

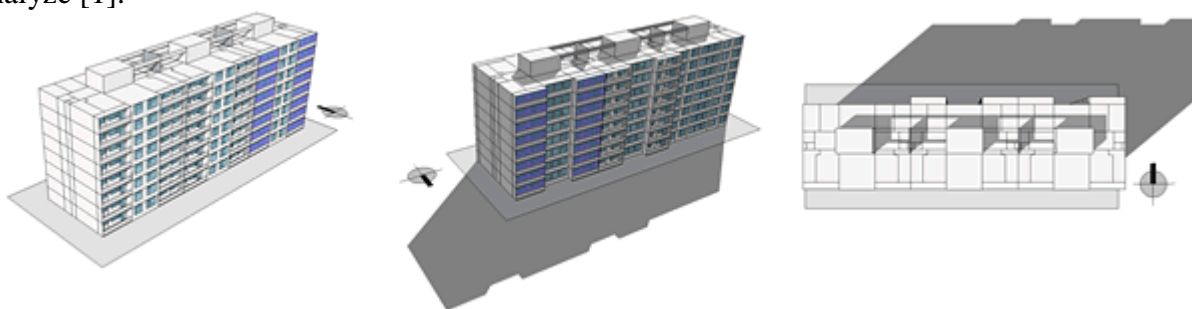
# Rozdělení spotřeby tepla na vytápění na příkladu panelového domu

*Datum: 22.11.2010 | Autor: Ing. Petr Vogel, Ing. Petr Kotek, Ph.D., Ing. Jan Antonín, Ing. Lucie Šancová, Mgr. František Macholda, MBA, Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie | Recenzent: doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda*

Článek sleduje souvislosti energetické náročnosti vytápění v typickém panelovém objektu. Po podrobných počítačových simulacích byly formulovány závěry k aplikaci klasických úsporných opatření jako je zateplení, výměna oken, ale též k instalaci technologického systému nuceného větrání. Článek sleduje jak chování objektu jako celku, tak vzájemné vazby mezi jednotlivými byty.

## 1. OBJEKT V DYNAMICKÉ SIMULACI

Za účelem podrobné analýzy chování panelového objektu, ale též jednotlivých bytů z pohledu energetické náročnosti byl vystaven podrobný 3D počítačový model k tzv. dynamické simulační analýze [1].



*Obrázek 1. Vizualizace modelu panelového objektu. Vlevo jižně orientovaná fasáda, uprostřed severně orientovaná fasáda, vpravo pohled shora.*

### 1.1. DYNAMICKÁ POČÍTAČOVÁ SIMULACE

Dynamickými simulacemi se rozumí výpočet chování budovy po krátkých časových úsecích. Z mnoha vstupních parametrů definovaných uživatelem a sběrných statistických dat se provádí výpočet, který slouží jako podklad k analýze jevů, vazeb a k následné optimalizaci budovy z hlediska zamýšlených úsporných opatření. Simulace se provádí od jednoduchého modelu až po model komplexní, který se v závěru hodnotí. Výsledkem je předpovídané chování budoucího stavu budovy, tedy parametry vnitřního prostředí a energetické náročnosti objektu.

Energetické chování a vnitřní prostředí budov je velice složitý komplexní problém, do kterého vstupuje mnoho parametrů, okrajových podmínek simulace. Vstupní parametry jsou s časem proměnné a mají mezi sebou též proměnné vazby. Základní rozdělení parametrů můžeme chápat v kategoriích: klimatické prostředí, architektonické a stavební provedení budovy, systém úpravy vnitřního klimatu, systém ostatních zařízení, užívání budovy.

Základní odlišností dynamických simulací oproti klasickým výpočtům v ustáleném stavu je dynamika výpočtu. Výpočet zde vždy závisí na výsledcích předchozího výpočtu, který vstupuje jako okrajová podmínka každého kalkulačního kroku. Oproti stávajícím výpočtům umožňují dynamické simulace zejména lépe analyzovat vazby a průběhy parametrů v rámci budovy jako celku. Zde pak platí, že z více informací lze učinit efektivnější rozhodnutí pro budoucí úsporná opatření.

### 1.2. CÍLE PROVEDENÝCH SIMULACÍ

Cílem jednotlivých simulací bylo reálně zhodnotit efekt klasických stavebních úsporných opatření jako je výměna oken, zateplení obálky budovy na celkovou energetickou náročnost vytápění objektu.

