

doc. Ing. Dalibor VYTLAČIL, CSc.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra inženýrské informatiky

Snižování spotřeby energie v bytových stavebách při omezených finančních zdrojích



Recenzenti:

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Reduction of Energy Consumption in Residential Buildings under Limited Financial Resources

V příspěvku je prezentován model, který při simulaci změn v existujícím fondu budov používá k popisu fondu skupiny budov s obdobnou spotřebou energie. Po stránce modelování je tento přístup přínosem, neboť využívá vícedimenzionálních polí pro popis jednotlivých dílčích prvků zásob, tedy jednotlivých podskupin celkového fondu budov. Popsaný způsob řešení zvyšuje přesnost výpočtu výstupních parametrů. Základní metodou řešení je systémová dynamika, kdy prvky zásob reprezentují množství budov v metrech čtverečních podlahové plochy. Výstupním parametrem je množství zrekonstruovaných budov. V příspěvku jsou vypočítány výstupní parametry pro tři případy při omezených finančních zdrojích. Zdroje jsou omezeny u vlastníků budov, ale i u veřejných zdrojů poskytovaných státem. Tyto restrikce vytvářejí omezení, které dovoluje snížení energetické náročnosti pouze do určité úrovně.

Klíčová slova: strategie, zásoba budov, systémová dynamika, spotřeba energie

The aim of the research work was the simulation of changes in an existing building stock. The model includes the description of existing stock by means of groups of buildings with similar energy consumption. This approach is the contribution for the simulation methods because the model uses arrays for the description of buildings stocks. This approach increases the accuracy of the calculations. The key method used for the solution is systems dynamics. The model stock element is the stock of buildings represented by the floor area. The output parameter is the amount of refurbished buildings. There are presented three case studies for restricted financial resources. These restrictions create the space for the solution that allows the energy consumption decreasing to a certain level.

Keywords: strategy, building stock, system dynamics, energy consumption

ÚVOD

Cíle pro rok 2030, které se týkají úspor energie, snižování emisí a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů stanovených Evropskou komisí, vyvolávají diskuze o možnostech jejich splnění. Nejnáročnějším cílem je snížení spotřeby energie o 32,5 %. Spotřeba se má zredukovat o tuto hodnotu oproti prognóze z roku 2007 pro rok 2030; pro nás to znamená o 8 % oproti současné spotřebě. Tento cíl není tak jednoduchý, jak vypadá, neboť mnohá opatření byla již realizována. V oblasti staveb je například 82 % staveb již zatepleno (platí pro rok 2017; v roce 2012 nebylo renovováno 77 % bytových jednotek). Při podrobném rozboru technických řešení však lze zjistit, že značná část budov má pouze vyměněné výplně otvorů v obvodovém plášti a možnosti dalšího snížení spotřeby tedy stále existují [1], [2]. Ve většině případů bude třeba přistoupit k pokročilejším a dražším technickým opatřením.

Studie a dostupná data hodnotící stav fondu budov z pohledu spotřeby energie se zabývají možností jejího snížení, ať se jedná o cel-

kovou spotřebu v rezidenčních stavebách, nebo o spotřebu energie na vytápění, viz [3]. Obvyklým postupem je určení množství budov, kde dojde k úsporám energie, a na základě stanovené úspory je stanovena spotřeba pro celý fond budov v České republice.

Popsaný postup neuvažuje dynamiku změn, která je ovlivněna zpožděním při realizacích, kapacitou stavebních firem i výrobců materiálů, ale především nezahrnuje rozhodovací procesy vlastníků. Rozhodnutí vlastníka budovy o zahájení projektu je přitom pro realizaci klíčové.

Hnací síly změn pro uvažovaný systém jsou:

Interní – potřeba snížení provozních nákladů pro vlastníka, rekonstrukce v důsledku opotřebení pasivních a aktivních prvků, rekonstrukce z důvodu morálního zastarávání.

Externí – závazky státu ve vztahu ke spotřebě energie, závazky státu ve vztahu k produkci oxidu uhličitého.

