

Ing. Ondřej ŠIKULA, Ph.D.
Ing. Josef PLÁŠEK
VUT Brno, Fakulta stavební

Vliv nočního útlumu vytápění na roční potřebu tepla

Heating Night Reduction Effect regarding to Annual Heat Consumption

Recenzent
Ing. Bořivoj Šourek

Článek pojednává o možných energetických úsporách potřeby tepla pro vytápění vlivem nočního útlumu, v typizovaném bytovém domě postaveném cihelnou technologií. Je zkoumáno několik možných variant útlumu, jak z časového hlediska, tak z hlediska hlídání vnitřní teploty vzduchu. Energetické bilance jsou počítány v simulačním prostředí BSim a to ještě ve dvou variantách, pro nezateplený, původní dům, a pro celkově zateplený. V závěru jsou shrnuty výsledky jednotlivých variant a také doporučení pro provoz otopné soustavy v tomto typu budov.

Klíčová slova: vytápění, útlum, úspory energie, bytový dům, matematická simulace

Authors describe possible heat consumption energy reduction regarding the heating in a standardized house built from bricks with respect to the night reduction, in their article. Several possible variants of reduction both from views of timing and watching the inner air temperature are examined. Energy balances are calculated in a simulation environment BSim namely in two variants; the original non-insulated house and the entirely insulated house. Results of individual variants as well as recommendations for the operation of the heating system in such types of buildings are summarized in the conclusion of the article.

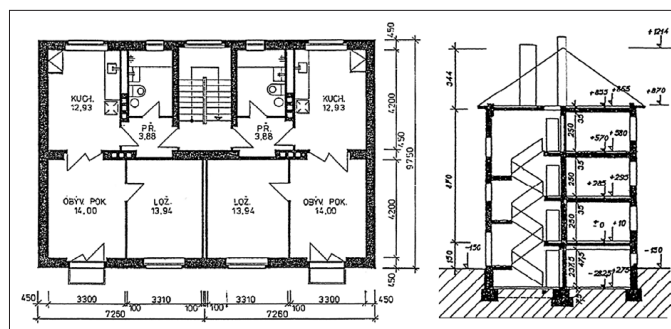
Key words: heating, reduction, energy saving, multiple dwelling house, mathematical simulation

Útlum ve vytápění se zavádí z ekonomických, energetických, ale i zdravotních důvodů. U bytových objektů se většinou jedná o noční 8 hodinový útlum od 22:00 do 6:00 hodin, nebo navíc denní v době odchodu uživatelů do zaměstnání, případně víkendový útlum vytápění při odjezdu uživatelů na víkend. V nebytových prostorech to může být nejen noční útlum, ale i útlum vytápění v dnech pracovního volna. V případě vytápění elektřinou pak může být útlum vytápění vázán na dobu snížené sazby elektřiny apod. Zdravotní přínos útlumu vytápění v bytových domech spočívá ve zdravějším a kvalitnějším spánku, který se dostavuje při nižších teplotách v místnosti. Nevýhodou útlumu vytápění mohou být hlukové projevy při nabíhání otopné soustavy a nutnost navýšení výkonu zdroje tepla vlivem zátopového tepelného výkonu, který podle normy ČSN EN 12831 zavádí korekční součinitel f_{RH} [W/m²]. Ten zvyšuje návrhový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ [W] pro vytápěný prostor. Cílem příspěvku je posoudit vliv útlumu vytápění v konkrétním bytovém domě na snížení spotřeby tepla na vytápění, dále jeho vliv na snížení teploty v místnostech v době útlumu a také posoudit vliv na potřebu zátopového výkonu a délku otopného období a to pro budovu ve stávajícím stavu a budovu zateplenou přibližně na úroveň nízkoenergetického standardu. K dosažení těchto cílů byla použita teoretická metoda časově neustálené počítačové simulace v softwaru BSim 2000.

ŘEŠENÝ PŘÍPAD

Na vybraném objektu v Brně byly simulovány teoretické úspory tepla. Jedná se o čtyřpodlažní zděný bytový dům s typovým označením T12/51 z první poloviny padesátých let s třemi sekcemi – viz obr. 1. Hlavní vstupy do objektu jsou v úrovni mezipodestý domovního schodiště mezi podzemním a nadzemním podlažím. Ve všech nadzemních podlažích jsou vždy dva byty v jednom patře. Celkem je zde 24 stejných bytů. V každém z nich je kuchyně, ložnice, jeden pokoj a koupelna s WC. Užitná plocha jednoho bytu je cca 50 m². Celková užitná plocha domu je cca 1200 m². Vpodzemním podlaží je průchozí chodba, ve které se nacházejí sklepní boxy pro jednotlivé byty společně s prostory pro domovní vybavení. Na obr. 1 jsou zobrazeny výkresy jedné sekce bytového domu stejné konstrukční varianty jako domu řešeného, avšak menšího o jedno nadzemní podlaží s byty.

Objekt je konstrukčně řešen jako podélný dvoutakt, který je založen na železobetonových základových pasech. Nosné konstrukce jsou podélné obvodové, střední a příčné ztužující stěny. Obvodové zdivo je z plných pále-



Obr. 1 Schéma jedné sekce bytového domu typu T12/51

ných cihel tloušťky 45 cm. Nosnou konstrukci stropu nad podlažím tvoří železobetonová monolitická deska tloušťky 35 cm. Strop nad čtvrtým nadzemním podlažím je dřevěný trámový se záklopem a podbitím. Střecha je šikmá s dřevěným krovem a keramickou krytinou. Vzhled objektu je patrný na obr. 2. Tato budova je podrobněji popsána v [1].