Cílem simulací také bylo zohlednit rozdíly energetické náročnosti jednotlivých bytů v závislosti na jejich pozici v objektu, v závislosti na provedených úsporných opatřeních, v závislosti na různé vytápěcí teplotě jednotlivých bytů. Cílem je také odhadnout energeticky úsporný efekt zasklených lodžii.

### 1.3. OKRAJOVÉ PODMÍNKY SIMULACE

Pro simulační výpočty bylo z hlediska tepelně-technické kvality uvažováno s provedením panelového objektu v soustavě VVÚ-ETA po normativní tepelně-technické změně v roce 1979. Objekt má 8 nadzemních podlaží a nevytápěný suterén umístěný nad terénem. Obvodové stěny mají sendvičovou konstrukci s 80 mm původního pěnového polystyrenu. Střešní skladba počítá se 100 mm + spádové vrstvy kaširovaného polystyrenu. Skladba podlahy nad suterénem obsahuje 25 mm protihlukové vrstvy polystyrenu.

Z hlediska vytápění zón je počítáno pouze s vytápěním bytů na pokojovou teplotu 22°C. Schodišťové a společné prostory v suterénu jsou uvažované jako nevytápěné resp. vytápěné prostupností tepla z bytů.

Z pohledu tepelných zisků je počítáno s časovými profily obývání jednotlivých zón. Na tyto profily jsou dále navázány zisky z osvětlení a ostatních spotřebičů.

V neposlední řadě se v modelu pracuje s teplotními a množstvíními profily přívodu vzduchu z prostoru schodiště a z exteriéru odvozených na základě [8], případně též s nuceným přívodem vzduchu pro zajištění kvality vnitřního mikroklimatu. Z hlediska větrání jsou v modelu taktéž profily předpovídající uživatelské chování při manuálním otevírání oken.

Objekt je orientován ve východo-západní ose a není stíněn okolní zástavbou.

Veškeré výsledky předpovídají kvalitní regulaci otopné soustavy tak, že je náležitě využito proměnných vnitřních tepelných zisků ke snížení potřeby energie na vytápění [7].

## 2. CHARAKTERISTIKY OBJEKTU JAKO CELKU

Celý objekt byl po simulaci původního stavu panelového objektu podroben analýze základních dvou standardních stavebních opatření. Navíc byl objekt podrobně analyzován s (varianta 1b, 2b) a bez (varianta 1a, 2a) dostatečného přísunu čerstvého vzduchu do vnitřního prostředí (pro zajištění limitu CO<sub>2</sub> 1200 ppm v jednotlivých místnostech bytů). Analyzovanými parametry byla návrhová ztráta objektu (tedy předpokládaná dimenze potřebného zdroje tepla), dále absolutní a specifická energetická náročnost vytápění.

Analyzovaná opatření jsou:

- 1a) Výměna oken za plastová okna s dvojsklem na doporučených hodnotách ( $U_w=1,2$  W/m<sup>2</sup>.K) za minimální výměny vzduchu dle [8] ( $n=0,21$  ze schodiště a  $n=0,01$  1/h z exteriéru pro byt 3+1).
- 1b) Výměna oken za plastová okna s dvojsklem na doporučených hodnotách (viz předešlé) plus nucený přívod nerecuperovaného čerstvého vzduchu pro zajištění kvalitního vnitřního mikroklimatu (pod hranici CO<sub>2</sub> 1200 ppm tedy na součtové hodnotě  $n=0,21$  ze schodiště a  $n=0,01+0,44$  1/h z exteriéru pro byt 3+1).
- 2a) Zateplení na doporučené hodnoty obálky budovy a výměna oken (fasády +100mm EPS; podlaha nad suterénem +70mm EPS; střecha +180 MV) za minimální výměny vzduchu dle [8] ( $n=0,21$  ze schodiště a  $n=0,01$  1/h z exteriéru pro byt 3+1).
- 2b) Zateplení na doporučené hodnoty obálky budovy a výměna oken (viz předešlé) plus nucený přívod nerecuperovaného čerstvého vzduchu pro zajištění kvalitního vnitřního mikroklimatu (pod hranici CO<sub>2</sub> 1200 ppm (pod hranici CO<sub>2</sub> 1200 ppm tedy na součtové hodnotě  $n=0,21$  ze schodiště a  $n=0,01+0,44$  1/h z exteriéru pro byt 3+1).

Pozn. Doporučené hodnoty se vztahují k celkovému součiniteli prostupu tepla U dle [3].

