

TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ

O PROBLEMATICE TEPELNÉ STABILITY V LETNÍM OBDOBÍ JSTE SE JIŽ MOHLI DOČÍST V ČÍSLE 01/2006 ČASOPISU DEKTIME. V ČLÁNKU ING. ANTONÍNA ŽÁKA BYL UKÁZÁN VLIV HMOTNOSTI KONSTRUKCE, STÍNICÍCH PRVKŮ A NÁSOBNOSTI VÝMĚNY VZDUCHU NA TEPELNOU STABILITU V LETNÍM OBDOBÍ PODKROVNÍ MÍSTNOSTI. V NÁSLEDUJÍCÍM TEXTU SE ZAMĚŘÍME NA POSOUZENÍ TEPELNÉ STABILITY V LETNÍM OBDOBÍ U TYPOVÉHO RODINNÉHO DOMU DEKHOME A UKÁŽEME SI, CO SE MŮŽE STÁT, POKUD PROBLEMATIKU TEPELNÉ STABILITY PODCENÍME, RESPEKTIVE SE JÍ VŮBEC NEBUDEME ZABÝVAT. DÁLE POROVNÁME TEPELNOU STABILITU RODINNÉHO DOMU POSTAVENÉHO ZDĚNOU TECHNOLOGIÍ S TEPELNOU STABILITOU RODINNÉHO DOMU ŘEŠENÉHO JAKO DŘEVOSTAVBA.

Tento článek vychází z českého normativního prostředí. Závěry článku platí pro Českou republiku. Dílčí závěry týkající se posuzování tepelné stability v letním období podle ČSN (STN) EN ISO 13792:2005 platí i pro Slovenskou republiku. Článek o posuzování tepelné stability v letním období na Slovensku uveřejníme v druhé polovině roku 2008.

Na stavby jsou z pohledu stavební fyziky – tepelné techniky – kladeny přísné požadavky. U obalových konstrukcí se hodnotí součinitel prostupu tepla, nejnižší vnitřní povrchová teplota, zkonduzené množství vodních par v konstrukci, roční bilance zkonduzené a vypařené vodní páry a v neposlední řadě i trvanlivost zabudovaných dřevěných prvků. Toto jsou parametry, které jsou ve všeobecném povědomí u odborné veřejnosti. Ve stavební praxi se však velmi často zapomíná na další normový požadavek, kterým je tepelná stabilita objektu. Požadavky na tepelnou stabilitu objektu, stejně jako požadavky na ostatní výše uvedené parametry, jsou stanoveny v normě ČSN 73 0540-2:2007 a jejich splnění je závazné dle vyhlášky 137/1998 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu.

POPIS TEPELNÉ STABILITY V LETNÍM OBDOBÍ

Metodikou tepelné stability v letním období se provádí hodnocení reakce objektu na zatížení tepelnými

zisky od slunečního záření. Míra ohřívání vnitřního vzduchu v objektu má zásadní vliv na vnitřní pohodu obyvatel domu. Tepelnou stabilitu ovlivňují výplňové otvory, jejich velikost a orientace ke světovým stranám. Dalším velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje tepelnou stabilitu, je schopnost konstrukce akumulovat teplo. Konstrukce s větší akumulací schopností pomáhají snížit teplotu vzduchu v interiéru. Obvodové konstrukce dřevostaveb mají malou akumulaci tepla, proto jsou mnohem náchylnější na přehřívání a splnění normových požadavků je náročnější. Hodnocení tepelné stability se provádí na kritické místnosti. Kritická místnost je místnost s největší plochou přímo osluněných výplňových otvorů (udává se v poměru k podlahové ploše posuzované místnosti). Orientace výplňových otvorů je na Z, JZ, J, JV a V.

