

KOMPLEXNÍ REKONSTRUKCE PANELOVÝCH DOMŮ V NÍZKOENERGETICKÉM STANDARDU VAV-SP-3G5-221-07

Abstrakt



Mgr. František Macholda, MBA a kol.

Prosinec 2010



Abstrakt

Text je abstraktem ke zprávě k výzkumnému úkolu VAV-SP-3G5-221-07 v rámci resortního programu výzkumu v působnosti Ministerstva životního prostředí (program SP3: Výzkum environmentálních technologií, Oblast výzkumu SP3g: Environmentální technologie, racionální využití energie a obnovitelné zdroje energie (OZE), Cíl SP3g5: Rozšířit aplikaci OZE při rekonstrukcích i nové výstavbě budov; integrace s klasickými zdroji i samostatná aplikace s ohledem na možnosti energeticky soběstačných systémů (pasivní domy); zdokonalit vlastnosti uvedených systémů. Text obsahuje ukázkou řešené problematiky, dílčích výzkumných úkolů a závěrečných výsledků. Abstrakt je rozdělen do následujících kapitol:

1. HLAVNÍ CÍLE VÝZKUMU
2. STRUKTURA ZPRÁVY A METODA HODNOCENÍ
3. KOMPLEXNÍ PARAMETRICKÝ MODEL A HODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ
4. PŘÍKLADY DÍLČÍCH VÝZKUMNÝCH ÚKOLŮ – MĚŘENÍ
5. PŘÍKLADY DÍLČÍCH VÝZKUMNÝCH ÚKOLŮ – PODRUŽNÉ VÝPOČTY

1. HLAVNÍ CÍLE VÝZKUMU

Hlavním cílem výzkumného úkolu je nalezení způsobu komplexní modernizace panelových budov, který umožní dosáhnout snížení produkce systémových emisí CO₂ spojených s jejich provozem (mimo spotřeby elektřiny) o více než 50 %, přičemž navržené úpravy budou přijatelné z hlediska vícekritériálního hodnocení projektu.

Tohoto snížení je možné dosáhnout vhodnými kombinacemi úsporných opatření. Ve zprávě jsou mimo jiné analyzována taková úsporná opatření pro snižování energetické náročnosti panelových budov, která nejsou v současné době aplikována z technologických nebo ekonomických důvodů, ale lze předpokládat, že v nedaleké budoucnosti budou moci být používána běžně.

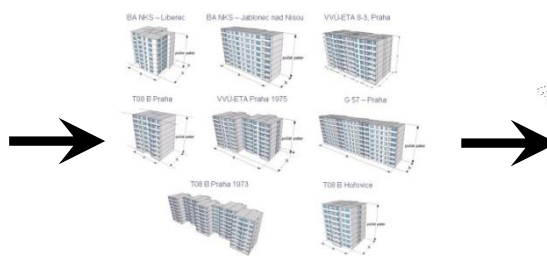
Výsledky cílových hodnocení ukazují, že **fond panelových budov ČR má velice dobré předpoklady k reálné rekonstrukci do energeticky pasivního standardu** (podle TNI 73 0330). Při vhodně zvolené kombinaci úsporných opatření **dosáhne parametrů pasivního objektu cca 85% panelových budov**. Vzhledem k jejich současnému stavu lze konstatovat, že taková rekonstrukce může být dobře realizovatelná jak z environmentálního pohledu, tak i z hlediska ekonomického s **přijatelnou finanční návratností**.

2. STRUKTURA ZPRÁVY A METODA HODNOCENÍ

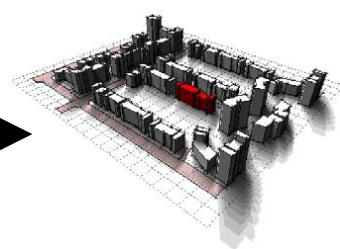
Hlavní metodou hodnocení v rámci projektu směřují k výstavbě komplexního výpočetního modelu popisujícího tzv. virtuální město panelových budov. Model tedy, na rozdíl od výpočtu jednoho konkrétního objektu, hodnotí celý statistický vzorek zastupující fond panelových budov v České Republice. Díky takovému přístupu je možné vyhodnotit efekt jednotlivých úsporných opatření i jejich kombinací na celém spektru různých tvarových a dispozičních řešení panelových objektů z různých období výstavby. Vzhledem k vzájemné provázanosti vlastností původní budovy a opatření je vždy výsledné chování odlišné pro konkrétní objekt. K poskytnutí obecně platného pohledu na výhodnost opatření, ať již v oblasti environmentální nebo ekonomické, je tedy nutné vyhodnotit vliv opatření na celém „virtuálním městě“ panelových objektů.



fond panelových budov ČR

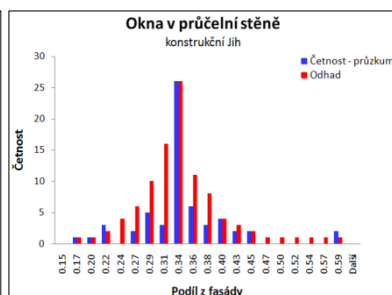
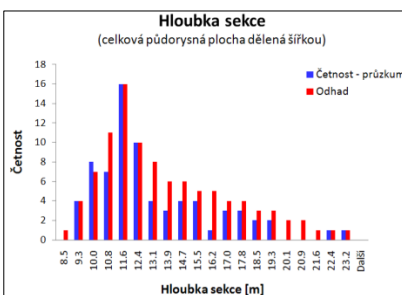
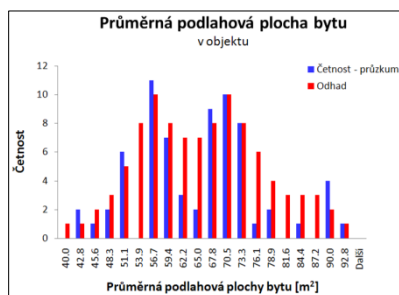


základní charakteristiky objektů



model „virtuálního města“

K výstavbě komplexního modelu slouží dílčí výzkumné úkoly. Ty se zaměřují v prvním případě na sběr často těžko dostupných statistických informací o stávajícím fondu panelových budov. U každé důležité vlastnosti objektu jsou shromážděna data ve formě pravděpodobnostního rozdělení napříč spektrem budov. Jedná se především o geometrii a dispoziční řešení budovy, ale také o statistická data o průměrném počtu uživatelů na byt, spotřebách teplé užitkové vody, cenách tepla v různých regionech atd.