### 2.1. VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH ANALÝZ

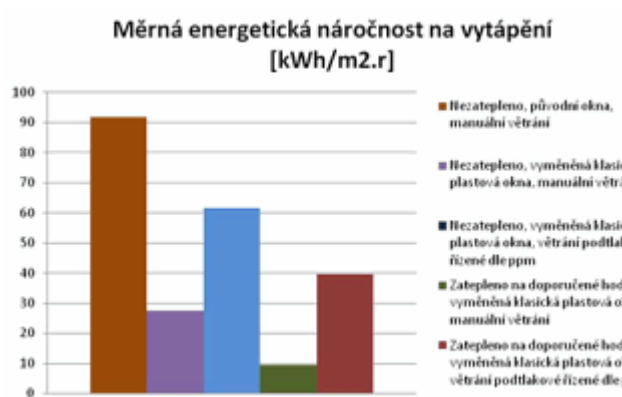
Stávající stav nezatepleného panelového domu vykazuje poměrně překvapivě nízkou měrnou energetickou náročnost vytápění na hodnotě 92 kWh/m<sup>2</sup>.rok Tato hodnota však v porovnání s měřenými údaji na případových studiích obdobných panelových domů (tedy energetickou náročností neboli spotřebou tepla) kolem 80-90 kWh/m<sup>2</sup>.rok ukazuje, že se simulace příliš neodchyluje od reality a lze ji tak použít jako výchozí bod pro další výpočty s aplikovanými opatřeními.

Pokud analyzujeme výměnu oken ze starých netěsných a nekvalitních oken za nová těsná a kvalitní plastová okna, výsledkem je výrazné snížení energetické náročnosti vytápění objektu. Objekt se po výměně oken dostává na 27-62 kWh/m<sup>2</sup>.rok (70-35% úspora) v závislosti na

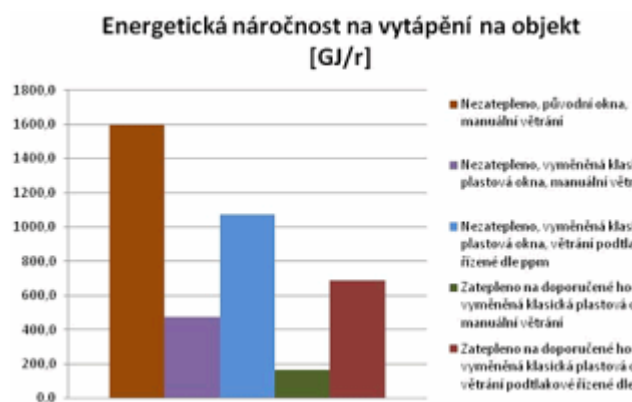
uvažované výměně vzduchu. Spodní hranice rozmezí uvažuje nehygienickou dnešní praxi s manuálním způsobem otevírání oken. Horní hranice uvažuje dostatečný přísun čerstvého vzduchu bez zpětného využití tepla z odpadního vzduchu.

Pokud po provedení výměny oken taktéž provedeme zateplení obálky budovy (tedy střechy, obvodových stěn a dělicí stropní konstrukce do suterénu) na doporučené hodnoty z hlediska prostupu tepla dle [3], pak můžeme očekávat u panelového domu skutečně velmi nízké energetické náročnosti vytápění, které se v simulovaném příkladu pohybují na hodnotách 10-40 kWh/m<sup>2</sup>.rok (89-57% úspora). Tak jako u výměny oken i zde je rozmezí hodnot způsobeno různým zvažováním intenzity větrání od dnešní nehygienické praxe (spodní hranice) až po dostatečný hygienický přísun vzduchu bez zpětného využití tepla z odpadního vzduchu (horní hranice).

Pokud bychom zvažovali využití nuceného větrání s rekuperací při dostatečném přísunu čerstvého vzduchu, lze pro variantu výměny oken uvažovat odhadem hodnoty na 40-55 kWh/m<sup>2</sup>.rok (57-40% úspora), pro zateplení a výměnu oken pak 20-25 kWh/m<sup>2</sup>.rok (78-73% úspora).



Obrázek 2. Měrná energetická náročnost vytápění jako výsledek dynamické simulace objektu pro jednotlivé scénáře opatření. [1]



Obrázek 3. Energetická náročnost vytápění objektu v absolutních číslech jako výsledek simulace pro jednotlivé scénáře aplikovaných úsporných opatření. [1]

## 2.2. ZÁVĚRY PRO OBJEKT JAKO CELEK

Absolutní výsledky dynamické simulace je nutné brát s rezervou. U simulace je vhodné zaměřit se spíše než na koncové hodnoty na jednotlivé závislosti, vzájemné porovnávání jednotlivých variant.