VÝPOČTOVÉ METODY

Tepelnou stabilitu v letním období je možné hodnotit pomocí dvou výpočtových metod. Původní česká metoda je obsažena

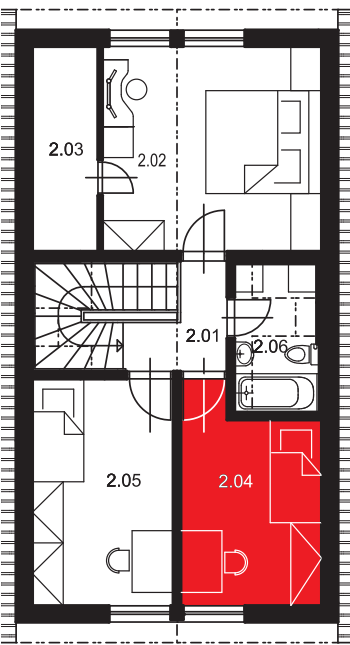
v ČSN 73 0540-4:2005. Při použití této metody je výpočtem stanoven nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ [°C]. Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu představuje, o kolik se zvýší teplota vzduchu v interiéru během jednoho dne vlivem solárních zisků.

Druhá metoda využívá dynamický model, provádí se dle ČSN EN ISO 13792:2005. Použitím této metody je vypočtena nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C]. Dynamický model znamená možnost použití časově proměnných okrajových podmínek. Metoda zohledňuje stínění výplní otvorů, intenzitu větrání atd. Předpokládá dosažení kvazistacionárního stavu, tj. stavu kdy se okrajové podmínky neustále opakují a počítá nejvyšší dosaženou

- a) buď nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ ve °C, podle vztahu: $\Delta\theta_{ai,max} \leq \Delta\theta_{ai,max,N}$ kde $\Delta\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období, ve °C, která se stanoví podle tabulky /01/;
- b) nebo nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ ve °C, podle vztahu: $\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$ kde $\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období, ve °C, která se stanoví podle tabulky /01/.

VLIV KLIMATIZACE

ČSN 73 0540-2:2007 doporučuje navrhovat klimatizaci jako opatření pro splnění normových požadavků na tepelnou stabilitu v letním období pouze ve výjimečných případech.



Obr. 01

Druh budovy	nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ [°C]	nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C]
Nevýrobní	5,0	27,0

Tabulka 01 | Požadované hodnoty nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ a nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$

Typ podlahy	Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Měrná tepelná kapacita c [J/(kg.K)]	Objemová hmotnost ρ [kg/m³]
lehká	DEKCELL	0,35	1060,0	750,0
těžká	anhydrit	1,30	1020,0	2200,0

Tabulka 02 | Parametry materiálů roznášecích vrstev

teplotu v cyklu několika dní. Zohledňuje i stav, kdy konstrukce během noci nevychladne na výchozí teplotu. Zbývající akumulované teplo se zahrne do výpočtu nejvyšší teploty následujícího dne. Metodou se dobře postihne tepelná stabilita místnosti v letním období například při dlouhodobých extrémních teplotách.

Normové požadavky pro obě výpočtové metody jsou uvedeny v ČSN 73 0540-2:2007. Volba výpočtové metody je na projektantovi, norma žádnou z metod neupřednostňuje. Normové požadavky na tepelnou stabilitu v letním období dle ČSN 73 0540-2:2007 čl. 8.2.1: Kritická místnost (vnitřní prostor) musí vykazovat:

Pokud je v posuzovaném objektu navržena klimatizace, je nutné posuzovat tepelnou stabilitu v letním období za stavu, který odpovídá výpadku klimatizace. Dle ČSN 73 0540-2:2007 nesmí být při výpadku klimatizace překročen nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max} \leq 12^\circ\text{C}$ nebo nesmí být překročena nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max} \leq 32^\circ\text{C}$. U výpočtů se nepočítá s chladicím výkonem klimatizace ani s tepelnými zisky od technologického zařízení a kancelářského vybavení. Nesplnění těchto požadavků norma připouští, ale pouze za předpokladu, že jejich splnění není technicky možné nebo je neekonomické s ohledem na životnost budovy.

