

Marek Pavlík, Michal Kolcun, Ľubomír Beňa, Alexander Mészáros, Dušan Medved', Zsolt Čonka, Daniel Pál, Maksym Oliinyk, Vladimír Kohan, Anastázia Margitová, Jakub Urbanský, Róbert Štefko, Rikin Jitendrakumar Tailor

Analýza spolupráce obnoviteľných zdrojov energie pre rôzne druhy odberu elektrickej energie

Tento príspevok pojednáva o možnosti spolupráce obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Boli skúmané tri prípady a to využitie OZE pre domácnosť, administratívu a priemysel. Boli zvolené približné spotreby elektrickej energie pre domácnosť, administratívnu budovu a priemysel. Pri analýze bolo uvažované s týmito OZE – slnečná energia, veterná energia a batériový systém. Analýzy boli vykonané v simulačnom programe Homer. Všetky tri analýzy boli pre prípady odberov, ktoré sú na Slovensku. Z výsledkov vyplýva, že pre využitie obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku vychádza využitie slnečnej energie ako najekonomickjšia alternatíva. V príspevku bolo tiež uvažované s dotáciami pre OZE i keď sú v súčasnosti značne obmedzené, respektíve pozastavené. Vo všetkých troch prípadoch boli výsledky jednoznačné a teda potvrdzujú výsledky rôznych štúdií a príspevkov, ktoré taktiež uvádzajú, že pre Slovensko je najefektívnejšie využitie FV systémov.

Kľúčové slová: obnoviteľné zdroje energie, OZE, spolupráca OZE

This paper deals with the possibility of cooperation of renewable energy sources (RES). Three cases were investigated, namely the use of RES for household, administration and industry. Approximate electricity consumptions for household, office building and industry were chosen. During the analysis, the following RES were considered - solar energy, wind energy and battery system. Analyses were performed in the Homer simulation program. All three analyses were for sampling cases in Slovakia. The results show that the use of solar energy in Slovakia is based on the use of solar energy as the most economical alternative. Subsidies for RES were also considered in the article, although they are currently considerably limited or suspended. In all three cases, the results were unambiguous and thus confirm the results of various studies and contributions, which also state that the most effective use of PV systems for Slovakia. (**Analysis of cooperation of renewable energy sources for different types of electricity consumption**)

Keywords: renewable energy sources, RES, cooperation of RES

I. ÚVOD

Na území Slovenskej republiky je snaha dosiahnuť čo najväčší podiel obnoviteľných zdrojov energie a to rôznymi formami podpory zo strany štátu k výrobcom energii, či už ide o podporu v oblasti výroby elektrickej energie alebo tepla. Využívanie obnoviteľných energií v domácnostiach sa v poslednom období rozmáha viac, ako kedykoľvek predtým. Je to spôsobené tým, že štát podporuje výrobu energie z malých obnoviteľných zdrojov pomocou programov ako je napr. zelená domácnosť. Malými obnoviteľnými zdrojmi energie môže domácnosť dosiahnuť minimálnu závislosť na energiách z distribučnej elektrickej siete alebo verejného rozvodu tepla. Podpora pomôže domácnosti pri finančne náročnom obstarávaní týchto zdrojov, ktoré sú charakteristické vysokými investičnými nákladmi. Okrem štátu podporujú využívanie obnoviteľných zdrojov energie aj distribučné systavy, či už je to výkupnou cenou za prebytok vyrobenej energie alebo cenou za spotrebovanú energiu z obnoviteľných zdrojov [1] [2].

Za najefektívnejší spôsob výroby elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov sa na základe množstva publikácií a štúdií považuje systém grid-on, kedy časť svojej spotreby domácnosť pokryje z obnoviteľných zdrojov a časť je dodávaná z distribučnej sústavy.

