

Ing. Jan VČELÁK, Ph.D.
Ing. Petr WOLF, Ph.D.
Erik NOVÁK, MSc.
ČVUT v Praze, Univerzitní
centrum energeticky efektivních
budov

Ekonomické zhodnocení využití obnovitelné energie z fotovoltaického zdroje v rodinných domech

Economic Evaluation of the use of Renewable Energy from Photovoltaic Source in Family Houses

Recenzent
Ing. Jan Šíroky, Ph.D.

Současná doba přeje rozmachu obnovitelných zdrojů a jejich integraci do energetického hospodářství budov pro rezidenční bydlení nebo komerční využívání. Podle dlouhodobých statistik budovy spotřebovávají cca 40 % veškeré vyrobené energie. Přitom právě budovy skýtají spolu s průmyslem obrovský potenciál pro instalaci obnovitelných zdrojů energie. V článku jsou uvedeny výhody i nevýhody jednotlivých typů nejčastěji používaných fotovoltaických systémů integrovaných v budovách a popis řešení, které umožní maximálně využít instalované obnovitelné zdroje, dále zhodnocení návratnosti jednotlivých typů fotovoltaických systémů bez započítávání dotační podpory a zhodnocení náročnosti instalace (jak finanční, tak odborné).

Klíčová slova: fotovoltaika, baterie, akumulace, obnovitelné zdroje energie

The current era is favorable for the expansion of renewable energy sources and their integration into the energy economy of buildings for residential or commercial use. According to the long-term statistics, buildings consume about 40 % of all energy produced. At the same time, the buildings together with the industry provide a huge potential for the installation of renewable energy sources. The article presents advantages and disadvantages of particular types of the most commonly used photovoltaic systems integrated in buildings. It describes the ways to maximize the use of the installed renewable sources, the assessment of the rate of return of the particular types of photovoltaic systems, not counting the subsidy support, and evaluation of the installation complexity (both financial and technical).

Keywords: photovoltaics, batteries, accumulation, renewable energy sources

ÚVOD

Snižování energetické náročnosti budov i zvyšování využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) je součástí strategického energetického konceptu EU (2020 Energy Strategy [1]). Budovy rezidenčního a komerčního charakteru spotřebovávají cca 40 % vyrobené energie, a přitom skýtají velký, dosud nevyužitý potenciál pro integraci a efektivní využívání OZE. Z šetření Českého statistického úřadu ENERGO 2015 vyplývá, že v roce 2015 vlastnilo 10 000 českých domácností fotovoltaický (FV) systém, což je v porovnání s 39 000 instalacemi tepelných čerpadel relativně malý podíl.

Zároveň je ale nutné zmínit, že trend posledních let se jednoznačně obrací ve prospěch FV systémů. Mohou za to především legislativní změny, snížení investiční náročnosti instalace i samotné technologie a zavedení dotačních programů, jako je například program Nová zelená úsporám (NZÚ). Kupříkladu investiční náklady na instalaci FV elektrárny (FVE) o výkonu 1 kW_p jsou dnes cca 1200 EUR/kW_p, což je méně než jedna polovina nákladů v roce 2010 [2].

I přes faktory, které jednoznačně přejí FV systémům, je Česká republika z pohledu ekonomické návratnosti úsporných technologií v Evropě velmi specifickým regionem. V ČR v současné době pro nově připojované fotovoltaické zdroje neexistují pevné výkupní ceny energie (tzv. feed-in tariffy). Mikrozdroje energie o celkovém výkonu do 10 kW lze sice provozovat bez licence, ale pouze pro krytí vlastní spotřeby. Pokud není uzavřena smlouva o výkupu přebytků energie, může být přetok do distribuční sítě i penalizován. Zatímco např. v Německu tvoří výkupní cena energie z malých FV systémů cca 30 až 50 % nákupní ceny pro spotřebitele [2], v ČR se tento poměr pohybuje okolo 15 %, což výrazně prodlužuje návratnost instalace systémů s dodávkou energie do sítě.

