, tak potřeba vzroste o  $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .
- Vzduchotěsnost domu je zvažována na  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ , ale pokud by klesla na výbornou hodnotu  $0,2 \text{ h}^{-1}$ , tak se potřeba sníží o  $1,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .
- Pokud se na jižní straně přidá jedno okno  $4 \text{ m}^2$  (včetně určitého stínění pergolou), tak se potřeba sníží o  $1,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ; pokud se okno přidá na východu, tak se potřeba zvýší o  $0,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  a pokud se přidá na sever, tak se potřeba zvýší o  $0,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .
- Pokud se zanedbá stínění sousední stavbou z jihu a od staveb z okolí, tak se potřeba sníží o  $3,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , což je velká hodnota. Proto se stínění hlavně z jižní části do 50 m nesmí nikdy podcenit.
- Pokud se před jižními okny vyskytne stínící překážka vysoká 10 m ve vzdálenosti 10 m a „nekonečně“ široká, tak se potřeba zvýší o  $7,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , protože hodně stíní a na této části je hodně oken. Když se objeví na severu, tak se potřeba zvýší jen o  $0,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , neboť má velmi malý vliv a na této straně jsou pouze tři malá okna.
- Pokud se v domě navrhne ve druhém patře atrium, které umožní průhled skrze strop a ubere vytápěnou plochu o  $4 \text{ m}^2$ , tak se potřeba zvedne o  $0,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  díky horšímu přepočtu na  $\text{m}^2$ , i když jsou ztráty a zisky stejné. Naopak pokud se teoreticky sníží třeba tloušťka příček a podaří se zvýšit vytápěnou plochu celkem o  $2 \text{ m}^2$ , tak se potřeba sníží o  $0,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .
- Pokud se dům natočí o  $45^\circ$  na západ, tak se potřeba zvedne o  $3,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , což se dá za určitých podmínek akceptovat. Pokud se natočí o  $90^\circ$  na západ, tak se zvýší již o  $7,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , což je hodně.
- Pokud se zvýší tepelně-izolační kvalita domu o 10 % u všech stěn, střechy a podlahy, tak se potřeba sníží o  $1,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

Tyto hodnoty zlepšení se mohou zdát velmi malé, ale je třeba dbát na to, že návrh je ucelený systém a nelze podcenit žádnou část návrhu. Navrhnout pasivní dům do  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  je v našich podmínkách záležitostí hodnou zkušeného architekta ve spolupráci s dobrým projektantem. Při optimalizování je zřejmé, že potřeba tepla z původních  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  se dá po optimalizaci snížit na 15 až  $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  za minimální vstupní výdaje. Samozřejmě součástí úprav je nadhled, zda-li se ještě vyplatí danou změnu realizovat, protože existuje mnoho parametrů, které jsou v nadřazenější rovině návrhu.





---

## 8 ZÁVĚR

### 8.1 Vyhodnocení výsledků

V průběhu celé práce bylo sledováno, aby byly naplněny předepsané cíle a závěry měly použitelný výsledek. Cílem bylo vytvořit užitečná schematická znázornění a diagramy, které architektovi poskytnou základní orientační představu o energetickém chování pasivní stavby. Díky těmto nástrojům dostává architekt „cit“ pro různé parametry, které na stavbu působí. Optimalizace návrhu je velmi důležitá a umožňuje dosáhnout úspor nejen energetických, ale i finančních. Příliš drahé domy nemají význam a cílem je dosáhnout maximální efekt s použitím nejnižších vstupních nákladů. Výzkum pracuje s matematickým virtuálním idealizovaným modelem optimalizovaným v software PHPP 2007 CZ a využívá „fenomén“ parametrických rovnic a citlivostní analýzy, díky kterým lze prezentovat výsledky.

#### **V rámci práce je vytvořeno:**

- 9 modelových staveb pro bydlení v programu PHPP s nastavenými parametry;
- 3 makra ve VBA pod MS Office propojená s PHPP, která automatizují některé procesy;
- nové grafické rozhraní do programu PHPP, které umožňuje čitelnější prezentaci výsledků;
- schematická znázornění umožňující lepší čitelnost a prezentovatelnost výsledků;
- tabulky a diagramy vyhodnocující parametry.

Jak již bylo zmíněno, každá stavba se chová energeticky jinak, a tak nelze zjištěné poznatky přesně zobecňovat. Právě tato vlastnost je kouzlo a krása architektury, protože se nemůže nikdy ideově vyčerpat. Je nekonečně mnoho variant tvarů a velikostí domů, jejich orientace a kvality stavby i vnitřního mikroklimatu. I přesto, díky užší specializaci na pasivní stavby pro bydlení, lze některé **poznatky vyčíst a zobecnit:**

- Počátek návrhu úsporné stavby je nejvíce „abstraktní složkou s velmi nejistými vstupy“, neboť spousta parametrů v té chvíli ještě je buď zcela neznámá, nebo není rozhodnutá na jistotu. A přitom první náčrt domu nejvíce ovlivní nejen jeho tvar, formu, ale i uživatelský komfort, cenu, realizovatelnost a budoucí energetické chování stavby a s tím související provozní náklady domu.
- Kroky ke snížení energetické náročnosti jsou efektivní nejen jako jednotlivá opatření, ale hlavně pokud budou realizována jako soubor komplexních prostředků (proces integrálního navrhování). Při navrhování pasivního domu se musí uplatnit spousta navzájem propojených faktorů.
- Mikroklima obytného prostoru zásadním způsobem ovlivňuje okno – jeho plochy, sklon, geometrie a umístění ve stěně jako i jeho fyzikální kvalita z hlediska prostupu světla a tepla v obou směrech. Pro energetickou hospodárnost objektu je rozhodující jeho plocha a tepelněizolační kvalita, sklon, orientace ke světovým stranám a jeho ochrana před prostupem globálního slunečního záření.
- Pro vyhodnocování platí, že čím nižší jsou výchozí hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění, tím nižší je absolutní hodnota jejího zlepšení, procentuelně je to však často naopak. Nejen

rozdíl, ale také změna výsledků vyjádřená v procentech je důležitým faktorem pro zhodnocení výsledků.

- Geografická lokalita s přesnou nadmořskou výškou má významný vliv na energetickou náročnost domu. V rámci ČR je odchylka cca 25 % jen díky poloze. Na bilanci má vyšší vliv celoroční průměrná teplota než globální solární zisky. Díky městské zástavbě, kde funguje tzv. „tepelný ostrov“ lze výrazně snížit potřebu na vytápění a naopak umístěním do studeného údolí nebo na větrný vršek lze potřebu na vytápění nadměrně zvýšit.
- Velikost domu souvisí s faktorem tvaru  $A/V$ . Čím je menší stavba (rodinné domy), tak má větší potenciál na potřebu tepla na vytápění a čím je větší (bytové domy), tak má naopak nižší. Toho lze dobře využít a objemnější navrhovat stavby s méně izolovanými konstrukcemi. Na samotný faktor tvaru nemá tvar budovy, tzn. zda-li je vysoká nebo široká či plochá, až takový významný vliv. Díky znalosti tvaru budovy lze dobře určit, která konstrukce má nejvyšší podíl na tepelných ztrátách, takže mezi velkými stavbami je nejméně vhodný věžovitý bytový dům.
- Jižní strana je nevykonnější s nevyšším potenciálem snížit potřebu tepla na vytápění. Měla by se minimálně trvale stínit, tj. kopcí, okolními stavbami a samostíněním. Na jižní fasádě má smysl zvětšovat prosklení, ale jen pokud není výrazně stíněno stálým zastíněním. Západní a východní strana účinkuje v bilanci lehce negativně, o něco horší je východní směr díky ranní oblačnosti. Severní orientace je nevhodná pro návrh oken, ale lze zvýšit sluneční zisky vertikálním nakloněním. Na severní straně působí převážně difúzní záření. Je dobré vědět, že velikost oken neovlivňuje potřebu tepla na vytápění tak silně jako kompaktnost nebo tepelně-technická kvalita objektu.
- Orientace domu je podstatnou složkou návrhu, protože lépe zateplené domy na ní reagují intenzivněji, a proto je třeba na ni dát důraz. Ale při srovnání s jinými parametry, například okna na severu nebo stínění na jihu, je méně podstatná, pokud se zvažuje odchylka od jihu do  $\pm 45^\circ$ . Malé rodinné domy jsou více citlivé na změnu orientace, než velké bytové domy, které mají „plošší“ průběh natáčení. Stavby se základní orientací S-J mají vyšší potřebu na vytápění, ale zato jsou méně citlivé na změnu orientace (někdy pootočení může pomoci). Pro navrhování je třeba dát pozor na správnou lokaci severu, k tomu slouží meridiánová konvergence.
- Letní přehřívání není v práci posuzováno, ale je na něj neustále upozorňováno. Koncept pasivního domu je velmi efektivní na získávání bezplatných vnitřních a solárních zisků. Většina roku je bezpečně pokryta, spíše mohou nastat problémy s uchlazením domu v létě mezi březnem až říjnem. Je to neuvěřitelné, ale může se stát, že při špatné regulaci může nastat přehřátí pasivního domu již v březnu. Proto je nezbytnou součástí zajištění protisluneční ochrany proti letnímu přehřívání, správné provětrávání a navržení takových konstrukcí, které mají ideální tepelnou kapacitu (absorbují přebytečné teplo přes den).
- Kompaktnost (souvisí s faktorem tvaru  $A/V$ ) je podstatná vlastnost, která má velký vliv na potřebu tepla na vytápění. Větší citlivost na členitost mají větší stavby. Tento faktor může být někdy i důležitější než prosklení severní fasády, tj. může mít větší energetický vliv.
- Z hlediska tvaru oken je nejideálnější čtvercový tvar. Při změně proporcí jsou efektivnější z hlediska solárních zisků okna na šířku.

- Skutečná spotřeba tepla na vytápění závisí na mnoha dalších vlivech, jako např. chování uživatelů a klimatických vlivech. I u domů stejné konstrukce může spotřeba tepla na vytápění silně kolísat. Odchytky ve výši až 50 % jsou naprosto normální a to nejen u pasivních domů.

## 8.2 Aplikovatelnost pro praxi

Důležitou součástí výzkumu je, aby byl použitelný v praxi, tj. převádění čisté teoretické roviny do praxe. V tomto případě se dá mluvit o tzv. „aplikované teorii pasivity“. Výsledkem jsou přehledná záznamy použitelná hlavně v prvotní rozhodovací fázi konceptu, které prezentují chování staveb na přijatelně přesném podkladě. Architekt tak dostává použitelný nástroj, kterým doplňuje základní empirické znalosti, a který zefektivňuje jeho tvorbu a dodává potřebný nadhled. Schémata lze použít i při prezentování a diskusi s klientem, kdy se dá dobře ukázat, proč se architekt takto rozhodl, tzn. že použil i pragmatičtější uvažování.

Výsledky jsou přístupné a srozumitelné i široké veřejnosti. Podklady práce mohou být využity pro výuku studentů architektury a stavitelství na vysokých školách. Mají ambici, že budou použity při vytváření odborných výukových materiálů pro studium na školách i v jiném odborném sektoru.

## 8.3 Doslov

Navrhování, výstavba a provoz budov budou čím dál více určovány environmentálními požadavky. Dalekosáhlé důsledky globální změny klimatu, omezenost přírodních zdrojů a neustálý nárůst jejich cen vyvolávají tlak na efektivnější využívání surovin, inovativních konceptů a šetrných technologií. Vážným problémem je vysoká závislost na dovozu surovin – uhlí, ropa a zemní plyn. Evropská unie v současné době dováží více než 60 % zdrojů své primární energie se stále rostoucí tendencí. Energetická účinnost je z hlediska nákladů nejefektivnějším a okamžitě dostupným nástrojem v boji za omezení emisí skleníkových plynů. Pokud se v budoucnu podaří snížit potřebu primární energie, tak na základě „motýlího efektu“<sup>6</sup> se uvědomělý postoj k životnímu prostředí přenesou do všech částí lidského života. I malé správné změny v přístupu mohou nakonec vytvořit globální změny a společnými silami zachováme naši modrou Zemi [40].