Obr. 2 Vzhled bytového domu typu T12/51

SOFTWARE BSim

Software BSim 2000 je založen na časově neustáleném řešení tepelných toků metodou kontrolních objemů s předpokládaným lineárním teplotním profilem mezi sousedními objemy. Z hlediska časového jsou v každém ča-

sovém okamžiku počítány teploty pro jednotlivé teplotní zóny a diskretizované vrstvy stavebních konstrukcí implicitní numerickou metodou. Sdílení tepla stěnami je při výpočtu uvažováno jako 1D. Prostorová diskretizace byla provedena pro všechny stěny vrstvy stěn automaticky s maximálním krokem 5 cm. Volby největšího časového kroku $\Delta t_{\max}$ vychází z upraveného Fourierova kritéria a udává je rovnice (1).

$$\Delta t_{\max} = \min_{\text{všech kontrolních objemů}} \left(1,25 \frac{\rho \cdot c_p}{\lambda} \cdot \Delta x^2 \right) (1)$$

kde

Δx ... vzdálenost mezi středy sousedních kontrolních objemů [m]

ρ ... objemová hmotnost materiálu [kg.m⁻³]

λ ... tepelná vodivost materiálu [W.K.m⁻¹]

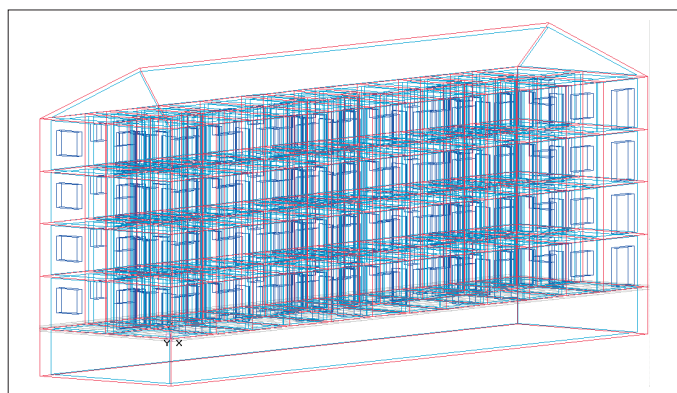
c_p ... měrná tepelná kapacita materiálu [J.kg⁻¹.K⁻¹].

Pro úspěšné numerické řešení softwarem BSim tak bylo nutné vhodný časový krok výpočtu na základě tohoto kritéria vytipovat. Obecným cílem je nalezení takového časového kroku výpočtu, který zajistí konvergenci ve všech výpočtových časech v průběhu celého roku. Protože největší vzdálenosti mezi středy sousedících kontrolních objemů nejsou na počátku výpočtu známy, musely být odhadnuty. Zkusmo, jeho opakovanou volbou, byl nalezen a následně pro potřebné simulace použit časový krok výpočtu definovaný jako 1/256 hodiny, což je přibližně 14 s. V kontrolních uzlech ve středech místnosti se vyčísluje celková tepelná bilance všech uvažovaných tepelných toků. Jsou jimi tepelné toky ze vzduchu, oken, stěn, otopných ploch, osob, vnitřních zisků a části sluneční radiace.

V kontrolním uzlu místnosti je počítána teplota, která reprezentuje prostoro- vě průměrnou teplotu vzduchu v místnosti. Přerozdělení solární radiace na jednotlivé povrchy nastavuje uživatel. Uživatel stejně tak nastavuje jakou část tepelného výkonu pro danou místnost je přenesen z otopné plochy konvekcí a radiací. V daném případě bylo zvolen poměr 70 % konvekce a 30 % radiací, což odpovídá přibližně deskovému otopnému tělesu. Ze známých povrchových teplot, teploty vzduchu a předpokladu rychlosti proudění se pak dopočítává operativní teplota pro každou místnost. Obdobným způsobem BSim počítá také bilanci vlhkosti. Software BSim 2000 ve výpočtu neuvažuje s dlouhodobou radiací uvnitř místností, ani vně. Není tedy například uvažováno sálání proti noční obloze a tepelný tok radiací je zahrnut pouze v součiniteli přestupu tepla na venkovních površích stavebních konstrukcí [2].

POPIS VÝPOČETNÍHO MODELU

V programu BSim 2000 byl vytvořen energetický model vybraného bytového domu, ve kterém byly sledovány dvě vytápěné zóny (obr. 4). První zónou je zóna bytová, která je vytápěna na operativní teplotu 20 až 22 °C s minimální regulovanou teplotou při útlumu vytápění 18 °C. Druhou vytápěnou zónou je schodišťový prostor vytápěný na operativní teplotu 16 až



Obr. 3 Geometrický model budovy v programu BSim 2000

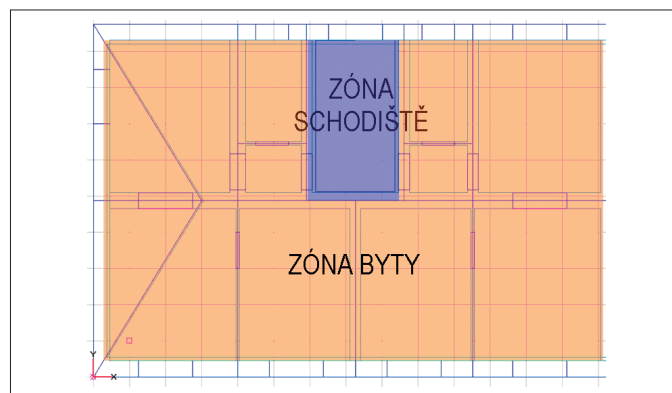
20 °C. Infiltrace ve vytápěných zónách je uvažována jako konstantní v čase a je do výpočtu zahrnuta číslem výměny $n = 0,50 \text{ h}^{-1}$. Pro pokrytí tepelných ztrát a zajištění celkového zátapového výkonu byl ručním výpočtem podle [6] stanoven a do softwaru BSim dosazen maximální topný výkon zdroje tepla – viz tab. 2. Výpočet návrhového tepelného výkonu vycházel z teplot definovaných v tab. 1. Půda a sklepní prostor nejsou vytápěny. Teplota v těchto prostorech je tak automaticky dopočítávána na základě tepelných toků sdílených s okolím. Geometrický model objektu v programu BSim 2000 je na obr. 3. Lokalizace budovy byla určena zadáním souřadnic severní šířky a východní délky a úhlem vystihující orientaci geometrického modelu ke světovým stranám.

Tab. 2 Přehled veličin pro výpočet návrhového tepelného výkonu

		Byty	Schodiště	Suma
Násobná výměna n	[h ⁻¹]	0,50	0,50	
Plocha zóny A	[m ²]	1237	176	1413
Objem zóny O	[m ³]	3092	440	3532
Množství čerstvého vzduchu V	[m ³ /h]	1546	2203	1766
Tepelná ztráta větráním	[kW]	17,70	2,52	20,22
Tepelná ztráta prostupem	[kW]	65,10	6,83	71,93
Tepelná ztráta	[kW]	82,80	9,35	92,15
Zátapový součinitel f_{RH}	[W/m ²]	45	13	
Přirážka na zátap	[kW]	55,66	2,29	57,95
Návrhový tepelný výkon	[kW]	138,46	11,64	150,10

Na tomto modelu bytového domu byl v programu BSim 2000 variantně simulován vliv doby nočního útlumu vytápění na roční potřebu tepla pro vytápění a to pro stávající a zateplenou budovu. Tepelně-technické parametry pro původní stav vycházely ve své podstatě z literatury [1] ze specifikace původního stavu a pro zateplený stav z téže literatury z varianty s nejlepším navrhovaným zateplením – varianty III. Stávající tepelně-technický stav budovy je dále označován jako „původní“ a zlepšený tepelně-technický stav budovy je dále označován jako „zateplený“.