V dnešnej dobe energia, ktorú spotrebujeme napr. na teplo, elektrinu alebo palivá do motorových vozidiel pochádza najmä z fosílnych palív ako je ropa, uhlie a zemný plyn. Takéto palivá vznikali milióny rokov pod zemským povrchom rozkladom rôznych rastlín a

živočíchov. Produkcia fosílnych palív v súčasnej dobe mnohonásobne prevyšuje ich prirodzenú tvorbu, preto sú fosílna palivá považované za neobnoviteľne zdroje energie. Podľa štatistík o svetovej energii z roku 2015 sú celkové globálne rezervy z fosílnych palív nasledovné: 892 miliárd ton uhlia, 186 biliónov metrov kubických zemného plynu, 2683 miliárd hektolitrov ropy. Z pohľadu množstva sa to môže zdať ako dostatočné množstvo, ale pri súčasnej produkcii nám vystačí uhlie na 113 rokov, zásoby zemného plynu sa minú už v roku 2069 a ropa vydrží do roku 2067. Tieto prognózy môže ovplyvniť veľmi veľa faktorov, ale hlavným problémom je to, že ich nemôžeme čerpať do nekonečna. Obmedzené množstvo fosílnych palív nie je jediným problémom pri ich produkcii. Pri spaľovaní dochádza k poškodzovaniu životného prostredia [1] [3].

II. OBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE VO VŠEOBECNOSTI

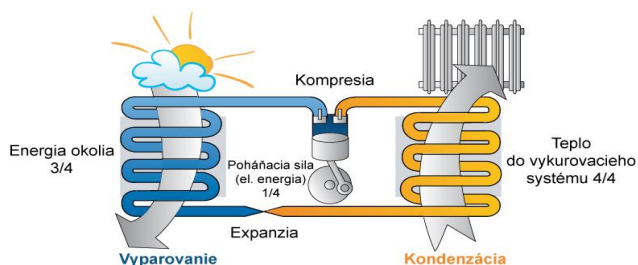
Obnoviteľné zdroje (OZE) sú nevyčerpatelne zdroje, ktoré sa obnovujú prírodnými procesmi. OZE je nefosílny zdroj energie, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí a ide o tieto zdroje: [1] [2] [3]

- vodná energia,
- veterná energia,
- slnečná energia,
- geotermálna energia,
- biomasa.

Každý z týchto zdrojov sa využíva na výrobu energie rôznymi spôsobmi.

Medzi perspektívne obnoviteľné zdroje na Slovensku patria využitie slnečnej energie a tepelného čerpadla.

Tepelné čerpadlo je zariadenie, ktoré odčerpáva tepelnú energiu z okolitého prostredia a odovzdáva ju vykurovaciemu systému. Pracuje podobne ako chladnička, ktorej hnacím prvkom je kompresor poháňaný elektromotorom. Tepelné čerpadlo umožňuje využiť nízko potenciálne teplo zeme, vody a vzduchu a odovzdať ho, napríklad, interiéru vášho domu. Tepelné čerpadlá dnes patria medzi najekologickejšie a najúspornejšie systémy na vykurovanie a prípravu teplej vody [4] [5].

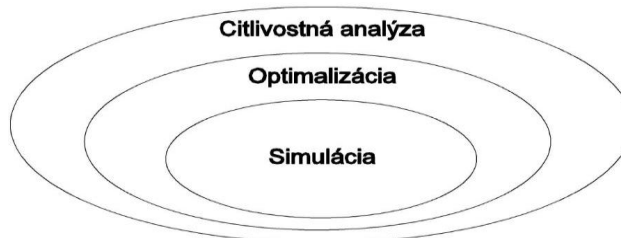


Princíp tepelného čerpadla spočíva v tom, že sa do výparníka privádza okolitým vzduchom nízko potenciálne teplo zo vzduchu, vody alebo Zeme a tým dochádza k vyparovaniu chladiva (mení sa skupenstvo). Z vyparovania vzniká para, ktorá sa stáva nositeľom tepelnej energie a prechádza do kompresora. Kompresor prudko stlačí ohriate plynne chladivo a vďaka kompresii stúpa teplota (so zvyšovaním tlaku stúpa teplota). Následne je energia privedená do kondenzátora, kde odovzdáva energiu (teplo) vode vykurovacieho systému. Po kondenzácii plyného chladiva sa tekuté chladivo vstrekuje do výparníka, aby sa tu opäť vyparilo pri nižšom tlaku. Je pripravené odobrať teplo z okolitého zdroja tepla a celý proces sa opakuje [1] [6] [7].