Architekti od pradávna vynikají ve znalostech typologie jednotlivých typů budov, v estetice celého konceptu a v zohlednění urbanistických vlivů na stavbu. Moderní architekt, který chce již v dnešní době uspět, bez tak musí neustále inovovat své informace a následovat současné trendy a jeho zcela samozřejmou dovedností bude zohlednění koncepce udržitelnosti. Pokud architektovi položíte otázku, jak zvažoval a co zohledňoval, když při návrhu studie na fasádu domu umísťoval okenní (dveřní) prosklené plochy, tak většinou uslyšíte odpověď, že velikost a poloha oken je na základě citu, zkušenosti a jeho estetického vnímání celé fasády. Pokud budete ještě více zvědaví, tak architekt odpoví, že samozřejmě zohledňuje i denní oslunění obytných místností a funkční propojení interiéru s exteriérem. Málokterý architekt přidá i další „parametry“, které mu jeho návrh svým způsobem ovlivní. Již v současné době a v nejbližší budoucnosti začnou do designu fasád zasahovat další činitelé a to faktory udržitelnosti. Například tvorbu prosklené fasády domu by měla doprovázet racionální úvaha, která zahrnuje více faktorů než jen estetiku (design), ale i energetickou náročnost. Tvorba návrhu by měla být optimalizovaná a multi-kriteriální, tzn. že zohledňuje v rámci zdravého rozumu i nezpochybnitelnou složku

<sup>6</sup> Motýlí efekt, nebo také efekt motýlího křídla, vyjadřuje citlivou závislost vývoje systému na počátečních podmínkách, jejichž malé změny mohou mít za následek velké variace v delším průběhu. Název se vztahuje k myšlence, že i něco tak malého, jako třepetání motýlích křídel, může v konečném důsledku vyvolat tajfun třeba i někde na druhé polovině světa.

stavební fyziky, která dbá na letní a zimní stabilitu místnosti, četnost přehřívání interiéru, požadavky na topný a chladicí výkon a vlastně celkovou energetickou bilanci domu [78].

Je velmi přínosné, pokud si architekti začnou více uvědomovat, jak velký má vliv jejich prvotní koncepční rozvaha na celou energetickou bilanci budovy. Pokud navrhnou velmi složitou geometrii budovy, tak „chybu“ neodstraní už žádný stavební inženýr, který bude vypracovávat projekt pro provedení stavby, ani kdyby zateplil dům v řádech procent více než standardně. Je pravda, že architektura by se nikdy neměla nechat pohlit stavební fyzikou a jejími přesnými výpočty, měla by však na ní brát ohled a přiměřeně optimalizovat již prvotní koncepční návrh se všemi indikátory udržitelnosti (PEI, OZE). Udržitelná architektura celospolečenská záležitost, a proto musí být nápaditá, kontextuální a mnohvrstevnatá, která dokáže klást otázky a hledat na ně odpovědi. Jedině tak lze označit návrh za trvale udržitelnou architekturu. Ve všem musíme použít rozum. Nemůžeme-li změnit lidi, změníme budovy!



**obr. 8.1 Největší „okrajová podmínka návrhu“ – Slunce [3]**

---

## POUŽITÉ ZDROJE

- [1] **DIEDEREN, A. a kol.** *Global Resource Depletion*. Eindhoven : Eburon Uitgeverij B.V., 2010. ISBN 978-90-5972-425-9.
- [2] **HALL, F. a kol.** *Nejnovější Evropské míry*. [Online] Centrum pasivního domu, 2009. URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/nejnovejsi-evropske-miry-jsou-20-20-20.html>>.
- [3] **BAUER, M., MÖSLE, P., SCHWARZ, M.** *Guidebook for Sustainable Architecture*. Stuttgart : Drees & Sommer Advanced Building Technologies GmbH, 2007. str. 209. ISBN 978-3-642-00634-0.
- [4] **NAGY, E.** *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava : Vyd 1. Jaga Group, s.r.o., 2009. str. 207. ISBN 978-80-8076-077-9.
- [5] **HÁJEK, P.** *Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě*. In: časopis Stavebnictví 11-12/07. Praha, 2007.
- [6] **BÁRTA, J. a kol.** *Manuál energeticky úsporné architektury*. Praha : Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3.
- [7] **KOOLHAAS, R.** *Třešticí New York*. Praha : Arbor vitae, 2007. ISBN 978-80-86300-77-1.
- [8] **HOLLAN, J.** *Pasivní dům II*. Hostětín : Ekologický institut Veronica, 2008.
- [9] *Veronica - Pasivní domy jako evropský standard*. [Online] 2008. URL: <<http://www.veronica.cz/?id=152>>.
- [10] **ČSN 73 4301**. *Stavby pro bydlení*. ČNI : 2004.
- [11] **ČSN EN ISO 13790**. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. ÚNMZ : 2009.
- [12] **POCHMANOVA, T.** *Výpočtové modely hodnocení pasivních domů v podmínkách ČR*. Dizertační práce. Praha : Fakulta stavební ČVUT Praha, 2009.
- [13] **Vize Atelier s.r.o.** Projektový a designový atelier. *Vize Atelier.s.ro*. [Online] URL: <<http://vizeatelier.eu/>>.
- [14] **ŽENKA, M.** *Vliv stínění na využití solární energie v pasivních budovách*. Dizertační práce. Praha : Fakulta stavební ČVUT Praha, 2011.
- [15] **software PHPP 2007 CZ**. *Passive house plannig package - česká mutace*. Brno : Centrum pasivního domu, 2008.
- [16] **TNI 73 0329**. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy*. ÚNMZ : únor 2009.
- [17] **TNI 73 0330**. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy*. ÚNMZ : červen 2009.
- [18] **FEIST, W. a kol.** *Manuál PHPP 2007 - Navrhování pasivních domu CZ*. Brno : Centrum pasivního domu, 2008.
- [19] **VACEK, J.** *Meze růstu, udržitelný rozvoj*. [Online] 2001. URL: <[http://www.kip.zcu.cz/kursy/svt/svt\\_www/7\\_soubory/7\\_1.html](http://www.kip.zcu.cz/kursy/svt/svt_www/7_soubory/7_1.html)>.
- [20] **KALETOVÁ, I.** *Udržitelný rozvoj a jeho ekonomický a ekologický aspekt*. Diplomová práce. Olomouc : Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého Olomouc, 2007.

- [21] *Copenhagen climate Council*. [Online] 2009. URL: <<http://www.copenhagenclimatecouncil.com>>.
- [22] **SMOLA, J.** *Slušností je energiemi šetřit*. [Online] 2010. URL: <<http://enuby.cz/slusnosti-je-energiemi-setrit.html>>.
- [23] *Architecture Award 2010 Passive House*. [Online] URL: <[http://www.passiv.de/archpreis/englisch/index\\_e.html](http://www.passiv.de/archpreis/englisch/index_e.html)>.
- [24] **SMOLA, J., BORÁK, D.** *Pasivní domy v ČR - Jak může pomoci věda a výzkum?* [Online] 2011. URL: <[http://www.pasivnidomy.cz/data/Pasivni\\_domy\\_v\\_CR.pdf](http://www.pasivnidomy.cz/data/Pasivni_domy_v_CR.pdf)>.
- [25] **NOSEK, J. a kol.** *Funkcionalismus ve vědě a filosofii*. Praha : Filosofia, 2001. ISBN 80-7007-147-8.
- [26] **ČSN EN ISO 14040 - 14049.** *Environmentální management - Posuzování životního cyklu*. Praha : ČNI, 1998-2001.
- [27] *Life cycle analysis and assessment*. [Online] URL: <<http://www.gdrc.org/uem/waste/life-cycle.html>>.
- [28] **VONKA, M.** *Hodnocení životního cyklu budov - případová studie*. In: Sborník konference Juniorstav. 2008.
- [29] **KŘEČEK, D., LESCHINGEROVÁ M.** *10 mýtů o pasivních domech*. [Online] 2010. URL: <<http://www.nazeleno.cz/10-mytu-o-pasivnich-domech.aspx>>.
- [30] *History of passive solar building design*. [Online] URL: <<http://passivesolar.sustainablesources.com/>>.
- [31] **TABAŠKOVÁ, M.** *Nízkoenergetické domy*. In: Sborník konference Juniostrav. 2007.
- [32] **Feist, W.** *The Passive House – historical review*. [Online] 2009. URL: <[http://passipedia.passiv.de/passipedia\\_en/basics/the\\_passive\\_house\\_-\\_historical\\_review](http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/the_passive_house_-_historical_review)>.
- [33] *The Polar Ship Fram Museum*. [Online] URL: <<http://www.newsinenglish.no/2010/04/16/views-and-news-museum-guide/>>.
- [34] *Co je pasivní dům?* [Online] 2009. URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=historie>>.
- [35] **KRAPMEIER, H., DRÖSSLER, E.** *CEPHEUS: Living Comfort without Heating*. Berlin : Springer, 2001.
- [36] **FEIST, W. a kol.** *PHPP 2007 - Navrhování pasivních domu CZ*. Brno : Centrum pasivního domu, 2008.
- [37] *Vila Tugendhat*. [Online] URL: <<http://www.tugendhat.eu/cz/vila-tugendhat/architekt.html>>.
- [38] *Vila Tugendhat*. [Online] URL: <<http://www.tugendhat.eu/>>.
- [39] *Zelená úsporám*. [Online] URL: <<http://www.zelenausporam.cz>>.
- [40] **FUCHS, M., STARK, T., ZEUMER, M.** *Energy manual - sustainable architecture*. Munich : Edition Detail, 2008. ISBN: 978-3-7643-8830-0.
- [41] **ŠÁLA, J.** *Implementace EPBD II v ČR*. In: Tepelná ochrana budov 06/2010. Praha : CZB a ČKAIT, 2010. ISSN: 1213-0907.
- [42] *EPBD II*. [Online] 2009. URL: <<http://www.epbd-ca.org/>>.

- [43] *Energy efficiency*. [Online] URL: <[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm)>.
- [44] *Certified European Passive House Designer*. [Online] Passive house Institut. URL: <<http://www.passivhausplaner.eu/>>.
- [45] **SMOLA, J.** *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha : Grada, 2010. ISBN: 978-80-247-2995-4.
- [46] *Ministerstvo pro místní rozvoj - Politika architektury*. [Online] URL: <<http://www.mmr.cz/Ceske-predsednictvi-v-Rade-EU-2009/Jednotlive-agendy-ceskeho-predsednictvi-na-MMR/Politika-architektury>>.
- [47] *Strategická výzkumná agenda*. [Online] URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/platforma-pasivnich-domu/strategicka-vyzkumna-agenda.html>>.
- [48] CZGBC. *CZGBC - Czech Green Buildign Council*. [Online] URL: <[http://czgbc.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=56&Itemid=63&lang=cs](http://czgbc.org/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=63&lang=cs)>.
- [49] *Národní nástroj pro certifikaci budov*. [Online] Fakulta stavební ČVUT Praha. URL: <<http://www.sbtool.cz/>>.
- [50] *PHVK 2002 SK*. [Online] 2008. URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/software-pasivni-domy/phvp-2002-sk.html>>.
- [51] **KŘEČEK, D.** *Optimalizace návrhu pasivního domu pomocí software PHPP 2007 CZ*. In: Sborník vědecké konference doktorandů 2009. Brno : FA VUT, 2009.
- [52] **KONEČNÝ, M.** *Časté chyby při návrhu a provádění pasivních domů masivní konstrukce v ČR*. In: Pasivní domy 2009.
- [53] **SCHNIEDERS, J.** *Passive houses in South West Europe*. Darmstadt : Passive house Institut, 2009.
- [54] *CIDEAS*. [Online] Fakulta Stavební ČVUT Praha. URL: <<http://www.cideas.cz/>>.
- [55] **KOTEK, P.** *Metoda Monte Carlo jako nástroj optimalizace energetické náročnosti budov*. Dizertační práce. Praha : FSV ČVUT, 2007.
- [56] **TYWONIAK, J.** *Nízkoenergetické domy 2 - Principy a příklady*. Praha : Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [57] **KRAJCSOWICS, L.** *Pasívny dom v klimatických podmienkách Slovenska*. In: Pasivní domy 2008. Bratislava : IEPD, 2009.
- [58] *PHPP - the Passive House Planning Package*. [Online] Passive house Institut. URL: <[http://passipedia.passiv.de/passipedia\\_en/planning/calculating\\_energy\\_efficiency/phpp\\_-\\_the\\_passive\\_house\\_planning\\_package](http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package)>.
- [59] **STANĚK, K.** *Potřeba tepla na vytápění budovy*. místo neznámé : Fakulta stavební ČVUT Praha, 2010.
- [60] *Wärmebrückenatlas für Passivhäuser*. Darmstadt : Passive house Institut, 2005.
- [61] *Geografické údaje ČR*. [Online] URL: <[http://www.mzp.cz/www/dav.nsf/roценка\\_06/a0.htm](http://www.mzp.cz/www/dav.nsf/roценка_06/a0.htm)>.
- [62] *Atlas podnebí*. [Online] ČHMU ČR, 2009. URL: <<http://old.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>>.
- [63] *Klimatologické údaje ČEA*. Praha : STÚ-E, 2002.