Použité součinitele přestupu tepla na vnitřní i vnější straně každé konstrukce jsou softwarem automaticky dopočítávány podle aktuálních vnitřních a vnějších klimatických podmínek, čímž se hodnoty součinitelů prostupu tepla v čase mírně mění.



Obr. 4 Teplotní zóny – výsek jedné sekce domu

Tab. 3 Použité součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Stávající stav	Zateplený stav
Venkovní stěny	1,38	0,31
Okna	2,8	1,3
Vstupní dveře	5,2	1,3
Strop pod půdou	0,81	0,19
Podlaha nad suterénem	0,78	0,36
Vnitřní stěny u schodiště	1,62	1,62

Přehled vybraných tepelně-technických parametrů nejdůležitějších stavebních konstrukcí je uveden v tab. 3. Tyto součinitele prostupu tepla jsou uváděny se standardními součiniteli přestupu tepla dle ČSN 730540.

Pro simulaci byla použita reálná hodinová klimatická data z meteorologické stanice Brno Tuřany za rok 2005. Tato klimatická data byla upravena a dopočtena tak aby obsahovala všechny veličiny v příslušných formátech, tak jak to vyžaduje software BSim. Vstupními klimatickými daty do softwaru pak byly tlak atmosférického vzduchu, teplot vzduchu, teplota mokrého teploměru, relativní vlhkost vzduchu, měrná entalpie vzduchu, intenzita přímé sluneční radiace ve směru paprsků, difúzní sluneční radiace, rychlost a směr proudění větru. Dále byly použity modely podrobného užívání s vnitřními zisky dle [5]. V každé bytové jednotce 2 + 1 o ploše cca 50 m² žijí průměrně 2 osoby. Tyto osoby jsou ve výpočtu zahrnuty jako vnitřní zdroje tepla o hodnotě 70 W na osobu. Vliv tepelné produkce osob závisí na relativní obsazenosti budovy v čase. V každé bytové jednotce byl uvažován tepelný zisk svítidel o hodnotě 9,4 W/m² relativně rozložený v čase. Tepelný zisk z domácích elektrických spotřebičů pak byl uvažován hodnotou 3 W/m² tepelného. Bližší informace k těmto modelům užívání jsou uvedeny v [4] a [5].

Útlum vytápění byl simulován dvojího druhu. Nejprve jako „totální“ (ve zkratce označován „T“) spočívající v úplném vypnutí zdroje tepla po celou nastavenou dobu. Tento typ útlumu může nastat v případě že je objekt napojen například na systém centrálního zásobování teplem s přerušovanou dodávkou tepla, nebo využívá elektrického vytápění využívajícího výhradně tarif s nízkou sazbou elektrické energie bez její řízené akumulace. Druhý typ útlumu takzvaný „regulovaný“ (ve zkratce označován „R“) je takový, při kterém je po dobu útlumu udržována zdroj tepla minimální požadovaná teplota v bytech – v daném případě 18 °C.

Pro obě varianty tepelně-technického stavu budovy bylo provedeno 11 simulací pro shodná klimatická data a „profily užívání“. Útlum vytápění byl posuzován v těchto variantách:

- ☐ 0 h
- ☐ 6 h T, R
- ☐ 8 h T, R
- ☐ 10 h T, R

Tab. 4 Vliv totálního útlumu vytápění na celkové potřebě tepla pro vytápění

Denní útlum		Čas útlumu		Doba útlumu
Od	Do	Od	Do	[Hodin]
–	–	–	–	0
–	–	23:00	5:00	6
–	–	22:00	6:00	8
9:00	10:00	22:00	6:00	10
8:00	12:00	22:00	6:00	12
8:00	14:00	22:00	6:00	14

- ☐ 12 h T, R
- ☐ 14 h T, R

Čas útlumu vytápění je specifikován v tab. 4.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Energetický význam útlumu vytápění

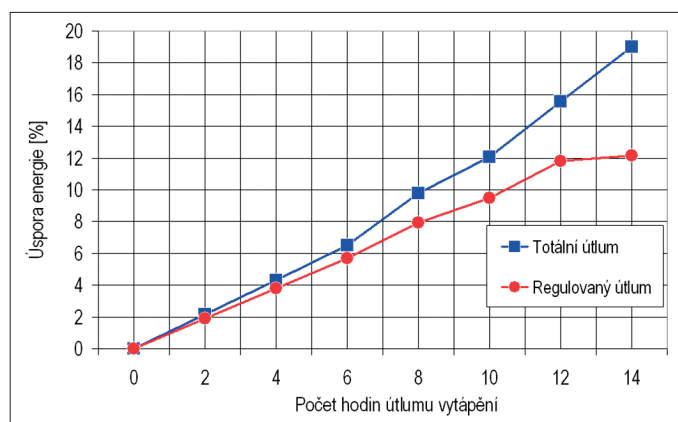
Níže jsou v tab. 5 a 6 uvedeny podrobné průběhy spotřeb tepelné energie v jednotlivých měsících posuzovaného roku 2005. Této úspory tepelné energie při útlumu vytápění bylo dosaženo primárně snížením tepelné ztráty prostupem a sekundárně snížením tepelné ztráty větráním. Tab. 5 a 6 informuje o ročních spotřebách a produkci tepelné energie v objektu

Tab. 5 Spotřeby energií v MWh pro jednotlivé měsíce v roce – původní stav

Útlum [h]	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	Celkem [MWh]
0	37,54	23,44	16,15	6,59	0,52	3,99	11,71	21,01	37,79	158,8
6T	35,81	22,08	14,81	5,58	0,26	3,49	10,55	19,72	36,14	148,5
6R	36,18	22,26	14,94	5,63	0,41	3,62	10,61	19,93	36,41	150
8T	34,78	21,40	14,22	5,24	0,25	3,20	10,03	19,09	35,03	143,2
8R	35,67	21,84	14,44	5,28	0,25	3,21	10,10	19,42	35,96	146,2
10T	33,92	20,94	13,83	5,04	0,25	3,05	9,60	18,68	34,26	139,6
10R	35,24	21,54	14,13	5,09	0,25	3,07	9,69	19,07	35,60	143,7
12T	32,52	20,26	13,30	4,70	0,26	2,89	9,17	18,02	32,91	134
12R	34,46	20,88	13,66	4,76	0,38	3,01	9,36	18,59	34,88	140
14T	30,68	19,84	12,98	4,64	0,26	2,76	8,94	17,55	30,91	128,6
14R	34,26	21,07	13,72	4,91	0,26	2,88	9,29	18,38	34,70	139,5