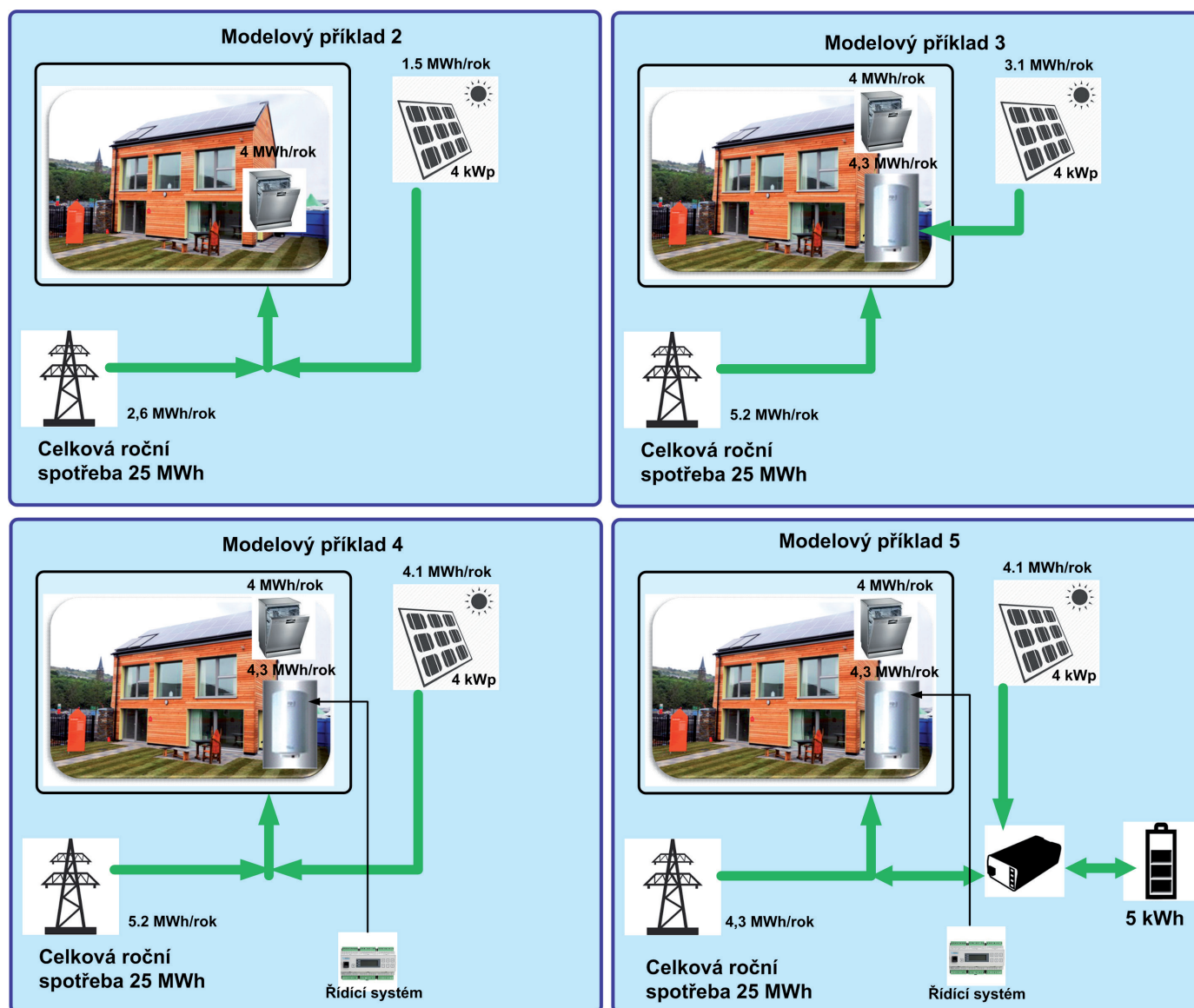
Průměrná česká domácnost v roce 2015 spotřebovala 18 MWh energie, z čehož cca 12 MWh připadá na vytápění, 3,2 MWh na ohřev teplé vody (TV) a 2,8 MWh na provoz ostatních spotřebičů a technologií v domácnosti. Pokud se zaměříme pouze na rodinné domy, bude celková roční spotřeba energií cca 25 MWh (16,7 MWh vytápění, 4,3 MWh pro ohřev TV, 4 MWh pro ostatní spotřebu) [4].