- [64] **LOMBORG, B.** *Zchladíte hlavy - skeptický ekolog o globálním oteplování.* Praha : Dokořán, 2008. ISBN 978-80-7363-188-8.
- [65] *Hot Town Summer in the City – Go Go Urban Heating.* [Online] Arbourist. URL: <<http://deadwildroses.wordpress.com/2010/07/01/hot-town-summer-in-the-city-go-go-urban-heating/>>.
- [66] *Městské tepelné ostrovy.* [Online] URL: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%Bstsk%C3%A9\\_tepeln%C3%A9\\_ostrovy](http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%Bstsk%C3%A9_tepeln%C3%A9_ostrovy)>.
- [67] *Is Wind Power right for you?* [Online] URL: <<http://www.swbet.net/Small-Wind-Turbine-FAQs-Las%20Cruces-EI-Paso-New-Mexico-West-Texas-Lubbock-Amarillo-Albuquerque-Santa-Fe.html>>.
- [68] **MARSCH, A. J.** *software EcoTect.* London : Autodesk, 2011.
- [69] *Pohyb Slunce.* [Online] URL: <<http://www.abcdenergy.cz/rady.php>>.
- [70] *Meridiánová konvergence.* [Online] URL: <<http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch06s03.html>>.
- [71] **KALOUSEK, M., KÚDELA, P.** *Energy balance of windows.* Brno : Fakulta stavební VUT, 2008.
- [72] **GORDON, G.** *Interior lighting for designers.* New Jersey : John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0-471-44118-X.
- [73] *Optimalizace množství denního světla v interiéru.* [Online] URL: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=39401](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39401)>.
- [74] **RUBISTEIN, Y., KROESE P.** *Simulation and the Monte Carlo method.* New Jersey : John Wiley & Sons, 2008. ISBN 978-0-470-17794-5.
- [75] *Retrofitting For Passive Solar.* [Online] URL: <<http://www.energybulletin.net/node/25049>>.
- [76] *Okna a dveře pro pasivní domy. Centrum pasivního domu.* [Online] URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/tepeln-ochrana/okna-a-dvere-pro-pasivni-domy.html?chapter=typy-oken>>.
- [77] **KŘEČEK, D.** *Trvale udržitelný design geometrie budov.* In: Sborník konference Zdravé domy 2010. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2010.



---

## GLOSÁŘ

- **aktivní prvky stavby** – prvky technologií, které jsou umístěny na budově, jedná se o fotovoltaické články, solární termické kolektory, tepelné čerpadlo, atd.; pomáhají snižovat potřebu tepla na vytápění
- **b.j.** – bytová jednotka (tj. jeden byt v řadovém nebo bytovém domě)
- **binomické rozdělení** - (n pokusů se stejnou pravděpodobností)
- **byt** – soubor místností a prostorů, popřípadě jednotlivá místnost pod společným uzavřením, který svým stavebně-technickým a funkčním uspořádáním a vybavením splňuje požadavky na trvalé bydlení a je k tomuto účelu užívání určen. Byt musí mít obytný prostor, vlastní uzavíratelný vstup, prostor pro vaření, pro uskladnění potravin, pro tělesnou hygienu a pro umístění záchodové mísy
- **bytový dům** – obytná budova o čtyřech a více bytech přístupných ze společného komunikačního prostoru se společným hlavním vstupem z veřejné komunikace, pokud není rodinným domem
- **certifikace kvality stavby** – systém hodnocení stavby pomocí různých váhových kritérií a tím možnost klasifikovat a porovnávat jednotlivé stavby mezi sebou; snahou je dávat důraz na podstatná kritéria (dopad na životní prostředí, sociálně-kulturní oblast, ekonomiku a energetickou náročnost stavby); příkladem je LEED, BREEAM, SBToolCZ, atd.
- **citlivostní analýza** – posouzení relativní citlivosti náhodné proměnlivosti sledované odezvy na náhodnou proměnlivost jednotlivých vstupních veličin
- **energetická optimalizace** – metoda korekcí projektu, která vede ke zvýšení efektivity využití energie v budoucí budově
- **energeticky úsporný dům** – dům s cíleně uplatněnými energeticky efektivními opatřeními, díky nimž je jeho energetická náročnost podstatně nižší než ve srovnání s donedávna běžným standardem výstavby; patří sem nízkoenergetický, pasivní dům, nulový dům atd.
- **faktor tvaru A/V** (hodnota  $FT$ , jednotka  $m^2/m^3$ ) – koeficient geometrie stavby je podíl ochlazovaných vnějších ploch a objemu stavby
- **hodinostupně** (hodnota  $D_t$ , jednotka  $kKh/a$ ) – časový integrál rozdílu teplot; slouží pro výpočet tepelných ztrát objektu v průběhu topné sezóny, pro ČR má klima hodnotu 84  $kKh/a$  (hodinostupňů)
- **klimatická oblast** – okrajové podmínky pro výpočet energetické náročnosti budovy; klimatická data v PHPP obsahují průměrnou venkovní teplotu v jednotlivých měsících na určitou oblast a velikost solárních zisků; pro ČR je k dispozici 11 klimatických oblastí
- **konečná energie** (jednotka  $kWh/(m^2 \cdot a)$ ) – suma skutečně dodané energie pro použití v budově (tj. energie, kterou spotřebujeme a za kterou platíme)
- **korelační koeficient dvou veličin** – tímto vztahem je možné si ověřit vzájemnou korelaci jiných souborů veličin, například dvou souborů vstupních veličin atd.; podle definice právě parciální korelační koeficient spočívá v tom, že jsou z jeho hodnoty vyeliminovány vlivy korelací mezi jednotlivými veličinami vstupními

- **měrná potřeba tepla na vytápění** (hodnota  $E_A$ , jednotka kWh/(m<sup>2</sup>·a)) – množství tepla, které se musí za normalizovaných podmínek přivést do objektu v průběhu jednoho roku, aby pokojová teplota neklesla pod zadanou požadovanou hodnotu (jde o čisté užité teplo bez ztrát přípravou tepla a bez vlivu účinnosti technických systémů)
- **měsíční metoda** – celkem přesná metoda pro výpočet potřeby tepla na vytápění v budově; v měsíční metodě se vypočítávají hodnoty měsíční potřeby tepla na vytápění po jednotlivých měsících během celého roku
- **nízkoenergetický dům** – řadí se mezi úsporné stavby, jejichž potřeba tepla na vytápění je max. 50 kWh/(m<sup>2</sup>·a); mají mírnější kritéria pro návrh než pasivní domy, proto se o nich říká „mezikrok mezi aktivním a pasivním domem“
- **nucené větrání** – větrání, které je zajišťováno pomocí mechanických strojních zařízení, která regulují přívod a současně odvod vzduchu v budovách; v úsporných stavbách jde o snížení ztrát tepla větráním pomocí rekuperační jednotky
- **nulový dům** – vychází z principu pasivního domu, jehož potřeba tepla na vytápění je max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a); tuto potřebu navíc pokrývá aktivními prvky, které využívají obnovitelné zdroje energie (fotovoltaické články, tepelné čerpadlo, atd.) a tím se dostává pod hranici 5 kWh/(m<sup>2</sup>·a)
- **obytná budova** – stavba určená pro trvalé bydlení, ve které alespoň dvě třetiny podlahové plochy připadají na byty, včetně plochy domovního vybavení určeného pro obyvatele jednotlivých bytů (nezapočítávají se plochy společného domovního vybavení a domovních komunikací). Člení se na bytové nebo rodinné domy
- **pasivní dům** – stavba, která splňuje dobrovolná, ale přísná kritéria energetických úspor při provozu domu; kritéria jsou: potřeba tepla na vytápění a chlazení je do 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a), hodnota primární energie 120 kWh/(m<sup>2</sup>·a), vzduchotěsnost stavby  $n_{50} = \max. 0,6 \text{ h}^{-1}$ , letní přehřívání max. 10% nad 25 °C, (pro vytápění pouze vzduchem navíc platí topná zátěž max. 10 W/m<sup>2</sup>)
- **pasivní prvky stavby** – prvky, které navrhuje architekt stavby již v rámci studie, a které se velmi podílí na budoucí energetické náročnosti stavby; jedná se o orientaci, kompaktnost, atd. a pasivní tepelné zisky, které pomohou pokrýt část tepelných ztrát (solární zisky od Slunce, vnitřní tepelné zisky)
- **PHPP** (Nástroj pro navrhování pasivních domů, Passivhaus projektierung paket, Passive house planning package) – výpočtový nástroj určený k vypracování energetické bilance energeticky šetrného domu; vydal Passivhaus Institut v Darmstadtu – Německo, česká mutace je od Centra pasivního domu – Brno
- **podíl prostupu slunečního tepla g** - bezrozměrná veličina označující, jaký podíl slunečního tepla projde do interiéru z veškerého slunečního záření, které dopadne na plochu skla; veličina je závislá zejména na podílu železa obsaženého ve skle, dále na počtu a tloušťce skel, na vrstvách nízké emisivity a jejich umístění v souvrství
- **primární energie** (hodnota PEI – primary energy input, jednotka kWh/m<sup>2</sup>·a)) – suma energie z neobnovitelných zdrojů použitá v budově včetně energie potřebné k získávání, přeměně a přepravě energetického média

- **průměrný součinitel prostupu tepla** (hodnota  $U_{em}$ , jednotka  $W/(m^2.K)$ ) – udává celkovou tepelnou ztrátu prostupem tepla vztaženou na jednotku plochy hranice vytápěného prostoru (nebo teplotní zóny); používá se pro základní hodnocení tepelně-izolačních vlastností obálky a energetické náročnosti budovy.
- **rodinný dům** – stavba pro bydlení, která svým stavebním uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v níž je více než polovina podlahové plochy místností a prostorů určena k bydlení; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví
- **rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny** – je pravidlo, kterým každému jevu popisovanému touto veličinou, přiřazujeme určitou pravděpodobnost; rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny získáme, pokud každé hodnotě diskrétní náhodné veličiny, popř. intervalu hodnot spojitě náhodné veličiny, přiřadíme pravděpodobnost
- **součinitel prostupu tepla** (hodnota  $U$ , jednotka  $W/(m^2.K)$ ) původně označovaný jako  $k$  – vyjadřuje tepelný tok přes stavební konstrukci v zimním období na  $1 m^2$  při jednotkovém rozdílu teploty pro různé stavební konstrukce
- **součinitel tepelné vodivosti** (hodnota  $\lambda$ , jednotka  $W/(m.K)$ ) – udává tepelně-izolační schopnost stavebního materiálu
- **stavby pro bydlení** – stavby s převažující funkcí bydlení, umístěné v zónách nebo venkovských sídelních útvarech odpovídajících urbanistickému a architektonickému pojetí okolí nebo pojetí, které odpovídá předpokládanému rozvoji obytné zóny. Obdobná hlediska se uplatňují i ve vztahu k místním komunikacím a k rozvodným sítím. Rozlišují se na bytové domy a rodinné domy
- **systémová hranice budovy** – odděluje posuzovanou soustavu budovy a energetické systémy (pro přeměnu, úpravu, přenos či spotřebu energie) od vnějšího okolí; do systémové hranice budovy patří všechny vnitřní i vnější prostory spojené s budovou, kde se energie spotřebovává nebo vyrábí; je tvořena vnějším povrchem obvodových konstrukcí (obálková metoda)
- **tepelná vazba** – vzniká na styku sousedících konstrukcí, je na rozdíl od tepelného mostu daná geometrií budovy. Například roh místnosti má zvenku větší plochu než zevnitř; ochlazovaná plocha je větší než plocha ohřívaná, teplo může odcházet rychleji; jiným případem tepelné vazby je například styk okna se stěnou, ve které je osazeno
- **tepelné zisky** – (hodnota  $Q_G$ , jednotka  $kWh/(m^2 \cdot a)$ ) – jedná se o zisky tepla v budově, které snižují potřebu tepla na vytápění; jde o solární tepelné zisky (okny, konstrukcemi) a o zisky od vnitřních zdrojů tepla (spotřebiče, rostliny, lidi, atd.)
- **tepelné ztráty** – (hodnota  $Q_L$ , jednotka  $kWh/(m^2 \cdot a)$ ) – jedná se o ztráty tepla v budově, které mají vliv na potřebu tepla na vytápění; jde o tepelnou ztrátu prostupem stavebními konstrukcemi (zdi, střecha, okno, atd.) a větráním (v úsporných stavbách se jedná o ztráty při nuceném rekuperačním větrání)
- **tepelný most** – tepelné mosty vznikají jako slabší místa v rámci jednoho druhu konstrukce, kde je konstrukce z hlediska účinnosti tepelné izolace; dochází v nich ke zvýšené hustotě

tepelného toku ve srovnání s okolím; nejčastěji tam, kde prochází nosná konstrukce nebo dochází ke styku obvodového pláště a rámu oken, případně ve spárách zdicích materiálů