Dalším krokem po zajištění vstupních údajů jsou dílčí výzkumné úkoly, zabývající se upřesněním klíčových vstupů a chování opatření. Jelikož standardní, dnes používané, výpočtové postupy (ČSN EN 13790, TNI 730330 atd.) nejsou mnohdy k popisu reálného chování budovy (například spotřeb v objektu) dostačující, slouží další část výzkumných úkolů k přesnému modelování částí objektu jako je schodišťový prostor, prostoru suterénu, zasklené lodžie, chování bytů při vypnutí vytápění, rozdílné spotřeby bytů podle polohy v objektu, kooperace solárního systému s budovou atd. K detailním výpočtům je využito především dynamického modelování zóny s hodinovým (nebo i kratším) krokem výpočtu, využívajícím podrobná klimatická data a umožňujícím stanovit oproti konvenčním postupům například průběhy teploty vzduchu v zóně, zohlednění akumulace stavebních konstrukcí a využití solárních zisků se zahrnutím stínících prvků, stanovení reálných intenzit výměny

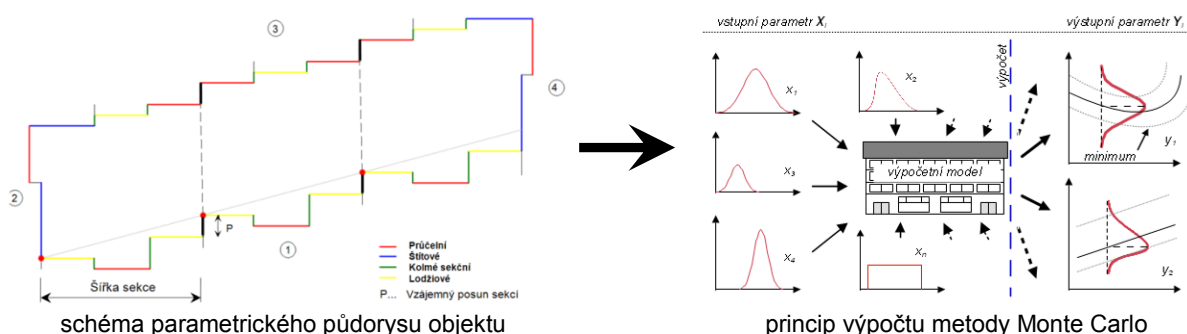
vzduchu podle předpokládaného chování uživatelů atd. Dále je k výpočtům využito takzvaných CFD modelů, umožňujících například výpočty proudění vzduchu a komplexní přenos tepla v tekutinách. Tyto výpočty jsou použity například při analýze proudění vzduchu v prostoru lodžie, návrhu nového větracího elementu do rámu okna atd.

Posledním typem dílčích výzkumných úkolů jsou fyzikální měření potřebná mimo jiné i jako vstupní hodnoty pro detailní dynamické simulace. Příkladem může být měření efektivnosti větrání pomocí samotažné větrné turbíny, dlouhodobé měření průběhu koncentrace CO_2 v bytě panelového objektu, měření průběhu teplot a vlhkostí v prostoru lodžie atd.

V následujícím textu budou uvedeny ukázky dílčích výzkumných úkolů simulací a měření vyúsťující v ukázky cílových výstupů z komplexního parametrického modelu fondu panelových budov v ČR.

3. KOMPLEXNÍ PARAMETRICKÝ MODEL A HODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

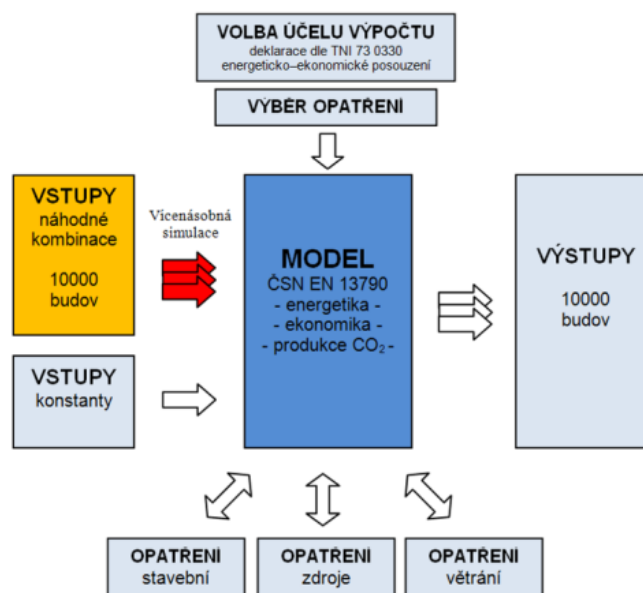
Jednotlivé dílčí výzkumné úkoly vyúsťují výstavbě parametrického modelu panelového objektu, na kterém je posuzován vliv úsporných opatření na celém spektru objektů charakterizujícím fond panelových budov v ČR. K vystavení modelu je použito statistické metody Monte Carlo, kdy soubor 10 000 objektů je popsán parametricky pomocí náhodných kombinací cca padesáti geometrických vstupů. Každý geometrický vstup je popsán svým pravděpodobnostním rozdělením, kterému předchází průzkum na statistickém vzorku reálných objektů. Na celý tento soubor jsou následně aplikována jak jednotlivá úsporná opatření, tak jejich kombinace.



Cca 40 druhů úsporných opatření je jednak z kategorie stavebních (zateplení, výměna oken, zasklení lodží), dále z oblasti větrání (aplikace lokálních / centrálních systémů nuceného větrání s rekuperací), úspor teplé vody (instalace sprchových rekuperátorů), nových zdrojů tepla (využití tepelných čerpadel, instalace nových plynových kotlen) a nakonec z oblasti obnovitelných zdrojů energie (využití termických a fotovoltaických solárních systémů).

Fyzikální vztahy pro energetické, ekonomické a environmentální chování jednotlivých opatření jsou obecně naprogramovány a propojeny s parametrickým modelem objektu. Popis každého opatření je veden jako samostatný dílčí výzkumný úkol s vlastním průzkumem reálně dostupných výrobků, jejich ceny a technických parametrů.

Princip zapojení jednotlivých složek do výpočtu parametrického modelu ukazuje následující schéma.