Integrace FV systémů do stávajících nebo nových rodinných či bytových domů je poměrně snadná a v některých případech dosahuje ekonomické návratnosti v řádu 8–12 let. V dalším textu uvedeme příklady systémů s odhadovanou ekonomickou návratností pro několik modelových případů zapojení FV systémů primárně pro rodinné domy.

MODELOVÉ PŘÍKLADY VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÉ ENERGIE V RODINNÝCH DOMECH

Modelový příklad č. 1 je referenční průměrný rodinný dům (bez FV a bez bateriového systému) s roční celkovou spotřebou energie 25 MWh, z čehož vytápění činí 16,7 MWh (67 %), 4,3 MWh (17,4 %) připadá na ohřev teplé vody a zbývající 4 MWh (15,6 %) pokrývají běžnou spotřebu domácnosti (provoz obvyklých domácích spotřebičů, osvětlení, přípravu pokrmů, provoz výpočetní techniky, audio a video techniky). V dalších úvahách se zabýváme pouze elektrickou energií nutnou pro provoz domácnosti a ohřev TV. Jednotlivá bloková schémata uvažovaných variant 2 až 4 jsou znázorněna na obr. 1.

Modelový příklad č. 2 hodnotí konfiguraci domu, kde je využit FV systém s instalovaným výkonem 4 kW_p (jižní orientace a sklon 35°), což je u mnoha rodinných domů výkon, který je možné instalovat. Systém je přifázován do rozvodu domu a galvanicky spojen s distribuční soustavou.



Obr. 1 Blokové schéma jednotlivých modelových příkladů
Fig. 1 Block diagram of particular model examples

Omezováním výkonu měniče jsou zajištěny nulové přetoky energie do distribuční soustavy. V tomto případě v domě chybí jakýkoli řídicí systém. Energie z FV systému a distribuční sítě pokrývá pouze spotřebu běžných elektrických spotřebičů v domě (11 kWh/den). TV je připravována jiným zdrojem a v tomto případě není uvažována. Souběh výroby FV a spotřeby energie není zajištěn žádným způsobem.

Modelový příklad č. 3 hodnotí konfiguraci domu, kde je využit FV systém s instalovaným výkonem 4 kW_p, který slouží pouze pro ohřev teplé vody a je galvanicky oddělen od distribuční soustavy (NZU: RD C.3.3). I v tomto případě v domě chybí jakýkoli řídicí systém. Energie z FV systému a distribuční sítě pokrývá přípravu TV přímým ohřevem (11,8 kWh/den). Předpokládáme akumulační zásobník na teplou vodu s využitelnou kapacitou 15 kWh (např. akumulační nádrž cca 400 l pracující s teplotním rozdílem pro ukládání přebytků energie 30 °C). Souběh výroby FV a spotřeby energie není zajišťován žádným způsobem.

Modelový příklad č. 4 hodnotí konfiguraci domu, kde je využit FV systém s instalovaným výkonem 4 kW_p, který slouží jak pro ohřev teplé vody, tak pro krytí běžné elektrické spotřeby a je galvanicky spojen s distribuční soustavou (NZU: RD C.3.4). Řídicí systém využívá regulátor pro řízení

výkonu patrony pro ohřev TV v zásobníku tak, aby zajistil nulový přetok energie do distribuční soustavy. Systém se vyznačuje automatizovaným přizpůsobením elektrické zátěže aktuální výrobě FV a zajišťuje pokrývání ohřevu TV v okamžicích, kdy je energie z FV přebytek. Může se jednat o relativně jednoduchá zařízení typu GreenBono, WATRouter nebo jim podobné.

