

VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE V PODMÍNKÁCH ČR

Ing. Tomáš Kukuczka, Ing. Petr Klimek, Ing. Tomáš Nenička
Czech RE Agency, o.p.s.

Televizní 2618, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
tomas@czrea.org, tomas.nenicka@czrea.org, petr@czrea.org

Abstract:

Tento příspěvek byl zpracován v rámci výzkumného projektu Ministerstva životního prostředí VaV/SN/3/174/05 „Výzkum synergických vazeb v aplikacích s obnovitelnými zdroji energie“. Obnovitelné zdroje energie se v současné době v souvislosti se zákonem č. 180/2005 Sb. na podporu výroby elektřiny z OZE dostávají do popředí zájmu vlády, investorů, průmyslu i široké veřejnosti. Tento zájem následně vyúsťuje v podobě řady programových dokumentů a dotačních programů, zvyšování výrobních kapacit firem zabývajících se OZE, zájmu bank v nabízených úvěrových produktech pro OZE, technologického rozvoje a zaměření se na výzkum a vývoj v této perspektivní oblasti. Využití synergických vazeb mezi jednotlivými OZE a jejich vzájemné kombinace mohou významně přispět k jejich širší aplikaci v klimatických podmínkách ČR.

1. Stav OZE v ČR

Energetické potřeby lidstva se zvyšují neudržitelným tempem a podle mnoha odborníků nám v blízké budoucnosti hrozí energetická krize. Jedním z ekonomicky a sociálně přijatelných řešení, které vyspělé ekonomiky světa začínají akceptovat, jsou i obnovitelné zdroje energie (OZE), což jsou technologie produkující teplo a elektřinu za využití energie slunce, vody, větru, biomasy a bioplynu, geotermální energie, okolního prostředí a kapalných biopaliv.



Obr. 1 Semitrparentní FV panel

Evropská unie deklarovala svou vůli podporovat OZE několika normami, mezi které patří zejména Bílá kniha o obnovitelných energetických zdrojích a Směrnice 2001/77/EC Evropského parlamentu a Rady EU ze dne 27. září 2001 „O podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektrickou energií“. Evropská unie si také stanovila za cíl v roce 2010 vyrábět až 12 % veškeré energie z OZE, přitom elektřinu by měly OZE pokrývat z 21 %. Česká republika směrnici implementovala prostřednictvím zákona č.180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

Při podpisu Smlouvy o přistoupení k Evropské unii se Česká republika zavázala přijmout opatření k dosažení cílového podílu domácí výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé národní spotřebě v roce 2010 ve výši 8 %. Dosavadní hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v ČR je 3,1 TWh (údaje z r. 2005, zdroj MPO), což odpovídá 4,5 % hrubé národní spotřeby energie a na celkové tuzemské hrubé výrobě elektřiny se podílela 3,8 %. Výroba elektřiny z nově instalovaných obnovitelných zdrojů do r. 2010 potřebná ke splnění převzatého závazku je zhruba 3,7 TWh/rok, což je vzhledem k meziročnímu růstu 0,39 TWh (2004-2005) bez masivní podpory OZE **cíl nereálný a nesplnitelný**.

2. Fotovoltaika - perspektivní zdroj budoucnosti

V souvislosti se zákonem č. 180/2005 Sb. na podporu výroby elektřiny z OZE se otvírá prostor pro rozvoj těchto technologií i u nás. Nicméně o dlouhodobě nejperspektivnější a z hlediska životního prostředí nejšetrnější technologii – fotovoltaice - se toho příliš neví.

