

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

Model financování energetických úspor v budovách pomocí dotačních programů



Model of Financing Energy Efficiency in Buildings by Funding Programs

Recenzenti
 Ing. Jan Šíroky, Ph.D.
 Ing. Jan Schwarzer, Ph.D.

Příspěvek se zabývá problematikou predikce objemu rekonstrukcí existujícího fondu budov. Častou strategií pro dosažení energetických úspor jsou dotační programy. Je to pouze jedna z možností pro dosažení stanovených cílů, ale je nejčastěji využívána. Problémem bývá získání potřebného objemu peněz a dopady na chování celého systému dodávek pro realizaci energeticky úsporných opatření. Základem dynamického modelu je podsystém fondu budov, který je doplněn o podsystém financování rekonstrukcí. Model je zvláště zaměřen na testování dopadu opakovaných dotačních programů včetně vlivu chování investorů. Simulace pro období deseti let je provedena pro Českou republiku s dvěma dotačními programy. Výstupními parametry jsou časové změny v zásobách potenciálních projektů a rekonstruovaných budov vyjádřené jako podlahová plocha budov.

Klíčová slova: energetické úspory, fond budov, strategie, systémová dynamika, počítačová simulace

The contribution deals with prediction of extent of the renovations of the existing building stock. A common strategy to achieve energy efficiency is utilization of funding programs. It is only one of the options to achieve the established goals, but it is used the most often. The problems are usually obtaining necessary amount of money and the impact on the behaviour of the whole system of deliveries for the implementation of energy saving measures. The basis of the dynamic model is a subsystem of the building stock, which is supplemented by a subsystem of the renovation funding. The model is specially aimed at testing of the impact of repetitive funding programs, including the influence of the investors' behaviour. Simulation was run for case of the Czech Republic, for a period of ten years with two funding programs. The output parameters are time changes in the inventory of potential projects and refurbished buildings expressed as floor area of buildings.

Keywords: energy savings, building stock, strategy, system dynamics, computer simulation

ÚVOD

Snahy o snížení spotřeby energie v budovách vedou k návrhům konkrétních cílů a strategií pro dosažení těchto cílů. Často využívanou strategií je poskytování dotací na podporu komplexního řešení pro snížení spotřeby nebo alespoň k zateplení budov. Dotace jsou obvykle zaměřeny na podporu pro vybranou část z celého fondu budov (např. byty v rodinných domech, bytové domy, veřejné budovy).

Spotřeba energie v budovách v České republice nyní dosahuje 30 % z celkové spotřeby. Na vytápění připadá 137 PJ. Do roku 2012 bylo u nás zatepleno 23 % bytových jednotek v bytových i rodinných domech [1]. Zateplením, výměnou oken a vyregulováním otopné soustavy lze snížit spotřebu o 40 až 55 % [1]. V České republice byl realizován v letech 2009–2012 dotační program Zelená úsporám, na který navazuje Nová zelená úsporám pro roky 2013–2020. Pokračující program je zatím určen pro rodinné domy a od roku 2015 je otevřen i pro bytové domy. Již nyní lze sledovat úbytek žádostí, který je vysvětlován vyčerpáním zásoby žadatelů schopných spolufinancovat projekty v rodinných domech. Do budoucna lze dále očekávat útlum v zateplování z důvodu vyčerpání finančních zdrojů u populace schopné financovat energeticky úsporné projekty.

Dotační programy mají určité nevýhody. Základním problémem je získání finančních zdrojů. Prodej emisních povolenek nyní nezaručuje získání takového objemu peněz jako u prvního programu. Navíc je zde stále základní otázka, zda nevyužít finanční zdroje jinde. Dále existuje problém, kdy opakovaným použitím dotací dochází k rozkmitání systému, který zahrnuje i zhotovitele, distributory a výrobce stavebního materiálu. Dodavatelé si například stěžují na propad poptávky po svých produktech po oznámení programu Nová zelená úsporám. Se

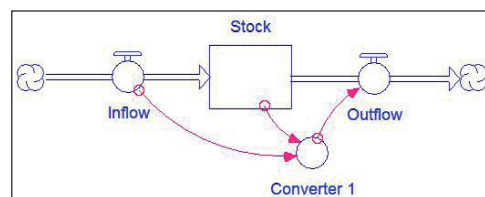
zahájením programu naopak naroste skokově poptávka. S tím souvisí i dopad na myšlení investorů, kteří očekávají dotaci na počáteční investici, a s opakovaním dotačních programů očekávání dále narůstá. Tento přístup pak prohlubuje dynamické změny v systému.