- **topná zátěž** – (hodnota  $P_H$ , jednotka  $W/m^2$ ) – jaké množství tepla za jednotku času se musí dodat místnosti nebo budově, aby bylo možno udržet za zimních normovaných podmínek požadovaných normovaných vnitřních teplot; slouží pro dimenzování vytápěcího systému; pro úsporné stavby se posuzují dvě základní podmínky a) slunečný den s velmi nízkou teplotou a b) zatažený den s vyšší teplotou - výkon topného zařízení se navrhuje na horší variantu
- **vytápěná plocha** (hodnota  $A_{TFA}$ ) – je to upravená užitná plocha, která se nachází uvnitř tepelné obálky; vypočítává se podle světlych rozměrů mezi stavebními konstrukcemi a je zmenšená o komíny, vyzdívky, sloupy, malou světlou výšku, plochu schodiště a naopak je zvětšená o výklenky oken a dveří, dle DIN 277 Standard
- **vzduchotěsnost stavby** – (hodnota  $n_{50}$ , jednotka  $h^{-1}$ ) – nebo lépe průvzdušnost staveb je schopnost obálky budovy propouštět vzduch; aby mohlo docházet k proudění vzduchu netěsnou obálkou, musí nastat mezi interiérem a exteriérem rozdíl tlaků vzduchu; tento rozdíl nastává v průběhu užívání stavby například vlivem působení větru, rozdílu teplot a převýšení; pro úsporné stavby se hodnotí při přetlaku a podtlaku 50 Pa – Blower-door test

## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	plocha ochlazované obálky domu, vnější rozměry [ $m^2$ ]
A/V	faktor tvaru budovy [ $m^2/m^3$ ]
BD	bytový dům
$E_A - HK$	měrná potřeba tepla na vytápění v klimatické oblasti Hradce Králové
$E_A - KV$	měrná potřeba tepla na vytápění v klimatické oblasti Karlovy Vary
$E_A$	měrná potřeba tepla na vytápění [ $kWh/(m^2 \cdot a)$ ]
EPBD II	Energy performance building directive, směrnice 2010/31/EU
MCH	multi-comfort house designer, program pro posouzení úsporného domu
OZE	obnovitelné zdroje energie
PHPP 2007 CZ	Passive House Planning Package, program pro návrh pasivních domů
$Q_S/Q_T$	poměr pro hodnocení energetické bilance $0 < Q_S/Q_T [-]$
$Q_S - Q_T$	rozdíl absolutních hodnot tepelných zisků a ztrát [ $kWh/a$ ]
RD	rodinný dům
S-J	orientace stavby na sever - jih, tj. kratší strana natočená k jihu
$U_{em}$	průměrný součinitel prostupu tepla obálky [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
V	objem stavby, vnější rozměry [ $m^3$ ]
VBA	Visual Basic for Applications, programovací jazyk pod MS Excel

# PŘÍLOHA: DOPLŇUJÍCÍ ÚDAJE

## P.1 Vlivy umístění stavby

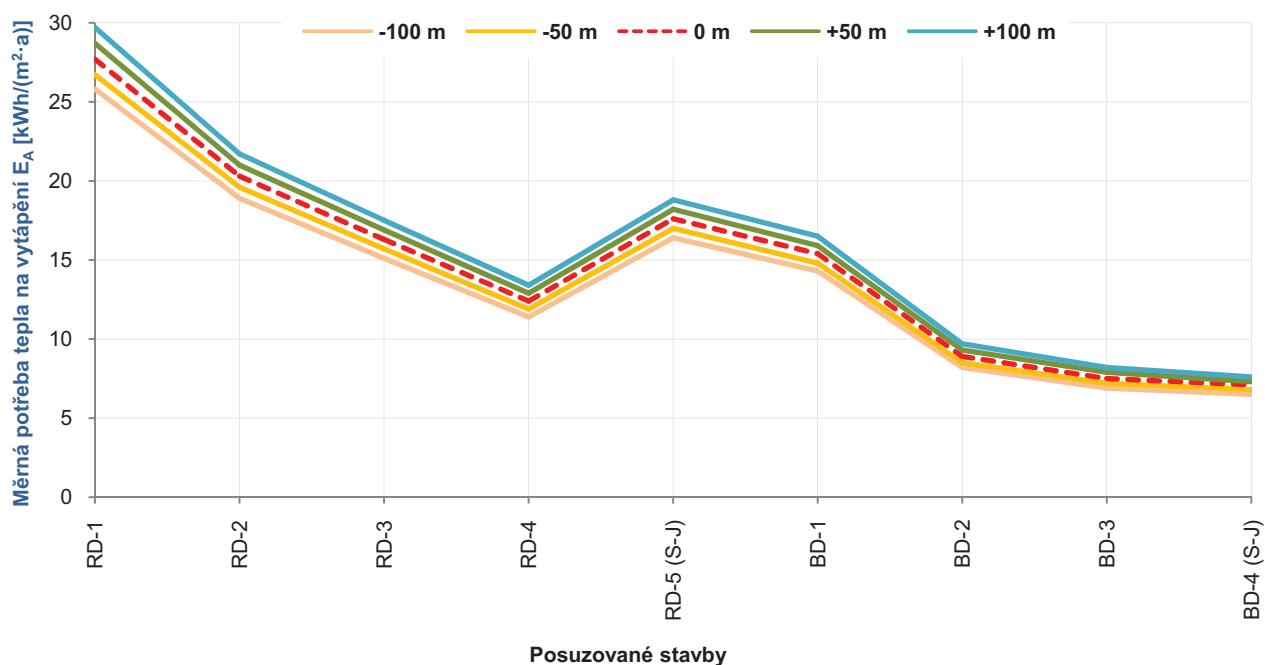
### P.1.1 Poloha stavby

tab. P.1.1 Vliv korekce nadmořské výšky na  $E_A$  (klíma KV)

Korekce nadmořské výšky	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
-100 m	25,8	18,9	15,1	11,4	16,4	14,3	8,2	6,9	6,5
-50 m	26,7	19,6	15,7	11,9	17,0	14,8	8,5	7,2	6,8
0 m	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
+50 m	28,7	21,0	16,9	12,9	18,2	15,9	9,3	7,9	7,3
+100 m	29,7	21,7	17,5	13,4	18,8	16,5	9,7	8,2	7,6

tab. P.1.2 Vliv korekce nadmořské výšky na procentuální změnu  $E_A$  (klíma KV)

Korekce nadmořské výšky	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
-100 m	-6,9%	-6,9%	-7,4%	-8,1%	-6,8%	-7,1%	-7,9%	-8%	-8,5%
-50 m	-3,6%	-3,4%	-3,7%	-4,0%	-3,4%	-3,9%	-4,5%	-4%	-4,2%
0 m	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
+50 m	+3,6%	+3,4%	+3,7%	+4,0%	+3,4%	+3,2%	+4,5%	+5,3%	+2,8%
+100 m	+7,2%	+6,9%	+7,4%	+8,1%	+6,8%	+7,1%	+9%	+9,3%	+7%



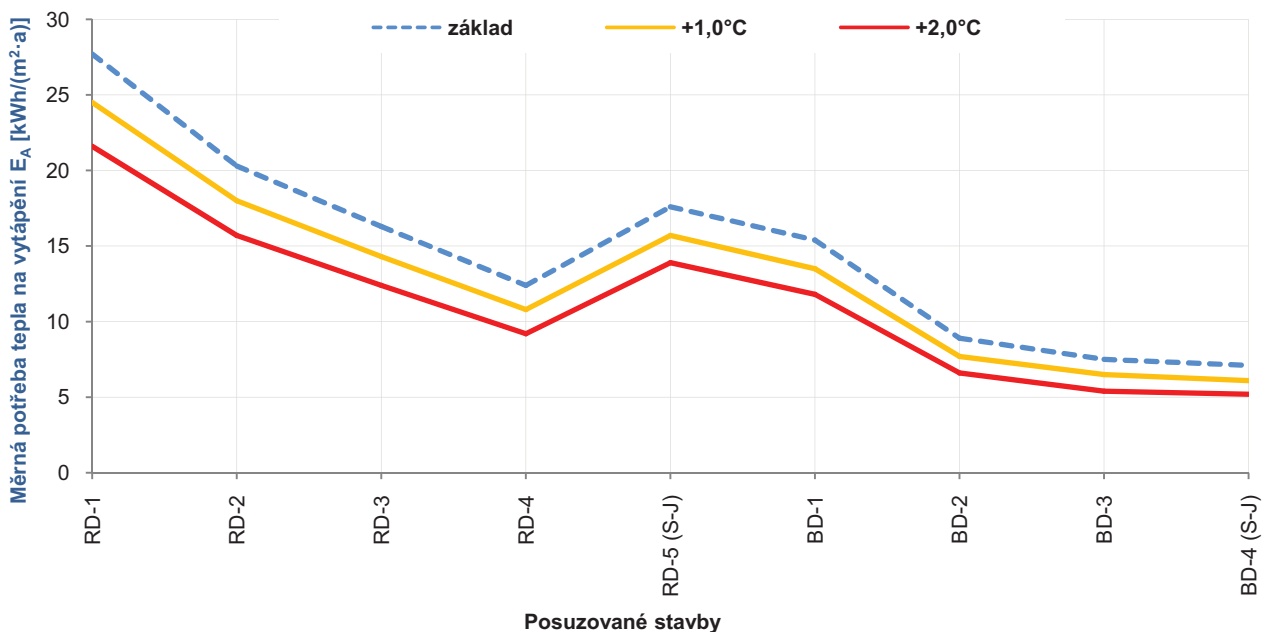
diag. P.1.1 Vztah mezi korekcí nadmořské výšky a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klíma KV)

tab. P.1.3 Vliv korekce okolní teploty na  $E_A$  (klima KV)

Zvýšení teploty	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
+1,0°C	24,5	18,0	14,3	10,8	15,7	13,5	7,7	6,5	6,1
+2,0°C	21,6	15,7	12,4	9,2	13,9	11,8	6,6	5,4	5,2

tab. P.1.4 Vliv korekce okolní teploty na procentuální změnu  $E_A$  (klima KV)

Zvýšení teploty	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
+1,0°C	-11,6%	-11,3%	-12,3%	-12,9%	-10,8%	-12,3%	-13,5%	-13,3%	-14,1%
+2,0°C	-22%	-22,7%	-23,9%	-25,8%	-21%	-23,4%	-25,8%	-28%	-26,8%