III. SIMULAČNÝ PROGRAM HOMER

Homer Pro pracuje na princípe zadávania vstupných údajov, ktoré popisujú možnosti technológie, náklady a dostupnosť zdrojov. Tieto vstupy Homer Pro používa na simuláciu rôznych systémových konfigurácií alebo kombináciu prvkov, a generuje výsledky, ktoré sú zobrazené pomocou zoznamu podľa konfigurácií, ktoré sú najvýhodnejšie z hľadiska NPC (Net Present Cost - náklady na životný cyklus systému, ktorý v sebe zahŕňa všetky náklady na inštaláciu a prevádzku systému po dobu životnosti projektu, mínus hodnota príjmov, ktorú získa počas trvania projektu). Homer Pro taktiež zobrazuje výsledky simulácie v rôznych tabuľkách a grafoch, ktoré slúžia na porovnanie konfigurácií z hľadiska ich ekonomických a technických predností [8] [9].

Homer môžeme rozdeliť na tri hlavné schopnosti a to simulácia, optimalizácia a citlivostná analýza. Počas simulácie systém analyzuje každú hodinu počas celého roku životaschopný systém pre všetky kombinácie zariadení, ktoré sú zadané. V závislosti od nastavenia, môže Homer Pro simulovať stovky až tisíce systémov. Počas optimalizácie Homer Pro sleduje všetky simulácie a simulované systémy triedi a filtruje podľa kritérií, určí najefektívnejší systém. Pri citlivostnej analýze Homer počíta systém z hľadiska meniacich sa premenných, ktoré nemôžeme ovplyvniť (napr. meniaci sa cena pohonných hmôt) [2] [4] [10].



Obr. 2. Vzťah medzi simuláciou, optimalizáciou a citlivostnou analýzou.

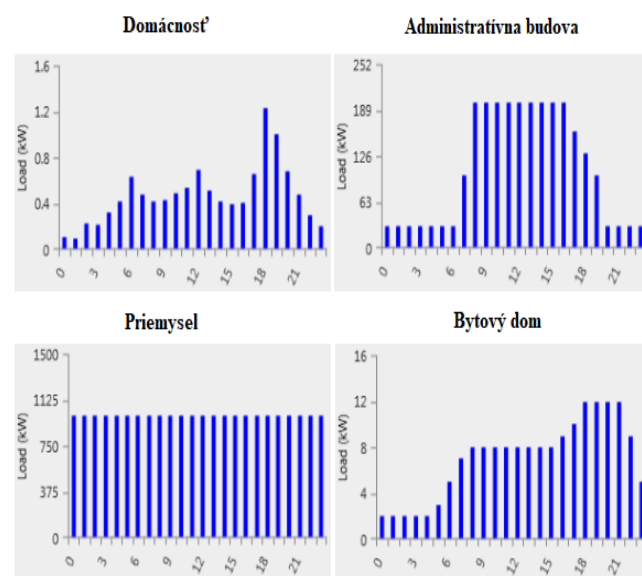
V programe Homer Pro je možné pracovať s rôznymi prvkami, ktoré môžeme rozdeliť na napájacie zdroje, skladovacie prvky a zaťaženie. Medzi napájacie zdroje patrí napríklad fotovoltaika, veterná turbína, elektrická sieť, energia z biomasy, palivový článok a iné. Medzi skladovanie energie patrí zotrvačník, batérie a vodík. Medzi zaťaženie patrí zaťaženie tepelné, vodíkové, elektrické a pod.

V tomto príspevku budú popísané rôzne možnosti spolupráce OZE pre rôzne druhy odberov – domácnosť, administratívna budova a priemysel. Priemerné referenčné hodnoty spotreby elektrickej energie sú uvedené v Tab. 1.