Níže popsaný dynamický model je zaměřen na počítačovou simulaci klíčových parametrů systému, kde základní „zátěž“ evokující změny jsou dva po sobě jdoucí dotační programy. Základním sledovaným parametrem je celková podlahová plocha v budovách, které vyhovují současným požadavkům z pohledu spotřeby energie, a v nevyhovujících budovách, které lze označit za potenciální projekty. Model zahrnuje i vliv propagace projektů a změnu v chování potenciálních investorů při oznámení dalšího nového programu.

Výstupní parametry modelu jsou ovlivněny jak cíli poskytovatele dotace, tak i rozhodnutím investora na základě ekonomické výhodnosti záměru.

POUŽITÁ METODA

Pro predikci parametrů modelu je využita systémová dynamika [2]. Metoda je vhodná pro řešení problémů, který zahrnuje technické i ekonomické aspekty. Model může zahrnovat i rozhodovací procesy, které aktivují podsystémy potřebné pro výpočet [3]. Parametry mo-



Obr. 1 Základní prvky modelu

delu jsou vyjádřeny jako zásoby (úrovně zásob), které jsou ovlivněny toky, viz obr. 1. Doplnující prvky jsou konvertory pro výpočty v modelu a vazby propojující prvky.

Základní rovnice pro výpočet změn parametrů je

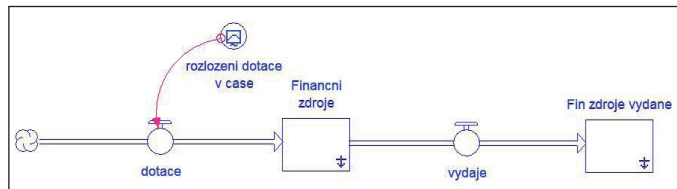
$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)] ds + Stock(t_0) \quad (1)$$

DYNAMICKÝ MODEL

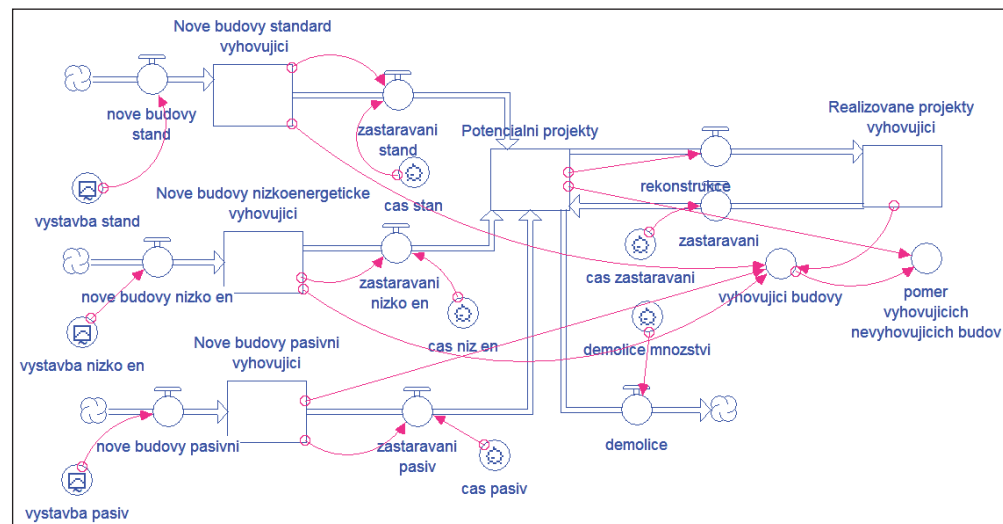
Model zahrnuje tři základní submodely. První pokrývá oblast výpočtu úspor energie v závislosti na velikosti investice vztážené na metr čtvereční podlahové plochy. Dále je zahrnut submodel financování projektů, v tomto případě se jedná o kombinaci dotace a vlastních zdrojů, viz obr. 2. Model obecně může pracovat i s půjčkou nebo s financováním pomocí daní z paliv. Třetí submodel, zobrazený na obr. 3, popisuje fond budov, který zahrnuje existující nevyhovující budovy (parametr *potenciální projekty*), vyhovující zásoby nově postavených budov tří kategorií (standardní, nízkoenergetické a pasivní) a *realizované projekty vyhovující*. Nově postavené budovy i budovy, kde byla realizovaná opatření na snížení spotřeby energie, se po uplynutí zadaného času přesunou do zásob potenciálních projektů, protože nebudou vyhovovat novým požadavkům. Počáteční hodnota parametru *potenciální projekty* je stanovena na $451 \cdot 10^6 \text{ m}^2$. Část modelu stanovující úspory energie a výnosy z projektu byla popsána dříve, například v [4] a [5].