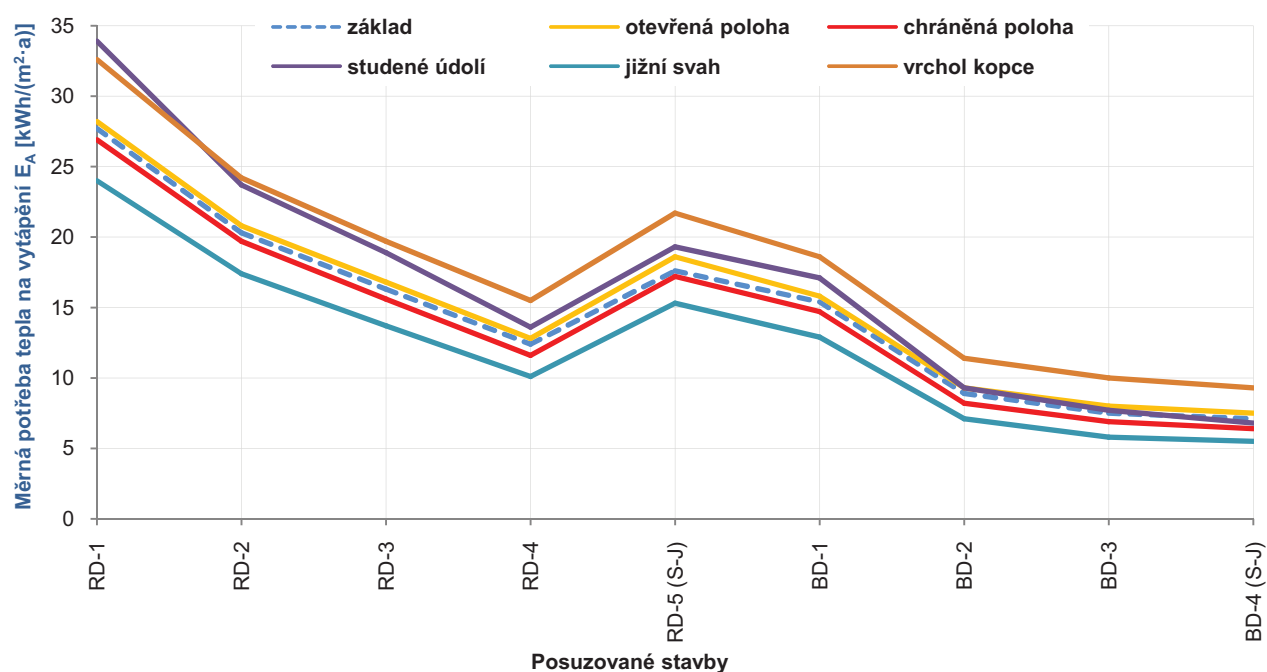
diag. P.1.2 Vztah mezi korekcí okolní teploty a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima KV)

tab. P.1.5 Vliv geografického umístění stavby na  $E_A$  (klima KV)

Geografická poloha	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
<b>základ</b>	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
otevřená poloha	28,2	20,8	16,8	12,8	18,6	15,8	9,3	8,0	7,5
chráněná poloha	26,9	19,7	15,6	11,6	17,2	14,7	8,2	6,9	6,4
studené údolí	33,9	23,7	18,9	13,6	19,3	17,1	9,3	7,7	6,8
jižní svah	24,0	17,4	13,7	10,1	15,3	12,9	7,1	5,8	5,5
vrchol kopce	32,6	24,2	19,7	15,5	21,7	18,6	11,4	10,0	9,3

tab. P.1.6 Vliv geografického umístění stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klima KV)

Geografická poloha	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
základ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
otevřená poloha	+1,8%	+2,5%	+3,1%	+3,2%	+5,7%	+2,6%	+4,5%	+6,7%	+5,6%
chráněná poloha	-2,9%	-3%	-4,3%	-6,5%	-2,3%	-4,5%	-7,9%	-8%	-9,9%
studené údolí	+22,4%	+16,7%	+16%	+9,7%	+9,7%	+11%	+4,5%	+2,7%	-4,2%
jižní svah	-13,4%	-14,3%	-16%	-18,5%	-13,1%	-16,2%	-20,2%	-22,7%	-22,5%
vrchol kopce	+17,7%	+19,2%	+20,9%	+25%	+23,3%	+20,8%	+28,1%	+33,3%	+31%

diag. P.1.3 Vztah mezi geografickým umístěním stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima KV)

## P.1.2 Situace v urbanistickém kontextu

tab. P.1.7 Vliv stínění okolních kopců na  $E_A$  (klima KV)

Stínící okolní kopce		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m²·a)]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
50 m	300 m	29,2	21,5	17,3	13,0	19,0	16,1	9,3	7,9	7,5
	1000 m	28,0	20,5	16,4	12,5	18,1	15,5	9,0	7,6	7,2
	3000 m	27,8	20,3	16,3	12,4	17,8	15,4	8,9	7,6	7,1
100 m	300 m	32,3	24,1	19,6	14,6	20,4	18,0	10,5	9,0	8,0
	1000 m	28,4	20,9	16,7	12,6	18,5	15,7	9,2	7,7	7,3
	3000 m	27,9	20,4	16,4	12,4	17,9	15,4	9,0	7,6	7,1
300 m	300 m	46,9	37,4	31,8	22,8	25,1	29,4	16,9	15,0	10,0
	1000 m	31,7	23,6	19,1	14,3	20,2	17,9	10,4	8,9	8,0
	3000 m	28,4	20,9	16,7	12,6	18,5	15,8	9,2	7,8	7,4

tab. P.1.8 Vliv stíněních okolní kopců na procentuální změnu  $E_A$  (klíma KV)

Stínící okolní kopce		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
50 m	300 m	+5,4%	+5,9%	+6,1%	+4,8%	+8%	+4,5%	+4,5%	+5,3%	+5,6%
	1000 m	+1,1%	+1%	+0,6%	+0,8%	+2,8%	+0,6%	+1,1%	+1,3%	+1,4%
	3000 m	+0,4%	0%	0%	0%	+1,1%	0%	0%	+1,3%	0%
100 m	300 m	+16,6%	+18,7%	+20,2%	+17,7%	+15,9%	+16,9%	+18%	+20%	+12,7%
	1000 m	+2,5%	+3%	+2,5%	+1,6%	+5,1%	+1,9%	+3,4%	+2,7%	+2,8%
	3000 m	+0,7%	+0,5%	+0,6%	0%	+1,7%	0%	+1,1%	+1,3%	0%
300 m	300 m	+69,3%	+84,2%	+95,1%	+83,9%	+42,6%	+90,9%	+89,9%	+100%	+40,8%
	1000 m	+14,4%	+16,3%	+17,2%	+15,3%	+14,8%	+16,2%	+16,9%	+18,7%	+12,7%
	3000 m	+2,5%	+3%	+2,5%	+1,6%	+5,1%	+2,6%	+3,4%	+4%	+4,2%

tab. P.1.9 Vliv stínění okolními budovami na  $E_A$  (klíma KV)

Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
7 m	20 m	31,7	22,5	18,1	13,6	19,6	15,8	9,2	7,8	7,3
	50 m	28,6	20,8	16,7	12,6	18,4	15,5	9,0	7,6	7,1
	80 m	28,2	20,6	16,5	12,5	18,1	15,4	8,9	7,6	7,1
15 m	20 m	41,1	30,7	25,6	18,7	22,8	18,0	10,5	9,4	8,0
	50 m	31,3	22,8	18,4	13,8	19,8	16,0	9,3	8,0	7,5
	80 m	29,4	21,5	17,2	13,0	19,0	15,7	9,1	7,8	7,3
25 m	20 m	49,5	39,0	33,3	23,8	25,7	23,7	13,5	13,3	9,5
	50 m	35,9	26,8	22,0	16,3	21,4	17,8	10,4	9,2	8,1
	80 m	31,7	23,3	18,8	14,1	20,1	16,5	9,6	8,3	7,7

tab. P.1.10 Vliv stínění okolními budovami na procentuální změnu  $E_A$  (klíma KV)

Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
výška	vzdálenost	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 m	20 m	+14,4%	+10,8%	+11%	+9,7%	+11,4%	+2,6%	+3,4%	+4%	+2,8%
	50 m	+3,2%	+2,5%	+2,5%	+1,6%	+4,5%	+0,6%	+1,1%	+1,3%	0%
	80 m	+1,8%	+1,5%	+1,2%	+0,8%	+2,8%	0%	0%	+1,3%	0%
15 m	20 m	+48,4%	+51,2%	+57,1%	+50,8%	+29,5%	+16,9%	+18%	+25,3%	+12,7%
	50 m	+13%	+12,3%	+12,9%	+11,3%	+12,5%	+3,9%	+4,5%	+6,7%	+5,6%
	80 m	+6,1%	+5,9%	+5,5%	+4,8%	+8%	+1,9%	+2,2%	+4%	+2,8%
25 m	20 m	+78,7%	+92,1%	+104,3%	+91,9%	+46%	+53,9%	+51,7%	+77,3%	+33,8%
	50 m	+29,6%	+32%	+35%	+31,5%	+21,6%	+15,6%	+16,9%	+22,7%	+14,1%
	80 m	+14,4%	+14,8%	+15,3%	+13,7%	+14,2%	+7,1%	+7,9%	+10,7%	+8,5%

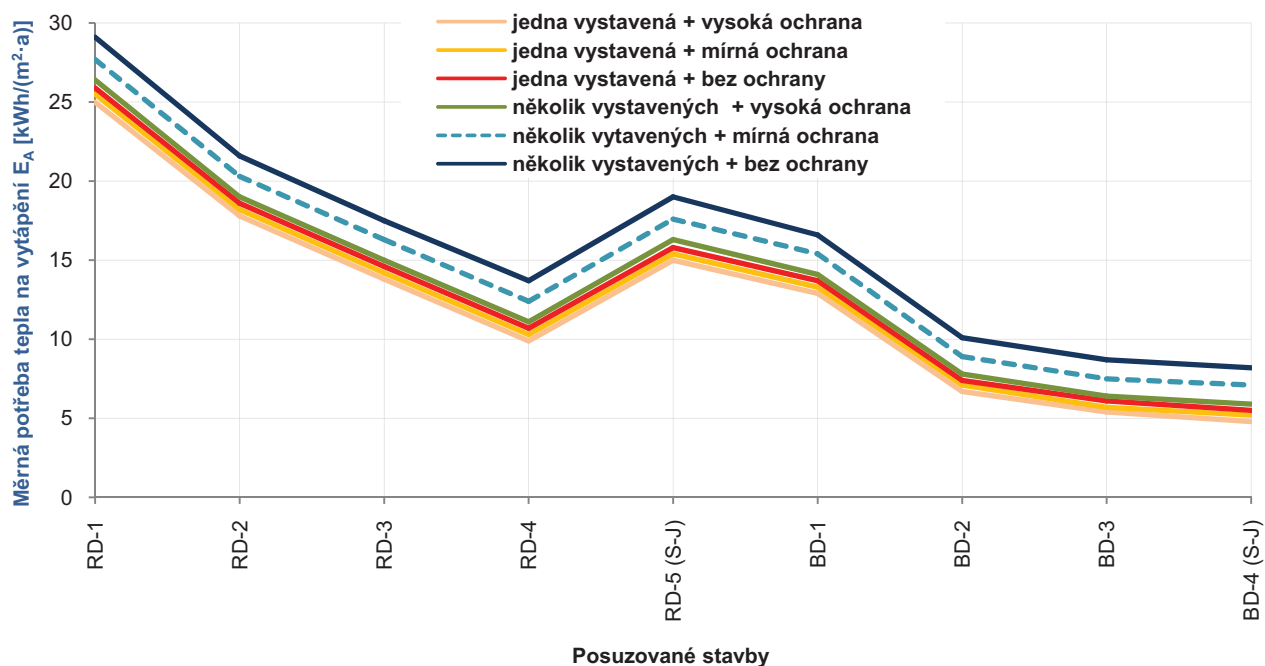


tab. P.1.11 Vliv větrné expozice na  $E_A$  (klima KV)

Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
strany	ochrana	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
jedna strana vystavená	vysoká ochrana	25,0	17,8	13,8	9,9	15,0	12,9	6,7	5,4	4,8
	mírná ochrana	25,5	18,2	14,2	10,3	15,4	13,3	7,1	5,7	5,2
	bez ochrany	25,9	18,6	14,6	10,7	15,8	13,7	7,4	6,1	5,5
několik stran vystavených	vysoká ochrana	26,4	19,0	15,0	11,1	16,3	14,1	7,8	6,4	5,9
	mírná ochrana	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
	bez ochrany	29,1	21,6	17,5	13,7	19,0	16,6	10,1	8,7	8,2

tab. P.1.12 Vliv větrné expozice na procentuální změnu  $E_A$  (klima KV)

Stínící okolní budovy		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
strany	ochrana	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
jedna strana vystavená	vysoká ochrana	-9,7%	-12,3%	-15,3%	-20,2%	-148%	-16,2%	-24,7%	-28%	-32,4%
	mírná ochrana	-7,9%	-10,3%	-12,9%	-16,9%	-12,5%	-13,6%	-20,2%	-24%	-26,8%
	bez ochrany	-6,5%	-8,4%	-10,4%	-13,7%	-10,2%	-11%	-16,9%	-18,7%	-22,5%
několik stran vystavených	vysoká ochrana	-4,7%	-6,4%	-8%	-10,5%	-7,4%	-8,4%	-12,4%	-14,7%	-16,9%
	mírná ochrana	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	bez ochrany	+5,1%	+6,4%	+7,4%	+10,5%	+8,0%	+7,8%	+13,5%	+16,0%	15,5%

diag. P.1.4 Vztah mezi větrnou expozicí a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima KV)