Modelový příklad č. 5 vyhodnocuje energetickou bilanci stejného systému jako v případě příkladu č. 4 s tím rozdílem, že do systému je přidán akumulátor elektrické energie v podobě baterií s využitelnou kapacitou 5 kWh (NZU: RD C.3.5 C.3.6.). Ohřev TV je rovněž uvažován jako flexibilní regulovatelná elektrická zátěž v systému. Celý systém vyžaduje řízení rozdělování energie mezi baterií, běžnou spotřebou a ohřevem TV.

VÝSLEDKY SIMULACÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ, ODHAD INVESTIČNÍ NÁROČNOSTI A NÁVRATNOSTI

Jednotlivé výše uvedené modelové příklady byly podrobeny roční simulaci provozu s pětiminutovým krokem v programu Homer. Spotřeby teplé vody i elektrické energie jsou modelovány s denním profilem spotřeby

s hodinovým krokem a korekcí pro každý měsíc v roce. Energie potřebná k vytápění objektu není dále uvažována, protože je pouze zřídka plně pokrývána FV systémem. Dalším předpokladem pro získání celkových nákladů na elektrickou energii je průměrná cena elektrické energie pro domácnosti včetně všech poplatků 3,5 Kč/kWh [3]. Investiční náročnost jednotlivých řešení je určena na základě cen uvedených v [2]. Výsledky simulací jsou shrnuty v tab. 1.

Z výsledků simulací vyplývá, že **modelový příklad č. 2** (FV systém přifázený do elektrické sítě domu i k distribuční soustavě bez jakéhokoli prvku řízení spotřeby) se ekonomicky nevyplácí. Je to dáno především rozdílným profilem výroby FV systému a spotřeby domácnosti (viz obr. 2). Maximum výroby energie FV systému se míjí s maximy spotřeby energie domácností, a tudíž se velká část této energie nevyužije (2,6 MWh z celkových 4,1 MWh). Proto také vychází u tohoto systému nejdelší doba návratnosti, která se blíží době jeho životnosti.

Příklad č. 3 předkládá mnohem vhodnější variantu, která je navíc velmi jednoduchá na realizaci a také dovoluje využít státní podporu NZÚ (ta ale není ve výpočtech uvažována). Jedná se o systém s přímým ohřevem vody, který je investičně nenáročný, jednoduchý na instalaci a návratnost investice se pohybuje okolo 10 let, což je rovněž přijatelné.

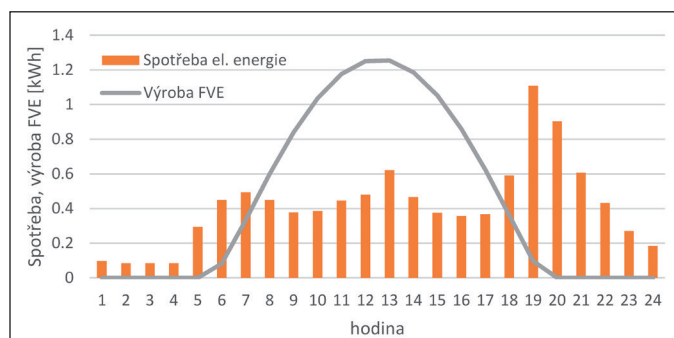
Příklad č. 4 představuje kombinaci pokrývání jak spotřeby běžných elektrických spotřebičů v domě, tak krytí energetických nároků na ohřev TV. Touto kombinací je dosaženo ještě větších úspor nakupované energie a tím zkrácení doby návratnosti, i když investičně se od příkladu č. 3 liší jen velmi málo. Opět je možné využít podporu z programu NZÚ.