PŘÍKLAD VÝPOČTU TEPELNÉ STABILITY V LETNÍM OBDOBÍ DLE ČSN 73 0540-4:2005

V této kapitole jsou uvedeny příklady výpočtu tepelné stability v letním období pomocí tradiční metody dle ČSN 73 0540-4:2005 a ukázka vlivu základních faktorů (tepelná akumulace konstrukce, osazení stínicími prvky) na výslednou hodnotu nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období. Výpočty jsou provedeny pro obytnou podkrovní místnost /obr. 01, místnost 2.04/ ve variantě dřevostavby a ve variantě zděné stavby. Jednotlivé plochy konstrukcí jsou v obou případech totožné. V základním výpočtovém modelu je uvažováno se zasklením výplní

Tabulka 03|Přehled vypočtených hodnot podle ČSN 73 0540-4:2005

	Typ podlahy	
	lehká podlaha	těžká podlaha
Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ [°C]	14,9	11,2

Tabulka 04|Spektrální směrová propustnost slunečního záření jednotlivých variant dle ČSN 73 0540-3:2005

Spektrální směrové propustnosti slunečního záření $\tau_{\Omega,se}$	
A – Obvyčejné zasklení bez stínících prvků (základní výpočtový model)	0,33
B – Obvyčejné zasklení s vnitřními záclonami	0,18
C – Obvyčejné zasklení s vnitřními žaluziemi	0,16
D – Obvyčejné zasklení s vnitřními žaluziemi a vnitřními záclonami	0,09
E – Obvyčejné zasklení s vnějšími žaluziemi	0,05
F – Obvyčejné zasklení s vnějšími žaluziemi a vnitřními záclonami	0,02

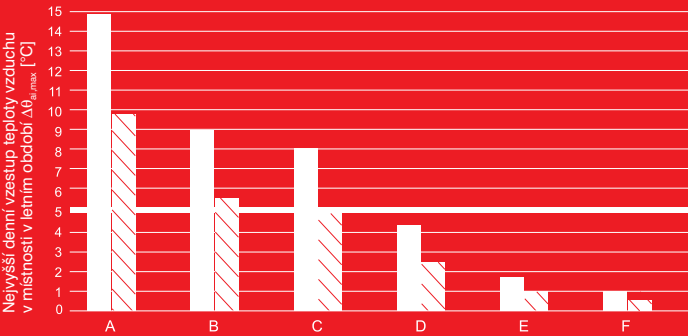
Tabulka 05|Přehled vypočtených hodnot dle ČSN 73 0540-4:2005 (stínící prvky A – F – viz tabulku 4)

Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C]	Úprava výplně otvoru					
	A	B	C	D	E	F
dřevostavba	14,9	9,5	8,6	4,9	2,4	1,0
zděná stavba	10,2	6,2	5,6	3,3	1,9	0,6

Tabulka 06|Přehled vypočtených hodnot dle ČSN EN ISO 13 792:2005 (legenda stínících prvků A – F – viz tabulku 4)

Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C]	úprava výplně otvoru					
	A	B	C	D	E	F
dřevostavba	32,14	-*	30,83	-*	24,67	-*

*pozn.: metoda nezohledňuje záclony jako stínící prvek



Graf 01 |Vliv stínících prvků na tepelnou stabilitu v letním období (stínící prvky A – F viz. tabulku 4)

legenda:

dřevostavba

zděná stavba

normový požadavek dle
ČSN 73 0542-2:2007

otvorů izolačním dvojsklem vyrobeným z obvyčejného plaveného skla tloušťky 4 mm. Otvor je orientován na jih.

Podlahová plocha hodnocené místnosti je 10,70 m², plocha okenního otvoru s jižní orientací je 1,39 m². Poměr plochy okenního otvoru a podlahové plochy místnosti je 0,13 (13%).