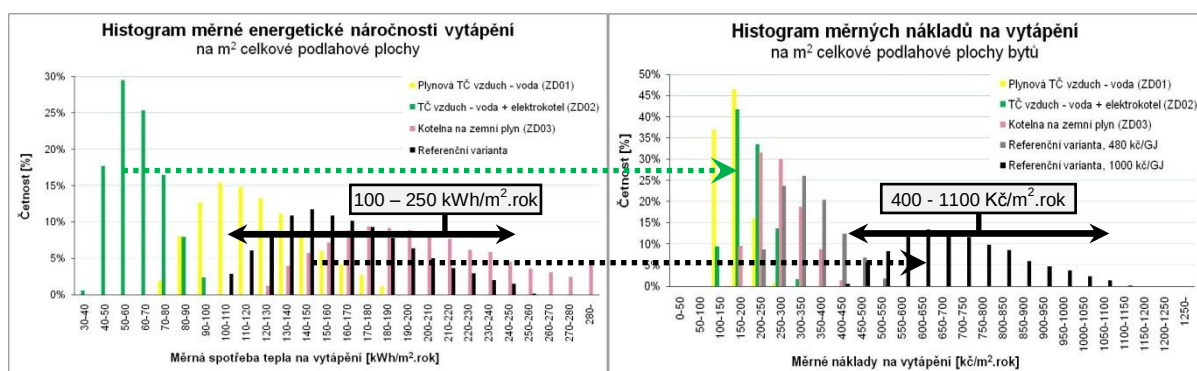


Výsledné výstupy z modelu jsou rozděleny do následujících kategorií:

- Energetika (stanovení úspory a výsledných spotřeb energií po aplikaci opatření, atd.)
- Ekonomika (vyhodnocení prosté, diskontované návratnosti a investičních nákladů atd.)
- Enviroment (vyhodnocení výsledné produkce a úspory emisí CO₂ po aplikaci opatření)

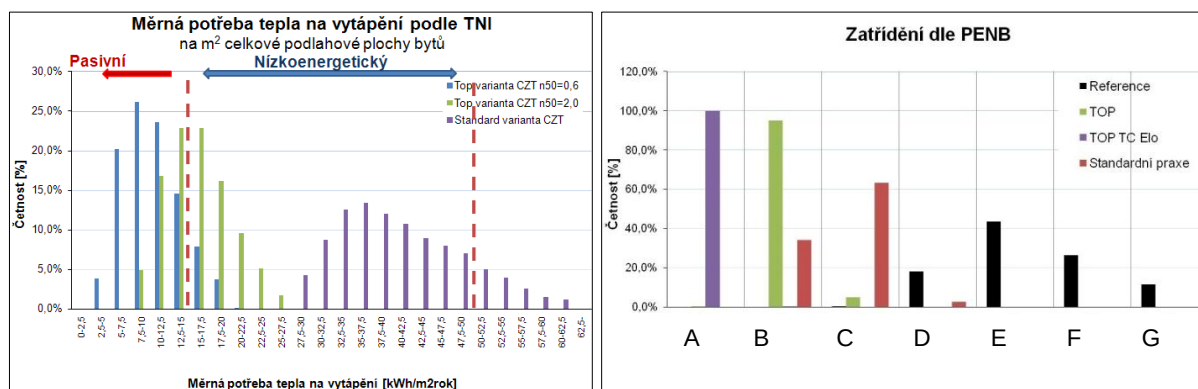
Výsledky hodnocení statistického vzorku jsou uváděny především ve formě pravděpodobnostního rozdělení sledované hodnoty (histogram), tzv. křivek měrného užítku (tedy vzájemné závislosti investičních a provozních nákladů), případně bodových diagramů rozptylu. **V dalším textu budou uvedeny ukázky zmíněných způsobů interpretace.**

Následující grafy uvádějí porovnání instalace nových zdrojů tepla pro vytápění objektu s referenční variantou (stávající centrální zásobování teplem). Z grafů je zřejmé rozložení měrné energetické náročnosti vytápění objektu na 1m² podlahové plochy. Po zavedení ekonomických vztahů respektujících současné ceny energií a provozní náklady do modelu je zřejmý rozdílný dopad instalace zdroje na úsporu energie, respektive úsporu finanční. Z hlediska úspory energie se jako nejvýhodnější může jevit instalace klasických vzduchových tepelných čerpadel, nicméně z hlediska provozních nákladů je instalace plynového tepelného čerpadla jednoznačně výhodnější.

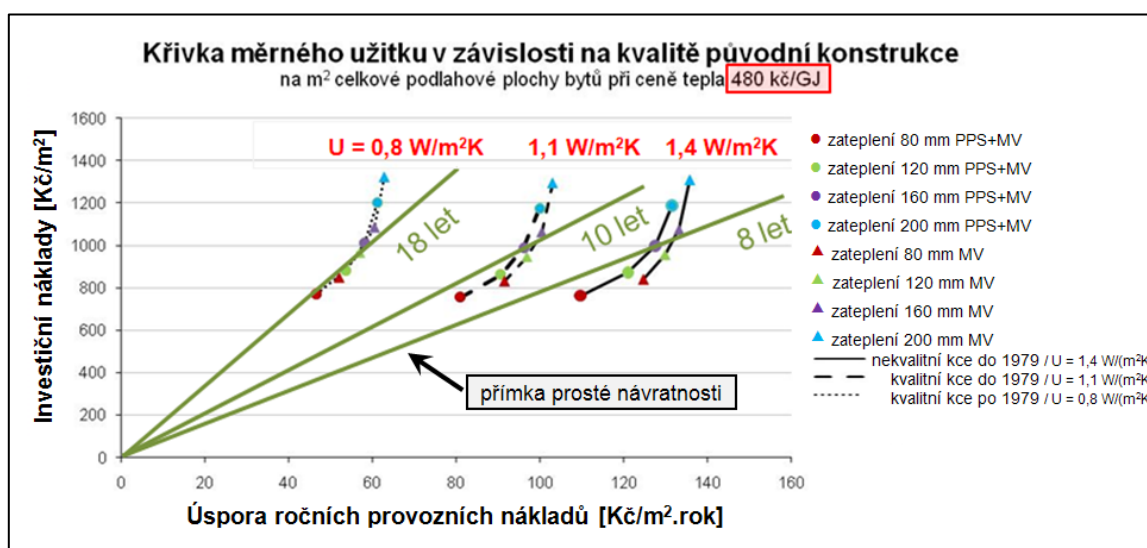


Mimo analýzy jednotlivých samostatných opatření byly na základě ekonomické analýzy jednotlivých opatření specifikovány tři základní kombinace opatření. Kombinace byly voleny tak, aby odrážely jak současný běžný přístup k rekonstrukcím panelových domů (**Standardní současná praxe**), tak analyzovaly progresivní kombinace opatření s cílem dosažení pasivního standardu, tedy alespoň v kritériu měrné potřeby tepla na vytápění (**TOP varianta**). Zároveň je též specifikována kombinace s cílem pasivního standardu včetně instalace vlastního zdroje tepelného elektrického čerpadla na vytápění a přípravu teplé vody (**TOP TČ**). Následující výsledky prezentují rozdíly mezi dnešním přístupem k rekonstrukcím oproti doporučovaným jiným progresivním možnostem.