TABUĽKA I
Priemerné referenčné hodnoty spotreby elektrickej energie

Kategória	Priemerná referenčná hodnota spotreby elektrickej energie [kWh/m ² /rok]
Rodinné domy	26
Byt v bytovom dome	26 (aj pre spoločné priestory ako výťah)
Domovy a ubytovne	28
Administratívne budovy	43
Školské budovy	17
Nemocnice	44
Iné budovy občianskej vybavenosti, športové haly	34
Výrobné priemyselné a poľnohospodárske budovy	10-50 (podľa typu činnosti)

Pri analýzach popísaných v ďalšej kapitole bude uvažované s denný profilom zaťaženia zobrazeným na Obr.3.



Obr. 3. Denný profil spotreby elektrickej energie

IV. SPOLUPRÁCA OZE - ANALÝZA I

Plánovanie spolupráce obnoviteľných zdrojov energie je proces, ktorý zahŕňa analýzu buď existujúcej spotreby elektrickej energie, alebo plánovanej spotreby elektrickej energie, ak ide o novú stavbu. Okrem toho by sa mali zväžiť miestne požiadavky výstavby, či sa má alebo nemá prevádzkovať systém s pripojením na elektrickú sieť.

Analýza I je zameraná na posúdenie spolupráce rôznych druhov OZE pre domácnosť.

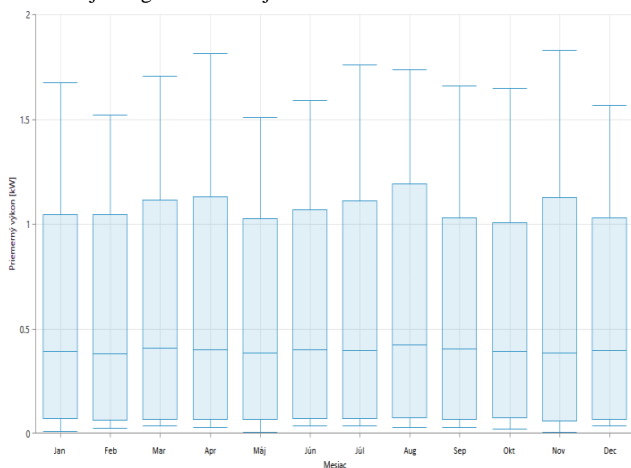
Dotáciu pre FV panely mohli získať domácnosti s FV systémom do 10kW pričom prebytočná vyrobená elektrická energia je dodávaná do distribučnej sústavy bezodplatne. Je tiež dôležité, aby sa väčšina výkonu navrhovaného FV systému spotrebovala na mieste, aby sa do elektrickej siete dodával čo najmenší prebytok elektrickej energie. Výška príspevku bola 500 eur za kW a maximálny možný príspevok je 1 500 eur.

Aj, keď je možné v súlade operačného programu kvality životného prostredia získať príspevok na malé veterné turbíny, ich skutočné využitie na Slovensku je značne obmedzené. Z toho dôvodu v súčasnosti nie je možné požiadať o dotáciu na inštaláciu veterných turbín.

Pre samotný návrh je potrebné poznať celkový dopyt/spotrebu elektrickej energie. Pomocou Tab. I je možné použiť údaje o priemernej referenčnej spotrebe elektrickej energie v domácnosti. Spotreba elektrickej energie je 26 kWh/m² za rok a po vynásobení celkovej užitočnej plochy bežnej domácnosti 134.2 m² je to 3489.2 kWh za rok. Tým že HOMER berie do úvahy dennú spotrebu elektrickej energie, je potrebné túto hodnotu vydeliť počtom dní v roku. Denná spotreba elektrickej energie je 9.56 kWh za deň.