Důležité zjištění vyplývá z rozdílů původního stavu a aplikované výměny oken. Zde je patrná významná předpokládaná úspora na 70-35 %, s rekuperací pak na cca 50 %. Vysoká poměrná úspora je však na analyzovaném objektu způsobena netradičně "kvalitní" původní fasádou objektu s 80 mm polystyrenu. Podíl tepla, který propustí původní stěny, je u tohoto objektu netradičně nízký v porovnání s jinými panelovými budovami a úspora okny je takto logicky velmi vysoká.

Pro komplexní variantu zateplení a výměny oken lze dosáhnout předpokládané úspory 89-57 %, s rekuperací pak na cca 75 %.

Z širokého rozmezí hodnot u analyzovaných variant lze také udělat závěr, že energetická náročnost vytápění závisí u panelových domů velmi výrazně na intenzitě větrání. Zejména po zateplení a výměně oken se množství větracího vzduchu (taktéž zpětné získávání tepla) stává zásadně důležitým parametrem, který určuje výši spotřeby tepla na vytápění.

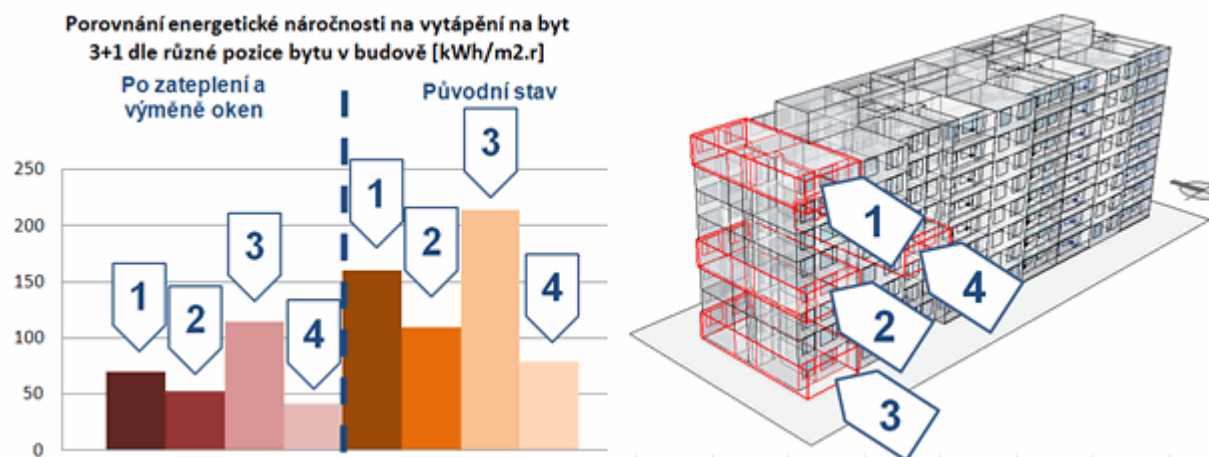
### 3. CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH BYTŮ

Dále byl model podrobněji analyzován na úrovni jednotlivých bytů. Na následujících grafech lze vysledovat závislosti pozice bytů, závislosti energetické náročnosti vytápění na aplikovaných opatřeních, závislosti na existenci či používání zasklení lodžii.

Objekt se zpravidla hodnotí jako celek. Mezi jednotlivými byty jsou však zásadní rozdíly. Z odhadnutých rozdílů vychází pak rozúčtovací metody spotřeby tepla v domě, do budoucna (od roku 2015) lze předkládat také vytvoření jakéhosi klíče pro povinné bytové průkazy energetické náročnosti podle evropské směrnice známé jako EPBD Recast [4].

#### 3.1. ENERGETICKÁ NÁROČNOST NA VYTÁPĚNÍ PODLE POZICE BYTU V BUDOVĚ

Souvislost energetické náročnosti vytápění s pozicí bytu v budově lze sledovat na následujícím grafu.



Obrázek 4. Porovnání energetické náročnosti vytápění za rok v závislosti na pozici bytu v budově pro byty 3+1 označené šipkou na obrázku. [1]

Analýza porovnává byt rohový podstřešní (1), krajní na štítové stěně (2), spodní rohový nad nevytápěným podlažím (3) a byt vnitřní obklopený ostatními byty (4).