Tab. 6 Spotřeby energií v MWh pro jednotlivé měsíce v roce – zateplený stav

Útlum [h]	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	Celkem [MWh]
0	8,74	3,52	0,52	0	0	0	0	1,54	8,93	23,3
6T	8,32	3,25	0,41	0	0	0	0	1,32	8,44	21,7
6R	8,32	3,25	0,41	0	0	0	0	1,32	8,44	21,7
8T	8,11	3,19	0,39	0	0	0	0	1,22	8,24	21,2
8R	8,12	3,19	0,39	0	0	0	0	1,22	8,24	21,2
10T	7,93	3,14	0,39	0	0	0	0	1,17	8,06	20,7
10R	7,94	3,14	0,39	0	0	0	0	1,17	8,07	20,7
12T	7,69	2,98	0,40	0	0	0	0	1,10	7,77	19,9
12R	7,71	2,99	0,40	0	0	0	0	1,10	7,80	20
14T	7,45	2,98	0,41	0	0	0	0	1,09	7,54	19,5
14R	7,57	3,13	0,40	0	0	0	0	1,10	7,65	19,8

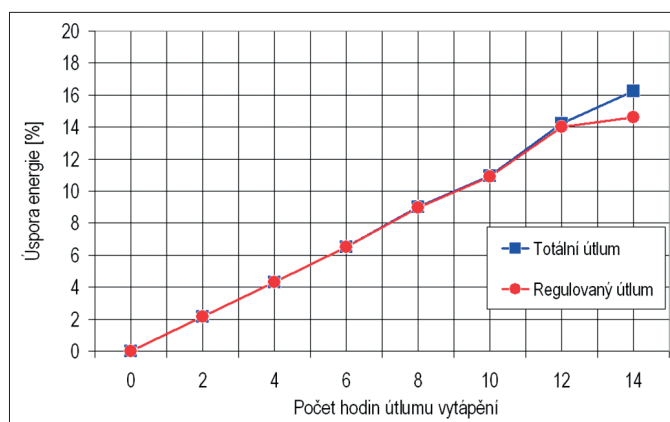


Obr. 5 Procentuelní úspora energie – původní stav

pro nejtypičtější dobu útlumu vytápění – 6 hodin a použitý regulovaný útlum.

Vliv na délku otopného období

Zateplení objektu pak má vliv na zkrácení otopného období a tím pádem i na teplotu venkovního vzduchu, při které vytápění začne, respektive skončí. Díky provedeným simulacím tak bylo možné otopné období definovat logičtěji a přesněji než jak jej definuje vyhláška č. 152/2001 Sb. která jej definuje na základě teploty venkovního vzduchu. Primárním kritériem pro zapnutí zdroje tepla v simulaci je pokles operativní teploty v nejhladnější obývané místnosti objektu pod smlouvené minimum – v daném případě 20 °C v době bez útlumu a 18 °C v době útlumu vytápění. Simulace totiž podrobně zohledňují solární a vnitřní zisky, které mohou nástup otopného období oddálit. Začátek otopného období jsme tedy definovali dnem v otopném období, kdy bylo vytápění spuštěno a po kterém následovaly další dny, ve kterých bylo nutné vytápění alespoň na část dne aktivovat. Analogicky byl definován i konec otopného období. V případě původního stavu a jakoukoliv dobu regulovaného útlumu vytápění vychází otopné období od 16. 9. do 27. 5. tedy celkem 253 dnů. V případě zatepleného stavu budovy trvalo otopné období od 7. 11. do 24. 3. tedy celkem 137 dnů, což znamená zkrácení otopného období o 116 dní. Pro srovnání norma [6] udává pro klimatické místo Brno a průměrnou denní venkovní teplotu $\Theta_{np,e} = 15\text{ °C}$ – která je o něco vyšší, než průměrná denní teplota v době počátku a konce otop-



Obr. 6 Procentuelní úspora energie – zateplený stav

ného období – celkem 263 dnů otopného období. Ze srovnání plyne, že délka otopného období v původním stavu budovy stanovená simulací je o deset dní kratší než délka otopného období dle normy. Příčiny lze hledat především v použití klimatických dat pro konkrétní rok 2005 ale také v podrobném uvažování tepelných zisků v simulaci. Zcela nesrovnatelná je však situace s definicí začátku a konce otopného období v zatepleném stavu budovy. V tomto případě je totiž průměrná teplota venkovního vzduchu ve dni začátku otopného období stanoveného simulací -1 °C. Přičemž tomuto dni předchází dny o průměrné teplotě 2,48 a 1,1 °C. Konec otopného období je pak ve dni s průměrnou teplotou venkovního vzduchu 13,1 °C, kterému předchází dny s teplotou 11,5 a 7,1 °C.

Vliv útlumu vytápění na interní mikroklima

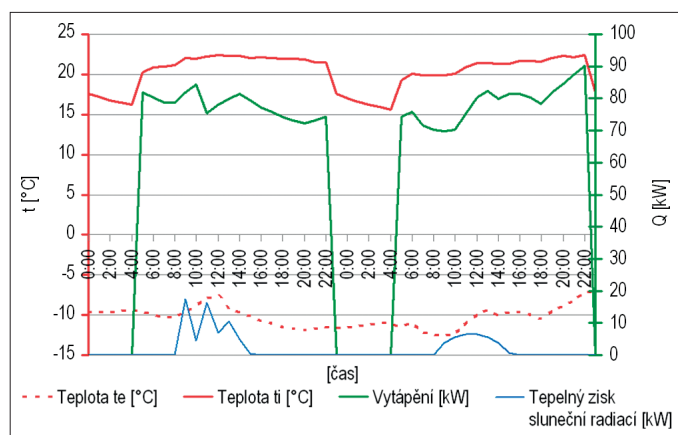
Na obr. 7 a 8 jsou zobrazeny průběhy vybraných teplot – červená křivka a topných výkonů – zelená křivka pro variantu s 6h útlumem vytápění. Jedná se o nejhladnější dny a současně dny s nejvyšší potřebou tepelného výkonu pro vytápění z celé otopné sezóny. Z těchto grafů je patrné, že při zcela vypnutém zdroji tepla došlo v bytech v době útlumu vytápění k poklesu operativní teploty o cca 4 K pod požadovanou úroveň 20 °C, čímž je významně narušena tepelná pohoda. Úplným extrémem je pak situace zobrazená na obr. 9, která odpovídá 14h totálnímu útlumu vytápění. Zde se vnitřní operativní teplota klesá až k 7 °C. Srovnání všech dob totál-