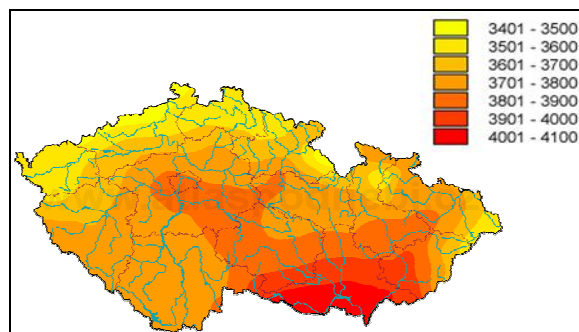
Fotovoltaika je obor, který získává elektrickou energii přímo ze slunečního záření a je z hlediska životního prostředí nejčistší a nejšetrnější způsob elektrické výroby. Technická řešení pro využití sluneční energie k výrobě elektrické energie jsou již v uspokojivé podobě k dispozici. Účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu se v současnosti pohybuje v rozmezí 10 – 15 %, tzn., že umožňuje získat se současnými solárními systémy z jednoho metru aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie za rok. Zatímco v mnoha aplikacích na odlehlých místech bez připojení k elektrorozvodné síti je fotovoltaika technicky i ekonomicky výhodnější řešení, ve srovnání se stávajícími klasickými zdroji při dodávce do sítě je elektrická energie z fotovoltaických systémů stále ještě dražší.

Existuje však dostatek důvodů, proč vyvíjet úsilí na další rozvoj fotovoltaiky. Nejenom vyspělé země světa více či méně intenzivně podporují nejen rozvoj fotovoltaiky, ale i ostatních obnovitelných zdrojů energie jako strategického prostředku pro zajištění kontinuity energetických zdrojů v časovém horizontu do roku 2050. Fotovoltaika nabízí časově neomezenou možnost výroby elektrické energie. Technologie využívající sluneční záření má teoreticky neomezený růstový potenciál. Fotovoltaika by se měla stát významným prvkem trvale udržitelného energetického systému s minimálním dopadem na životní prostředí.

Fotovoltaika patří k nejperspektivnějším obnovitelným zdrojům energie. Potenciál rozšíření je ze všech OZE největší (5 300 MW). Ke svému provozu nepotřebují palivo ani nemají žádné specifické požadavky na lokalitu. Fotovoltaické zdroje v rozvinutých a rozvojových státech mohou zvýšit zaměstnanost, upevnit ekonomickou situaci, zlepšit stav životního prostředí, zvýšit spolehlivost infrastruktury a zajistit větší bezpečí. Celosvětově instalovaný výkon z fotovoltaických elektráren přesahuje 5 000 MW, meziroční nárůst výroby je vyšší než 35 % a obrat se pohybuje ve výši 10 miliard Euro. Za posledních 20 let se cena FV článků v důsledku výzkumu a vývoje snížila o 80 % a energetická návratnost se pohybuje již mezi 2 až 3 léty. V ČR je fotovoltaika teprve na začátku svého vývoje a v blízké budoucnosti se očekává její výrazný rozvoj a využití.

3. Podmínky slunečního záření ČR

Na území České republiky je celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) od 1400 do 1700 hod/rok a dopadající sluneční záření na území České republiky je homogenní. Na plochu 1 m² dopadne ročně průměrně 1100 kWh energie, což je srovnatelné s množstvím energie uvolněné při spálení 250 kg uhlí a vzhledem k prakticky nevyčerpatelné rozloze využitelných ploch představuje vydatný energetický potenciál. Elektrifikovaná domácnost spotřebuje 15 - 20 MWh ročně, tedy tolik, kolik dopadne za rok na méně než 20 m².



Obr. 2 Sluneční záření na území ČR

4. Legislativní a ekonomické předpoklady ČR

Milníkem v rozmachu fotovoltaiky v ČR se stal rok 2006 kdy byl implementací směrnice 2001/77/EC „O podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektrickou energií“ do české legislativy splněn jeden ze závazků ČR při vstupu do EU.