Tento článek se zabývá interními vlivy. Oproti dřívějším publikacím autora se v nově navrženém modelu využívají dostupná data, která popisují stav bytového fondu i z pohledu časového rozložení vzniku jednotlivých budov. Uvažovanými typovými kategoriemi jsou rodinný dům a bytový dům [2]. Přínosem je přesnější stanovení objemu realizovaných projektů, neboť stejné investiční náklady vedou k vyšší úspoře u starších budov. Podlahová plocha u rodinných domů je 195 mil. m² a u bytových domů 156 mil. m². Vstupní hodnoty pro navržený model jsou uvedeny v tab. 1.

Celý systém je silně ovlivněn dostupností finančních zdrojů. Jedná se o vlastní zdroje vlastníka a o zdroje státu, např. dotace. Náklady na dosažení 8 % úspor se odhadují na 625 až 1210 mld. Kč.

Tab. 1 Vstupní hodnoty – podlahová plocha podle roku výstavby

Tab. 1 Input values – floor area according to the year of construction

Období výstavby	Podlahová plocha [m ²]
do roku 1945	55·10 ⁶
1946 – 1960	35·10 ⁶
1961 – 1980	145·10 ⁶
1981 – 2000	88·10 ⁶
2001 – 2011	15·10 ⁶

METODA

Dynamický model využívá systémovou dynamiku. Metoda byla již autorem popsána a je podrobně uvedena např. v literatuře [4] a [5].

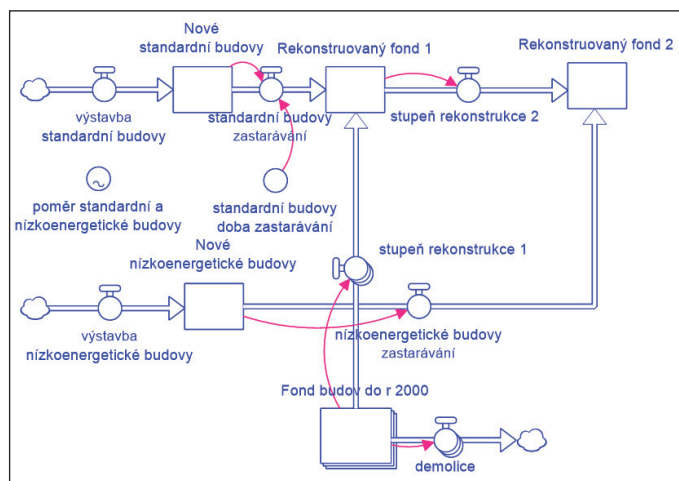
Prvky modelu jsou zásoby, které reprezentují významné hodnoty v řešeném problému, např. podlahovou plochu v existujícím fondu budov a toky, které ovlivňují zásoby. Pro přenos dat jsou využita propojení mezi zásobami a toky.

DYNAMICKÝ MODEL

Klíčová část modelu je znázorněna na obr. 1. Prvek *Fond budov do r. 2000* v sobě zahrnuje čtyři dílčí fondy odpovídající parametrům v tab. 1. Budovy postavené v letech 2000 až 2011 jsou zahrnuty v prvcích *Nové standardní budovy* a *Nové nízkoenergetické budovy*.

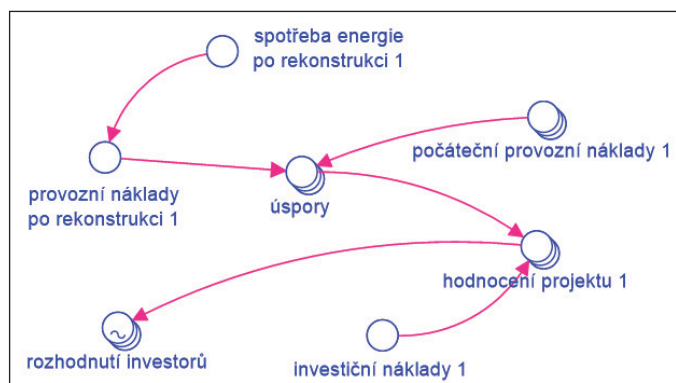
Přesun mezi prvky zásob je i v důsledku rekonstrukce v důsledku opotřebením pasivních i aktivních prvků budovy.

Další podsystém modelu je znázorněn na obr. 2. Popisuje postup při hodnocení projektu úspor. Na základě doby návratnosti se určí procento budov, které budou v daném časovém intervalu rekonstruovány. Zde hraje roli cena energie, kde byl pro sledované období uvažován nárůst o 2 % ročně. V investičních nákladech je uvažována i případná dotace, jedná se tedy o hodnocení z pohledu vlastních zdrojů.