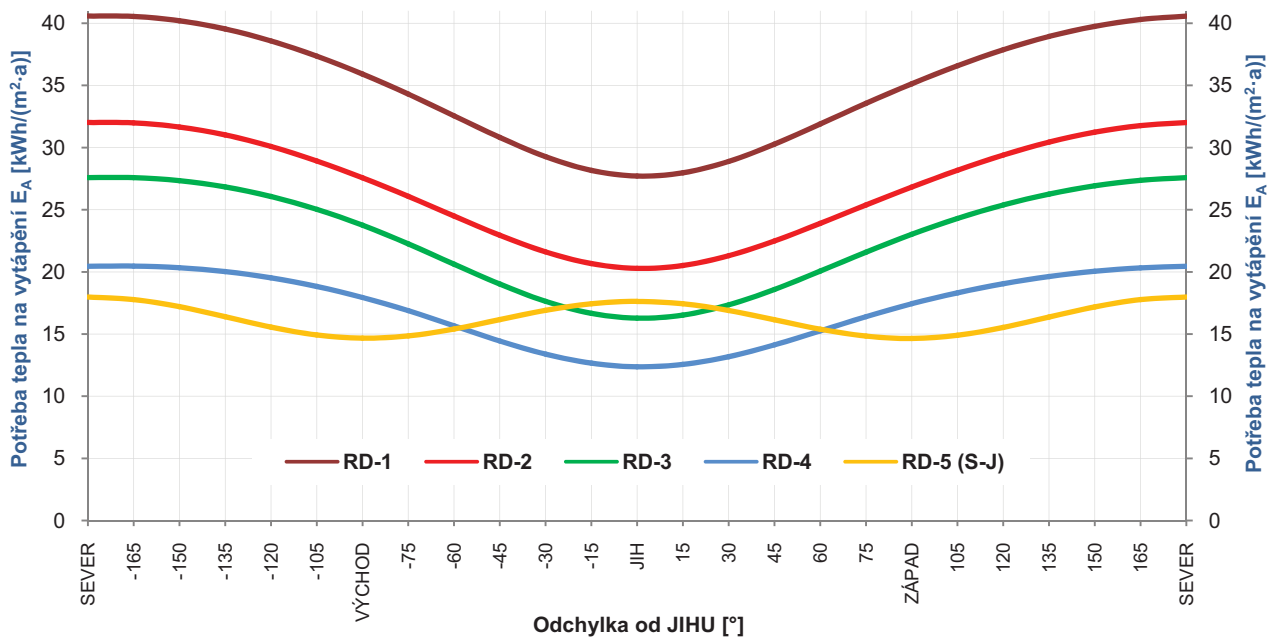
### P.1.3 Orientace stavby

tab. P.1.13 Vliv orientace stavby na  $E_A$  (klíma KV)

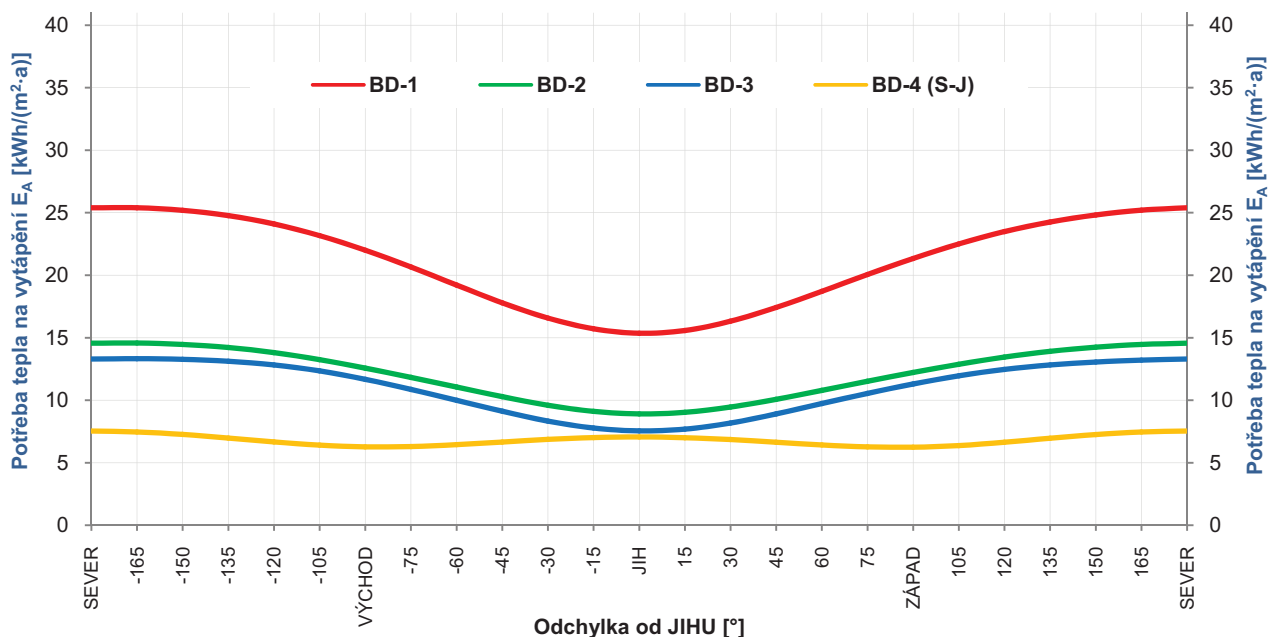
Orientace stavby	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
JIH	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1	
VÝCHOD	35,9	27,6	23,8	17,9	14,7	22,0	12,6	11,7	6,3	
ZÁPAD	35,1	26,8	23,0	17,4	14,6	21,3	12,2	11,3	6,2	
SEVER	40,6	32,0	27,6	20,5	18,0	25,4	14,6	13,3	7,5	

tab. P.1.14 Vliv orientace stavby na procentuální změnu  $E_A$  (klíma KV)

Orientace stavby	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
JIH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
VÝCHOD	+29,6%	+36%	+46%	+44,4%	-16,5%	+42,9%	+41,6%	+56%	-11,3%	
ZÁPAD	+26,7%	+32%	+41,1%	+40,3%	-17%	+38,3%	+37,1%	+50,7%	-12,7%	
SEVER	+46,6%	+57,6%	+69,3%	+65,3%	+2,3%	+64,9%	+64%	+77,3%	+5,6%	



diag. P.1.5 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění  $E_A$  a orientací stavby u posuzovaných rodinných domů (klíma KV)



diag. P.1.6 Vztah mezi potřebou tepla na vytápění  $E_A$  a orientací stavby u posuzovaných bytových staveb (klima KV)

## P.2 Vlivy geometrie stavby

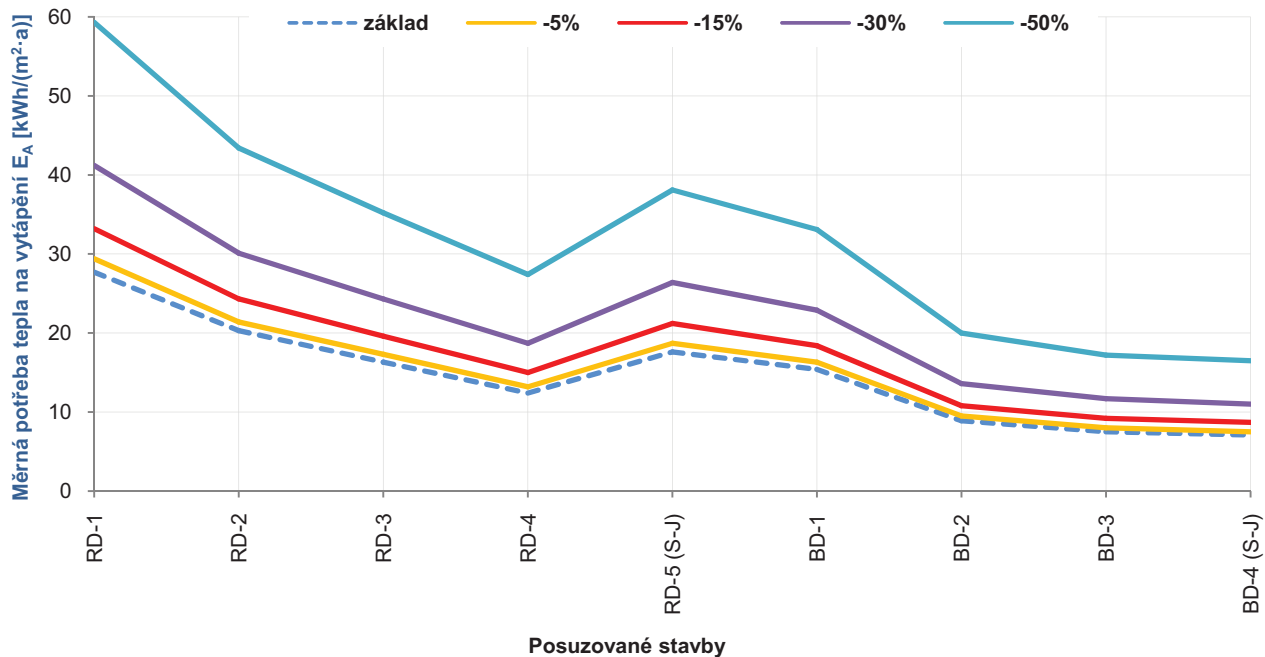
### P.2.1 Tvar stavby

tab. P.2.1 Vliv korekce podlahové plochy na  $E_A$  (klima KV)

Zmenšení podlahové plochy	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>základ</b>	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1	
-5%	29,4	21,4	17,3	13,2	18,7	16,3	9,5	8,0	7,5	
-15%	33,2	24,3	19,6	15,0	21,2	18,4	10,8	9,2	8,7	
-30%	41,2	30,1	24,3	18,7	26,4	22,9	13,6	11,7	11,0	
-50%	59,3	43,4	35,2	27,4	38,1	33,1	20,0	17,2	16,5	

tab. P.2.2 Vliv korekce podlahové plochy na procentuální změnu  $E_A$  (klima KV)

Zmenšení podlahové plochy	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]									
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)	
<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
-5%	+6,1%	+5,4%	+6,1%	+6,5%	+6,2%	+5,8%	+6,7%	+6,7%	+5,6%	
-15%	+19,9%	+19,7%	+20,2%	+21%	+20,5%	+19,5%	+21,3%	+22,7%	+22,5%	
-30%	+48,7%	+48,3%	+49,1%	+50,8%	+50%	+48,7%	+52,8%	+56%	+54,9%	
-50%	+114,1%	+113,8%	+116%	+121%	+116,5%	+114,9%	+124,7%	+129,3%	+132,4%	



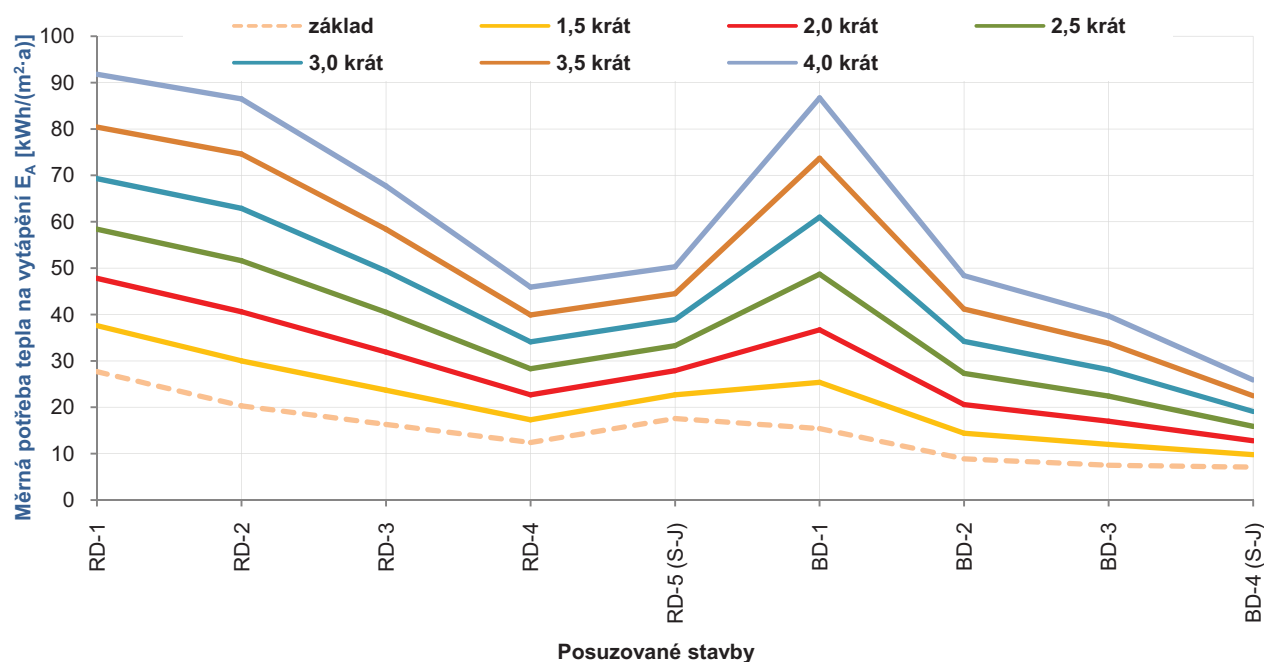
diag. P.2.1 Vztah mezi korekcí podlahové plochy a měrnou potřebou tepla na vytápění E<sub>A</sub> (klíma KV)

tab. P.2.3 Vliv kompaktnosti stavby na E<sub>A</sub> (klíma KV)