V srpnu roku 2005 vstoupil v účinnost zákon č. 180/2005 Sb. splňující požadavky výše jmenované směrnice. Tento zákon patří mezi nejmodernější v Evropě a zavádí dva základní mechanismy podpory výroby zelené elektřiny – mechanismus výkupních cen (feed-in tariff) a zelených bonusů. Princip výkupních cen spočívá v tom, že každou kWh vyrobenou za pomoci technologií OZE, je povinen distributor nebo provozovatel přenosové soustavy po dobu patnácti let vykupovat za pevně stanovené ceny. Tyto ceny stanovuje Energetický regulační úřad a za předpokladu splnění určitých technicko-ekonomických parametrů garantují investorovi návratnost investice do OZE během patnácti let. Bohužel zákon v současné podobě nepodporuje výrobu tepla z těchto zdrojů.

Výkupní ceny však nejsou jediným systémem podpory OZE, investorům a fyzickým osobám jsou také k dispozici státní a evropské dotační tituly. Mezi národní programy patří zejména Státní program na podporu úspor energie a využití OZE pro rok 2007, který má dvě části administrované Státním fondem životního prostředí a Českou energetickou agenturou. Množství finančních prostředků poskytovaných státem však každoročně klesá a význam získávají zejména evropské peníze distribuované prostřednictvím Operačních programů. V oblasti OZE budou významné zejména Operační program Podnikání a inovace a Operační program Životní prostředí. První z nich má na programovací období 2007-2013 vyčleněno zhruba 4,5 mld Kč a je určen především podnikatelům, zatímco druhý z nich je určen pro nepodnikatelské subjekty a disponuje částkou okolo 21 mld Kč.

V souvislosti s tímto zákonem pak byl vydán i prováděcí předpis – vyhláška č. 475/2005 ze dne 30. listopadu 2005, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Pro FV systémy byla cenovým rozhodnutím ERÚ č. 8/2006 pro rok 2007 stanovena garantovaná cena 13,46 Kč/kWh (zelené bonusy 12,75 Kč/kWh) po dobu 15 let (po tuto dobu je vyplácení výkupních cen garantováno zákonem) a zároveň tímto zaručuje investorovi 15-ti letou návratnost jeho investice (toho lze v kombinaci se státní dotací na koupi systému snadno dosáhnout). Navíc, životnost systémů je dnes odhadována na 25 let a více, takže v dalších letech je možné vyrobenou a prodanou energii považovat za čistý zisk (ať už bude výkupní cena jakákoli). Výše výkupních cen již pomalu začíná být odpovídající současné ceně fotovoltaické energie a blíží se tak i úrovni fotovoltaické velmoci - Německa (0,52 €/kWh na 20 let).

Prozatím je však vývoj FV instalací v ČR poměrně nepříznivý. V roce 2006 činil celkový instalovaný výkon FV systémů cca 595 kWp, a to je v porovnání s vyspělými evropskými ekonomikami velmi málo (2005 – Německo cca 1771 MWp, Lucembursko 23 MWp, Rakousko 21 MWp atd.). Srovnání s novými členskými státy EU už vyznívá přeci jen lépe. ČR figuruje mezi těmito státy v množství instalovaného výkonu na prvním místě.

Avšak trh s fotovoltaikou se rozvíjí, byť pomalu, i v České republice. Od roku 1999 bylo v ČR realizováno okolo 270 instalací připojených k rozvodné síti a 700 ostrovních systémů. Zároveň je v ČR nejméně 50 firem s velmi dobrou znalostí instalace FV systémů a nejméně 10 firem schopných kvalitně FV elektrárny projektovat, zatímco výrobci a dodavatelé zajistí školení instalatérů sami. Na začátku roku 2007 se díky dotacím a zákonu na podporu výroby elektřiny z OZE se počet již realizovaných a plánovaných instalací v ČR výrazně zvýšil. Celkový výkon FV systémů v ČR v současné době činí 1388 kWp a vývoj napovídá obdobnému tempu růstu i v následujících letech.