Tab. 7 Měsíční a roční energetické bilance – 6 R, původní stav

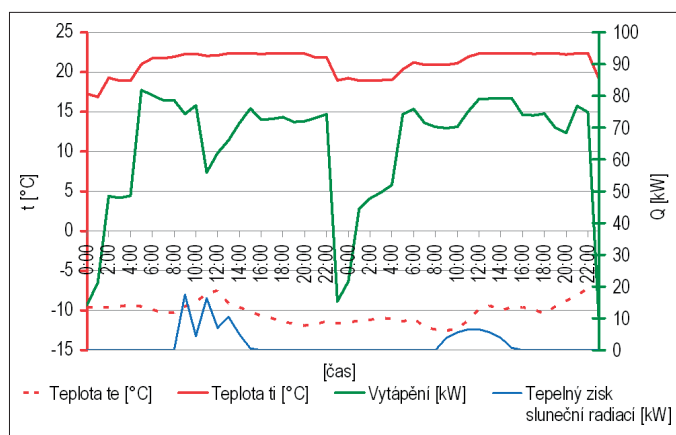
Položka	Celkem	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	[MWh]	[kWh]											
potřeba tepla pro vytápění	150	36181	22261	14937	5628	409	1	0	0	3623	10612	19930	36413
tepelné ztráty infiltrací	-68,5	-9965	-7292	-6523	-4728	-3922	-4078	-3188	-3645	-4060	-5028	-6229	-9850
tepelné zisky sluneční radiací	72	2573	4732	7153	7487	8567	8784	6845	8191	6649	5912	2880	2234
tepelné zisky lidí	32,4	2753	2486	2753	2664	2753	2664	2753	2753	2664	2753	2664	2753
tepelné zisky vybavení	59,9	5089	4596	5089	4925	5089	4925	5089	5089	4925	5089	4925	5089
tepelné ztráty prostupem	-245,8	-36631	-26783	-23408	-15976	-12896	-12296	-11498	-12387	-13800	-19338	-24171	-36639

Tab. 8 Měsíční a roční energetické bilance – 6 R, zateplený stav

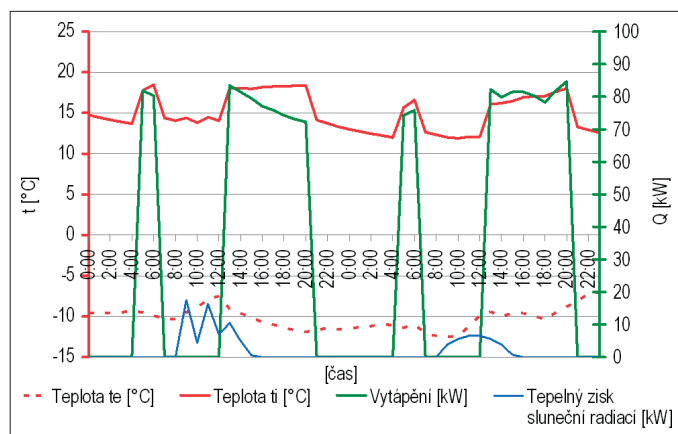
Položka	Celkem	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	[MWh]	[kWh]											
potřeba tepla pro vytápění	21,7	8322	3251	406	0	0	0	0	0	0	0	1323	8440
tepelné ztráty infiltrací	-92	-9385	-7152	-6956	-6771	-7348	-7997	-7187	-7649	-8401	-7425	-6445	-9268
tepelné zisky sluneční radiací	67,5	2469	4460	6608	6945	7993	8374	6454	7581	6161	5547	2757	2152
tepelné zisky lidí	32,4	2753	2486	2753	2664	2753	2664	2753	2753	2664	2753	2664	2753
tepelné zisky vybavení	59,9	5089	4596	5089	4925	5089	4925	5089	5089	4925	5089	4925	5089
tepelné ztráty prostupem	-89,6	-9248	-7643	-7900	-7763	-8488	-7967	-7109	-7774	-5349	-5963	-5224	-9166



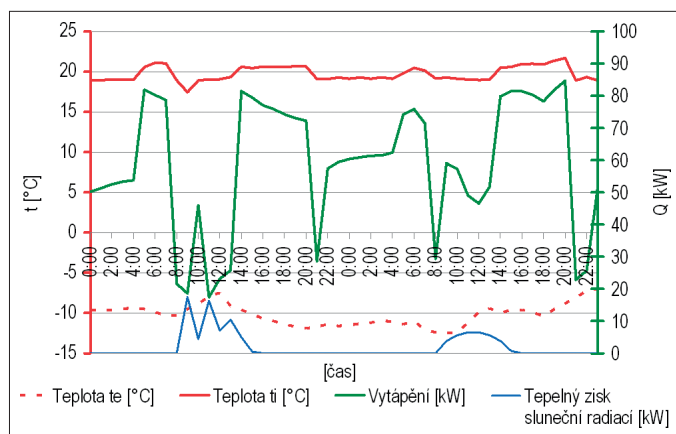
Obr. 7 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 6 T, původní stav



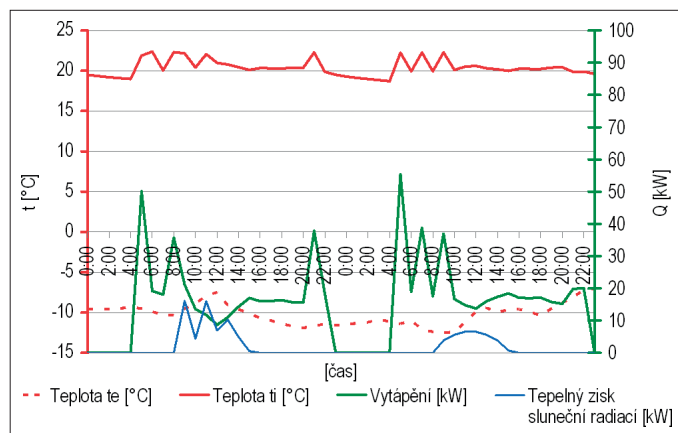
Obr. 8 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 6 R, původní stav