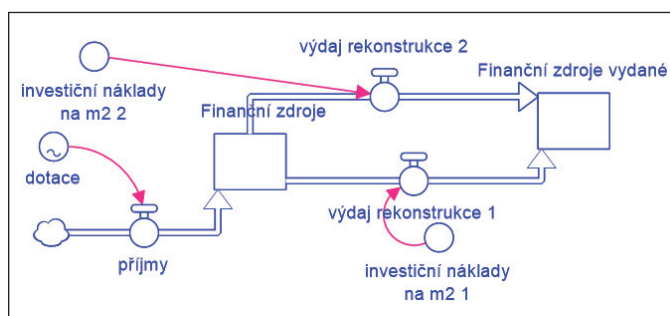
Obr. 1 Model pro popis fondu budov, prvek „Fond budov do r. 2000“ zahrnuje čtyři zásoby budov podle doby vzniku

Fig. 1 Model for description of the building stock, component „Building stock up to yr. 2000“ includes four building stocks based on the time of origin



Obr. 2 Subsystém hodnocení projektu

Fig. 2 Project evaluation subsystem



Obr. 3 Subsystém financování

Fig. 3 Financing subsystem

Na obr. 3 je znázorněn subsystém financování, kdy jsou finanční zdroje doplňovány z dotace a odčerpávány rekonstrukcemi budov. Ty jsou uvažovány ve dvou úrovních. Model tedy uvažuje opětovnou rekonstrukci i budov již jednou rekonstruovaných.

VÝSLEDKY

Počítačová simulace byla provedena pro tři případy:

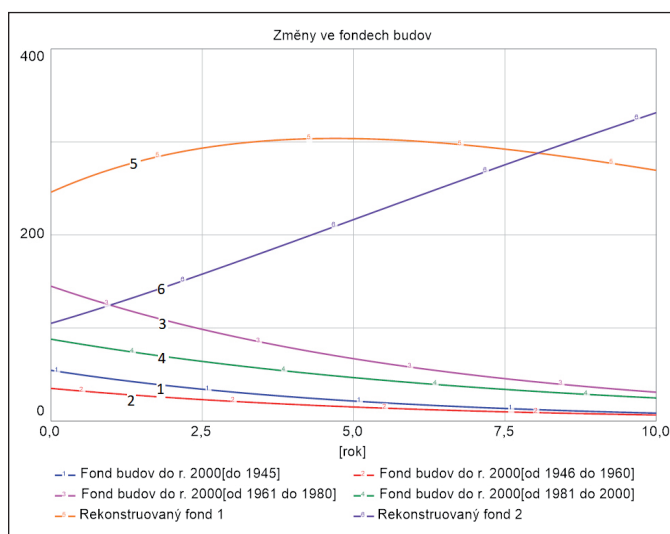
Případ A: Realizace probíhá bez finanční podpory z vnějších zdrojů.

Případ B: Finanční zdroje pro podporu jsou 100 mld. Kč a dotace je uvažována 25 % z investičních nákladů.

Případ C: Finanční zdroje činí 100 mld. Kč a dotace je uvažována 50 %.

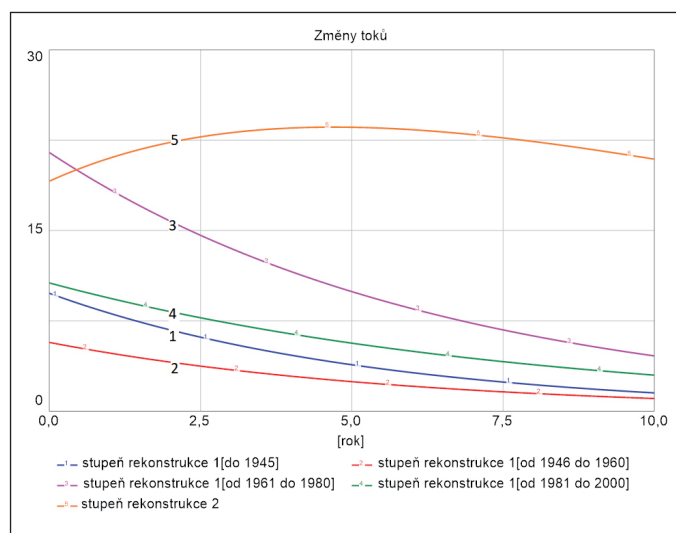
Cílem výpočtu je zjistit konečné objemy podlahových ploch v jednotlivých zásobách budov a stupně rekonstrukce.