5. Využití synergických vazeb mezi OZE

Vzájemnou kombinací jednotlivých OZE lze dosáhnout jejich optimálního využití v podmínkách polohy České republiky a lze aplikovat synergické vazby jednotlivých OZE pro jejich celkově efektivnější využití a zajištění stabilnějšího systému v dodávce elektřiny z OZE do rozvodné sítě.

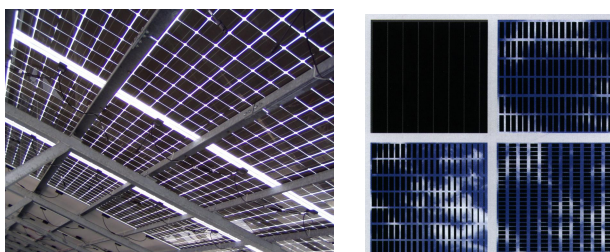
Biomasa a fotovoltaika

V této kombinaci dvou, z pohledu vhodnosti pro ČR perspektivních, obnovitelných zdrojů energie je nutno experimentálně zjistit vliv zastínění na růst vybraných energetických rostlin. Výsledky by měly napovědět, zda je z pohledu náročnosti na přímé sluneční světlo možné pěstovat energetické rostliny ve stínu fotovoltaických elektráren umístěných na nezastavěné půdě. Pokusy budou simulovat pěstování rostlin mezi FV panely na dvouosých trackech a mezi rovnoběžnými řadami FV polí. Bude nutno provést výzkum a vývoj vhodné konstrukce solárního panelu s ohledem na optimální míru propustnosti, navrhnout vhodné umístění fotovoltaických panelů s ohledem na pěstební podmínky energetických plodin a prozkoumat vliv fotovoltaického pole na růstové vlastnosti rostlin.

Jako vhodné provedení pro všechny typy instalací se jeví semitransparentní modul s vhodně zvolenou mírou transparentnosti. Solární panely vhodné pro polní instalace by měly být v neaktivních částech transparentní, tak aby co nejvíce slunečního světla dopadalo na rostliny pod FV panely. Povaha slunečního světla za solárním panelem bude závislá na materiálech použitých ve struktuře solárního panelu. Z tohoto hlediska bude dále studována v oblasti aktivních částí rostlin intenzita slunečního záření a její plošné rozložení, spektrální složení procházejícího světla a rovněž teplota pod solárními panely. Lze očekávat, že stíny vytvářené obrysy solárních článků budou mít v rovině rostlin dosti ostrá rozhraní. Proto se nabízí možnost vytvořit rozptylující strukturu v transparentních místech fotovoltaických skel. Rovněž výběr pouzdrících materiálů by měl respektovat spektrální povahu fotosyntézy s maximy citlivosti v modré oblasti 420 nm - 453 nm a potom v červené oblasti 645 - 663 nm. Struktura sklo/PVB/sklo začíná propouštět sluneční záření od vlnové délky 400 nm. Propustnost strukturou potom postupně klesá od 600 nm do 900 nm (tj. v červené a infračervené oblasti). Fotosyntéza by proto neměla být výrazně omezena. Za poznámku stojí skutečnost, že rostliny nepotřebují k fotosyntéze zelenou část spektra tj. od 480 nm do 620 nm. Bylo by výhodné tuto část spektra využít v solárních člancích. Možný způsob extrakce pouze této části spektra a její další zpracování bude předmětem dalších úvah.

Teplota pod solárními skly nebo také povrchová teplota listů je rovněž velmi důležitý faktor ovlivňující intenzitu růstu. Jak bylo uvedeno v kapitole o biomase, maximální rychlost u rostlin s Calvinovým cyklem je při teplotě 25 °C.

Semitransparentní solární panel je možné zhotovit jak s krystalickými křemíkovými solárními články, tak rovněž s tenkovrstvými strukturami amorfního či mikrokrystalického křemíku.