Objem realizovaných projektů za časové období (parametr *realizace*) je ovlivněn i parametry, jako je propagace dotačního programu, vliv realizovaných projektů a zesílení vlivu opakovaných dotačních programů na rozhodnutí o zahájení projektu.

Konkrétním příkladem výpočtu změn v prvku modelu zásoba je stanovení změny hodnot parametru *potenciální projekty*, viz rovnice (2).



Obr. 2 Podsystem financování projektů pomocí dotačních programů



Obr. 3 Podsystem popisující fond budov zahrnující vyhovující budovy (nově postavené standardní, nízkoenergetické, pasivní a realizované projekty vyhovující) a nevyhovující budovy („potenciální projekty“)

V rovnici jsou uvedeny všechny toky, které ovlivňují stav zásob projektů. Rovnice popisuje výpočet zásob, který se využívá v celém modelu.

$$Potencialni_projekty(t) = Potencialni_projekty(t - dt) + (zastaravani_stand + zastaravani + zastaravani_nizko_en + zastaravani_pasiv - rekonstrukce - demolicce) dt \quad (2)$$

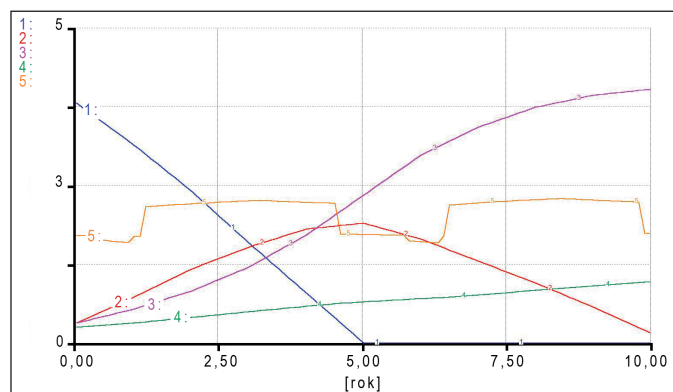
VÝSLEDKY SIMULACE

Simulace byla provedena pro časový interval deseti let s cílem zjistit objemy realizovaných projektů při existenci dvou dotačních projektů a změn v zásobách existujících nevyhovujících budov.

Počáteční hodnoty nové výstavby budov v jednotlivých kategoriích jsou uvedeny v tab. 1, která obsahuje i předpokládanou dobu, kdy budovy vyhovují požadavkům.