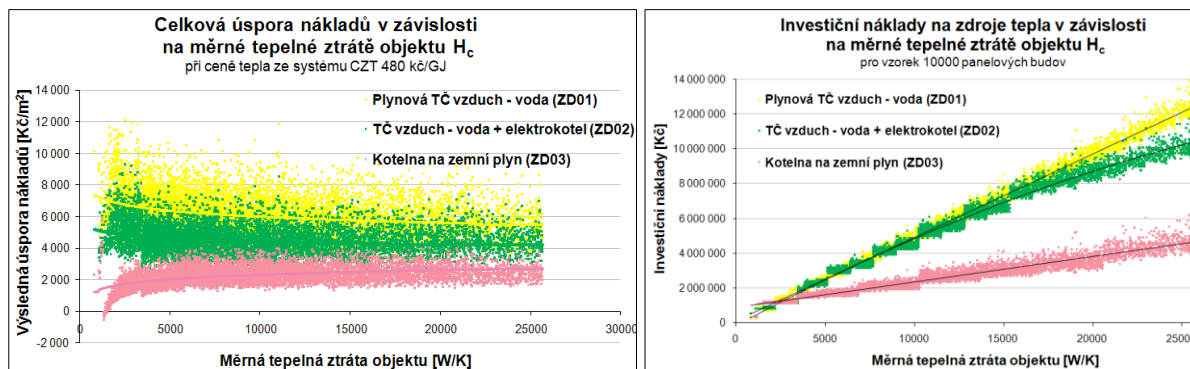
Jako ukázka je zvoleno porovnání dosažitelnosti nízkoenergetického, resp. pasivního energetického standardu pro objekty po rekonstrukci respektující standardní současnou praxi a rekonstrukci ve výše zmíněné TOP variantě. Pro zohlednění vlivu kvality obálky z hlediska neprůvzdušnosti je uvažována TOP varianta s neprůvzdušností obálky budovy $n_{50} = 0,60$ [-] (požadavek na pasivní standard) a $n_{50} = 2,00$. Je zřejmé, že již se současnou praxí zateplení a výměny oken je pro většinu objektů reálná možnost dosažení nízkoenergetického standardu (podle TNI 73 0330). V případě realizace zmíněné varianty TOP s neprůvzdušností $n_{50} = 0,60$ [-] názorně vidět vysoká pravděpodobnost dosažení standardu pasivního.



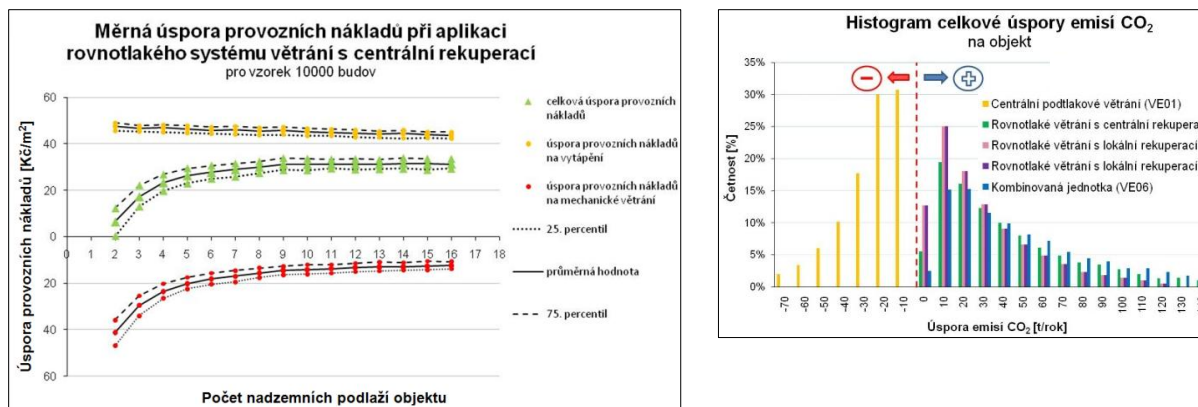
Vzájemnou vazbu investičních a provozních nákladů před a po aplikaci úsporného opatření lze s výhodou interpretovat pomocí tzv. křivky měrného užitku. Jedná se o vzájemnou závislost výše investice do opatření a vzniklé úspory ročních provozních nákladů. Tuto závislost lze současně vyjádřit pro různé skupiny objektů rozříděné podle sledovaného parametru. Následující graf ukazuje křivku měrného užitku pro opatření zateplení obvodových stěn objektu v různých tloušťkách (za použití pěnového polystyrenu, případně minerální vlny) pro 3 sledované třídy objektů. Jedná se o objekty postavené před a po roce 1979, přičemž před rokem 1979 jsou uvažovány dvě třídy kvality izolace obvodových stěn. Z výsledků je evidentní rozdíl při zateplení původně hůře a lépe izolovaného objektu. Výrazně významnější úspory lze dosáhnout zateplením objektu s méně kvalitními konstrukcemi zbudovaného před rokem 1979, přičemž rozdíl v prosté návratnosti investice do zateplení se může podle typu zateplováného objektu lišit až o 10 let! Z výsledků je dále možné vysledovat rozdíl v investičních a provozních nákladech při aplikaci různých tloušťek izolantu.



V závislosti na měrné tepelné ztrátě objektu lze dále stanovit výslednou úsporu celkových nákladů na investici i provoz objektu po dobu životnosti nově instalovaného zdroje. Výsledky ukazují například, že kotelna na zemní plyn má nejmenší nárůst cen v závislosti na tepelné ztrátě. V případě plynové kotleny je výraznějších úspor dosaženo u objektů s vyšší tepelnou ztrátou. V případě použití tepelných je tomu naopak, jelikož investiční náklady na výkonnější tepelná čerpadla narůstají rychleji nežli u kotleny. U tepelných čerpadel se tedy výrazně vyplatí, nejprve snížit tepelnou ztrátu objektu, a teprve následně měnit zdroj.



Následující grafy ukazují příklad úspory provozních nákladů v případě použití centrálního systému větrání s rekuperací v závislosti na počtu pater objektu. Je zřejmé, že výsledná úspora provozních nákladů vychází významnější v případě vyšších objektů, kde se sice mírně snižuje účinnost rekuperace, nicméně po zahrnutí provozních nákladů na elektřinu pro chod systému je znatelná výhoda při obsluhování více bytů jednou jednotkou. Pokud se zaměříme na produkci emisí CO_2 , můžeme konstatovat, že v případě použití všech větracích systémů bez rekuperace, nemůže k úspoře dojít, jelikož pouze navyšujeme provozní energie objektu (za zvýšení kvality vnitřního prostředí). Výsledná úspora v případě užití systémů s rekuperací se bude pohybovat v rozmezí cca 10 až 150 tun/objekt podle velikosti a parametrů rekonstruované budovy.