Obr. 4 Semitransparentní FV panely

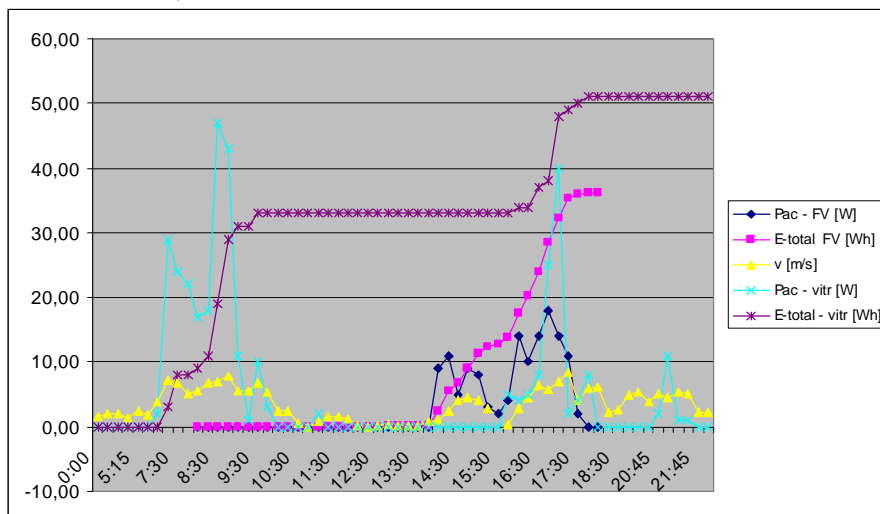
Zatímco míra propustnosti u krystalických článků je dána velikostí solárních článků a jejich roztečí, tak u panelů s tenkými vrstvami lze vytvořit téměř libovolný rastr aktivních a

neaktivních ploch. Při zvyšování míry propustnosti je samozřejmě snižován špičkový výkon solárního panelu. Aplikovaná míra propustnosti bude v konečném důsledku dána nalezením optima mezi energetickým ziskem fotovoltaiky a hmotnostním výtěžkem sušiny z dané plochy.

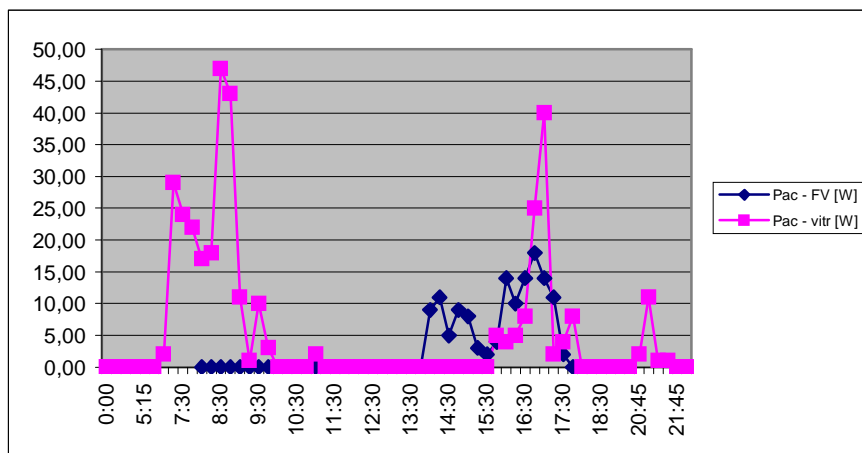
Větrná energie a fotovoltaika

Tato kombinace dvou OZE vychází z předpokladu, že větrná elektrárna může tvořit doplněk fotovoltaické elektrárně (případně naopak) a tvořit spolu jeden celek, který se navzájem doplňuje, tak aby byla výroba el. energie co nejrovnoměrnější. V zatažených a větrných dnech je energie dodávaná systémem vyráběna z větší části větrnou turbínou a ve dnech kdy je jasno a rychlost větru nižší je převážná část energie vyráběna fotovoltaickým generátorem.