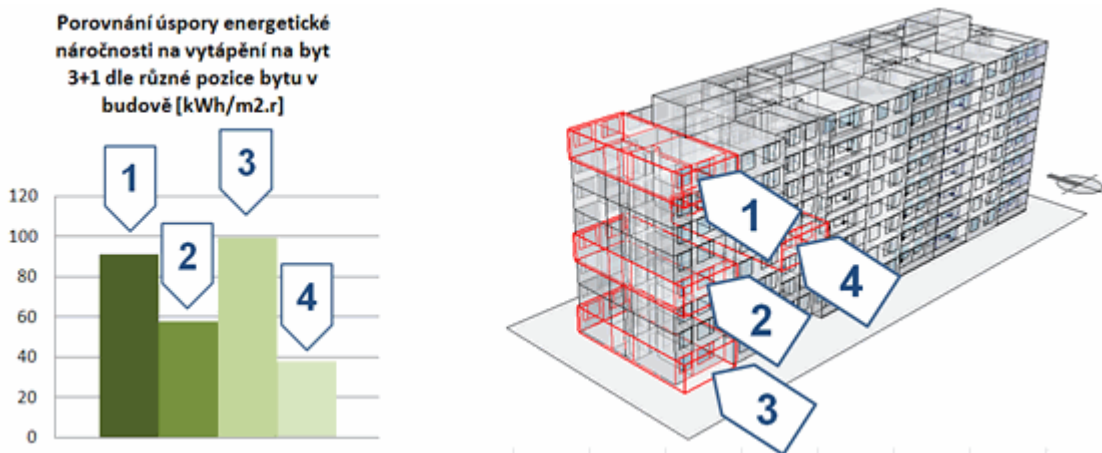
Jak dokazuje analytické porovnání, mezi pozicemi bytů v budově je zásadní rozdíl ve výpočtové energetické náročnosti vytápění. Možná překvapivě vykazuje nejvyšší výpočtovou potřebu rohový byt avšak nikoli pod střešním, ale nad nevytápěným suterénem (3). Pokud dáme rohovému bytu nad suterénem pomyslných 100%, pak rohový byt pod střešním vykazuje hodnotu 75 %, následuje krajní byt na štítové stěně na cca 50 %, byt vnitřní má nejnižší energetickou náročnost na cca 40 % extrémní hodnoty.

Překvapujícím závěrem je náročnost bytů nad suterénem. Vzhledem k předpokladu, že v dělicí podlahové konstrukci mezi vytápěnými byty a nevytápěným podlažím není ve skladbě téměř žádná izolace, může docházet k výraznému nárůstu celkové energetické náročnosti během roku. V suterénních prostorách sice nejsou extrémní venkovní chladné teploty, avšak mohou se zde po celé otopné období držet teploty kolem 5-15 °C (v případě alespoň částečně provětrávaného prostoru). Výrazné ztráty tepelně-izolačně nekvalitní konstrukcí zde tedy probíhají nejen v chladných zimních venkovních dnech, ale též v přechodných ročních obdobích. Obdobný efekt můžeme sledovat u měřených dat panelového objektu například v [6].

#### 3.2. ENERGETICKÁ NÁROČNOST VYTÁPĚNÍ PODLE APLIKOVANÝCH OPATŘENÍ

Nejen stávající spotřeby energie na vytápění, ale též získaná úspora z provedené rekonstrukce je vysoce závislá na poloze bytu v budově tak, jak ukazuje následující graf.

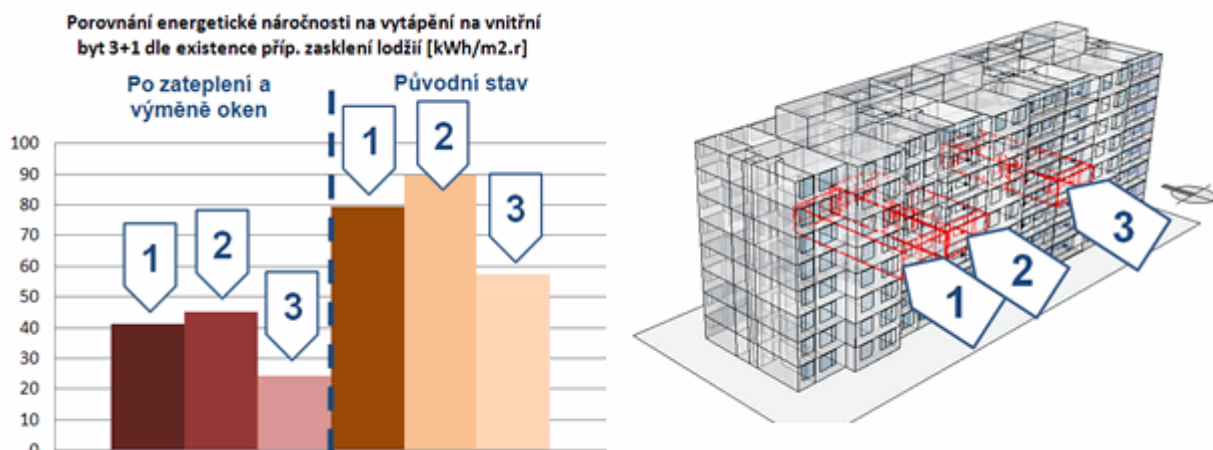
Pokud analyzujeme rekonstrukci formou zateplení fasád a výměny oken (konkrétně popsáno výše), lze sledovat absolutní předpokládanou úsporu v energetické náročnosti vytápění tak, jak ukazuje graf v zelených sloupcích. Zde platí, že byty s největší původní spotřebou na vytápění (před rekonstrukcí) také na vlastní rekonstrukci nejvíce "vydělávají". Velmi přibližně lze říci, že byty v okrajových polohách (1 a 3) mohou očekávat dle výpočtu přibližně dvojnásobnou absolutní úsporu nežli byty vnitřní (2 a 4).