VLIV TĚŽKÉ PODLAHY

U DŘEVOSTAVBY NA VÝPOČTOVOU HODNOTU NEJVYŠŠÍHO DENNÍHO VZESTUPU TEPLOTY VZDUCHU

V prvním příkladu je ukázka vlivu těžké podlahy u dřevostavby na výpočtovou hodnotu nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období dle výpočtové metody uvedené v ČSN 73 0540-4:2005. V tabulce /02/ jsou uvedeny parametry materiálů roznášecí vrstvy podlahy.

Použitím těžké podlahy v dřevostavbě došlo ke snížení nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období o 3,7 °C oproti vzestupu teploty v dřevostavbě s lehkou podlahou /tabulka 03/. Je patrné, že schopnost vyšší akumulace tepla pozitivně ovlivňuje chování kritické místnosti z pohledu teploty vnitřního vzduchu v letním období. Sama těžká podlahu však v našem případě neřeší nevyhovující stav.

VLIV STÍNÍCÍCH PRVKŮ NA VÝSLEDNOU HODNOTU NEJVYŠŠÍHO DENNÍHO VZESTUPU TEPLOTY VZDUCHU

Na následujícím příkladu je ukázán vliv použití různých stínících prvků na výslednou hodnotu nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období, a to u dřevostavby i u zděné stavby. V tabulce /04/ jsou uvedeny parametry spektrální směrové propustnosti slunečního záření $\tau_{\Omega,se}$ [-] pro jednotlivé varianty úprav výplní otvorů.

Výsledky, včetně grafického porovnání, jsou patrné z grafu /01/. Vypočtené hodnoty jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce /05/. Osazení výplní otvorů stínícími prvky má podstatný vliv na snížení nejvyššího denního vzestupu teploty

vzduchu v místnosti v letním období, a to jak v případě dřevostavby, tak zděné stavby. Na rozdíl od hodnot nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu lze demonstrovat, jaký vliv mají jednotlivá opatření a jak zásadně ovlivňují kvalitu vnitřního prostředí. Varianta A představuje použití obyčejného izolačního dvojskla a demonstuje případ, kdy problematiku tepelné stability zcela přehlédneme. Oproti variantě D, ve které se počítá s vnitřními žaluziemi a záclonami, je ve variantě A denní vzestup teploty vyšší o 10,0 °C (u dřevostavby) a 6,9 °C (u zděné stavby).

VÝPOČET DLE ČSN EN ISO 13792:2005

Pro zajímavost jsme případ podkrovní místnosti ve dřevostavbě s lehkými podlahami z předcházející kapitoly posoudili i podle metody dle ČSN EN ISO 13792:2005. Vliv stínících prostředků vyplní otvorů dle seznamu v tabulce /04/ je pro účely výpočtu dle ČSN EN ISO 13792:2005 vyjádřen

celkovou propustností slunečního záření g a činitelem propustnosti přímého slunečního záření τ_e . Výsledky výpočtů jsou uvedeny v tabulce /06/. Výsledky výpočtu potvrzují, že zanedbání požadavku na tepelnou stabilitu místnosti v letním období může způsobit až neobyvatelnost místnosti.

TEPELNÁ STABILITA A DOMY DEKHOME

Rodinné domy systému DEKHOME C a D jsou koncipovány tak, aby splnily všechny normové požadavky, které jsou na ně kladeny, tedy včetně požadavku na tepelnou stabilitu v letním období. Splnění požadavku na tepelnou stabilitu vyžaduje komplexní přístup k návrhu objektu (vhodné dispoziční řešení, velikost okenních otvorů, orientace ke světovým stranám a osazení do terénu). Atelier DEK se snažil projektantům usnadnit návrh domů v systému DEKHOME, proto vytvořil pomůcku, pomocí níž je možné snadno určit maximální plochu okenního otvoru vzhledem k půdorysné ploše kritické

místnosti při orientaci ke světovým stranám a při použití různých stínících prvků. Byly sestaveny výpočtové modely, které v sobě zahrnují nejnepříznivější kombinaci vlivů z pohledu umístění kritické místnosti. Na těchto výpočtových modelech byla provedena série výpočtů, jejichž výsledkem jsou tabulky maximálních ploch okenních otvorů.