Zvětšení povrchu	Měrná potřeba tepla na vytápění E <sub>A</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
základ	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
1,5 krát	37,6	30,0	23,7	17,3	22,7	25,4	14,4	12,0	9,8
2,0 krát	47,8	40,6	31,9	22,7	27,9	36,7	20,6	17,0	12,8
2,5 krát	58,4	51,6	40,5	28,3	33,3	48,7	27,3	22,4	15,9
3,0 krát	69,3	62,9	49,4	34,1	38,9	61,0	34,2	28,1	19,1
3,5 krát	80,4	74,6	58,4	39,9	44,5	73,7	41,2	33,8	22,5
4,0 krát	91,8	86,5	67,7	45,9	50,3	86,7	48,4	39,7	25,9

tab. P.2.4 Vliv kompaktnosti stavby na procentuální změnu E<sub>A</sub> (klíma KV)

Zvětšení povrchu	Procentuální změna potřeby tepla na vytápění E <sub>A</sub> [%]								
	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
základ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1,5 krát	+35,7%	+47,8%	+45,4%	+39,5%	+29%	+64,9%	+61,8%	+60%	+38%
2,0 krát	+72,6%	+100%	+95,7%	+83,1%	+58,5%	+138,3%	+131,5%	+126,7%	+80,3%
2,5 krát	+110,8%	+154,2%	+148,5%	+128,2%	+89,2%	+216,1%	+206,7%	+198,7%	+123,9%
3,0 krát	+150,2%	+209,9%	+203,1%	+175%	+121%	+296,1%	+284,3%	+274,7%	+169%
3,5 krát	+190,3%	+267,5%	+258,3%	+221,8%	+152,8%	+378,6%	+362,9%	+350,7%	+216,9%
4,0 krát	+231,4%	+326,1%	+315,3%	+270,2%	+185,8%	+463%	+443,8%	+429,3%	+264,8%

diag. P.2.2 Vztah mezi kompaktností stavby a měrnou potřebou tepla na vytápění  $E_A$  (klima KV)

## P.2.2 Prosklení fasád stavby

tab. P.2.5 Vliv prosklení fasády na  $E_A$  (klima KV)

Stínící okolní budovy		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
orientace	velikost prosklení	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
	<b>základ</b>	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
JIH	0%	40,6	30,4	26,2	19,9	18,0	24,3	13,6	12,6	7,4
	10%	35,8	25,9	21,9	16,8	17,6	20,3	11,5	10,3	7,1
	30%	27,7	20,3	16,3	12,4	16,9	15,4	8,9	7,5	6,6
	70%	19,3	14,4	10,9	8,2	15,5	10,2	5,9	4,6	5,8
VÝCHOD	0%	27,5	19,6	15,8	12,2	17,0	14,9	8,5	7,4	6,7
	10%	27,7	20,3	16,2	12,4	17,1	15,4	8,8	7,5	6,8
	30%	28,4	21,5	16,8	12,7	17,6	16,5	9,4	7,8	7,1
	70%	29,9	24,1	18,2	13,3	19,1	18,8	10,7	8,5	7,7
ZÁPAD	0%	27,6	19,8	15,9	12,3	17,2	15,0	8,6	7,4	6,8
	10%	27,7	20,3	16,2	12,4	17,5	15,4	8,8	7,5	6,9
	30%	28,1	21,2	16,7	12,6	17,6	16,2	9,3	7,8	7,1
	70%	29,2	23,3	17,8	13,1	18,5	18,1	10,3	8,3	7,5
SEVER	0%	26,8	19,4	15,4	11,8	17,4	15,4	8,4	7,0	6,9
	10%	28,6	21,4	17,3	13,0	17,8	16,2	9,4	8,0	7,2
	30%	32,5	25,1	20,9	15,6	18,6	19,6	11,4	10,1	7,8
	70%	40,3	32,8	28,5	20,9	20,1	26,5	15,6	14,2	9,1

tab. P.2.6 Vliv prosklení fasády na procentuální změnu  $E_A$  (klima KV)

Stínící okolní budovy		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění $E_A$ [%]								
orientace	velikost prosklení	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
	<b>základ</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
JIH	0%	+46,6%	+49,8%	+60,7%	+60,5%	+2,3%	+57,8%	+52,8%	+68%	+4,2%
	10%	+29,2%	+27,6%	+34,4%	+35,5%	0%	+31,8%	+29,2%	+37,3%	0%
	30%	0%	0%	0%	0%	-4%	0%	0%	0%	-7%
	70%	-30,3%	-29,1%	-33,1%	-33,9%	-11,9%	-33,8%	-33,7%	-38,7%	-18,3%
VÝCHOD	0%	-0,7%	-3,4%	-3,1%	-1,6%	-3,4%	-3,2%	-4,5%	-1,3%	-5,6%
	10%	0%	0%	-0,6%	0%	-2,8%	0%	-1,1%	0%	-4,2%
	30%	+2,5%	+5,9%	+3,1%	+2,4%	0%	+7,1%	+5,6%	+4%	0%
	70%	+7,9%	+18,7%	+11,7%	+7,3%	+8,5%	+22,1%	+20,2%	+13,3%	+8,5%
ZÁPAD	0%	-0,4%	-2,5%	-2,5%	-0,8%	-2,3%	-2,6%	-3,4%	-1,3%	-4,2%
	10%	0%	0%	-0,6%	0%	-0,6%	0%	-1,1%	0%	-2,8%
	30%	+1,4%	+4,4%	+2,5%	+1,6%	0%	+5,2%	+4,5%	+4%	0%
	70%	+5,4%	+14,8%	+9,2%	+5,6%	+5,1%	+17,5%	+15,7%	+10,7%	+5,6%
SEVER	0%	-3,2%	-4,4%	-5,5%	-4,8%	-1,1%	0%	-5,6%	-6,7%	-2,8%
	10%	+3,2%	+5,4%	+6,1%	+4,8%	+1,1%	+5,2%	+5,6%	+6,7%	+1,4%
	30%	+17,3%	+23,6%	+28,2%	+25,8%	+5,7%	+27,3%	+28,1%	+34,7%	+9,9%
	70%	+45,5%	+61,6%	+74,8%	+68,5%	+14,2%	+72,1%	+75,3%	+89,3%	+28,2%

## P.2.3 Stínění stavby

tab. P.2.7 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na  $E_A$  (klima KV)

Stínící prvky před okny		Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]								
markýza	žebra	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0 m	0 m	27,7	20,3	16,3	12,4	17,6	15,4	8,9	7,5	7,1
	0,3 m	30,1	22,3	18,0	13,5	19,4	17,0	9,9	8,4	7,7
	1 m	34,9	26,7	21,6	15,9	22,8	20,4	11,8	10,0	8,9
	4 m	46,4	37,3	31,2	22,1	28,5	29,3	17,0	14,6	11,2
0,3 m	0 m	29,2	21,6	17,4	13,1	18,8	16,4	9,6	8,1	7,5
	0,3 m	31,6	23,6	19,0	14,1	20,5	18,0	10,5	8,9	8,1
	1 m	36,1	28,0	22,7	16,6	23,8	21,4	12,4	10,4	9,3
	4 m	47,3	38,1	31,9	22,5	29,1	30,0	17,3	14,9	11,4
1 m	0 m	32,6	24,5	19,8	14,6	21,2	18,7	10,9	9,2	8,4
	0,3 m	34,7	26,5	21,4	15,7	22,8	20,3	11,7	9,9	8,9
	1 m	38,8	30,5	25,0	18,0	25,7	23,6	13,6	11,4	10,0
	4 m	49,2	39,9	33,5	23,4	30,4	31,4	18,1	15,5	11,8
4 m	0 m	43,0	34,2	28,3	20,2	27,6	26,8	15,5	13,1	10,8
	0,3 m	44,5	35,6	29,5	20,9	28,6	27,9	16,2	13,7	11,2
	1 m	47,6	38,4	32,0	22,4	30,5	30,1	17,4	14,8	11,7
	4 m	54,2	44,8	37,9	26,2	33,2	35,5	20,2	17,3	12,5

tab. P.2.8 Vliv stínění horní markýzou a bočními žebry na procentuální změnu EA (klima KV)

Stínící prvky před okny		Procentuální změna potřeby tepla na vytápění E <sub>A</sub> [%]								
markýza	žebra	RD-1	RD-2	RD-3	RD-4	RD-5 (S-J)	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4 (S-J)
0 m	0 m	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0,3 m	+8,7%	+9,9%	+10,4%	+8,8%	+10,2%	+10,7%	+11,1%	+10,8%	+9,3%
	1 m	+26%	+31,5%	+32,9%	+28,4%	+29,5%	+32,9%	+32,7%	+32,1%	+26,5%
	4 m	+67,5%	+83,7%	+91,6%	+78,5%	+61,6%	+91%	+90,7%	+93,1%	+58,5%
0,3 m	0 m	+5,4%	+6,4%	+6,6%	+5,6%	+6,7%	+6,9%	+7,2%	+6,9%	+6,2%
	0,3 m	+14,1%	+16,3%	+16,9%	+14,3%	+16,3%	+17,2%	+17,8%	+17,3%	+14,9%
	1 m	+30,3%	+37,8%	+39,4%	+34%	+35%	+39,4%	+38,7%	+37,7%	+31,4%
	4 m	+70,8%	+87,8%	+96,1%	+82%	+65,3%	+95,2%	+94,7%	+97,1%	+61,4%
1 m	0 m	+17,7%	+20,8%	+21,5%	+18,4%	+20,4%	+21,8%	+22,3%	+21,7%	+18,6%
	0,3 m	+25,3%	+30,7%	+31,8%	+27,3%	+29,5%	+31,9%	+31,8%	+31%	+26,5%
	1 m	+40,1%	+50,4%	+53,5%	+45,7%	+45,8%	+53,8%	+52,6%	+50,9%	+42%
	4 m	+77,6%	+96,5%	+105,5%	+89,6%	+72,6%	+104,3%	+102,7%	+105,2%	+66,7%
4 m	0 m	+55,2%	+68,4%	+74,1%	+63,3%	+56,6%	+74,6%	+74,2%	+73,9%	+53,4%
	0,3 m	+60,6%	+75,3%	+81,4%	+69,2%	+62,5%	+81,8%	+81,7%	+81,7%	+58,4%
	1 m	+71,8%	+89,3%	+96,5%	+81,4%	+73,2%	+96%	+95,6%	+96,4%	+66,5%
	4 m	+95,7%	+120,6%	+132,8%	+111,7%	+88,2%	+130,9%	+126,2%	+128,8%	+77,6%

## P.3 Vlivy architektonických prvků

### P.3.1 Orientace svislé okenní plochy

tab. P.3.1 Vliv orientace okna na procentuální změnu Q<sub>S</sub>/Q<sub>T</sub> (klima HK)

Orientace stavby	Procentuální změna energetické bilance oken Q <sub>S</sub> /Q <sub>T</sub> (poměr) [%]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
JIH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
VÝCHOD	-58,5%	-55,1%	-53,9%	-53,2%	-52,8%	-52,2%	-51,9%	-51,8%	-51,7%	-51,7%	-51,3%	-51,2%
ZÁPAD	-54,3%	-51%	-49,4%	-48,8%	-48,2%	-47,8%	-47,3%	-47%	-47,1%	-46,8%	-46,5%	-46,6%
SEVER	-78,7%	-77,6%	-77%	-76,6%	-76,6%	-76,3%	-76,1%	-76,3%	-76,2%	-76,2%	-76%	-76,2%