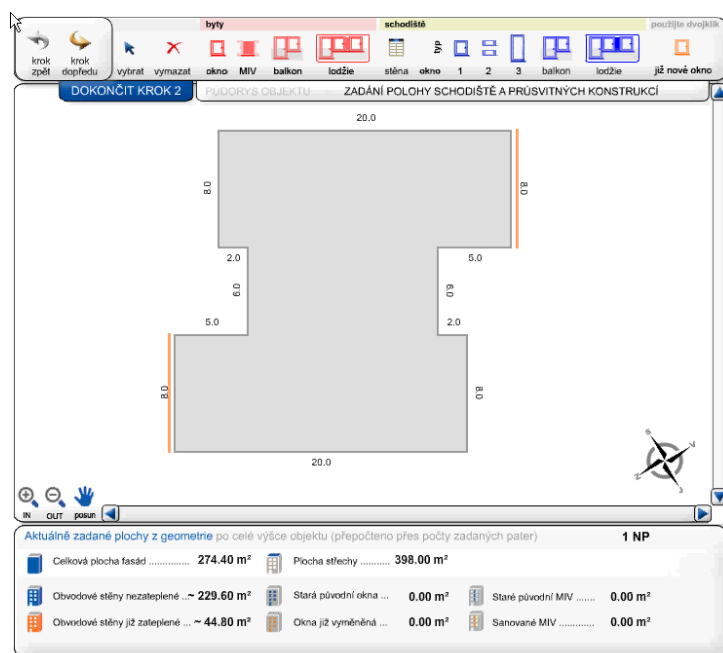


úspora nákladů centrálním systémem podle počtu podlaží

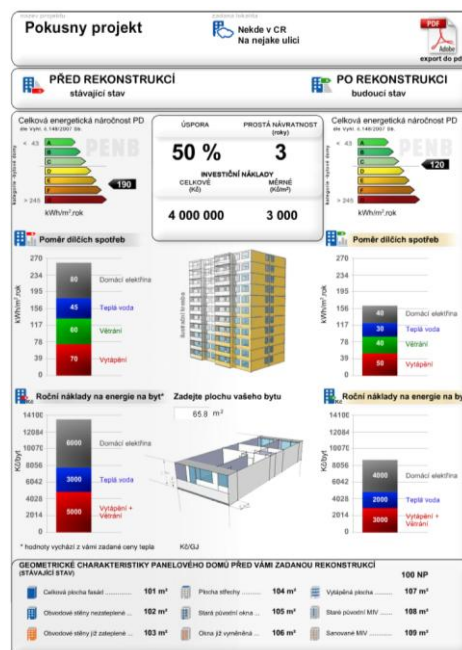
úspora emisí CO_2 pro systémy nuc. větrání

Otevřený nástroj pro hodnocení konkrétního panelového objektu reKONtool

V rámci výzkumného úkolu byl zprovozněn otevřený webový nástroj pro hodnocení energetiky a ekonomiky rekonstrukce konkrétního panelového objektu. Nástroj je určen jak pro laickou veřejnost (správce družtev, studenti), tak pro veřejnost odbornou (energetičtí auditori, projektanti). Nástroj obsahuje pomůcku pro přehledné grafické zadání půdorysu objektu. Po zadání konkrétního stávajícího stavu budovy obsahuje nástroj možnost výběru různých úsporných opatření z oblasti stavební, větrání, teplé vody a aplikace obnovitelných zdrojů energie. Výsledkem je grafický report obsahující informace o energetice objektu před a po rekonstrukci, zařídění podle metodiky průkazu energetické náročnosti a souhrnné informace o finančních úsporách a celkových investičních nákladech na realizovaná opatření vztažených jak pro celý objekt, tak pro konkrétní byt v objektu.



ukázka grafického prostředí pro zadání objektu



ukázka výstupního reportu

4. PŘÍKLADY DÍLČÍCH VÝZKUMNÝCH ÚKOLŮ – MĚŘENÍ

Měření efektivity větrání pomocí samotažné větrné turbíny in situ

Měření efektivity větrání samotažných větrných turbín, bylo zařazeno mezi zkoumaná témata z toho důvodu, že podle některých zdrojů, např. Cifrinec, Žďára (2008), je tento způsob větrání vhodný spíše pro menší bytové nebo spíše rodinné domy a u vyšších budov je tento způsob ventilace neúčinný. Očekávaným přínosem měření je zjištění skutečného chování ventilačních šachet v panelových domech a stanovení přínosu ke zlepšení kvality vnitřního prostředí po instalaci moderního centrálního podtlakového ventilátoru k zajištění výměny vzduchu v bytech. Měření probíhalo v několika bytech po výšce objektu, kdy byly měřeny různé provozní stavy (otevřená okna, zavřená okna, simulovány různé rychlosti větru pro činnost samotažné větrací hlavice a výměna vzduchu v bytech při osazení centrálního podtlakového ventilátoru). Zjišťován byl průtok vzduchu na vstupu ze sociálního zázemí do centrální ventilační šachty.

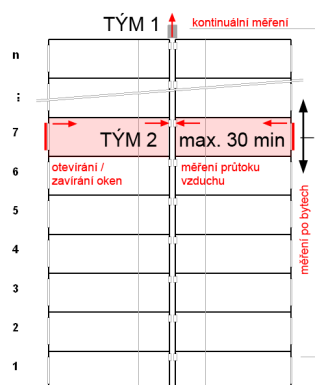


schéma měřených bytů



simulování rychlosti větru



centrální podtlakový ventilátor

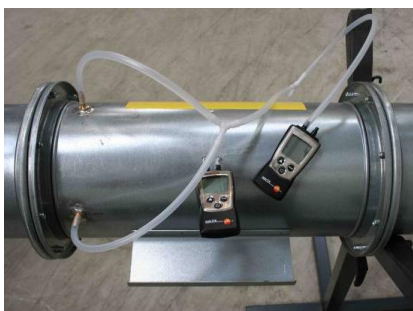
Z měření je patrné, že při průměrných větrných podmínkách pro Prahu, má samotažná větrná turbína na větrání minimální vliv. Při těchto podmínkách cca 4-5 m/s dojde k měřitelným vlivům turbíny pouze v prvních 3 horních podlažích. Vliv vestavěné mikroventilace v oknech se projeví pouze při velmi silném větru. ***Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...***

Laboratorní měření efektivnosti větrání pomocí samotažné větrné turbíny a hlavice typu VH

Mimo měření in situ bylo provedeno laboratorní měření na pokusné měřicí trati. Měřicí aparatura se sestávala z tratě tvořené potrubím o průměru 200 a 315 mm napojené přes redukci na samotažnou větrnou hlavici s kombinovaným elektrickým pohonem.