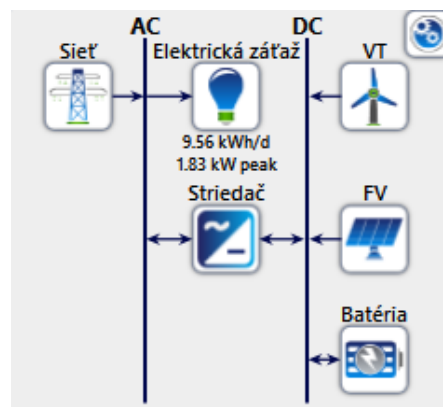
V predpokladanej spotrebe elektrickej energie nie sú zahrnuté zariadenia, ktoré slúžia na vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody a chladenie. Celkovú spotrebu elektrickej energie bude pri klasických spotrebičoch. Podľa Obr. 3 bol vybraný denný profil pre domácnosť bez zvolenia špičky.

Pre bližšie porovnanie bolo uvažované s mesačnou spotrebou elektrickej energie zobrazenej na Obr.4



Obr. 4. Mesačná spotreba elektrickej energie.

Simulácia prebiehala podľa schémy zapojenia v programe Homer – Obr.5.



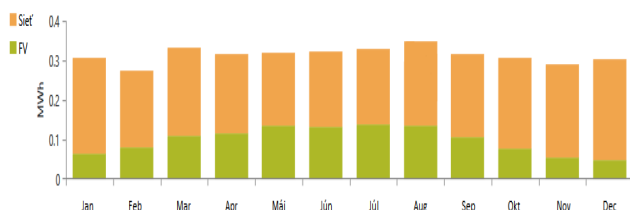
Obr. 5. Schéma zapojenia v simulačnom programe Homer.

TABUĽKA II
Výsledky simulácie pre analýzu I - domácnosť

Číslo návrhu	Sieť [kWh]	FV [kW]	VT [kus]	Batéria [kus]	Celkové Náklady [eur]	Výsledná cena [eur]
1	2 560	1.12	-	-	7 171	6 611
2	2 462	1.10	-	1	7 490	7 049
3	3489.2	-	-	-	7 154	7 154
4	2 042	0.778	1	-	13 179	12 806
5	1 802	1.04	1	1	13 558	13 038
6	2 602	-	1	-	13 164	13 181
7	2 485	-	1	1	13 480	13 449

Výsledkom simulácie je niekoľko možných riešení návrhov usporiadaných podľa ich výslednej ceny. Najvýhodnejším riešením (návrh číslo 1) je použitie FV systému s celkovým výkonom 1.12 kW, v spolupráci so stridačom, ktorého celkový výkon je 0.656 kW. Zvyšok spotreby elektrickej energie sa dodá prostredníctvom elektrickej siete. Výsledná suma návrhu po odčítaní dotácie je 6 611 eur. Možnosť použitia batérie prichádza do úvahy v návrhu číslo 2 pričom sa jedná o jeden kus batérie s kapacitou 1 kWh. Týmto spôsobom sa spotrebuje väčšia časť prebytočnej elektrickej energie, ktorú FV systém dodá, ale sú s tým spojené aj vyššie náklady. Až v návrhu číslo 3 sa zohľadňuje odber elektrickej energie od elektrickej siete. Celkové náklady sú o 543 eur viac v porovnaní s návrhom číslo 1. Veterná turbína sa zohľadňuje v návrhu číslo 6, zvolí sa jeden kus veternej turbíny s výkonom 1kW. Síce dokáže pokryť podobnú spotrebu elektrickej energie ako FV systém v návrhu číslo 1, jeho celkové náklady sú vyššie. Spolupráca FV systému a veternej turbíny je zahrnuté v návrhu číslo 4. Aj keď je možné pokryť väčšie množstvo spotreby elektrickej energie jeho celkové náklady sú takmer dvakrát vyššie v porovnaní s návrhom číslo 1.