### P.3.2 Vertikální naklápění okenní plochy

tab. P.3.2 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu Q<sub>S</sub>/Q<sub>T</sub> na JIHU (klima HK)

Odklon od horizontály	Procentuální změna energetické bilance oken Q <sub>S</sub> /Q <sub>T</sub> (poměr) [%]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30°	+40,3%	+39,4%	+38,9%	+39%	+39,2%	+38,7%	+38,8%	+39%	+39%	+38,3%	+38,5%	+38,8%
60°	+53,7%	+51,9%	+50,8%	+51,1%	+51%	+50,3%	+51,2%	+50,3%	+51,1%	+50%	+50,5%	+50,5%
90°	+26,9%	+25%	+23,8%	+24,1%	+24,2%	+23,3%	+24,1%	+23,7%	+24,2%	+23,4%	+23,4%	+23,5%

tab. P.3.3 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu  $Q_S/Q_T$  na VÝCHODU (klima HK)

Odklon od horizontály	Procentuální změna energetické bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [%]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30°	-3,3%	-5,1%	-5%	-4,4%	-4,7%	-4,5%	-4,2%	-4,7%	-5,1%	-4,9%	-5,1%	-4,7%
60°	-14,8%	-16,3%	-16,7%	-15,6%	-16,2%	-15,9%	-16,4%	-16,3%	-16,3%	-16,4%	-16,8%	-16,2%
90°	-34,4%	-35,7%	-35,8%	-35,6%	-36,5%	-36,3%	-36,4%	-36,6%	-36,5%	-36,6%	-36,9%	-36,1%

tab. P.3.4 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu  $Q_S/Q_T$  na ZÁPADU (klima HK)

Odklon od horizontály	Procentuální změna energetické bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [%]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30°	0%	-2%	-1,7%	-1,5%	-2%	-1,3%	-1,2%	-1,7%	-1,7%	-1,6%	-1,6%	-1,6%
60°	-9,8%	-11,2%	-10,8%	-10,4%	-11,5%	-10,8%	-10,9%	-11%	-11,2%	-10,9%	-11,2%	-11%
90°	-27,9%	-29,6%	-30%	-29,6%	-30,4%	-29,9%	-30,3%	-30,2%	-30,3%	-30,6%	-30,5%	-30,4%

tab. P.3.5 Vliv vertikálního naklápění okna na procentuální změnu  $Q_S/Q_T$  na SEVERU (klima HK)

Odklon od horizontály	Procentuální změna energetické bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [%]											
	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
	0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0°	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30°	-38,3%	-38,5%	-33,9%	-39,6%	-39%	-37,3%	-39,6%	-39,4%	-39,2%	-39,6%	-39,2%	-39,5%
60°	-60%	-60,4%	-57,8%	-61,2%	-61,6%	-60%	-61,6%	-61,8%	-61,9%	-62,1%	-61,8%	-61,6%
90°	-66,7%	-67,7%	-65,1%	-68,7%	-68,5%	-67,3%	-68,9%	-68,8%	-68,8%	-68,7%	-68,8%	-68,9%



### P.3.4 Stínění horní markýzou a bočními žebry

tab. P.3.6 Vliv rozměrů okna na procentuální změnu  $Q_S/Q_T$  na JIHU (klima HK)

Stínící prvky před okny		Procentuální změna energetické bilance oken $Q_S/Q_T$ (poměr) [%]											
markýza	žebra	0,5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>	5,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
		0,71 x 0,71	1,00 x 1,00	1,22 x 1,22	1,41 x 1,41	1,58 x 1,58	1,73 x 1,73	1,87 x 1,87	2,00 x 2,00	2,12 x 2,12	2,24 x 2,24	2,35 x 2,35	2,45 x 2,45
0 m	0 m	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0,3 m	-20,6%	-14,3%	-11,2%	-9,8%	-8,5%	-7,8%	-7,1%	-6,7%	-6,3%	-6,1%	-5,7%	-5,6%
	1 m	-50,6%	-38,5%	-32,2%	-28,4%	-25,4%	-23,5%	-21,7%	-20,5%	-19,4%	-18,6%	-17,6%	-17,1%
	4 m	-81,3%	-76,7%	-72%	-68%	-64,4%	-61,6%	-59%	-56,8%	-54,9%	-53,1%	-51,5%	-50,2%
0,3 m	0 m	-13,6%	-9,2%	-7,1%	-6,1%	-5,2%	-4,9%	-4,3%	-4,2%	-3,9%	-3,8%	-3,5%	-3,5%
	0,3 m	-31,1%	-21,9%	-17,6%	-15,3%	-13,4%	-12,4%	-11,3%	-10,7%	-10%	-9,6%	-9%	-8,8%
	1 m	-57,1%	-44%	-37%	-32,8%	-29,5%	-27,3%	-25,3%	-23,9%	-22,6%	-21,6%	-20,5%	-19,9%
	4 m	-83,8%	-78,8%	-74%	-69,9%	-66,4%	-63,5%	-60,8%	-58,6%	-56,7%	-54,9%	-53,2%	-51,9%
1 m	0 m	-37,9%	-27%	-21,8%	-19%	-16,7%	-15,4%	-14,1%	-13,3%	-12,5%	-12%	-11,3%	-11%
	0,3 m	-50,5%	-37,2%	-30,7%	-26,9%	-24%	-22,1%	-20,4%	-19,2%	-18,1%	-17,3%	-16,4%	-15,9%
	1 m	-69,2%	-54,9%	-47%	-42%	-38%	-35,3%	-32,9%	-31,1%	-29,6%	-28,3%	-27%	-26,1%
	4 m	-88,3%	-82,9%	-78,1%	-74,1%	-70,5%	-67,5%	-64,8%	-62,6%	-60,6%	-58,7%	-57%	-55,6%
4 m	0 m	-83,7%	-70,6%	-62,3%	-56,5%	-51,9%	-48,6%	-45,7%	-43,4%	-41,4%	-39,7%	-38,1%	-36,9%
	0,3 m	-87%	-74,7%	-66,6%	-60,7%	-56,1%	-52,6%	-49,6%	-47,2%	-45,1%	-43,3%	-41,6%	-40,4%
	1 m	-91,9%	-81,8%	-74,5%	-68,8%	-64,2%	-60,7%	-57,6%	-55%	-52,8%	-50,8%	-49%	-47,6%
	4 m	-96,9%	-93,1%	-89,4%	-86,1%	-82,9%	-80,3%	-77,8%	-75,6%	-73,6%	-71,7%	-70%	-68,5%



---

## PUBLIKACE AUTORA

- 07/2008      prezentační plakát pro fy. Vizeatelier na konferenci Pasivní domy 2008  
09/2009      prezentační plakát pro fy. Vizeatelier na konferenci Pasivní domy 2009  
03/2010      prezentační plakát pro fy. Vizeatelier na výstavu Moderní dřevostavby 2010  
09/2010      prezentační plakát pro fy. Vizeatelier na konferenci Pasivní domy 2010

**KŘEČEK, D.** *Pasivní dům v Letovicích*. In: časopis ERA 21 č. 4/08, s. 41-44.

**KŘEČEK, D.** *Letovice – pasivní rodinný dům*. In: časopis Reflex č. 14/08, s. 54-57.

**KŘEČEK, D.** *Zatravněný vějíř – pasivní dům v Brně*. In: časopis Dům a byt SK č. 11/09.

**KŘEČEK, D.** *Pasivní dům v Letovicích II*. In: časopis Stavebnictví č. 01/10, s. 55-59.

**KŘEČEK, D.** *Mezinárodní konference pasivní domy 2008*. s. 41-44. In: Doktorské aktivity na FA. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2009. ISBN 978-80-214-3877-4

**KŘEČEK, D.** *Optimalizace návrhu pasivního domu pomocí software PHPP 2007 CZ*. In: Sborník XIII. vědecké konference doktorandů 2009. s. 58-63. Brno : Fakulta architektury VUT, 2009. ISBN 978-80-214-3878-1.

**KŘEČEK, D.** *Wood welding*. s. 63-66. In: Doktorské aktivity na FA. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2009. ISBN 978-80-214-3877-4

**KŘEČEK, D.** *Seminář pro odborníky PHPP 2007 CZ*. s. 38-40. In: Doktorské aktivity na FA. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2009. ISBN 978-80-214-3877-4

**KŘEČEK, D.** *Mezinárodní konference pasivní domy 2009*. In: Sborník doktorandů. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2010.

**KŘEČEK, D.** *Trvale udržitelný design geometrie budov*. In: Sborník konference Zdravé domy 2010. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2010.

**KŘEČEK, D.** *Energetická optimalizace architektonického konceptu*. In: Sborník XIV. vědecké konference doktorandů 2010. s. 46-51. Brno : Fakulta architektury VUT, 2010. ISBN 978-80-214-4088-3.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Pasivní dům: Kvalitní izolace je základ* [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/pasivni-dum-kvalitni-izolace-je-zaklad.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Jak úsporně větrat v pasivním domě?* [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/jak-usporne-vetrat-v-pasivnim-dome.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Jak efektivně topit v pasivním domě?* [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/jak-efektivne-topit-v-pasivnim-dome.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Zateplení a rekonstrukce aneb jak získat pasivní dům* [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-a-rekonstrukce-aneb-jak-ziskat-pasivni-dum.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Pasivní domy na klíč: Výhody a nevýhody domů z katalogu* [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/pasivni-domy-na-klic-vyhody-a-nevyhody-domu-z-katalogu.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : 10 mýtů o pasivních domech* [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/10-myty-o-pasivnich-domech.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Zjistěte, zda z vašeho domu uniká teplo: Blower-door test* [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/zjistete-zda-z-vaseho-domu-unika-teplo-aneb-blower-door-test.aspx>>.

**KŘEČEK, D.** *E - learningový kurz: Typologie I - Obytné stavby*. In: *Doktorské aktivity na FA*. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2011.

**KŘEČEK, D.** *Mezinárodní konference Pasivní domy 2009*. In: *Doktorské aktivity na FA*. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2011.

**KŘEČEK, D.** *Odborné články publikované na webovém portálu www.nazeleno.cz*. In: *Doktorské aktivity na FA*. Brno : Fakulta architektury VUT Brno, 2011.

**KŘEČEK, D.** *Optimalizovaný design pasivních domů*. In: *Sborník mezioborové konference Udržitelná energie a krajina 2010*. s. 59-63. Hostětín: Veronica, 2010. ISBN 978-80-87308-05-9.

**KŘEČEK, D.** *Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění pasivního domu*. In: *Sborník XV. vědecké konference doktorandů 2011*. Brno : Fakulta architektury VUT, 2011.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Nízkoenergetický dům: Úspory, projekt, cena*. [online]. 2011 [cit. 2011-12-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/nizkoenergeticky-dum-uspory-projekt-cena.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Jak na zateplení střechy: Materiál, postup, úspory*. [online]. 2011 [cit. 2011-12-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/jak-na-zatepleni-strechy-material-postup-uspory.aspx>>.

**KŘEČEK, D.** *Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění pasivního domu*. In: *Časopis střechy, fasády a izolace, 05/2011*. Praha: Nakladatelství Mise, 2011.

**KŘEČEK, D.** *Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění pasivního domu*. In: *Mezinárodní vědecko-výzkumné kolokvium-workshop 2011*. s. 35-38. Praha: Fakulta architektury ČVUT Praha, 2011. ISBN 978-80-01-04823-8.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Zateplení fasády domu: Postup, materiál, úspory*. [online]. 2011 [cit. 2011-12-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-fasady-domu-postup-material-uspory.aspx>>.

**KŘEČEK, D.; LESCHNGEROVÁ, M.** *Nazeleno.cz : Větrání v nízkoenergetickém domě: Je nutná rekuperace?* [online]. 2011 [cit. 2011-12-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/rekuperace/vetrani-v-nizkoenergetickem-dome-je-nutna-rekuperace.aspx>>.

**KŘEČEK, D.** *O pasivních a nízkoenergetických domech*. In: *Energeticky úsporné domy*. s. 12-21. Brno : Centrum pasivního domu a Divize Isover, 2011. ISBN 978-80-904739-1.