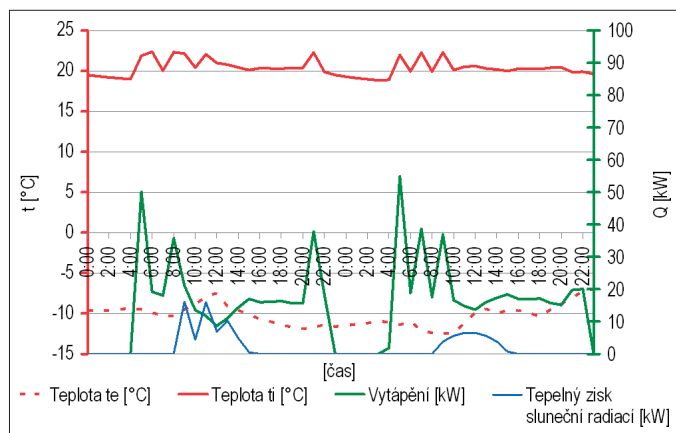
Obr. 9 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 14 T, původní stav



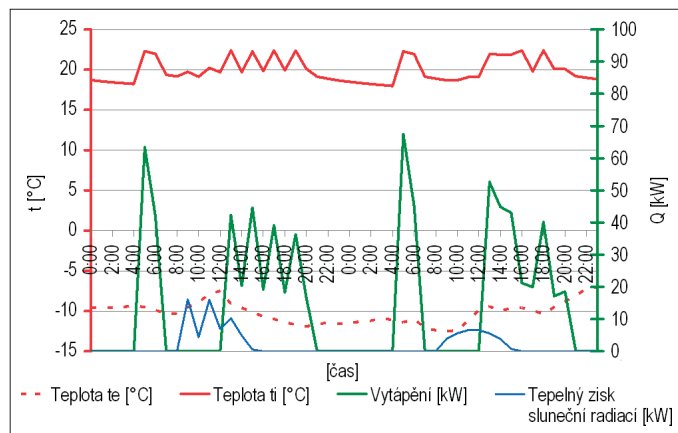
Obr. 10 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 14 R, původní stav



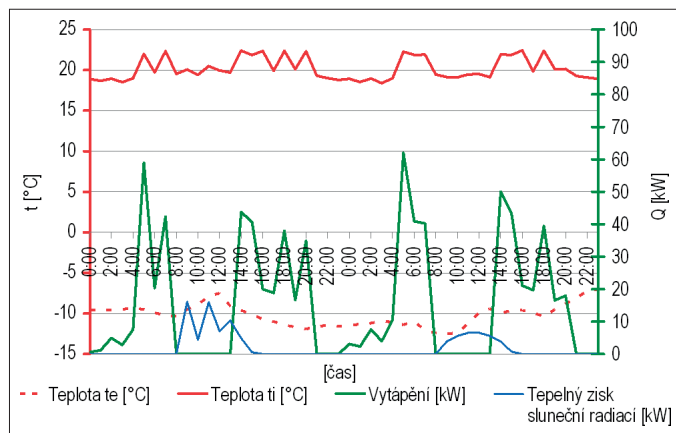
Obr. 11 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 6 T, zateplený stav



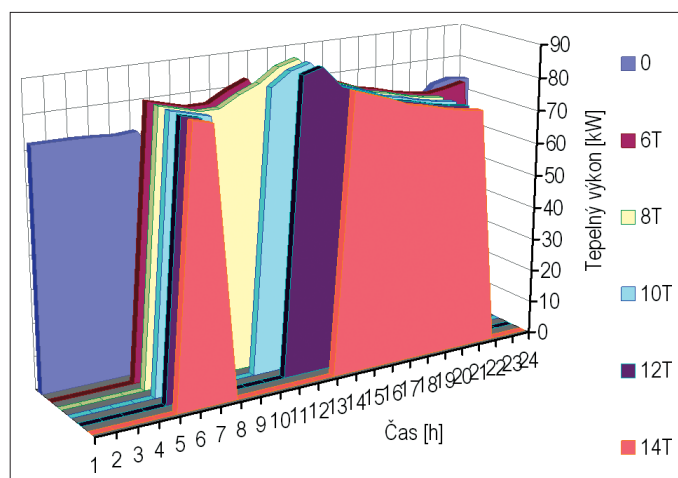
Obr. 12 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 6 R, zateplený stav



Obr. 13 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 14 T, zateplený stav



Obr. 14 Průběh teplot a tepelných toků v bytech 8. a 9. 1., 14 R, původní stav



Obr. 15 Porovnání průběhů tepelných výkonů 8. 1. při totálním útlumu, původní stav

ního útlumu je pak uveden na obr. 16. V dalších simulacích pak byl zdroj tepla regulován tak, aby zajistil dosažení minimální požadované teploty v bytech – v daném případě 18 °C. Průběh příslušných teplot a tepelných výkonů je pro tento případ zobrazen na obr. 8, 10, 12, 14. Při regulovaném útlumu je vnitřní operativní teplota udržována ve stále ještě přijatelných mezích a stále se s narůstající dobou útlumu dostavuje efekt snížení potřeby tepla na vytápění. Varianta s regulovaným útlumem se tedy jeví pro původní stav objektu jako jediná vhodná.