Obrázek 5. Porovnání úspory po rekonstrukci energetické náročnosti na vytápění za rok v závislosti na pozici bytu v budově pro byty 3+1 označené šipkou na obrázku. [1]

### 3.3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST VYTÁPĚNÍ PŘI ZASKLENÝCH LODŽIÍCH

Simulovaný objekt je dále pro účely porovnání energeticky úsporného efektu zasklení či vůbec existence lodžii rozdělen na tři celky. Zleva na obrázku objektu i v jednotlivých grafech se jedná vždy o byt bez lodžie (1), prostřední je vždy byt stíněný lodžii avšak bez zasklení (2), vpravo je pak znázorněn byt s lodžii s uzavřeným zasklením během otopného období (3).



Obrázek 6. Porovnání energetické náročnosti vytápění za rok pro vnitřní byty 3+1 označené šipkou na obrázku. [1]

Z porovnání vnitřních bytů je patrná závislost energetické náročnosti vytápění na existenci/neexistenci lodžii a případném zasklení lodžii. Energetická náročnost se v závislosti na těchto parametrech mění vlivem odlišného zastínění okenních ploch a případným snížením tepelné ztráty nárazníkovou zónou zasklené lodžie (uzavřená lodžie má vyšší teplotu vzduchu nežli je aktuální venkovní teplota v otopném období).

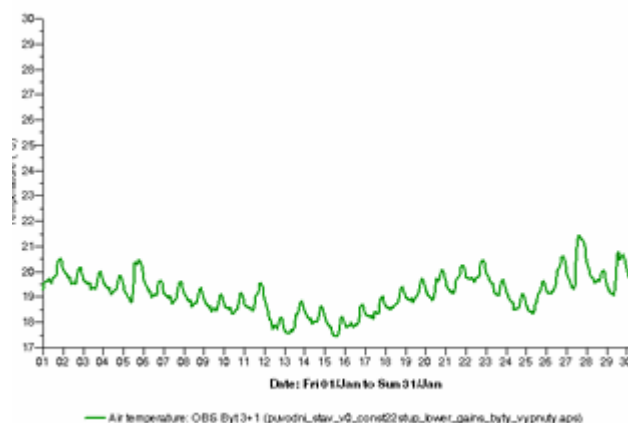
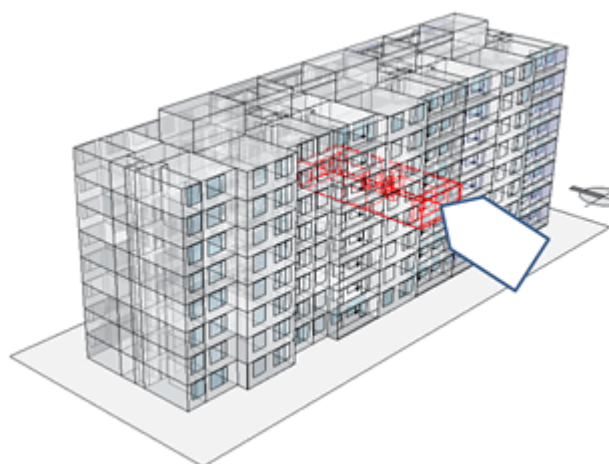
Z výsledků lze konstatovat závěr, že byt v původním stavu se zasklenou lodžii po jižní i severní straně (s uzavřeným zasklením během tří hlavních otopných měsíců) je z hlediska spotřeby tepla na vytápění cca o 30 % šetřejší nežli ostatní byty. Úsporný efekt je jak ve ztrátě prostupem, tak zejména ve ztrátě větráním. Vzduch v bytech s lodžii je totiž infiltrovaný přímo z lodžie a je tak přirozeně (nikoliv technologicky) předehříván.