Tab. 1 Vstupní hodnoty parametrů pro simulaci

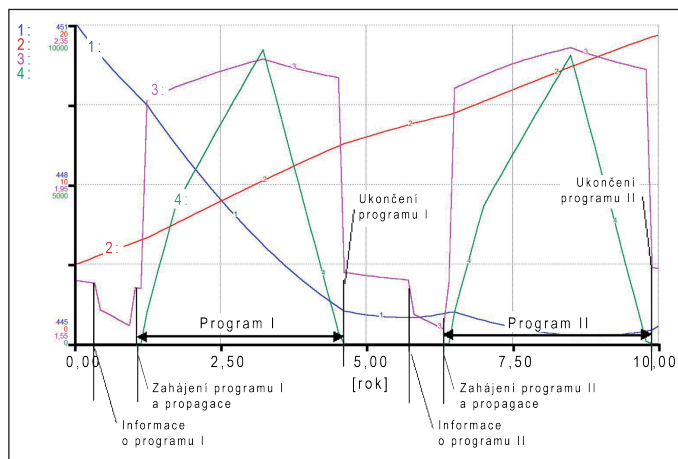
Parametr	Podlahová plocha v nově stavěných budovách za rok [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]	Doba zastarávání [rok]
Budovy standardní	3,80	10
Budovy nízkoenergetické	0,32	15
Budovy pasivní	0,03	20



Obr. 4 Toky ovlivňující stav parametru „potenciální projekty“. 1: nové budovy standardní [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$], 2: nové budovy nízkoenergetické [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$], 3: nové budovy pasivní [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$], 4: zastarávání [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$], 5: rekonstrukce [$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$]

Změna parametrů nové výstavby v čase je uvedena na obr. 4, kde lze sledovat nárůst výstavby splňující kritéria nízkoenergetických a pasivních staveb. V průběhu simulace se tedy mění poměr mezi jednotlivými druhy staveb. Obrázek zahrnuje i parametry *rekonstrukce* a *zastarávání*, které jsou stanoveny výpočtem.

Klíčové výstupní parametry jsou uvedeny na obr. 5. Zde lze sledovat nárůst realizovaných projektů, pokles zásob potenciálních projektů a změny parametru *rekonstrukce* v závislosti na vlivu finančních zdrojů pro dotaci investičních nákladů. Samotný časový průběh čerpání je



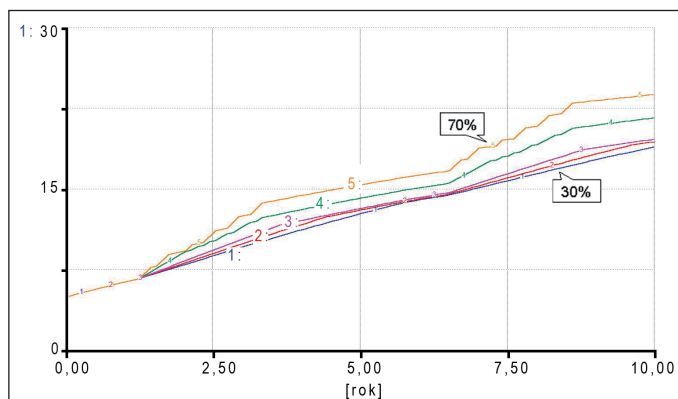
Obr. 5 Výstupní parametry s vyznačenými časovými událostmi, které ovlivňují výsledný tvar průběhu parametru „rekonstrukce“. 1: potenciální projekty [10⁶ m²], 2: realizované projekty vyhovující [10⁶ m²], 3: rekonstrukce [10⁶ m².rok⁻¹], 4: finanční zdroje [10⁶ Kč]

v obrázku také zachycen. Tvar grafu vyplývá ze skutečnosti, že dochází k doplňování peněz a zároveň jejich čerpání pro realizaci energeticky úsporných opatření.

Z grafu je patrné, že rekonstrukce budov probíhají i bez dotačních programů, hodnoty parametru *rekonstrukce* jsou ale nižší. Nárůst v období poskytování dotací je přibližně 50 %. Změny tohoto parametru nejsou významné pouze po dobu trvání dotačního programu, ale i v okamžiku oznámení budoucího programu, kdy dojde k poklesu realizací a nárůst je zahájen až po spuštění programu. Zesilující vliv má i propagační kampaň a informace ve sdělovacích prostředcích. Model má sloužit nejen pro zkoumání vlivu dotací, ale i výše uvedených dalších faktorů na změny v objemu realizovaných projektů a zjišťování dopadů na účastníky tohoto procesu.

Základní výpočet byl proveden pro dotaci ve výši 38 %. V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty i pro dotace ve výši 16 a 60 %.