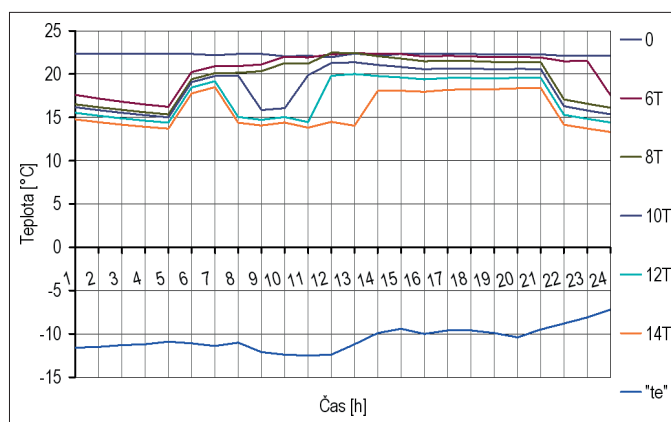
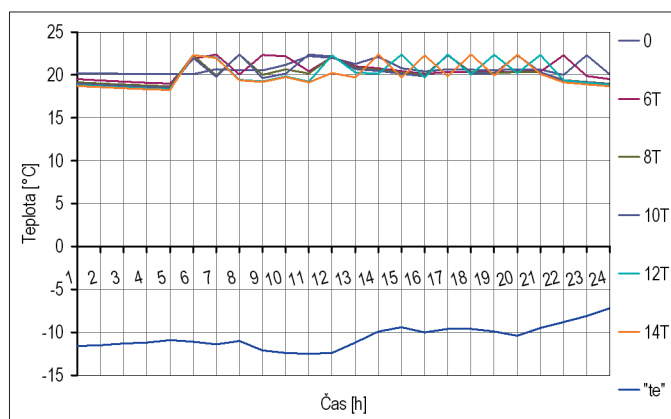
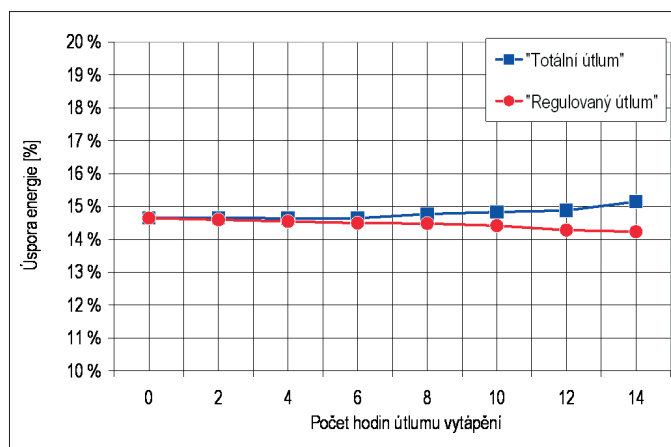
Po zateplení objektu na úroveň odpovídající přibližně nízkoenergetickému stavu – tedy takové jaká byla zvolena v případě zatepleného stavu budovy – je teoreticky možné použít i totálního útlumu vytápění protože objekt nestačí ani při 14h útlumu vychladnout na hygienicky nepřijatelnou teplotu. Tato skutečnost je doložena na obr. 17, kde je zobrazen průběh vnitřní a vnější teploty pro nejchladnější den v roce – 8. 1. Na základě dosažených výsledků lze také konstatovat, že průběhy vnitřních teplot při totálním útlumu jsou jen velmi málo odlišné od těch dosažených při regulovaném útlumu. Průběh teplot na obr. 17 není příliš plynulý. Příčinu lze hledat v simulované ekvitermní regulaci zdroje tepla. Ten při takto nízkých venkovních teplotách a potřebě topit spíná vysokým výkonem a pak stejně náhle výkon snižuje – jak lze blíže vidět např. na obr. 13. Objekt v zatepleném stavu – tedy s nízkými tepelnými ztrátami – totiž reaguje rychlým zvýšením vnitřní teploty, a tím se regulace stává nestabilní. Lze tedy konstatovat, že zvolený způsob regulace není vhodný.

Úspory a mikroklima – původní versus zateplený stav

Srovnáním útlumu vytápění na objektu v původního a zatepleného stavu zjišťujeme, že samotným zateplením objektu došlo – bez uvažování vlivu útlumu vytápění – ke snížení spotřeby tepelné energie na 14,6 % původní hodnoty. Tato úspora se dále navyšuje s narůstající dobou útlumu vytápění. Jak rychle narůstá, lze posoudit z obr. 18, který znázorňuje, kolik se relativně uspoří v zatepleném stavu při různých dobách útlumu ve srovnání se stavem původním a stejnými dobami útlumu. Z tohoto grafu plyne, že regulovaný útlum vytápění je v zatepleném stavu s narůstající dobou útlumu relativně stále méně výhodný (i když jen nepatrně), zatímco útlum totální je ve stejném smyslu stále výhodnější. Pokud tedy dáme dohromady toto zjištění s výše uvedeným zjištěním, že teploty v zatepleném stavu při totálním útlumu neklesají pod smlouvanou, hygienicky přípustnou mez, lze z toho vyvodit, že pro zateplený stav je výhodnější zavedení totálního útlumu.

Vliv na zátopový výkon

Z dosažených výsledků vyplývá, že nastavený výkon zdroje tepla 150,1 kW, který byl vypočten dle [6] plně dostačuje pro pokrytí tepelných

Obr. 16 Srovnání průběhů teplot t_i a teplota t_e pro původní stavObr. 17 Srovnání průběhů teplot t_i a teplota t_e pro zateplený stav

Obr. 18 Srovnání úspor zatepleného stavu vůči původnímu

ztrát objektu i potřebného výkonu zátopového specifikovaného výše a to pro všechny typy a doby útlumu.

Zátopový výkon se s narůstající dobou útlumu zásadně nenavyšuje a hodnota zátopového výkonu daná normou [6] se v daném případě ukázala být dostatečná i pro delší doby útlumu a původní stav objektu. Hodnota zátopového výkonu se pro různé doby a typy útlumu mění a v provedených simulacích nebyl potvrzen jeho průběžný nárůst se zvětšující se dobou útlumu – jak lze logicky předpokládat. O maximálním aktuálně potřebném výkonu zdroje tepla totiž rozhoduje jednak typ a kvalita regulace a to na všech stupních systému a pak také jistá náhodnost v souběhu tepelných zisků a ztrát. Porovnání průběhů tepelných výkonů pro den 8. 1. – tedy den s nejvyšší potřebou topného výkonu v roce při totálním útlumu a původním stavu budovy je uvedeno na obr. 18.

ZÁVĚR

V programu BSim 2000 byly simulace spočteny na základě skutečných a velmi podrobných vstupních dat avšak jen v jedné variantě „uživatelského profilu“ přítomnosti osob a dalších vnitřních zisků a také pouze pro jedina klimatická data. Pro potřeby ještě většího zevšeobecnění dosažených výsledků by bylo vhodné provést obdobné výpočty i pro jiné budovy, jiné „profily užívání“ a širší spektrum klimatických dat. Z důvodu předpokladu využití centrální regulace výkonu zdroje tepla pro celý objekt byl objekt rozdělen a simulován pouze jako dvojzónový – zóna bytů a zóna schodiště. Tímto nebyl plně postihnout možný individuální provozní režim jednotlivých místností, který může být rozdílný vlivem individuální regulace výkonu každého otopného tělesa jeho škrticím ventilem a vlivem zásahů uživatelů bytů. Vliv rozdílného provozování se může malou měrou projevit ve změně celkové ušetřené tepelné energie při útlumu vytápění. Projevit více by se zde mohla tepelně-akumulační schopnost vnitřních konstrukcí budovy. Tyto skutečnosti budou náplní dalších kroků při zdokonalování energetického modelu budovy.