schéma měřené tratě



osazení čidel v měřicí trati

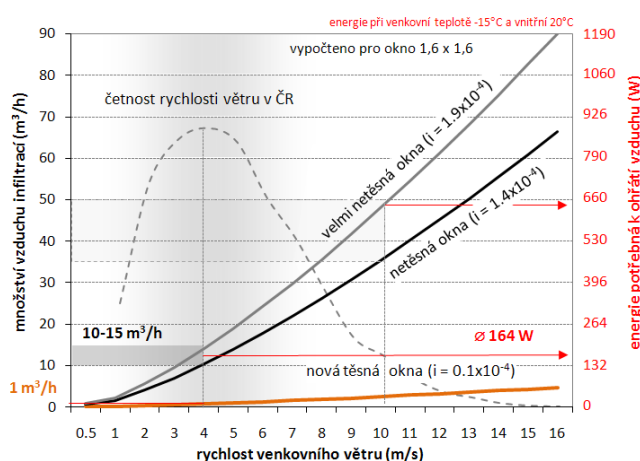


komponenty měření

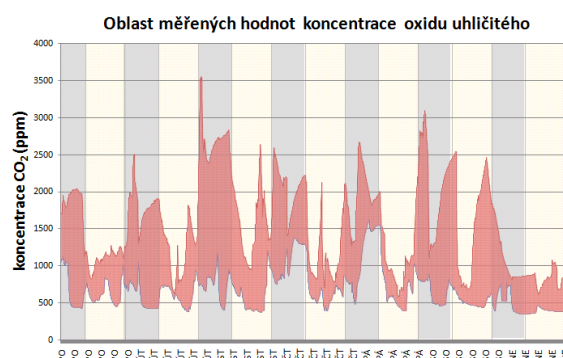
Z měření vyplývá, že zapnutý pohon pomocí elektromotoru odpovídá přibližně rychlosti větru 5 m/s. Samotažná turbína elektromotorem potom pracuje jako radiální střešní ventilátor s minimálním generovaným pod tlakem. Odsávané množství vzduchu může být dostatečné pouze pro několik osob a to pouze za předpokladu, že potřebný tlakový odpor odvětrávaného systému je menší než cca 10 Pa. **Další závěry viz Zpráva...**

Měření průběhu CO₂ v panelovém bytě

Cílem měření je zjištění reálných průběhů koncentrace oxidu uhličitého v bytě panelového objektu jako zásadního parametru vnitřního prostředí a jedné z hlavních veličin, na základě kterých je nutné regulovat systémy větrání. Měření probíhalo v bytě s vyměněnými okny a ukazuje především míru překročení hygienických limitů koncentrace CO₂. Z měřeného časového úseku byly vybrány 4 charakteristické týdny v otopném období a tyto jsou podrobněji vyhodnoceny. Hlavní čidlo CO₂ je umístěno v obývacím pokoji, který funguje zároveň jako ložnice manželského páru.



výměna vzduchu infiltrací na rychlosti větru a kvalitě oken



vybraný týdenní průběh koncentrace CO₂

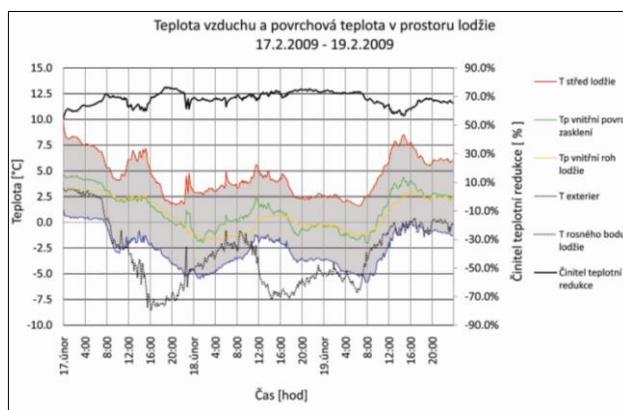
Z měřených dat jsou názorně vidět noční extrémy, které dosahují hodnot až 3500 ppm. S podrobnější analýzou vyplývá, že v nočních hodinách je takřka 70-80% času nad hygienickou úrovní 1000ppm. Z grafu je dále zřejmé, jak v ranních hodinách dochází k nárazovému provětrání bytu a v mnoha případech se hodnota CO_2 dostane k hranici 700 až 1000ppm. Z analýzy přívodu čerstvého vzduchu infiltrací v závislosti na rychlosti větru a kvalitě výplní otvorů lze vyčíst, že ani při starých, netěsných oknech nemůže za průměrných rychlostí větru stačit na splnění hygienických podmínek nutných pro pobyt dvou osob. ***Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...***

Měření průběhu teplot a relativních vlhkostí v prostoru zasklené lodžie

Měření probíhalo na lodžii panelové soustavy typu VVÚ-ETA pro byt s původními dřevěnými okny a zasklením lodžie s neutěsněnými spárami mezi jednotlivými tabulemi. Měřenými veličinami jsou teploty vzduchu (exteriér, střed lodžie), povrchové teploty (zasklení, kritický roh) a vlhkosti vzduchu. Měření slouží mimo jiné k validaci podrobného dynamického modelu, který posléze umožní analyzovat toto úsporné opatření z pohledu spotřeby tepla na vytápění.



měřené lodžie – ukázka kondenzace par z interiéru



vybraný týdenní průběh měřených veličin

Z měření teplot a vlhkostí je například patrné, že v rozmezí venkovních teplot cca 0 až -5.0°C jsou hodnoty rosného bodu v určitých časech překročeny a bude tudíž docházet ke kondenzaci par na zasklení lodžie. Důvodem je nedostatečný odvod vlhkosti pronikající z interiéru. Množství této vlhkosti je značně ovlivněno typem / kvalitou použité otvorové výplně. Z výsledků dále vyplývá, že v zasklené lodžii je v průměru o 5°C vyšší teplota nežli v exteriéru. ***Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...***

Další měření viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...

5. PŘÍKLADY DÍLČÍCH VÝZKUMNÝCH ÚKOLŮ – PODRUŽNÉ VÝPOČTY

Výpočet součinitele teplotní redukce venkovní schodišťové stěny

Pro výpočet tepelné ztráty prostupem objektu je nutné znát součinitele teplotní redukce jednotlivých konstrukcí oddělujících prostory s rozdílnou výpočtovou teplotou. Vnitřní teploty v jednotlivých nevytápěných prostorech se mění v závislosti na proměnných podmínkách v exteriéru a chování uživatelů, a proto může být součinitel teplotní redukce také proměnný. Dílčí výzkumný úkol je zaměřen na roční průběh součinitele teplotní redukce venkovní schodišťové stěny v závislosti na měnícím se režimu otevírání dveří na schodišti, tepelně-technických vlastnostech schodišťové stěny a počtu podlaží na příkladu panelového domu soustavy VVU ETA. Pro výpočet průběhu součinitele teplotní redukce jsou použity teploty získané dynamickou simulací v programu IES<VE>.