Závěry z této analýzy lze brát pouze jako zjednodušené a odhadové. Podrobněji se úspornému efektu zasklení lodžii věnuje jiný článek série o panelových domech s názvem "REGENERACE LODŽIÍ A BALKONŮ PANELOVÝCH DOMŮ."

### 3.4. ENERGETICKÁ NÁROČNOST VYTÁPĚNÍ PRO RŮZNÁ CHOVÁNÍ UŽIVATELŮ

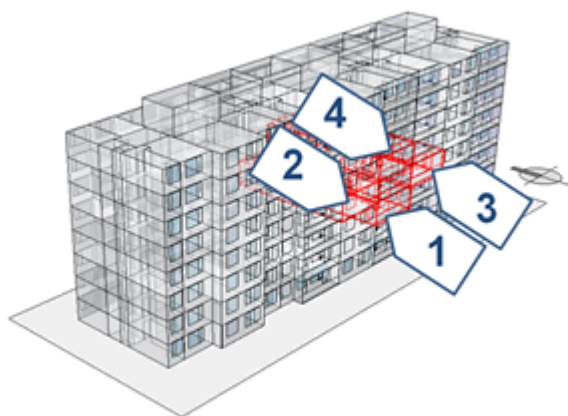
Poslední analýzou, kterou se výzkumný tým společnosti EkoWATT zabýval, je různá vytápěcí teplota bytů a s tím spojené souvislosti v navýšení či snížení ekonomických nákladů na vytápění jednotlivých bytových jednotek.

Dělicí konstrukce v panelovém domě nemají téměř žádné tepelně-izolační vlastnosti. Teplo tak v rámci budovy může téměř bez odporu proudit vždy podle teplotního spádu z více vytápěných bytů do méně vytápěných bytů. Díky tzv. "radiátorové" metodě rozúčtování [5] tak vzniká potenciál vnitřních bytů značně finančně ušetřit na úkor jiných okolních bytů a to bez významného poklesu vnitřního komfortu v bytu viz Obrázek 8. Teplota v bytech se zcela vypnutým vytápěním totiž klesá dle simulace v extrémních dnech na minimálně 17°C. V absolutních číslech energetické náročnosti na vytápění tento jev ukazuje provedená simulace. V rámci simulace byly sledovány dva efekty: navýšení energetické náročnosti okolních bytů a závislost tohoto navýšení na kvalitě obálky budovy, na provedených úsporných opatřeních viz Obrázek 9 a Obrázek 10.



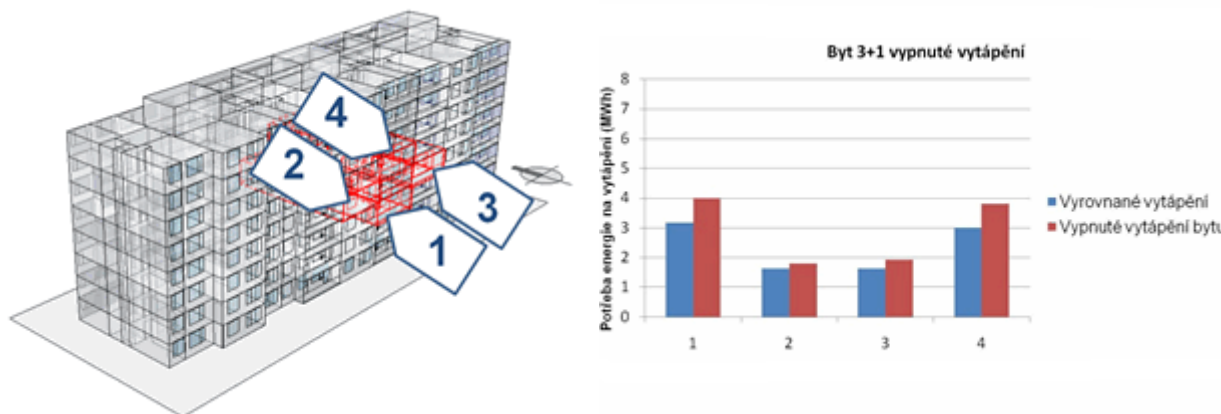
Obrázek 7. Označení bytu se zcela vypnutým vytápěním pro analýzu dopadu na potřebu tepla na vytápění okolních bytů.