Obr. 4 ukazuje dynamiku změn zásob budov pro případ A a na obr. 5 je odpovídající změna ve stupni rekonstrukce. Obr. 6 a 7 ukazují změnu stupně rekonstrukce pro případy B a C. Zde je již dobře vidět vliv dotací na investiční náklady a následně na množství rekonstrukcí. Po dobu čerpání dotací je stupeň rekonstrukcí významně vyšší, po vyčerpání finančních zdrojů skokově klesne.



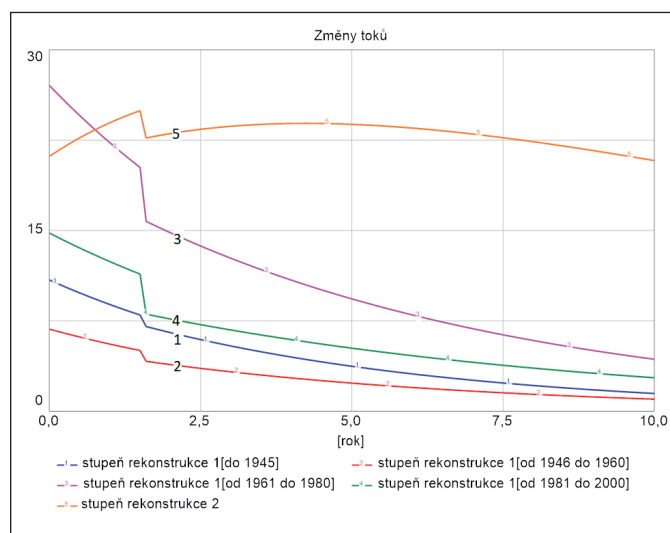
Obr. 4 Změny stavů budov: 1 až 4 – fond budov do r. 2000 podle doby realizace staveb [10^6 m^2]; 5 – rekonstruovaný fond 1 [10^6 m^2]; 6 – rekonstruovaný fond 2 [10^6 m^2]

Fig. 4 Changes in the state of buildings: 1 to 4 – building stock up to yr. 2000 according to the construction period [10^6 m^2]; 5 – refurbished stock 1 [10^6 m^2]; 6 – refurbished stock 2 [10^6 m^2]



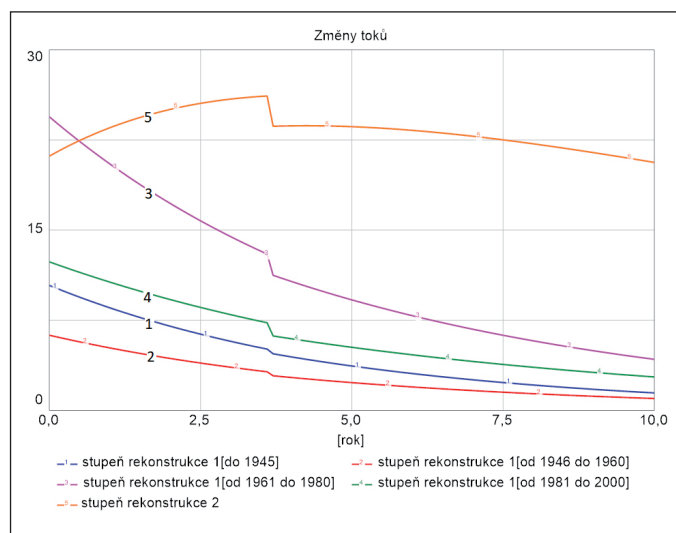
Obr. 5 Změny toků, případ A: 1 až 4 – stupeň rekonstrukce 1 podle doby realizace staveb [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – stupeň rekonstrukce 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]

Fig. 5 Changes of flows, case A: 1 to 4 – refurbishment level 1 according to the construction period [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – refurbishment level 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]