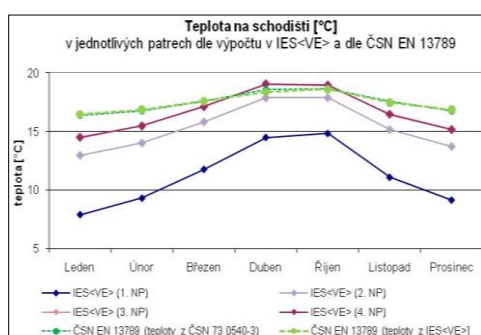


schéma měřené tratě

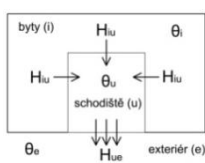
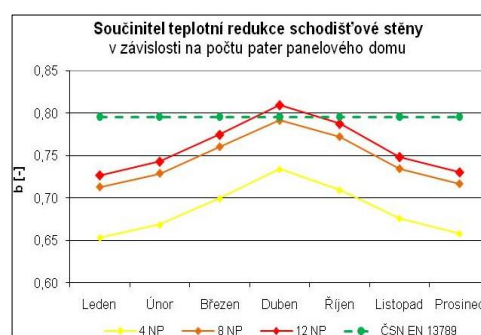


schéma tep. toků



komponenty měření

V běžné praxi se uvažuje ve všech patrech objektů po celý rok konstantní výměna vzduchu. Z dynamických výpočtů provedených s uvažováním proměnných podmínek během roku se ukázalo, že teplota na schodišti se velmi liší v jednotlivých patrech objektu. Nejnižší teplota je díky vysoké infiltraci vchodovými dveřmi a jejich otevíráním v prvním patře objektu. Energetická náročnost objektu stanovená standardním výpočtem bude dosahovat vyšších hodnot, než odpovídá výsledkům dynamické simulace. **Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...**

Analýza přirozeného větrání podle typu oken a způsobu chování uživatelů, ekonomika řízeného větrání s rekuperací v panelovém objektu

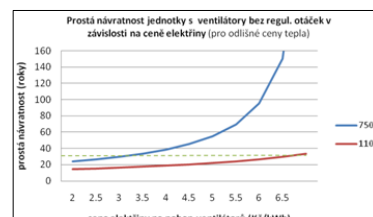
Z hlediska výměny vzduchu v obytných místnostech je třeba hledat optimální řešení mezi hygienickými parametry a spotřebou energií, respektive její cenou. Vyčíslení spotřeb energie a nákladů na větrání je provedeno dynamickým simulačním výpočtem pro modelový případ panelového bytu v softwaru IES<VE>. Nastavená logika větrání, se kterou lidé otevírají okna v zimních měsících, reprezentuje současný běžný stav, kdy se v podstatě větrá minimálně. V rámci výzkumného úkolu je měřeno několik vzorků domácností, ze kterých vychází průměrná hodnota koncentrace CO_2 kolem 2000 ppm ve dne a 3000 ppm v nočních hodinách. Jsou zvoleny tři reprezentativní varianty provozu.



stará netěsná okna (var 1)
 $\Sigma E_{\text{v\acute{e}t}} = 1780 \text{ kWh/rok}$



nová těsná okna (var 2)
 $\Sigma E_{\text{v\acute{e}t}} = 740 \text{ kWh/rok}$

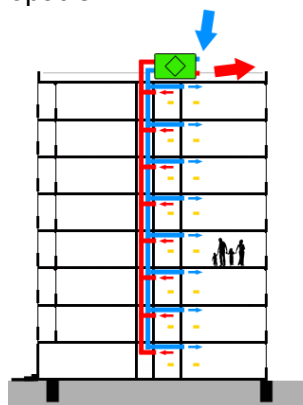


prostá návratnost rekuperace
 pro různé ceny tepla

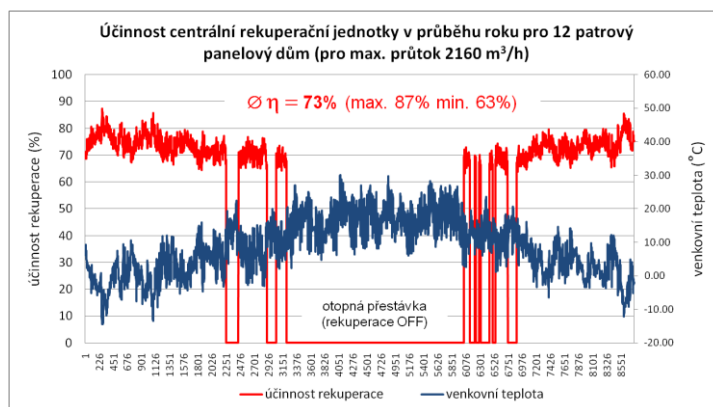
Výsledky hodnocení náročnosti větrání pro výchozí varianty ukazují, že případě starých netěsných oken je energetická náročnost 1780 kWh/rok. Uvažujeme-li cenu tepla 500 Kč/GJ jsou pak náklady 3200 Kč/rok. V případě, že uvažujeme jako výchozí stav byt s novými okny, zaplatíme za větrání ročně 1300 Kč. V případě instalace nuceného větrání s rekuperací se provozní náklady skládají z ceny elektřiny potřebné na provoz rekuperační jednotky a z energie potřebné k dohřevu vzduchu po rekuperaci. Spotřeba jednotky typu bez regulace otáček je v modelovém případě 428 kWh/rok a jednotky s regulací otáček 287 kWh/rok. **Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...**

Analýza provozu lokálního a centrálního větracího systému s rekuperací tepla

Nucené větrání bytových domů pomocí rekuperace tepla je jednou z cest, jak udržet v interiéru přijatelné koncentrace CO_2 a mít nízké provozní náklady na vytápění. Dílčí výzkum je zaměřen na analýzu centrální rekuperační jednotky, která má v poměru k jednotlivým bytům nižší spotřebu elektrické energie než jednotlivé lokální rekuperační jednotky. Centrální jednotka je však napojena na společnou elektřinu v domě, která je až o 2 Kč dražší, než bytová elektřina. Analyzována je především ekonomická návratnost tohoto opatření.