Odhadovaná návratnosť návrhu číslo 1 je približne 9 rokov. Obr.6 zobrazuje, aký je celkový dodaný výkon jednotlivých zariadení. Celkový výkon dodávaný v priebehu roka z elektrickej siete (oranžová farba) je 2 560 kWh. Výkon dodávaný FV systémom (zelená farba) je 1 206 kWh, zatiaľ čo množstvo prebytočnej elektrickej energie dodávanej do elektrickej siete je 276.8 kWh. Je tiež možné sledovať priebeh dodávaného výkonu počas jednotlivých mesiacov. V zimnom období je výkon FV systému nižší v dôsledku poklesu intenzity slnečného žiarenia. V letnom období je najvyšší možný výkon FV systému dosiahnutý intenzívnejším slnečným žiarením.



Obr. 6. Mesačná spotreba elektrickej energie.

V. SPOLUPRÁCA OZE - ANALÝZA II

Analýza II počíta so spolupracou OZE pre administratívnu budovu. Navrhovaná administratívna budova má celkovú úžitkovú plochu približne 650 m² s dvoma poschodiami. Sú to hlavne kancelárske priestory, ale aj skladovacie priestory. Približne má 29 miestností. Celková plocha strechy je približne 300 m².

Na určenie celkovej priemernej spotreby elektrickej energie v budove v priebehu roka bola použitá Tab. I pre referenčnú spotrebu administratívnej budovy, ktorá je približne 43 kWh/m² za rok. Celkovo to predstavuje pri našej celkovej ploche 650 m² 27 950 kWh za rok. Táto hodnota bola vydelená počtom dní v roku a výsledná hodnota je 76.58 kWh za deň.

V predpokladanej spotrebe elektrickej energie sa nezohľadňujú zariadenia, ktoré slúžia na vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody a chladenie. Celkovú spotrebu elektrickej energie bude tvoriť predovšetkým osvetlenie a elektronické zariadenia. Podľa Obr. 2 bol vybraný denný profil pre administratívnu budovu bez zvolenia špičky.

TABUĽKA III

Výsledky simulácie pre analýzu II – administratívna budova

Číslo návrhu	Sieť [kWh]	FV [kW]	VT [kus]	Striedač [kW]	Batéria [kus]	Celkové Náklady [eur]
1	18 215	12	-	6.48	-	50 843
2	17 962	12.1	-	6.54	1	51 003
3	27 952	-	-	-	-	56 731
4	16 276	11.5	1	6.60	-	64 642
5	15 947	11.6	1	6.68	1	64 803
6	26 108	-	1	0.792	-	71 455
7	24 167	-	2	1.29	4	88 046

Najvýhodnejším riešením (návrh číslo 1) pre administratívnu budovu je FV systém s celkovým výkonom 12 kW k čomu je potrebný striedač s celkovým výkonom 6.48 kW. Zvyšok elektrickej energie, ktorú FV systém nevie pokryť sa dodá prostredníctvom elektrickej siete. Celkové náklady vychádzajú na 50 843 eur. Možnosť použitia batérie s FV systémom sa zahŕňa v návrhu číslo 2. Jedná sa o jeden kus batérie s kapacitou 1 kWh. Týmto by sa vedela využiť prebytočná elektrická energia, ktorú dodá FV systém. S väčšou kapacitou batérie sa nevažovalo kvôli celkovým nákladom. V návrhu číslo 3 sa uvažuje s odberom elektrickej energie z elektrickej siete. Oproti návrhu číslo 1 sú náklady o 5 888 eur vyššie. Spolupráca FV systému a veternej turbíny je v návrhu číslo 4. Pokrytie spotreby elektrickej energie je o 1 939 kWh viac ako pri návrhu číslo 1 pričom celkové náklady vychádzajú o 20 612 eur viac. Samotné využitie veternej turbíny je v návrhu číslo 6 kde sa zvolí jeden kus veternej turbíny s celkovým výkonom 3 kW pričom vie pokryť veľmi malú spotrebu elektrickej energie.

Odhadovaná návratnosť návrhu číslo 1 je približne 8 rokov. Počas celého roka sa z elektrickej siete dodá 18 215 kWh a FV systém dodá

celkovo 11 805 kWh. Prebytočná elektrická energia, ktorá sa dodá do elektrickej siete je 2 070 kWh.