Dosažené výsledky nasvědčují, že zavedení útlumu ve vytápění v daném bytovém domě má svůj energetický i ekonomický význam. Při původním stavu objektu a totálním útlumu vytápění, kdy je po dobu útlumu zdroj tepla zcela vypnut, dochází k nadměrnému poklesu operativní teploty v bytech. Proto lze v tomto případě doporučit regulovaný útlum vytápění s dodržением minimálně požadované operativní teploty – například 18 °C, čímž nebude uživatelský komfort narušen. Zavedením například 8h regulovaného útlumu lze pak v původním stavu objektu dosáhnout roční úspory

cca 8 %, což v daném případě představuje finanční úsporu cca 25 tis. Kč za rok.

Po zateplení objektu, tak, aby přibližně odpovídal nízkoenergetickému standardu, se na základě simulací jeví výhodnější a možné použít totální útlum vytápění.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory programu TRVALÁ PROSPERITA národní program výzkumu II., MPOČR kód 2A – 1TP1/119 a dále GRAFO VUT v Brně.

Kontakt na autora: ; josefplasek@post.cz

Použité zdroje:

- [1] STÚ-E, a.s., Opravy a energetická certifikace bytových budov postavených v období 1945 až 1955. www.CEA.cz
- [2] Kim B. Wittchen, Kjeld Johnsen, Karl Grau: BSim 2000 – User's Guide, November 2000
- [3] Valenta, V. a kol.: Topenářská příručka 3, ISBN 978-80-86028-13-2, Praha 2007
- [4] Šikula, O.; Plášek, J. Simulation of energy demands for the internal microclimate formation in BSim software and its verification. In Simulace budov a techniky prostředí Sborník 5. konference IBPSA-CZ. Brno, IBPSA-CZ. 2008. p. 85–90. ISBN 978-80-254-3373-7.
- [5] Zweifel G.: Case study building "Elfenau", Lucerne – Specification, IEA ECBCS Annex 50
- [6] ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu. ■

* Roste spotřeba tepelně-izolačních pěnových materiálů

Nejen nové stavební předpisy a dotace úsporných opatření stojí za rostoucí spotřebou pěnových izolačních materiálů pro tepelnou izolaci staveb. Zdá se, že se lidé konečně naučili nevyhazovat peníze oknem.

Spotřeba expandovaného polystyrenu (PS-E či EPS) překonala všechny rekordy. Podle Plastics Europe bylo v roce 2008 v Evropě vyrobeno 1,8 mil. t PS pro výrobu EPS u 1 000 výrobců, vytvářejících 65 000 pracovních míst. Odhaduje se, že v Evropě bylo EPS izolováno 200 mil. domů a podle BASF SE je v EU asi 30 % všech izolačních materiálů, založených na EPS používáno u nových budov, zatímco 70 % jde na účet renovací.

V roce 2012 by se měl poměr změnit na 25 % ku 75 %. Na trhu se objevují i nové pěnové materiály a základem některých z nich, jako Climapor, je EPS – pěnový polystyren Neopor.

Německá firma Saarpor vyrábí s použitím Neoporu tapetu Climapor s vrstvou jádra 4 mm, na jedné straně kaširovanou tenkou hliníkovou fólií nebo kartonovou vrstvou, schopnou povrchové úpravy. Výhodně se používá na vnitřní izolace jako zrcadla pro odrážení tepla od radiátorů. Má tepelnou vodivost $\lambda = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ a třídu hořlavosti E podle DIN EN 13501–1. Šetří až 40 % energie vychlazených budov a 4 mm tapeta má stejný izolační účinek jako zeď z cihel tloušťky 85 mm, nebo 98 mm opuky či 262 mm betonu. Lepí se běžnými lepidly na pěnový polystyren.

Poprvé byla představena 13. – 16. ledna t.r. na výstavě Heimtextil 2010.

Právě Neopor a Peripor (EPS), s tepelnou vodivostí $\lambda = 0,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ při hustotě $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, jsou energeticky výhodné materiály. Spotřeba primární energie na výrobu Neoporu a izolaci 80 m² obytné plochy, odpovídající asi 1000 litrům topného oleje, je získána zpět úsporou 1280 l oleje a emisí 4090 kg CO₂ již během první topné sezóny.

Tisková informace BASF SE, Ludwigshafen, 5. 1. 2010

(AB)

* Tepelná čerpadla pracující v modu odvlhčování

Běžná kompresorová klimatizační zařízení a tepelná čerpadla chladí v závislosti na změně teploty místnosti podle nastavení termostatu. Konstrukční zvyklosti se vyvinuly v průběhu let tak, že latentní chlazení se odbyvá simultánně s povětšinou chlazením.

V USA omezuje certifikační program ústavu Air-Conditioning Heating and Refrigeration Institute (AHRI) vnitřní cirkulaci vzduchu na 218 m³·h⁻¹ na každý kW dodaného chladicího výkonu jako způsob odvlhčování.

Běžná tepelná čerpadla (TČ) zpravidla neovládají vlhkost během chladicího období. Jestliže vlhkost vzrůstá (z vnitřních zdrojů a infiltrací), okamžitá vlhkost je nad schopností TČ ji odstranit, a tak překročí žádanou úroveň. Tato situace často nastává na jaře a na podzim, přestože je chlazení nízké. Může se objevit ve vlhkém klimatu během celé chladicí sezóny, když infiltrace vnějšího vlhkého vzduchu přesáhne latentní kapacitu TČ a to navzdory snaze dodavatele vyrovnat se s místními klimatickými podmínkami pečlivým výběrem zařízení a jeho uvedením do provozu.

Jedná se o podmínky, které jsou ve vývoji tepelných čerpadel splitového typu s 3 mody provozu: vytápění, chlazení a odvlhčování. Po porovnání technik odvlhčování byl vyvinut nový split-systém s pružným ovládáním teploty a vlhkosti a termostatem schopným řízení teploty i vlhkosti s novým algoritmem. Variabilní kondenzátor se znovuhřevem doplňuje TČ a dává nový rozměr jeho ovládání vlhkosti. Systém byl vyvinut pro snadné užití u běžných TČ a je kompatibilní s regionálními zvyklostmi instalací TČ. Integruje odvlhčovací funkci bez nežádoucí složitosti nebo vlivu na cenu. Byl stanoven energetický nárok na tvrdší podmínky ovládání vysoké vlhkosti v klimatu Houstonu (Texas), známém těmito problémy. Výrazně zlepší prostředí při menší spotřebě energie než TČ se standardní hodnotou SEER 13 (Seasonal Energy Efficiency Ratio – sezónní energetická účinnost). Zvyší uživatelský komfort a/nebo zadrží pachy, plísňe a alergen.

R. B. Uselton, Lennox Industries. Inc. : HPC News, 27, 2009, č. 2

(AB)