Jako příklad „typického dne“, dne kdy je část dne zataženo a větrno a část slunečno a bezvětří, lze uvést průběhy z 30.4.2006. Z průběhu vidíme, že v dopoledních hodinách bylo zataženo a největší část energie byla dodána větrnou částí (cca 30 Wh v čase 7:15 – 9:30). Kolem poledne došlo k uklidnění větru, ale vzhledem k tomu, že bylo i nadále zataženo, byl objem výroby minimální. V odpoledních hodinách došlo k částečnému vyjasnění a začala vyrábět nejdříve FV část a poté i větrná. Za celý den bylo tak vyrobeno 87 Wh (z toho 36 Wh FV částí a 51 Wh větrnou).



Obr. 2 Denní průběhy vyrobené energie fotovoltaikou a větrnou elektrárnou ze dne 30.4.2006



Obr. 3 Srovnání okamžitého výkonu z FV a větrné elektrárny ze dne 30.4.2006

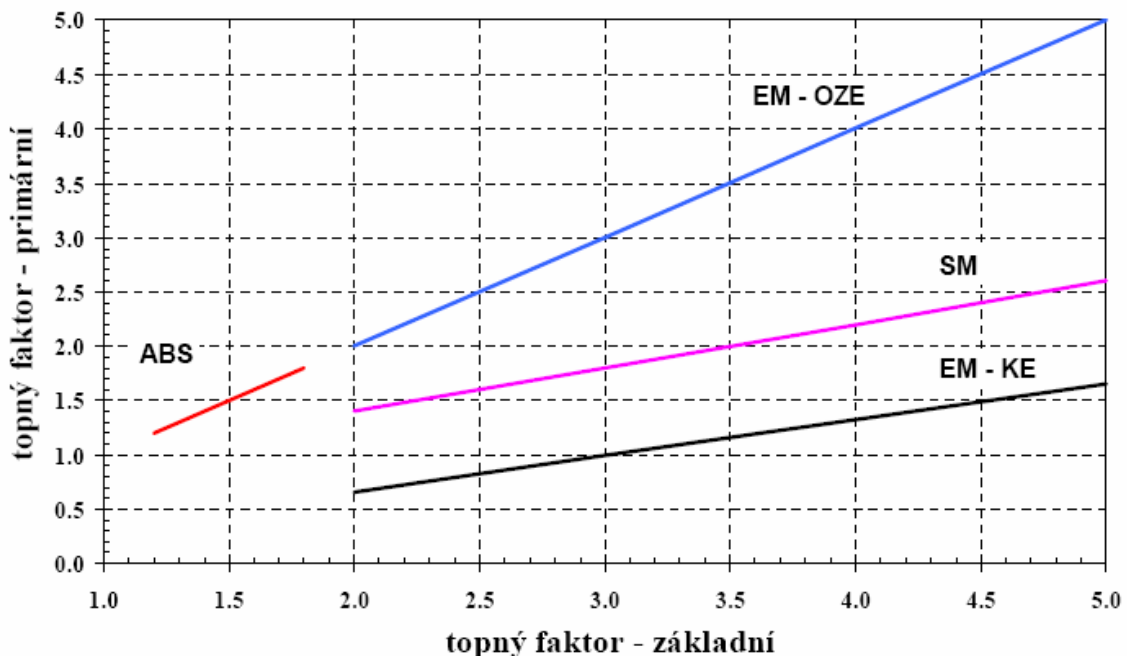
Tepelná čerpadla a fotovoltaika

Tepelné čerpadlo je zařízení napájené elektrickou energií. Z jednotky elektrické energie je pomocí tepelného čerpadla získán několikanásobek tepelné energie proti případu přímé spotřeby například v odporových topidlech. Fotovoltaika není vhodný zdroj energie pro vytápění budov, nicméně v případě tepelných čerpadel je pro jejich vysokou účinnost možné uvažovat i o napájení tepelného čerpadla z fotovoltaiky. Nicméně, největší potřeba energetického krytí práce tepelného čerpadla je v zimním období, kdy je naopak výkon fotovoltaického systému vzhledem k intenzitě slunečního záření v celoročním srovnání nejmenší. Proto je třeba dále zkoumat vzájemnou možnou součinnost tepelného čerpadla a fotovoltaiky a optimalizaci takového systému.