Pomůcka nemůže zohlednit příznivé vlivy způsobené osazením stavby na konkrétní pozemek. Jedná se například o možnost stínění sousedními budovami, vegetací apod. Pomůcka také nezohledňuje akumulaci tepla podlahovou konstrukcí a podkladním betonem na terénu a naopak vždy počítá se stropní konstrukcí jako střechou, zatíženou slunečním zářením. Použitím těchto okrajových podmínek je pomůcka zcela univerzální a na straně bezpečnosti. Pokud je známo osazení objektu na konkrétním pozemku, lze provést podrobné posouzení tepelné stability v letním období se započtením výše uvedených

Tabulka 07 | Zařazení místnosti DEHOME D do příslušné kategorie dle potřebných opatření pro splnění požadavku na letní stabilitu

Kategorie opatření	poměr ploch všech okenních otvorů v místnosti k podlahové ploše místnosti [%]							
	podlahová plocha místnosti do 16 m² včetně				podlahová plocha místnosti nad 16 m²			
	jih	východ	západ	sever	jih	východ	západ	sever
kategorie I	<15,0	<13,5	<12,2	<45,0	<15,0	<11,7	<10,7	<40,0
kategorie II	15,0–23,7	13,5–19,2	12,2–18,0	45,0–65,0	15,0–21,7	11,7–17,5	10,7–16,5	40,0–52,0
kategorie III	23,7–40,0	19,2–40,0	18,0–40,0	-	21,7–40,0	17,5–40,0	16,5–40,0	-
kategorie IV	>40,0	>40,0	>40,0	-	>40,0	>40,0	>40,0	-

Tabulka 08 | Kategorie opatření pro splnění požadavků na tepelnou stabilitu v letním období

Kategorie	Potřebná opatření	
	svislá okna	střešní okna
kategorie I	vnitřní žaluzie + vnitřní záclony	vnitřní žaluzie
kategorie II	těžká podlaha + vnitřní žaluzie + vnitřní záclony	těžká podlaha + vnitřní žaluzie
		vnější markýza
kategorie III	těžká podlaha + vnější žaluzie	těžká podlaha + vnější markýza
	vnější žaluzie + vnitřní žaluzie	vnější markýza + vnitřní žaluzie
	vnější žaluzie + vnitřní záclony	
kategorie IV	těžká podlaha + vnější žaluzie + vnitřní záclony	těžká podlaha + vnější žaluzie + vnitřní žaluzie
	těžká podlaha + vnější markýza + vnitřní žaluzie	
	těžká podlaha + vnější žaluzie + speciální zasklení	
	těžká podlaha + vnitřní žaluzie + vnitřní záclony + speciální zasklení	

PROJEKČNÍ ČINNOST

- průzkumy a dokumentace stavu konstrukcí
- specializované projekty izolačních konstrukcí
- projekty sanačních opatření pro vlhké zdivo a opatření omezujících pronikání radonu z podlaží

EXPERTNÍ A ZNALECKÁ ČINNOST

- odborné, expertní a znalecké posudky
- analýzy stavebních materiálů (vlhkost, obsah solí, mykologické rozborly)
- supervize projektů

ČINNOSTI V OBORECH STAVEBNÍ FYZIKA A ENERGETIKA

- tepelnětechnické posouzení a návrh skladby konstrukce a konstrukčního detailu
- energetické audity a energetické štítky budov
- hlukové studie
- studie denního a umělého osvětlení, studie oslnění

ČINNOSTI V OBORECH DIAGNOSTIKA

- snímkování konstrukcí termovizní kamerou, ověření vzduchotěsnosti konstrukce
- měření hladiny akustického tlaku, měření doby dozvuku
- měření vzduchové a kročejové neprůzvučnosti konstrukcí na stavbách
- zkoušky těsnosti hydroizolačních systémů