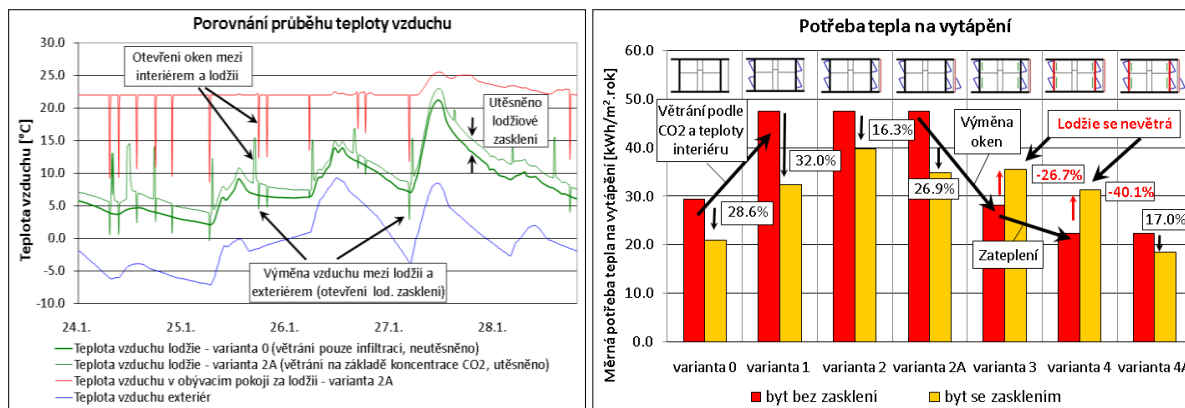
- Legenda**
- ← přívod vzduchu
 - odpadní vzduch
 - ◊ rekuperační jednotka
 - 👤 potřeba vzduchu 25 m³/h x osoby
 - čidla
 - CO_2
 - vlhkost



Z doposud analyzovaných systémů větrání pro panelový dům se jeví centrální rekuperace z ekonomického pohledu jako nepřijatelnější alternativou. Nejvýhodnější je instalace do vyšších panelových domů s větším počtem bytových jednotek. Měrná investice do opatření se pohybuje řádově kolem 40 000 Kč/byt s prostou návratností kolem 15 let pro regiony s cenou tepla kolem horní hranice 1000 Kč/GJ. **Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...**

Vliv zasklení lodžii na úspory v panelových domech s ohledem na vnitřní mikroklima

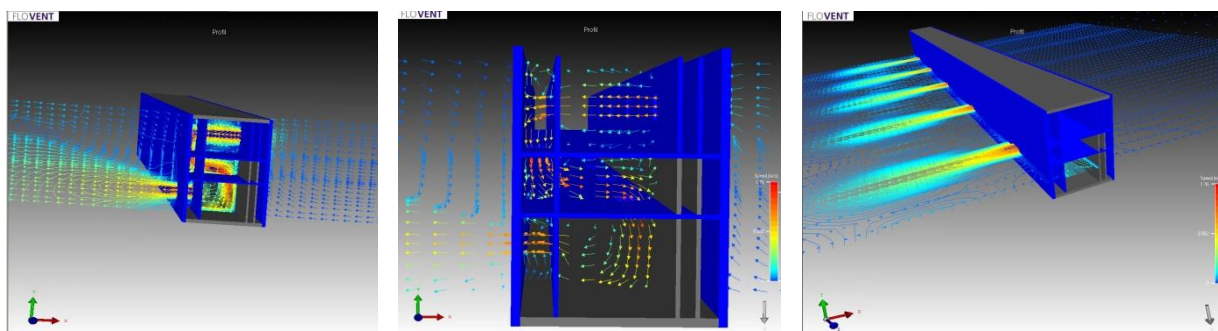
Dodatečné zasklení lodžii panelového domu může značně ovlivnit energetickou bilanci i vnitřní mikroklima jednotlivých bytů. Efekty zasklení nejsou zcela jednoznačné a budou se odvíjet od konkrétního konstrukčního řešení, původních vlastností budovy, ale i způsobu jejího provozu a chování uživatelů. Dílčí výzkumný úkol využívá ke popisu proudění vzduchu do prostoru lodžie tzv. CFD (software Flovent). Studie dále analyzuje pomocí podrobných simulačních metod (software IES <VE>) několik modelových případů zasklených lodžii a snaží se vyjádřit potenciální úspory energií a některé vlivy na vnitřní mikroklima přilehlých obývaných prostor.



U bytů se zasklenými lodžiami lze předpokládat úsporu od 16 do 32 % oproti stavu bez zasklení. Nejvyšší úsporu (cca 32 %) lze očekávat u nezatepleného objektu s původními okny. U řešeného panelového objektu lze přibližně počítat s úsporou necelých 200 kWh na 1 metr délky lodžie a rok (což při ceně tepla 1,7 Kč/kWh a účinnosti distribuce a sdílení tepla v objektu např. 85 % činí 400 Kč/(mb.rok). V případě objektu, kde bude obvodová stěna zateplena, a budou instalována nová okna, bude procentuální úspora přibližně poloviční (17 %). Nejvýhodnější strategií větrání s pozitivním dopadem jak na vnitřní mikroklima, tak na potřebu tepla na vytápění je otevření lodžiového zasklení vždy společně s okny do interiéru. **Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...**

CFD model proudění vzduchu v rámu okna s integrovanou větrací štěrbinou

Cílem dílčího úkolu je návrh tvaru přivětrávací štěrby, který by umožnil přívod vzduchu do obytné zóny panelového objektu. Návrh byl zpracováván ve spolupráci s výrobcem plastových oken (Vekra s.r.o.) a fakultou stavební ČVUT v Praze. Cílem je návrh větracího profilu provedeného vyfrézováním do běžně užívaných okenních ráků současně splňujícího požadavky na dostatečný průtok větracího vzduchu, zamezení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce a předehtřívání vzduchu při průchodu konstrukcí.



rychlost proudění vzduchu v řešeném profilu

Výsledkem jsou především tlakové ztráty při proudění vzduchu profilem podle množství a velikosti řešených otvorů a odvození podtlaku, který je nutné vytvořit pro dostatečné provětrání místnosti. ***Další závěry viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...***

Komplexní regenerace panelového domu - architektonické studie

V rámci dílčího výzkumného úkolu byla zpracována studie rekonstrukce konkrétního panelového objektu. Studie se v širších souvislostech zabývá otázkou kvality bydlení v panelových domech. Řeší dlouhodobý potenciál využití panelového domu především z pohledu architektonického. Hlavní část práce tvoří arch. návrh tří principiálně odlišných variant komplexní regenerace a příklady aplikace různých úsporných opatření.



Další dílčí výzkumné úkoly viz Zpráva VAV-SP-3G5-221-07 ...