Pro stanovení energetické efektivity práce tepelných čerpadel je nutno vycházet nejen ze základních, ale i primárních topných faktorů. Základní topné faktory jsou použitelné pro srovnání práce tepelných čerpadel v rámci jednoho typu, primární pak poskytují obraz o efektivity práce různých typů čerpadel v rámci celostátní energetické soustavy.

U tepelných čerpadel absorpčních a tepelných čerpadel poháněných elektřinou z OZE elektráren je tudíž základní topný faktor ideálně roven faktoru primárnímu, u ostatních typů se pak liší. Srovnání základního a primárního topného faktoru pro výše uvedené případy je provedeno na obrázku 4. Legenda označuje průběhy pro tepelná čerpadla:

- EM-KE kompresorová, poháněná elektřinou vyrobenou v kondenzační tepelné elektrárně,
- SM kompresorová, poháněná spalovacím motorem,
- EM-OZE kompresorová, poháněná elektřinou vyrobenou v netepelných elektrárnách využívajících OZE,
- ABS absorpční.



Obr. 4 Závislost topného faktoru primárního a základního pro různé typy TČ

Graf umožňuje srovnání tepelných čerpadel z makroenergetického hlediska. Absorpční tepelná čerpadla dosahují reálných topných faktorů v rozmezí 1,2 - 1,6. Porovná-li se tedy tepelné čerpadlo absorpční (ABS) s topným faktorem 1,5 bude muset jemu z hlediska využití primární energie rovnocenné tepelné čerpadlo kompresorové poháněné elektřinou vyrobenou v kondenzační tepelné elektrárně (EM-KE) dosahovat základního topného faktoru cca 4,5. Porovnáme-li absorpční tepelná čerpadla a kompresorová tepelná čerpadla poháněná spalovacím motorem, pak odpovídající TČ se spalovacím motorem bude muset mít základní

topný faktor vztažený na mechanickou práci cca 2,2, aby jeho primární topný faktor dosáhl hodnoty 1,5. Zatímco uváděné topné faktory absorpčních tepelných čerpadel je možno v současné době považovat za hraniční, u tepelných čerpadel kompresorových je možno považovat uvedený minimální základní topný faktor 3 za snáze překročitelný (zvýšením základního topného faktoru TČ poháněného spalovacím motorem na 3,5 se změni primární topný faktor na 2).

V dlouhodobém horizontu je možno očekávat rozmach tepelných čerpadel poháněných spalovacími motory na bioplyn, absorpčních tepelných čerpadel, kde je "pohonné" teplo také získáváno spalováním biomasy. Tyto aplikace kombinující využívání několika druhů obnovitelných zdrojů pomohou dále intenzifikovat využití OZE. Výhledově budou zajímavé i kombinace elektrických tepelných čerpadel a palivových článků. Při detailnějším a komplexním hodnocení je nutno dále zohlednit i ztráty během transformací a přenosu energie, podíl elektřiny získané z obnovitelných zdrojů energie, výši modulu teplotěnské výroby elektřiny v rámci státu, ekologické a ekonomické aspekty.

Solární termální a fotovoltaické systémy

Výroba tepelné a elektrické energie v rámci jednoho hybridního solárního kolektoru je bezesporu zajímavým řešením využití a synergií mezi dvěma blízkými zdroji obnovitelné energie. Existují však různé přístupy k těmto systémům v návaznosti na ekonomické možnosti řešení.