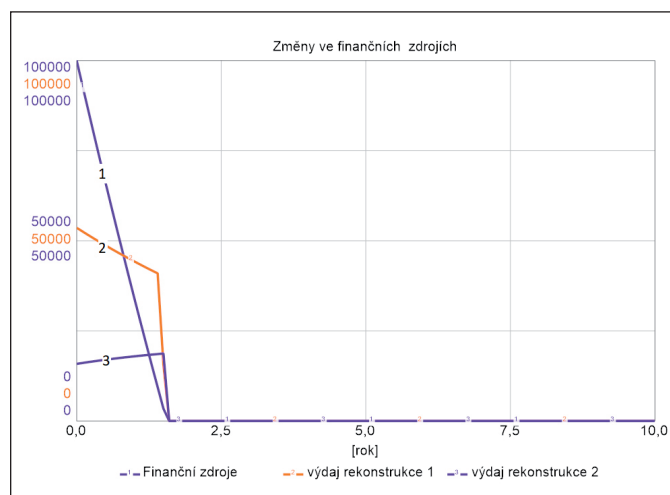
Obr. 7 Změny toků, případ C: 1 až 4 – stupeň rekonstrukce 1 podle doby realizace staveb [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – stupeň rekonstrukce 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]

Fig. 7 Changes of flows, case C: 1 to 4 – refurbishment level 1 according to the construction period [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – refurbishment level 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]



Obr. 6 Změny toků, případ B: 1 až 4 – stupeň rekonstrukce 1 podle doby realizace staveb [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – stupeň rekonstrukce 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]

Fig. 6 Changes of flows, case B: 1 to 4 – refurbishment level 1 according to the construction period [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]; 5 – refurbishment level 2 [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]



Obr. 8 Změny ve finančních zdrojích pro případ C: 1 – finanční zdroje [10^6 Kč]; 2 – výdaj rekonstrukce 1 [10^6 Kč]; 3 – výdaj rekonstrukce 2 [10^6 Kč]

Fig. 8 Changes in financial resources for the case C: 1 – financial resources [10^6 Kč]; 2 – refurbishment expenses 1 [10^6 Kč]; 3 – refurbishment expenses 2 [10^6 Kč]

DISKUZE

Základním problémem modelování změn v těchto komplexních systémech je dostupnost dat. Existuje sice mnoho studií, které mapovaly fond budov, je však potřeba přijmout fakt, že konkrétní přesná data parametrů, která jsou potřeba pro tvorbu konkrétního modelu, zjištěna nebyla. Existují v jiném členění, případně jsou z různých let a je nutné je přepočítat a upravit. S tím souvisí i otázka, jak rozčlenit existující fond budov, aby došlo ke zlepšení přesnosti a zároveň nenarostla složitost modelu.

Dále je k diskuzi, zda vůbec zavádět do modelu rozhodování vlastníků. Běžně se tím nikdo nezabývá a vychází se z faktu, že pokud budou peníze na dotace, vlastníci budou budovy rekonstruovat. Otázkou návratnosti vložených prostředků se ale dnes alespoň zjednodušeně zabývá každý, kdo o snížení spotřeby energie uvažuje. Důvodů pro rekonstrukce může

být i více, důležité je posouzení návratnosti na základě budoucích výnosů. Další přínosy lze v modelu zohlednit odečtením části investičních nákladů. Pro stanovení rentability se pak počítá jen část nákladů vztahující se k úsporám energie. Bez zavedení rozhodování o projektu se nedá dynamika změn vůbec realizovat.

ZÁVĚR

Bylo navrženo nové jádro modelu pro predikci změn ve fondech budov a stanovení spotřeby energie. Popis souboru zásob prostřednictvím pole hodnot je přínosný z hlediska zlepšení přesnosti i způsobu využití tohoto souboru pro další výpočty.

Navržené jádro modelu lze dále využít pro stanovení spotřeby energie pro vytápění budov. Výsledné hodnoty pak pomůžou při testování strategií snížení spotřeby. Za situace realizované rekonstrukce části fondu

budov je potřeba hledat možnost snížení spotřeby další rekonstrukcí již dříve upravených budov, zejména těch, kde byly projekty úspor realizované před dvaceti a více lety. Důvodem může být i obnova opotřebovaných částí stavební konstrukce i aktivních prvků.

Kontakt na autora: vytlacil@fsv.cvut.cz

Poděkování: Tento výzkum byl realizován v rámci SGS17/122/OHK1/2T/11 grantu Dynamické modely změn v investicích ve stavebnictví.