Pro ilustraci byla provedena i citlivostní analýza parametru *realizované projekty vyhovující* pro pět hodnot v rozmezí 30 až 70 %. Graf na obr. 6 zachycuje kolísání v realizaci způsobené nesouladem mezi čerpáním finančních zdrojů a jejich doplňováním při vyšší dotaci. Znamená to, že v určitých okamžicích nejsou zdroje k dispozici. Z obr. 6 lze dobře vidět význam cash-flow programu. Rychlost realizace projektů nezávisí pouze na plánovaném objemu finančních zdrojů, ale



Obr. 6 Citlivost parametru „realizované projekty vyhovující“ na změnu velikosti dotace (30 až 70 %) – realizované projekty vyhovující [10⁶ m²]

i na schopnosti zajistit tyto zdroje včas. Obr. 7 ukazuje rychlost změn v zásobách vyhovujících a nevyhovujících budov.

Tab. 2 Výstupní hodnoty parametrů pro tři různé hodnoty dotace

Parametr	Dotace [%]	Vyhovující budovy [10 ⁶ m ²]	Nevyhovující budovy [10 ⁶ m ²]
V 1	16	55	447
V 2	38	57	445
V 3	60	59	443

DISKUZE

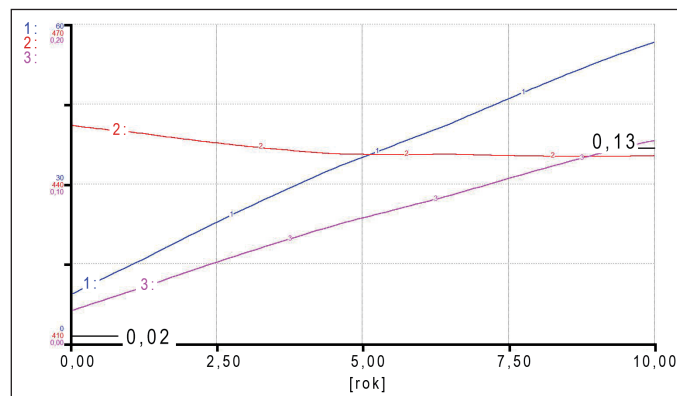
Příspěvek otevírá otázku vhodnosti využití simulačních nástrojů pro predikci parametrů v technickoekonomických problémech. Počítačové simulace s cílem stanovení dynamických změn klíčových parametrů komplexního systému vytváří podklad pro rozhodování o strategiích nutných pro dosažení předem stanovených cílů.

Řešení je ovlivněno nejistotou v hodnotách vstupních parametrů, které jsou často obtížně zjistitelné, nejsou aktuální nebo jsou nedostupné. Řešení problémů zahrnuje i stanovení hranic systému, které často nejsou zřetelné. Přesto metody jako systémová dynamika jsou často jediným vhodným přístupem, který přinese nové poznatky o zkoumaném problému při přijatelných nákladech a vynaloženém času.

ZÁVĚR

Vytvořený model v programu Stella lze použít pro návrh strategií vedoucích ke snížení spotřeby energie v budovách. V tomto případě byl model zaměřen na jednu konkrétní strategii – dotační programy, které jsou specifické z hlediska dopadů na okolí. Model obsahuje prvky zahrnující chování investorů, které se postupně vytváří v prostředí ovlivněném dotacemi. Dopady popsáného způsobu financování lze sledovat i v širším okolí, například jako obtížné řízení kapacit výrobců a zhotovitelů.

Alternativou vedoucí k dosažení cílů v oblasti energetické politiky mohou být vratné půjčky na 90–100 % velikosti investičních nákladů rozložené na delší časové období. Uvedená strategie není ovlivněna dostupností finančních zdrojů investora. Vyžaduje ale v počátečním období vklad finančních prostředků pro rozjezd procesu financování. Další variantou je i EPC (Energy Performance Contracting) financování, které se u nás využívá pro vybrané projekty již dvacet let.



Obr. 7 Poměr mezi vyhovujícími a nevyhovujícími budovami. 1: vyhovující budovy [10⁶ m²], 2: potenciální projekty [10⁶ m²], 3: poměr vyhovujících a nevyhovujících budov [-]

Cílem by mělo být navržení trvale udržitelného financování a realizace projektů.