FV/termický panel je kombinace FV článků se solárním fototermickým kolektorem. Tvoří jeden celek, který konvertuje solární záření do tepla a elektřiny současně. Obecně můžeme uvést dva typy FVT:

- **sklem zakrytý FVT kolektor**, který vyrábí hodně tepelné energie, ale málo elektrické energie, a
- **nezakrytý FVT panel**, který vyrábí méně tepelné energie, ale má poněkud lepší elektrickou konverzi.

Lze uvést, že prototypy FVT kolektorů dosáhly účinnosti přeměny zářivé sluneční energie na elektrickou asi 11,2% a tepelnou cca 77 % s koeficientem tepelných ztrát 23 W/m²K. Teplo generované ve FV člancích – Jouleovo teplo, ztrátový výkon, ohřev tmavého tělesa – je odstraňováno a konvertováno v užitečnou tepelnou energii termickým kolektorem. Shrnutí – FVT panely vyrábějí více energie na jednotku plochy, než samostatné FV panely a fototermické kolektory. Dále FV panely zachovávají přednosti estetického vzhledu při aplikaci v architektuře.

FVT kolektory, stejně jako většina klasických fototermických kolektorů, mají krytí vysoce transparentním sklem a tím omezují tepelné ztráty do okolí a zlepšují tepelnou účinnost při relativně vysoké teplotě kolektoru. FVT kolektory mohou být tudíž použity v solárních kombinovaných systémech, které generují teplo pro ohřev TUV a pro vytápění a elektřinu s poněkud nižší účinností než klasické FV panely. Srovnáním tepelné účinnosti FVT kolektoru s fototermickým kolektorem vidíme o něco nižší účinnost danou nižší absorbcí solární energie FVT kolektorů. FVT panely mají nižší tepelnou účinnost a prudší pokles s rostoucí teplotou kolektoru jako důsledek větších tepelných ztrát do okolí.

Důvodů pro kombinaci obou způsobů získávání sluneční energie a vytvoření tzv. fotovoltaicko-termálního (FVT) modulu je více:

- zvýšení celkové účinnosti běžného FV systému, jelikož je využito odpadní teplo. Účinnost FV jevu je dána technologií a kvalitou zpracování článku (snaha o maximální propustnost světla přední stranou, minimální odrazy, minimální sériový a maximální paralelní odpor článku aj.). Limity jsou stanoveny též použitými materiály vlastního PN přechodu, tj. místa, kde vzniká po dopadu

fotonů elektrický náboj. Žádný materiál není schopen využít celého spektra slunečního záření. Pro speciální aplikace, kde není cena limitujícím faktorem, se proto používají tzv. tandemové články obsahující více těchto PN přechodů- záření je pak lépe využito. V nejobvyklejších křemíkových článcích však musíme počítat s účinností mezi 12% - 17%. Zbylá energie záření se mění v teplo či reflektuje.

- zajištění dostatečného chlazení fotovoltaických článků. Účinnost přeměny záření na elektrickou energii klesá s rostoucí teplotou článku, a to zhruba lineárně. Především v oblastech s teplým podnebím či v místech, kde není zajištěno dobré odvětrávání (např. leží-li FV modul těsně na střeše bez vzduchové mezery), je třeba brát tento fakt na vědomí a zajistit vhodný způsob chlazení. U koncentrátorového systému je zajištění dostatečného chlazení FV článků nepostradatelné. Pasivní chlazení je použitelné jen pro systémy s koeficientem koncentrace < 50 .
- při ostrovním provozu může elektrická energie sloužit pro pohon čerpadla kapaliny termální soustavy či větrání v případě aktivního chlazení vzduchem
- lepší estetický vzhled systému nežli dva oddělené systémy
- v případě sériové výroby cca o 10% nižší výrobní náklady FVT modulu (je použit jednotný rám modulu), unifikované díly mohou zajistit jednodušší montáž než dva oddělené systémy

6. Literatura

- [1] Výzkumný projekt „Výzkum synergických vazeb v aplikacích s obnovitelnými zdroji energie“ VaV/SN/3/174/05, MŽP Praha 2006.