Obrázek 8. Graf poklesu teploty vzduchu v bytě 3+1 po zcela vyřazeném systému vytápění bytu během týdne v zimním období.



Obrázek 9. Grafy bytů v sousedství vlevo, vpravo, nad a pod bytem se zcela vypnutým vytápěním pro původní stav objektu.

Pokud se nejprve zaměříme na navýšení energetické náročnosti okolních bytů v případě zcela vypnutého vytápění vnitřního bytu, jedná se o cca 10-25 % (tedy zhruba 500-1500 kWh/r) u každého okolního bytu pro případ původního stavu objektu. V případě zateplené obálky budovy, vyměněných oknech, se jedná procentuálně o identický rozdíl, avšak v absolutních číslech není rozdíl již nijak zásadní (zhruba 300 - 800 kWh/r). Především pak absolutní rozdíly navýšení spotřeby nehrají takovou roli. Pokles teploty vzduchu v bytě s vypnutou otopnou soustavou je



Obrázek 10. Grafy bytů v sousedství vlevo, vpravo, nad a pod bytem se zcela vypnutým vytápěním po zateplení obálky budovy, výměně oken.

také o poznání menší u rekonstruované varianty (2-3°C max) nežli u původního stavu objektu (4-5°C max). Lze tedy konstatovat, že kvalitně zrekonstruovaný objekt je na problémy mezibytových ztrát, a s tím spojených financí, podstatně méně náchylný.

Článek je součástí informační kampaně projektu výzkumu a vývoje Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoenergetickém standardu VAV-SP-3g5-221-07 podpořeného Ministerstvem pro životní prostředí České republiky

### Recenze doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda

Článek pojednává o vlivu různých úsporných opatření na celkovou energetickou náročnost vytápění panelového domu, ale jde též do podrobnější analýzy jednotlivých bytů. Text je přehledný s jasnými závěry, které si čtenář jednoduše zapamatuje. Obzvláště zajímavá je analýza vlivu bytu se zcela vypnutým vytápěním na jeho okolí. K článku nemám žádné připomínky.

### Reference

- [1] Kol. autorů, (2008): IES <Virtual Environment> 5.9.0. 2008. <<http://www.iesve.com/>>
- [2] Kol. autorů, (2008): IES <VE> 5.9.0. (2008): CIBSE HeatLoss&HeatGain (ApacheCalc) CalculationMethods
- [3] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2007
- [4] Směrnice 2010/31/EU, (2010): Směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD Recast)
- [5] Klokočník, (2009): Rozúčtování nákladů na vytápění bývají zcela nevěrohodná, PortálSVJ.cz
- [6] Kratz, Dummin, (2004): Innovative Niedrigenergiesanierung Abert-Schweitzer-Viertel - Messungen und Auswertungen, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
- [7] Galád, Matějček, Müller, Ráž, (2008-2010): Série článků, Aktivní úspory tepla metodou termohydraulického řešení pro 21. Století, TZB-info.cz
- [8] Vymětalík, V., Zwiener, V. (2007): Vliv výměny oken v panelovém domě na sledované parametry vnitřního prostředí v souvislosti s výměnou vzduchu v obytném prostoru. Dektima, 7/2007, 36-42.
- [9] Kotek, Vogel, Beranovský, Macholda (2010): Rekuperace tepla v panelovém domě - ano či ne? Ekonomika a vnitřní mikroklima řízeného větrání s rekuperací tepla [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [10] Beranovský, Kotek, Vogel, Antonín, Macholda (2010): Větrání panelových domů - opatření a jejich limity [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [11] Kotek, Šancová, Vogel, Branovský, Macholda (2010): Systém řízeného nuceného větrání s elektrickou topnou spirálou [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [12] Kolektiv autorů, spolupráce Matuška (2010): Solární soustavy pro přípravu teplé vody na panelových domech [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [13] Purkert, Beranovský, Srdečný, Vogel, Kotek, Šancová, Antonín (2010): Lze využít fotovoltaické panely pro panelový dům? [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [14] Šancová, Vogel, Kotek, Antonín, Macholda, Beranovský (2010): Kompletní regenerace panelových domů z pohledu snižování spotřeby energie a zlepšení kvality bydlení [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [15] Šancová, Macholda, Antonín, Vogel, Kotek, Krajcarová, spolupráce Gattermayerová (2010): Zateplování panelových domů - technologické limity [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.
- [16] Krajčovičová, Kotek, Vogel, Antonín, Macholda (2010): Statistický přehled panelových domů v krajích ČR [Online]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie.