Manažment v energetike

Ako by malo vyzerať rozhodovanie o výbere OZE?

Dr. Ing. Jaroslav Kultan, PhD.
Honorary prof., Dr.h.c.
Autor pôsobí na Ekonomickej univerzite v Bratislave.

Príspevok je zameraný na analýzu ekonomickej efektívnosti využívania energie vetra v energetickom hospodárstve budov. Obnoviteľné zdroje energie sú síce lacné – z hľadiska získavania primárnej energie –, na druhej strane sú náročné na technické zabezpečenie svojho využívania. Druhým nedostatkom je nepredvídateľnosť (malá predvídateľnosť) ich pôsobenia. Nestabilita dodávok energie z obnoviteľných zdrojov môže byť veľkou prekážkou ich použitia, no aktívne „zdieľanie" energie a jej produkcie môžu priniesť veľký efekt.

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie sprevádzajú často relatívne veľké náklady na zriadenie samotného energetického zariadenia. Energetická a ekonomická efektivita takéhoto zariadenia mnohokrát nevyhovuje našim požiadavkám – jedným z dôvodov je nízka energetická efektívnosť v dôsledku vlastností obnoviteľných zdrojov energie, druhým dôvodom je vysoká cena zariadenia s požadovaným výkonom. Navyše, aj napriek tomu, že máme obnoviteľný zdroj energie, sme niekedy odkázaní na klasické zdroje, a to vtedy, keď obnoviteľný zdroj dodáva energiu v čase jej minimálnej potreby. V čase veľkej spotreby potom prídu na rad klasické zdroje energie. Jednou z možností optimalizácie procesu výroby a spotreby energie je zavádzanie zásobníkov energie. Táto možnosť však vedie k zvýšeniu ceny zariadenia a náročnosti na riadenie celého energetického procesu. Všetky uvedené, ale aj iné problémy zavádzania OZE možno uspokojivo riešiť ešte pred samotným návrhom a výberom technológie na základe využitia niektorých princípov riadenia celého životného cyklu energetického zariadenia (rozumieme tým proces analýzy energetickej spotreby jednotlivých druhov energie, návrhu hlavného cieľa zníženia energetickej náročnosti, výberu energetického zariadenia, výpočtu ekonomickej efektívnosti na základe nákupnej ceny a priebežných nákladov, nákladov na likvidáciu a ochranu životného prostredia). Na tieto účely treba stanoviť základné úlohy v rámci jednotlivých úrovní riadenia a zadefinovať ciele využívania jednotlivých vybraných druhov OZE. Následne treba analyzovať celkovú spotrebu jednotlivých druhov energie daného objektu, časové a výkonové rozdelenie. Potom sa vyberú vhodné technológie a analyzujú sa možnosti úhrady nielen základných, ale aj priebežných nákladov.

Pri hodnotení riešení nesmie byť zisk jediným kritériom, do úvahy treba brať celý životný cyklus.

Základné úlohy manažmentu

Pri rozhodovaní o možnostiach využívania energetických zdrojov je nevyhnutné zadať v rámci jednotlivých stupňov rozhodovania základné otázky a následne vybrať správne metódy hodnotenia investícií pri vybraných ukazovateľoch aj vhodné metódy ich porovnávania.

Základné stupne riadenia

Pri návrhu energetického systému alebo pri jeho rozšírení či rekonštrukcii je nevyhnutné vychádzať zo základných princípov riadenia v celom životnom cykle a zo základného riadenia systému na troch základných úrovniach. Ide o úroveň:

- strategickú, kde sa kladú základné ciele (koľko financií, aké technológie, miera samostatnosti, aký personál a iné),
- taktickú, kde sa riešia nástroje na dosiahnutie cieľov (spôsob financovania, výber technológie, typ energie, spôsob využívania, spôsob obsluhy a riadenia a iné),
- operatívnu, kde prebieha priebežné riadenie procesov (harmonogram platieb, úspor a príjmov, harmonogram výroby energie, postupné nahrádzanie spotreby, obsluha jednotlivých zariadení, získavanie materiálu, energie a iné).

Pri rozhodovaní o využívaní energetického zdroja (nezávisle od jeho veľkosti) je nevyhnutné využívať všetky tri uvedené prístupy. Na začiatku každého procesu zavádzania OZE treba navrhnúť nielen základný cieľ, ale aj spôsoby a metódy jeho dosiahnutia. Až potom nasleduje etapa samotnej realizácie.

Strategické úlohy zavádzania OZE

Pri návrhu strategického cieľa je nevyhnutné určiť, koľko a aký druh energie chceme získať z jednotlivých obnoviteľných zdrojov. Príkladom môže byť návrh energetického zdroja pre obytný dom s plochou približne 15 × 100 m, v ktorom je sto bytov na štyroch až šiestich poschodiach. Sú to jedno- až štvorizbové byty, v ktorých býva jeden až šesť ľudí. Základným cieľom je znížiť energetickú náročnosť budovy pomocou OZE. Z hľadiska nákladov treba v tejto etape brať do úvahy celkovú výšku ceny výrobku, náklady na projektovú prípravu, predpokladané náklady na stavebné úpravy alebo iné hlavné činnosti.

Taktické riadenie

V tejto časti treba navrhnúť cestu riešenia daného problému. Vybrať tie zdroje, ktoré sa v danej oblasti najviac vyskytujú, najčastejšie ide o veternú alebo slnečnú energiu, energiu bioplynu alebo energiu biomasy. Následne musí prebehnúť analýza uvedených zdrojov, zistenie časovej a výkonovej charakteristiky zdroja. Ďalej treba nájsť možnosti modelovania jednotlivých zdrojov a zistiť spotrebu predpokladaného domu. Na základe údajov o počte obyvateľov a možnosti získavania dodatočnej energie od prístrojov sa potom dajú odhadnúť dodatočné energetické zisky a ich rozloženie v čase.
Dôležitou úlohou je vytvorenie modelu spotreby energie daného objektu, a to dl-

hodobým meraním spotreby elektrickej energie, tepelných zdrojov, plynu, tekutého paliva alebo aj iných zdrojov. Okrem merania požadovaných veličín treba vytvoriť aj matematické modely jednotlivých veličín, ktoré možno využívať pri analýze vhodnosti daného zdroja.
Na tejto úrovni riadenia sa musia analyzovať najmä možnosti pokrytia čo najväčšej plochy energetickej spotreby, keďže efektívnosť celého zariadenia závisí od možností predpokladaného využitia.

Operatívne riadenie

Jeho základom na danej úrovni je riešenie bežných otázok spojených s prevádzkou daného zariadenia. Najdôležitejšou úlohou je určenie operatívnych nákladov počas celého času využívania daného zariadenia. Okrem platieb za dodatočné energie určené na riadenie strojov a obsluhu treba analyzovať časové charakteristiky spotreby a dosiahnuť maximálne využitie zdroja.
Hlavným ukazovateľom jeho efektívneho využitia je vzájomná súčinnosť spotreby energie a možných energetických ziskov.

Životný cyklus energetického zariadenia

Pri analýze základných predpokladov vhodnosti využívania zdroja energie treba brať do úvahy nielen etapu projektovania, obstarávania, inštalácie, prevádzkovania zariadenia, ale aj jeho likvidáciu. Často sa pri rozhodovaní o efektívnosti zariadenia neberie do úvahy práve zložka jeho likvidácie. Takisto, a to hlavne pri väčších zariadeniach, treba brať do úvahy aj cenu a náklady napríklad na trávnaté porasty, na ktorých je postavená slnečná elektráreň alebo ktoré sa nachádzajú pod veternou elektrárňou a pod. Na základe uvedenej analýzy možno potom vytvoriť tabuľku nákladov (*tab. 1*).

Jednotlivé časti životného cyklu celého zariadenia možno predstaviť takouto schémou:
1. Technické zadanie.
2. Projektovanie (pracovný/výrobný projekt).
3. Tvorba systému (inštalácia a nastavenie, implementácia – odladenie, spustenie, demonštračná prevádzka).
4. Prijatie do prevádzky.
5. Využívanie zariadenia (školenie personálu, prevádzka).
6. Podpora (technická, finančná, personálna).
7. Likvidácia (technológie, vplyvu na životné prostredie).

Pri ekonomickom riešení výhodnosti je nevyhnutné brať do úvahy všetky zložky nákladov.

Hodnotenie investície

V prípade rozhodovania o zavedení nového zdroja energie alebo o jeho obnovení je nevyhnutné:
- generovať investičné nápady,
- vyhodnotiť účinok investičného projektu,
- určiť kapitálové výdavky,
- určiť celkový efekt investície.

Zároveň je nevyhnutné vyhodnotiť informácie o ukazovateľoch výkonnosti, analyzovať náklady a výnosy pri zavádzaní energetických zariadení a vypočítať celkovú účinnosť zariadenia. Na základe toho možno vypočítať základné ukazovatele:
- ekonomický efekt (relatívny ekonomický efekt, ekonomická efektívnosť),
- návratnosť (čas a miera návratnosti),
- iné parametre (ziskovosť, nákladovosť).

V súlade s nimi je nevyhnutné vybrať niektoré metódy porovnávania investície, najjednoduchšie rozdelenie je na statické a dynamické metódy. K statickým metódam patrí metóda komparácie nákladov, zisku, rentability a času amortizácie. K dynamickým metódam patrí hlavne metóda čistej súčasnej hodnoty a metóda vnútornej miery výnosnosti.
Najčastejšie používaná je metóda komparácie nákladov, v ktorej sa porovnávajú minimálne dva varianty.

Tab. 1 Vybrané údaje na jednotlivých úrovniach riadenia

Úroveň riadenia	Druh nákladov	Periodicita	Iné vlastnosti
Strategická	cena projektu	jednorazovo	
	cena zariadenia	jednorazovo	možnosť rozloženia na splátky
Taktická	cena inštalácie		
	cena analýzy spotreby		
	cena pomocných zariadení		
Operatívna	priebežná údržba	mesačná/ročná	
	náklady na obsluhu		
	náklady na úroky		

Ekonomické hodnotenie technických projektov LCC/TCO

Pri ekonomickom hodnotení efektívnosti vložených prostriedkov možno použiť napríklad metodológiu ENTUS (efektívnosť, návratnosť trvalo udržateľných systémov; spoločnosť Entus Management). Navrhnutá metodológia umožňuje vďaka LCC (Life Cycle Cost) a TCO (Total Cost of Ownership) lepšie vyjadriť návratnosť investícií v rámci celého životného cyklu – projekty sú objektívne hodnotené nielen z pohľadu návratnosti peňažného kapitálu, ale aj zníženia environmentálnej záťaže.

LCC – náklady životného cyklu

LCC predstavujú technické a ekonomické hodnotenie peňažných aj nepeňažných vstupov a výstupov na produkciu počas celého životného cyklu. Počíta sa návratnosť investícií nielen pre zisk pred zdanením, ale aj pre dlhodobé ciele s vyjadrením environmentálnych a sociálnych vplyvov.

Náklady životného cyklu môžeme rozdeliť takto:
- obstarávacia cena,
- náklady na používanie a údržbu,
- spotreba energií (viazané energie),
- náklady po ukončení životnosti (recyklácia),
- náklady vlastníctva TCO,
- náklady na externality, emisie, zmierňovanie klímy, biodiverzitu.

Závery pre tvorbu projektov

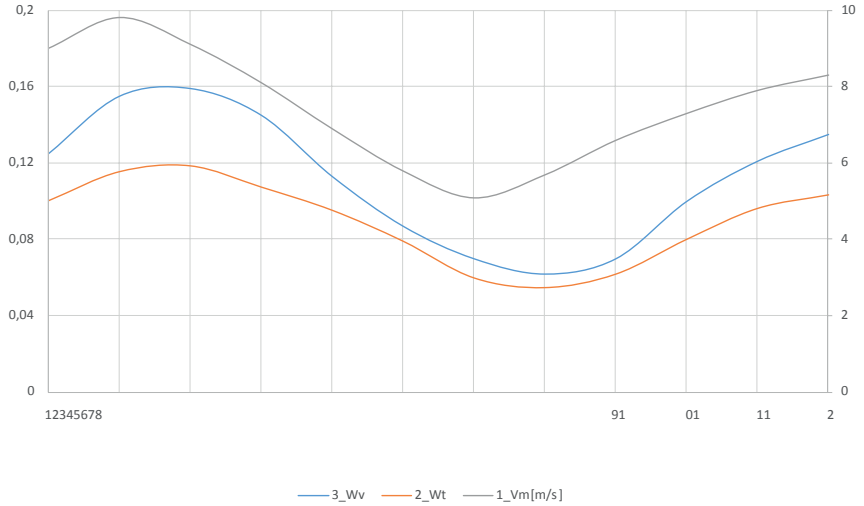
Pri hodnotení konštrukčných riešení nesmie byť zisk (úspora nákladov) jediným kritériom. Len sledovanie riešenia v celom životnom cykle zaistí tvorcom spoločenskú prestíž aj adekvátnu odmenu. Zníženie environmentálnej záťaže metódou LCC pritom predstavuje nástroj proti jednorazovým a tendenčným obchodom, ktoré môžu poškodiť dobré meno konštruktérov.

Riešený objekt

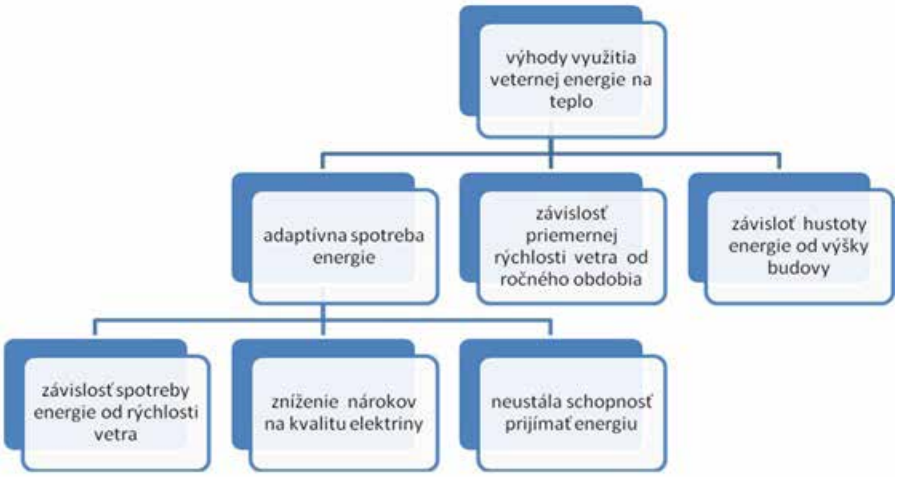
Budeme analyzovať možnosti zavedenia zariadení na výrobu energie z obnoviteľných zdrojov v bytovom dome. Ide o štvor- až šesťposchodový dom so štyrmi vchodmi a približne stovkou bytov s rôznou veľkosťou – od jednoizbových s plochou 42 m^2 až po štvorizbové s veľkosťou 90 m^2. Dodatočné energetické zariadenia budú zásobovať dom nielen tepelnou, ale aj elektrickou energiou. Zameriame sa na analýzu výberu malého energetického zariadenia na zníženie závislosti od štandardných energetických zdrojov. Pri jeho určení možno vychádzať zo strategického cieľa – znížiť potrebu primárnych zdrojov energie. Pri využívaní veternej energie treba zosúladiť potrebu dodatočnej energie s možnosťami získať danú energiu z obnoviteľných zdrojov pomocou prídavných zariadení. V oblasti taktického riadenia odberu a získavania energie je vhodné brať do úvahy koreláciu spotreby energie v období veterných dní s možnosťami výroby energie pomocou veterných zariadení.

Vybraný druh energie

Získané poznatky ukazujú určitú koreláciu medzi spotrebou energie a rýchlosťou prúdenia vetra vo vybraných oblastiach. Tepel-



Obr. 1 Závislosť tepelných strát a energie vetra od rýchlosti vetra



Obr. 2 Výhody využitia veternej energie na teplo

né straty budovy závisia od rýchlosti vetra skoro lineárne. Na grafe na *obr. 1* vidieť zmenu priemernej rýchlosti vetra a zmenu spotreby tepelnej energie počas celého roka.

Vo vybraných oblastiach sa rýchlosť vetra zvyšuje hlavne v zimných obdobiach. Takáto vzájomná korelácia je predpokladom na ekonomickejšie využívanie veternej energie, veď zvýšenie rýchlosti vetra o 30 % má za následok zvýšenie disponibilnej energie o 200 %.

Tepelnú spotrebu budovy možno vyjadriť vzťahom

$$Q = q \cdot V \cdot k_v \cdot (t_v - t_{von})$$

kde q je merný koeficient spotreby tepla,
V – vonkajší objem budovy,
k_v – koeficient zmeny spotreby v závislosti od rýchlosti vetra,
t_v, t_{von} – vnútorná a vonkajšia teplota vzduchu.

Parametre budovy sú konštantné, preto spotreba tepla závisí hlavne od vonkajšej teploty a koeficientu vplyvu vetra. Na elimináciu tejto veličiny možno navrhnúť veternú elektráreň, ktorá bude dodávať potrebnú energiu.

Závislosť možnosti získania energie z vetra a dopytu po tepelnej energii je predpokladom, že využitie veternej energie na výrobu tepla je jednou z ciest zvýšenia využívania OZE. Práve veľká premenlivosť rýchlosti vetra a tým aj možností výroby energie vytvára predpoklad na využívanie veternej energie na výrobu tepla.

Využívanie veterných zariadení v zásobovaní teplom

V tomto prípade ide o využívanie veterných zariadení na zásobovanie teplom malých obcí s centralizovaným zásobovaním tepelnou energiou, ktoré sa nachádzajú vo veterných regiónoch.

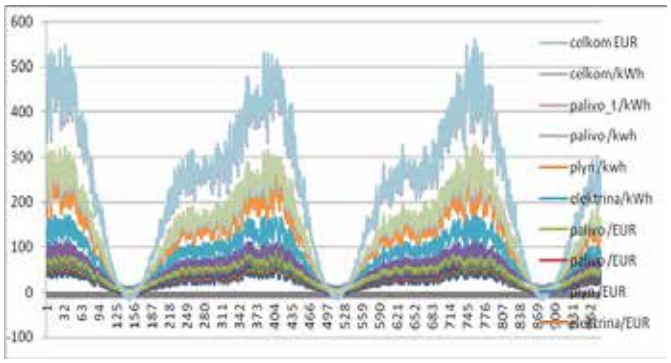
Medzi výhody využívania veterných zariadení patrí, že:

- zimné obdobie je relatívne dlhé a počas neho je rýchlosť vetra vyššia ako v letnom období;
- vietor, ako je známe, je druhým parametrom (vonkajšia teplota) najviac ovplyvňujúcim spotrebu tepla, čo umožňuje zaradiť ho medzi zdroje dodávajúce energiu práve vtedy, keď je potrebná;
- u mnohých spotrebiteľov tvoria náklady na teplo 70 až 90 %, t. j. využívanie energie vetra umožní lepšiu ekonómiu drahej energie;
- pri využívaní energie vetra na výrobu tepla netreba dodržiavať vysoké požiadavky na kvalitu energie, čo umožní znížiť nároky na konštrukciu zariadení, na kvalitatívne parametre a pod., čo prinesie zníženie ceny;
- využívanie energie vetra na výrobu tepla umožní úspešne eliminovať základný nedostatok veternej energie – premenlivosť; krátkodobé zmeny (minúty, sekundy) výkonu sú zahladené v dôsledku akumulačnej schopnosti tepelných systémov; väčšie odchýlky (desiatky minút, hodiny) možno eliminovať využitím externých zdrojov, napr. zariadenia na spaľovanie biomasy.

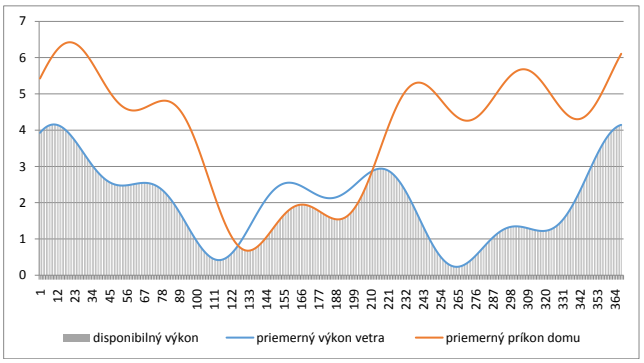
Výhody využitia veternej energie na teplo sú na *obr. 2*.

Energetický objekt

Pri výbere dodatočného zdroja energie treba analyzovať súčasnú spotrebu jednotlivých zdrojov v základných jednotkách a tiež vo finančnom vyjadrení. Získané výsledky sú

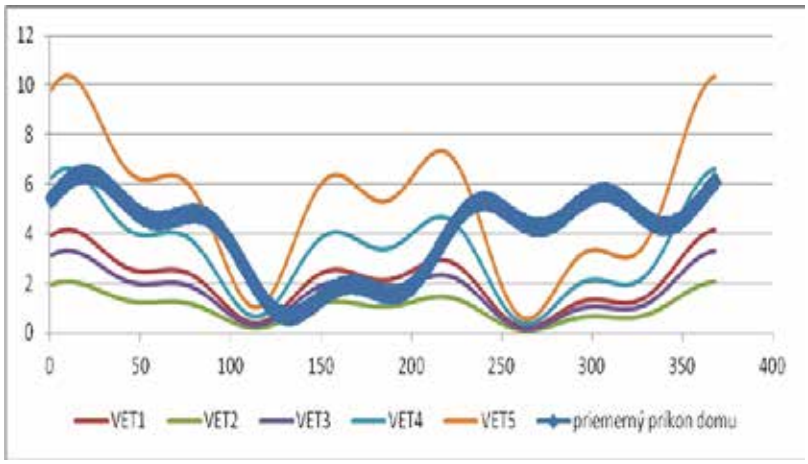


Obr. 3 Spotreba jednotlivých druhov energie počas troch rokov



Obr. 4 Zobrazenie spotreby budovy a disponibilného výkonu zdroja

Obr. 5 Možnosti inštalácie veterného zariadenia



Obr. 6 Disponibilný výkon viacerých energetických zdrojov a potreba domu

uvedené na *obr. 3*. Na ich základe možno vybrať vhodné zariadenie na riešenie strategickej úlohy – zníženie energetickej náročnosti. Pri výbere treba využiť to, že ochladenie budovy závisí vo väčšine prípadov od prvej mocniny rýchlosti vetra a výroba energie je úmerná tretej mocnine rýchlosti vetra.

Na základe nameraných údajov o rýchlosti vetra a o celkovej spotrebe tepelnej energie domu možno vytvoriť plochu disponibilného výkonu energetického zariadenia, ktoré by pokrývalo potreby budovy. Ako vidno z *obr. 4*, pri výbere energetického zdroja (v danom prípade myslíme veternú turbínu, ktorá sa môže použiť na výrobu tepelnej a elektrickej energie v danom objekte; na účely výpočtov sa vybral typizovaný priemer turbíny s horizontálnou osou) možno v dôsledku disponibilnej energie vetra pokryť len časť potreby v priebehu zimných dní, v letnom období by zdroj vyrobil viac energie, ale dom nemá takú potrebu a v jesenných dňoch nie je dostatočná rýchlosť vetra na výrobu potrebnej energie.

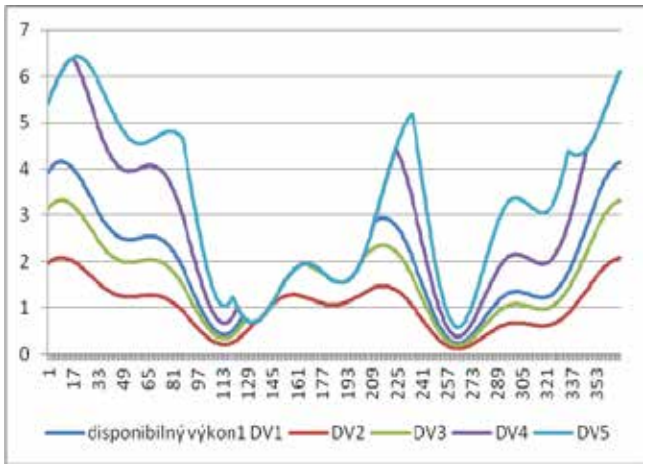
Na splnenie úlohy pokrytia maximálne možnej potreby energie domu možno vybrať zariadenia s väčším priemerom. Z teórie je známe, že energia veternej turbíny závisí od druhej mocniny polomeru turbíny, resp. od plochy, ktorú zaberá otáčajúca sa turbína. V závislosti od veľkosti priemeru turbíny sa mení aj množstvo disponibilnej energie.

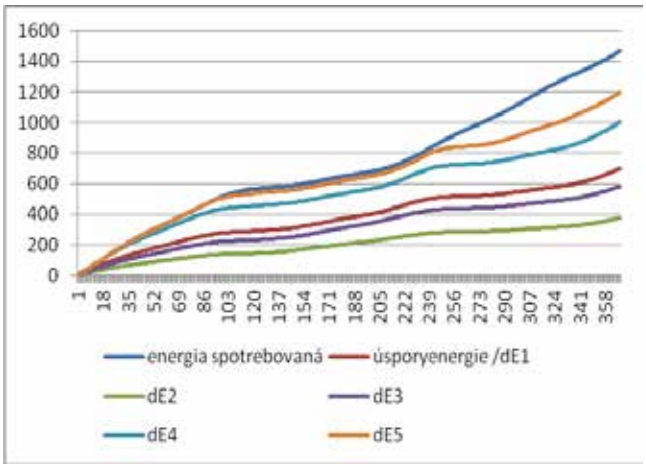
Optimalizácia výberu

Pri výbere energetického zariadenia treba z energetického hľadiska vybrať taký zdroj, ktorý by optimálne pokryl potreby domu a celkové náklady (*obr. 5*). Na účely domu sa vybralo päť veterných elektrární s rôznymi priemermi, pričom miera pokrytia energetických potrieb domu a miera nadbytočnej energetickej výroby je pri každej turbíne iná (*obr. 6*). Vo všetkých prípadoch sa vypočítali základné ekonomické parametre ako energetický zisk, odpisy na základe nákupnej ceny, operatívne náklady a iné parametre, ktoré pre obšírnosť nie sú súčasťou tohto článku. Na základe nich sa prepočítali ekonomické náklady a vypočítala sa návratnosť (*obr. 7*).

Záver

Článok vznikol na základe spoločného výskumu medzi EÚ v Bratislave a ENU v Astane (Kazachstan). Výskum sa zaoberá podrobným výpočtom a meraním strát obytných budov na území Kazachstanu s cieľom určiť matematický model výpočtu strát v závislosti od rýchlosti a smeru vetra. Zároveň prebieha aj meranie rýchlosti a smeru vetra s cieľom získať dostatočné množstvo údajov





Obr. 7 Porovnanie príkonu a spotreby budovy, využiteľný výkon a ušetrená energia

na tvorbu matematického modelu výpočtu energetickej hustoty veternej energie vo vybraných výškach, hlavne na úrovni jednotlivých budov alebo v ich blízkosti.

Projekt predpokladá nielen návrh klasického veterného zariadenia na zníženie energetickej náročnosti budov, ale aj výskum základných parametrov daných zariadení a odskúšanie nových foriem veterných turbín schopných pracovať aj pri nižších rýchlostiach vetra.

Predpokladá sa, že počas riešenia projektu sa vytvorí systém optimalizačných úloh a ich riešení so zameraním na automatizovaný výber vhodných zariadení s prihliadnutím na minimalizáciu investičných prostriedkov a na maximálne zníženie spotreby primárnych zdrojov energie.

Aj z uvedených príkladov je zrejmé, že nie vždy sú väčšie zariadenia, schopné vyrobiť viac energie, aj ekonomicky výhodné, a to hlavne z dôvodu neefektívneho využívania vyrobenej energie.

Obrázky: autor

Literatúra

1. GRIGER, V. – GRAMBLIČKA, M. – NOVÁK, M. – POKORNÝ, M.: Prevádzka, riadenie a kontrola prepojenej elektrizačnej sústavy. Žilinská univerzita, Žilina, 2001.
2. JANÍČEK, F. – KULTAN, J. – KOREC, M. – ŠEDIVÝ, J. – KRONDIAK, E.: Obnoviteľné zdroje energie v podmienkach SR.
3. JANÍČEK, F. et al.: Obnoviteľné zdroje energie 1: Technológie pre udržateľnú budúcnosť. FEI STU, Bratislava: Reneseans, 2007, 176 pp.
4. Slovak Act 656/2004 Law on power engineering and on updates to several acts of law and its amendments.
5. Slovak Act 276/2001 Law on regulation in power networks and on changes and updates to several acts of law and its amendments.
6. Concept for using renewable energy sources of 23/04/2003 [online], Ministry of Economy of SR [retrieved: 2008-05-20], available in the internet: http://www.economy.gov.sk/files/mh/koncepciaOZE.doc (Slovak).
7. Draft strategy for higher use of renewable energy sources in SR – new version, Resolution No. 383/2007 [online], available in the internet: http://www.rokovania.sk (Slovak).
8. Slovak government Order 317/2007 Law defining rules of play for the electricity market.
9. SEPS, a.s.: Prevádzkový poriadok prenosovej sústavy, ÚRSO Order 0075/2008/02/PP of 29/02/2008.
10. KULTAN, J.: Adaptívne riadenie spotreby. In: EE – časopis pre elektrotechniku, elektroenergetiku, informačné a komunikačné technológie [elektronický zdroj] : zborník ku konferencii Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie 2013, 15. – 18. október 2013, Bratislava. Bratislava: Spolok absolventov a priateľov FEI STU v Bratislave, 2013. Roč. 19, mimoriadne číslo (október 2013), s. 162 – 164 CD-ROM.
11. KULTAN, J. – BAITASSOV, T. – ISHANKULOV, M. – RIVKINA, N.: In Renewable energy sources 2013: proceedings of the 4th international scientific conference OZE: Tatranské Matliare, Slovakia, May 21-23, 2013. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2013. P. 247 – 253.
12. KULTAN, J. – BAITASSOV, T.: Energy management and renewable energy sources. In: Power engineering 2012: abstracts of 3rd international conference Renewable energy sources 2012: Tatranské Matliare, Slovakia, May 15-17, 2012. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2012. S. 241 – 242.
13. KULTAN, J.: Nonlinear system models based on interval linearization a medical application, Medzinárodná konferencia IFFAC, Bratislava, 2003.
14. Harsanyi, L. – Kultan, J.: Method of selective forgetting for nonlinear system identification Electrical engineering journal, vol 43, No 7, 207 – 210, Bratislava,1992.
15. Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu, Klimatické podmienky, Alfa, Bratislava 1990.
16. KULTAN, J.: EEE – ekonomická ekologická energetická zóna. Prednáška na stretnutí zástupcov miestnych samospráv , L. Mikuláš 2000.
17. Online: www. http://cert-energy.ru/news, Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии.
18. JANÍČEK, F., A KOL. Obnoviteľné zdroje energie, STU v Bratislave, 2009.
19. BOLONKIN, A., Использование Энергии Ветра Больших Высот, Article_Wind_Energy_Russian.htm.
20. Бушуев В.В, Энергетика – XXI, Институт энергетической стратегии, (Минпромэнерго РФ, Союз нефтегазопромышленников России) 2007.
21. JANÍČEK, F. – KULTAN, J. – KOREC, M. – ŠEDIVÝ, J. – KRONDIAK, E.: Obnoviteľné zdroje energie v podmienkach SR.
22. TARNIŽEVSKÝ B., Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: вчера, сегодня, завтра, on line:http://solar-battery.narod.ru/altenerg2.htm, 2008.
23. POPEL, O. – ŠPIĽRAJN E., A: Автономные энергоустановки с использованием возобновляемых источников энергии, on line: htttp://ftp.cordis.europa.eu/pub/sustdev/docs/energy/sustdev_eu-russia_h2-fc_popel.pdf.