Příklad č. 5 ukazuje, že investice do bateriových systémů je stále velmi diskutabilní z důvodu dlouhé návratnosti. I když se jedná o nejkomplexnější systém s relativně malou baterií o velikosti 5 kWh, tak přínos baterie je podle našeho názoru takřka zanedbatelný a pouze zvyšuje

Tab. 1 Konfigurace, výsledky simulací a odhad investiční náročnosti a návratnosti jednotlivých modelových příkladů

Tab. 1 Configuration, simulation results and estimation of investment costs and return of each model example

Modelový příklad č.:		1	2	3	4	5
FV systém	[kW _p]	0	4	4	4	4
Akumulace TV	[kWh]	15	0	15	15	15
Akumulace BAT	[kWh]	0	0	0	0	5
Systém řízení zátěže	ano/ne	ne	ne	ne	ano	ano
Odběr el. energie z DS	[MWh/rok]	8,3	2,6	5,2	4,5	4,3
Spotřeba el. energie na TV	[MWh/rok]	4,3	0	4,3	4,3	4,3
Běžná spotřeba el. energie	[MWh/rok]	4	4	4	4	4
Reálná výroba FV	[MWh/rok]	0	1,5	3,1	4,1	4,1
Nevyužitá energie FV	[MWh/rok]	0	2,6	1	0,3	0
FV systém – měrné náklady	[Kč/kW _p]		30 000	26 000	30 000	58 000
FV systém – celková investice	[Kč]		120 000	104 000	120 000	232 000
Celkové náklady na el. energii	[Kč/rok]	29 050	8 900	18 200	15 750	15 050
Roční úspora	[Kč/rok]		5 180	10 850	13 300	14 000
Návratnost	roky		23,2	9,6	9,0	16,6



Obr. 2 Příklad denního profilu výroby FVE a spotřeby domácnosti

Fig. 2 Example of a daily PVE production profile and consumption of a household

složitost systému a prodlužuje jeho návratnost. Je možné využít dotaci z NZÚ. Systém nabízí možnost krátkodobě pracovat v ostrovním režimu a tím zvyšuje energetickou bezpečnost objektu, ale výsledná návratnost investice 16 let je velmi pravděpodobně za hranicí životnosti uvažovaných lithiových akumulátorů. Ovšem určitá energetická soběstačnost a bezpečnost může často hrát důležitou roli při rozhodování o investici do systému s bateriovým úložištěm, a to i přes horší ekonomické aspekty takového systému.

V systémech, kde je fotovoltaická energie používána pro ohřev TV nebo nabíjení baterií, je možné celkovou efektivitu dále zvýšit předpovídáním zisku fotovoltaické energie na základě predikce počasí (například služba pvforecast.cz). Předpověď s horizontem 24 nebo 48 hodin pak může řídicí automat využít např. pro řízení ohřevu zásobníku nebo nabíjení/vybíjení baterie s ohledem na plánovaný solární zisk. Tato předpovědní data se daří efektivně využít zejména tam, kde je kapacita zásobníku TV nebo baterií limitována a je vyšší poměr velikosti fotovoltaického zdroje vůči kapacitě zásobníku nebo akumulátoru (kW_p FV systému na kWh baterie nebo zásobníku). Takové systémy již vyžadují složitější řízení s prediktivními algoritmy, které ale mohou podle našich poznatků uspořit dalších cca 10 až 15 % energie.

ZÁVĚR

Příspěvek ukazuje typové příklady použití FV systémů v rodinných domech, jejichž počet každoročně přibývá. Z výsledků simulací vyplývá, že při uvažování dnešních cen energií a pořizovacích nákladech na technologie jsou nejzajímavější investiční systémy sloužící ke krytí elektrické spotřeby a přípravě TV. Návratnost do 10 let, absence baterií, jednoduchost instalace a integrace do stávajícího energetického systému domu, spolu s možností využití dotace nabízí velmi zajímavou možnost využívání energie z obnovitelného zdroje v segmentu rezidenčního bydlení.

Kontakt na autora: Jan.Vcelak@cvut.cz

Poděkování: Tato práce vznikla za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov – Fáze udržitelnosti.

Použité zdroje:

- [1] European Commission. Energy 2020 – A strategy for competitive, sustainable and secure energy [online]. 2011. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_energy2020_en_0.pdf
- [2] WIRTH, H. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Fraunhofer ISE, January 2017
- [3] EUROSTAT. Energy Price Statistics [online]. 2016. Dostupné z: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics
- [4] Český statistický úřad. ENERGO 2015. Spotřeba paliv a energií v domácnostech. Praha, 2017.