ČINNOST V OBORU POŽÁRNÍ OCHRANA

- požárněbezpečnostní řešení stavby (požární úseky, únikové cesty, odstupové vzdálenosti, rozmístění a počet hydrantů a hasicích přístrojů)
- zpracování dokumentace požární ochrany
- školení o požární ochraně

STAVBY A KONSTRUKCE

- pozemní a inženýrské stavby
- podzemí budov, vlhké zdivo, drenáže, bazény, nádrže, jezírka
- stavby s náročným vnitřním prostředím (zimní stadiony, bazény, vodojemy, chladiřny)
- ploché a šikmé střechy, střešní parkoviště, terasy, zahrady
- obvodové pláště, výplně otvorů, světlíky

DALŠÍ ČINNOSTI

- vizualizace
- technický dozor investora
- texty odborných publikací vydávaných společností DEK a DEKTRADE
- pořádání odborných seminářů
- školení pro investiční techniky, správce objektů apod.
- ATELIER DEK jako Centrum technické normalizace v oblasti zájmů TNK 65, CEN/TC 254 a CEN/TC 128

vlivů. To je výhodné v případě, že je posouzení s pomůckou na hraně. Pomůcku pro návrh maximálních ploch výplní otvorů v závislosti na použitých stínících prvcích, orientaci okenního otvoru ke světovým stranám a ploše místnosti naleznete v tabulkách /07/ a /08/. Na kritické místnosti, která nás provází celým článkem, si ukážeme konkrétní použití.

Jedná se o místnost, která má podlahovou plochu 10,70 m², proto ji budeme hledat v levé části tabulky /07/ mezi místnostmi s plochou do 16 m² a ve sloupci s jižní orientací okna.

Pokud známe velikost okenního otvoru a tudíž i poměr plochy okenního otvoru a podlahové plochy, stačí dle velikosti tohoto poměru navrhnout kategorii opatření podle tabulky /08/. V případě, že má kritická místnost více oken, počítá se s poměrem všech ploch okenních otvorů ku podlahové ploše místnosti. U kritické místnosti, která má okenní otvory ve více stěnách, tím pádem s různou orientací ke světovým stranám, rozhoduje o orientaci okenních otvorů ve vztahu k tabulce /07/ převažující plocha, přičemž toto neplatí pro okna orientovaná na sever.

ZÁVĚR

V případě, že se tepelná stabilita v letním období podcení, může docházet k extrémním nárůstům teploty vnitřního vzduchu. Problematika tepelné stability vždy vyžaduje pozornost projektantů. Na příkladech výpočtů je možné sledovat, že použitím konstrukcí s vyšší plošnou hmotností dochází k pozitivnímu ovlivnění tepelné stability v letním období. Ukazuje se ale, že samotné použití těžké plovoucí podlahy u dřevostavby bez stínících prvků výplní otvorů nezajišťuje vyhovující stav. Osazení stínících prvků na výplně otvorů je nejúčinnějším nástrojem pro docílení vyhovujícího stavu. Při zpracování dokumentace DEKHOME se na tepelnou stabilitu pamatovalo. Byla vytvořena pomůcka pro projektanty, která usnadňuje posouzení tepelné stability v letním období domů DEKHOME zejména ve

vazbě na výplně otvorů. Tato pomůcka je součástí publikací DEKHOME – příručka pro projektanty a distribuuje se spolu s typovými projekty DEKHOME.

<David Mařík>

Literatura:

- [1] ČSN 73 0540-2:2007 (73 0540) „*Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*“
- [2] ČSN 73 0540-3:2005 (73 0540) „*Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*“
- [3] ČSN 73 0540-4:2005 (73 0540) „*Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*“
- [4] ČSN EN ISO 13791:2005 (73 0320) „*Tepelné chování budov – Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Základní kritéria pro validační postupy*“
- [5] ČSN EN ISO 13792:2005 (73 0320) „*Tepelné chování budov – Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Zjednodušené metody*“
- [6] Vyhláška 137/1998 Sb. „*O technických požadavcích na výstavbu*“