VI. SPOLUPRÁCA OZE - ANALÝZA III

Analýza II počíta so spolupracou OZE pre priemyselnú budovu. Navrhovaná priemyselná budova má celkovú úžitkovú plochu približne 9 775 m². Budova slúži na výrobu a skladovanie priemyselného tovaru. Celková plocha strechy je okolo 3 059 m².

Na určenie celkovej spotreby elektrickej použijeme Tab. I na získanie referenčnej spotreby elektrickej energie pre priemysel. Táto hodnota sa pohybuje od 10 kWh do 50 kWh na m² za rok v závislosti od typu činnosti. V tejto analýze bolo uvažované s hodnotou 30 kWh na m². Pri celkovej ploche to predstavuje spotrebu elektrickej energie vo výške 293 250 kWh. Vydelená počtom dní v roku je spotreba elektrickej energie 803.425 kWh za deň.

V predpokladanej spotrebe elektrickej energie sa nezohľadňujú zariadenia, ktoré slúžia na vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody a chladenie. Celkovú spotrebu elektrickej energie bude tvoriť predovšetkým osvetlenie výrobných haly a pracovné stroje. Podľa Obr. 2 bol vybraný denný profil pre priemysel bez zvolenia špičky.

TABUĽKA IV

Výsledky simulácie pre analýzu III – priemysel

Číslo návrhu	Sieť [kWh]	FV [kW]	VT [kus]	Striedač [kW]	Batéria [kus]	Celkové Náklady [eur]
1	225 145	78.2	-	42.4	-	427 170
2	226 476	75.8	-	41.6	1	427 735
3	216 155	73.6	1	42.1	-	460 240
4	293 250	-	-	-	-	469 447
5	281 185	-	1	6	-	502 132
6	287 218	-	1	1.60	17	520 750
7	287 001	8.37	1	1.06	10	524 087

Výsledkom simulácie (Tab IV) je najvýhodnejšie riešenie (návrh číslo 1) použitie FV systému s celkovým výkonom 78.2 kW (plocha strechy postačuje pre daný výkon) s požadovaným výkonom striedača 42.4 kW. Zvyšok potreby elektrickej energie sa dodá prostredníctvom elektrickej siete. Celkové náklady počas životnosti systému vychádzajú na 427 170 eur. V návrhu číslo 2 sa zahŕňa aj batéria v spolupráci s FV systémom. Jedná sa o jeden kus batérie s celkovou kapacitou 1 kWh. S väčšou kapacitou batérie sa nevažovalo kvôli celkovým nákladom. Oproti predošlým návrhom pri domácnosti a administratívnej budove je spolupráca FV systému s veternou turbínou (návrh číslo 3) efektívnejším riešením ako odobrať elektrickú energiu zo siete (číslo návrhu 4), kvôli vyšším nákladom oproti návrhu číslo 1 sa tento návrh neoplatí. Návrh číslo 4 dodáva elektrickú energiu prostredníctvom elektrickej siete. Oproti návrhu číslo 1 sú celkové náklady o 42 277 eur viac. Samotné využitie veternej turbíny spadá do návrhu číslo 5 kde sa zvolí jeden kus veternej turbíny s celkovým výkonom 10 kW. Pri tomto návrhu veterná turbína nedokáže pokryť veľkú časť spotreby elektrickej energie a vyžaduje si to vysoké náklady.

Odhadovaná návratnosť návrhu číslo 1 je približne 8 rokov. Počas celého roka sa z elektrickej siete dodá 225 145 kWh a FV systém dodá celkovo 83 001 kWh. Prebytočná elektrická energia, ktorá sa dodá do elektrickej siete, je 14 896 kWh.

VII. ZÁVER A DISKUSIA

Tento príspevok pojednáva o možnosti vzájomnej spolupráce OZE. V príspevku sú riešené tri rôzne analýzy pre tri rôzne druhy odberu elektrickej energie – domácnosť, administratívna budova a priemysel. Všetky tri druhy odberu sa líšili na jednej strane veľkosťou odberu elektrickej energie a taktiež charakterom záťažovej krivky, ktorá je iná pre domácnosť, iná pre priemysel a administratívu.