Použité zdroje:

- [1] HOLUB, P., ANTONÍN, J. *Building Renovation Strategy*. Aliance Šance pro budovy, s. 4–8, 2014.
- [2] ANTONÍN, J. *The Survey of the Building Stock and Possibilities of Energy Savings*. Aliance Šance pro budovy, s. 11–30, 2013.
- [3] ČSÚ. *Spotřeba paliv a energií v domácnostech*. 2018.
- [4] STERMAN, J. D. *Business Dynamics – System Thinking and Modeling for a Complex World*. 2000, McGraw-Hill: Boston, s. 41–55.
- [5] MORECROFT, J. *Strategic Modelling and Business Dynamics*. 2008, Wiley: Chichester, s. 106–111.

Nová budova společnosti TECO

Již více než rok je v provozu nová budova kolínské společnosti Teco. Firma v ní vstoupila do nového čtvrtstoletí své existence. Budova postavená v moderním stylu je vybavená moderní a energeticky šetrnou technikou. Svým zaměstnancům a hostům poskytuje příjemné prostředí. Současně slouží jako ukázka moderního, energeticky a finančně úsporného technického vybavení,

šetřného k životnímu prostředí. Za dobu provozu se potvrdily předpoklady a výpočty projektantů – jak v průběhu dvou zimních období, tak během tropických dnů. Letní chlazení je téměř zadarmo, vytápění a ohřev vody jsou řešeny s velkou účinností. K tomu přispívají i úspory ze stoprocentního využití dešťové vody.

Veškerá technická zařízení (TZB) jsou plně integrována a řízena programovatelnými automaty Tecomat Foxtrot, které jsou hlavním produktem firmy Teco. Stavba komunikuje se svým podlažím prostřednictvím dvanácti vrtů hlubokých 125 m, kterými cirkuluje voda. I v nejchladnějších zimních dnech byla „teplá“ kolem 9 °C. V deskovém výměníku předává teplo do topného okruhu. Zde je dvojicí tepelných čerpadel její teplota zvýšena na asi 30 °C a přes akumulaci nádrže je pak tato voda přiváděna k regulačním ventilům podlahového vytápění jednotlivých místností. Podle potřeby se tepelná čerpadla přepínají do režimu pro vyšší teplotu a dohřívají akumulaci nádrž pro užitkovou vodu (na asi 50 °C). V létě je voda z vrtů vedena přímo k regulačním ventilům stropního chlazení jednotlivých místností, popř. k jednotkám fan-coil (tam, kde chladicí stropy nejsou). I v nejteplejších dnech loňského léta byla voda z vrtů „chladná“ 15 až 16 °C, což postačuje k chlazení prostor. Ohřátá chladicí voda je vhnána zpět do vrtů, kde se ochladí a současně teplotně „zregeneruje podlaží“ pro následující zimní období. Pro další úspory je v celé budově použito řízené větrání s centrální rekuperační jednotkou. Ta zpátky do větraného prostoru vrací v zimě teplo a v létě chlad. V topném období je využito i odpadní teplo ze serverů a z pájení SMD součástek. Pod budovou se nachází šest nádrží na dešťovou vodu s celkovým objemem 100 m³. Po přečištění je tato voda využívána ke splachování toalet a v létě ještě pro řízené zavlažování zeleně kolem budovy. Z vodovodního řadu se nakupuje pouze nezbytná voda do kohoutků a do sprch. Řešení budovy bylo oceněno několika cenami.

Zdroj: AUTOMA 2-3/2019

(VZ)

Whisper Air větrání školních tříd

- **Decentralizovaná rekuperační jednotka**
- 3 velikosti s průtoky 400, 700 a 1000 m³/h
- Integrované čidlo CO₂
- Velmi tichý provoz
- **Proč ji mít ve školní třídě**
- Neustálý přísuv čerstvého vzduchu
- Optimální hodnota CO₂
- Minimální hlučnost
- Úspora energie
- Vhodné i do stávajících budov
- **Co získáme?**
- Zamezí únavě a bolestem hlavy z vysoké koncentrace CO₂
- Vhodné prostředí pro alergiky
- Není nutné větrat okny a nevstupuje nám hluk z venkovního prostředí