Poděkování: Článek byl zpracován s podporou grantu SGS15/134/OHK1/2T/11 Dynamické modely pro řízení fondů budov.

Kontakt na autora: vytlacil@fsv.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] ŠAFAŘÍK, M., ČEJKA, M., MAZÁČEK, J. *Potenciál úspor energie v budovách v ČR*. PORSENA, 2013.
- [2] STERMAN J., D. *Business Dynamics – System Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill, 2000.
- [3] MORECROFT, J. *Strategic Modelling and Business Dynamics*. Wiley, 2008.
- [4] VYTLAČIL, D. *The Dynamic Model of the Influence of Energy Price Changes on Energy Saving Investments in Buildings*. Proc. of the 11th International Building Performance Simulation Association Conference, Glasgow, 2092-2097, 2009.
- [5] VYTLAČIL, D., Model of Building Stock Refurbishment Financing, In: *Proc. of International Conference CESB13*, Praha, s. 191–194, 2013.

Poznámka redakce:

Původní příspěvek pochází z října 2014 a informace týkající se dotačního programu Nová zelená úsporám tak nejsou aktuální.

Google pod skleněnou střechou

V únoru 2015 zveřejnil Google plán na modernizaci své centrály v kalifornském Mountain View. Podle plánu dánského architekta Bjarke Ingelse zde vznikne do roku 2020 nový Googleplex, kde najde své pracoviště a místo pro volno-

časové aktivity i odpočinek 19 000 spolupracovníků z celkového světového počtu 54 000 zaměstnanců. Pod skleněnou kupolí bude na ploše 320 000 m² vytvořena zcela nová krajina, která bude připomínat spíše park než kancelářský svět. Kolik na jeho realizaci Google ze svých likvidních prostředků ve výši 64 miliard USD vydá, není známo. Zatím plán vyvolává spíše rozpaky.

Pramen: CCI 04/2015, s. 4

(AB)

Hranatá vzduchová potrubí z tepelněizolačních desek

Španělská firma Urso nabízí přes německou pobočku Urso Deutschland hranatá vzduchová potrubí z tepelněizolačních desek Urso Air Zero u nichž odpadá nutnost dodatečné tepelné izolace. Přitom se jako konstrukčního materiálu užívá 25 mm tlustých izolačních desek. Jsou připuštěny dle EN 13403.

Desky jsou na vnitřním povrchu opatřeny minerální tkaninou s antibakteriálním povrchem. Jádro desek je tvořeno tepelně- a zvukově izolační nehořlavou minerální vlnou (se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,033$ W/m.K a absorpcí zvuku $\alpha_w = 0,8$ dle EN ISO 11654 pro pohlcení 80 % zvuku o 500 Hz). Na vnějším povrchu jsou desky kaširovány hliníkem. Těsnost vyhověla zkoušce dle EN 13403 s tlakem 2 kPa. Desky jsou požárně odolné podle A2, neodkapávají a netvoří dým. Z desek se vyřezává tvar hranatého potrubí a spojuje se na zaklapnutí a spojkami, příp. lepicí páskou. Jsou lehké, neboť potrubí z ocelového plechu tloušťky 0,88 mm váží cca 9 kg/m², zatímco potrubí z izolačních desek pouze 2 kg/m².

Přesto se zmíněná potrubí nehodí pro všechny vzdušniny, jako např. s obsahem pevných částic, dýmů, agresivních plynů nebo tuků z kuchyňských odtažů. Hodí se pro potrubí menších rozměrů do obvodu čtyřhranů menších než 3 m. Zcela vyřešeno není ani spojování přírubami, svorkami, lemy a lepením.

Pramen: CCI 04/2015, s. 12

(AB)

Vytápění a ohřev vody s kvalitou značky Junkers

 **JUNKERS**

Nový kondenzační kotel značky Junkers nabízí prvotřídní kvalitu s výhodným poměrem cena/výkon. Díky širokému modulačnímu rozsahu v rozmezí 30 až 100 % maximálního výkonu si kotel zachovává



BOSCH

svou energetickou účinností i v době, kdy není požadován plný výkon, jako třeba v jarních či podzimních obdobích.

www.junkers.cz