Z výsledkov analýz I až III bolo zistené, že ako najvýhodnejšia alternatíva pre domácnosť, administratívnu budovu a priemysel je použitie FV panelov. Avšak je potrebné poznamenať, že tieto analýzy boli vykonané pre mesto na Slovensku, kde najvyšší potenciál je práve pre využitie slnečného žiarenia. V rámci tohto príspevku bola vykonaná aj pokusná analýza pre priemysel, ktorý sa nachádza v Španielsku. Z výsledkom vyplynulo, že plnohodnotne by bolo možné využiť spoluprácu FV systémov spolu s veternými turbínami. Mnoho výskumov poukazuje na to, že na Slovensku nie sú ideálne podmienky pre využitie veternej energie a tento príspevok to potvrdzuje.

Pridaním ďalších obnoviteľných zdrojov (tepelné čerpadlo, palivové články a pod) by zrejme spolupráca OZE nepozostávala len z využitia slnečnej energie.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0576.

LITERATÚRA

- [1] K. Števíková, "Trh s obnoviteľnou energiou v nových členských zemích EU," Diplomová práca. Brno: Masarikova univerzita, 2009. 99 s.
- [2] M. Kolcun, J. Džmura, M. Mešter, M. Pavlík, "Elektrárne," 1. vyd. - Košice : TU - 2017. - 202 s. - ISBN 978-80-553-3119-5.
- [3] M. Pavlík, "Obnoviteľné zdroje energie vo všeobecnosti," 1. vyd. - Košice : Technická univerzita v Košiciach - 2019. - 75 s. [CD-ROM]. - ISBN 9788055333175.
- [4] M. Dubeň, "Návrh energeticky úspornej polyfunkčnej budovy s alternatívnymi zdrojmi Energie," [online]. 2012. [cit.19.12.2021]. Dostupné z: <https://www.fsv.cvut.cz/svoc/2012/vysledky/p2.pdf>
- [5] R. Foster, M. Ghaseemi, A. Cota, "Solar Energy: Renewable energy and the environment," 1. Vyd. US: CRC PR INC, 2009. 380 s. ISBN 978-81-20075-66-3.
- [6] Angela Graf, Tom Koehler Oregon Cellulose-Ethanol Study [online]. Oregon Office of Energy, June 2000, [cit. 2008-01-17], Dostupné z: <https://www.stromvergleich-umsonst.de/>

- [7] R. Dobáková, "Veterná elektrárne," 2014. [cit.12.12.2019]. Dostupné z: <https://www.posterus.sk/?p=17161>
- [8] Final Report: EPRI-USDOE Cooperative Agreement: Cofiring biomass with coal [online]. US Department of Energy, September, 2001
- [9] Denis Du Bois. Thin Film Could Soon Make Solar Glass and Facades a Practical Power Source [online]. Energy Priorities, May 22, 2006, Dostupné z: https://energypriorities.com/entries/2006/05/xsunx_power_glass_bipv.php
- [10] Fuel shares in world TES, 2018 – Charts – Data & Statistics [online]. IEA, [cit. 2020-01-18], Dostupné z: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/fuel-shares-in-world-tes-2018>

ADRESY AUTOROV

- Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk
- Michal Kolcun, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk
- Lubomír Beňa, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, lubomir.bena@tuke.sk
- Alexander Mészáros, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, alexander.mezzaros@tuke.sk
- Dušan Medved', Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, dušan.medved@tuke.sk
- Zsolt Čonka, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, zsolt.conka@tuke.sk
- Daniel Pál, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, daniel.pal@tuke.sk
- Maksym Oliinyk, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, maksym.oliinyk@tuke.sk
- Vladimír Kohan, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, vladimir.kohan@tuke.sk
- Anastázia Margitová, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, anastazia.margitova@tuke.sk
- Jakub Urbanský, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, jakub.urbansky@tuke.sk
- Róbert Štefko, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, robert.stefko@tuke.sk
- Rikin Jitendrakumar Tailor, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,