

S K R Á T E N Á V E R Z I A

Energetická sebestačnost Römerland Carnuntum

Johannes Kathan

Sawsan Henein

Helfried Brunner

Tara Esterl

AIT Austrian Institute of Technology

Energy Department

Electric Energy Systems

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria

23.07.2012

1 Úvod

Ako v Európe, tak aj v Rakúsku sa presadzuje rozvoj obnoviteľných energií. Motorom sú tu ciele vo sfére klimatickej politiky, ako aj vyššia bezpečnosť zabezpečovania energie. Pre celú Európu sa v smernici 2009/29/ES stanovuje všetkým krajinám cieľový stav podielu obnoviteľnej energie na celkovej energii v roku 2020. Rakúsko má podľa nej získavať 34% svojej konečnej energie z obnoviteľných zdrojov energie.[1]

Inštalovaný výkon obnoviteľnej energie v Rakúsku kontinuálne rastie. Za týmto účelom sa inštaluje čoraz viac decentralizovaných, t.j. menších a delených zdrojov energie, ako napríklad veterná energia a fotovoltaika (PV). Od roku 2001 dosahuje napríklad inštalovaný výkon PV zariadení priemerný medziročný rast o 54%.¹ [2]

Zvýšené využívanie fotovoltaiky a veternej energie vedie k novým okruhom problémov v poskytovaní energie. Z dôvodu závislosti týchto technológií od vstupujúcej energie (vietor, slnečné žiarenie), a tým od počasia, dennej doby a ročného obdobia, tu nastáva stochastická výroba energie, ktorá nie je regulovateľná.

Výroba a spotreba elektrickej energie musí byť vždy v rovnováhe a rozdiel medzi výrobou a spotrebou sa musí neustále vyrovnávať. Z dôvodu tejto závislosti nie je možné výrobu elektrického prúdu prostredníctvom fluktuujúcich zdrojov obnoviteľnej energie ľubovoľne regulovať a prispôbovať spotrebe, ako tomu bolo doposiaľ.

Elektrická sieť prenáša vyrobenú energiu k spotrebiteľom, ktorí ju práve potrebujú. Prepája mnoho menších oblastí medzi sebou navzájom a výroba energie a spotreba sa takto môžu vyrovnávať na rozsiahlom území. V Európe sa toto energetické vyrovnávanie uskutočňuje prostredníctvom elektrizačnej sústavy ENTSO-E (predtým UCTE).

Pri pozorovaní určitej malej ohraničenej oblasti dochádza z dôvodu tohto vyrovnávania k dopĺňaniu a odoberaniu energie. Energia je z oblasti odvádzaná vtedy, ak výroba prevyšuje spotrebu, resp. nastáva stav opačný, ak je potreba vyššia než výroba. Ak teda produkovaná elektrická energia môže byť zároveň spotrebúvaná (vyrábaná) priamo lokálne, napríklad v priemysle alebo v domácnostiach, v rovnakom čase ako je vyrábaná (spotrebúvaná), týmto sa energetické prítoky, resp. odtoky znižujú.

Nezávislosť určitej oblasti od privádzanej energie sa hodnotí stupňom sebestačnosti. Čím je privádzaná energia nižšia, tým je stupeň sebestačnosti vyšší. Rozlíšiť je potrebné dva druhy sebestačnosti: energetickú sebestačnosť a výkonovú sebestačnosť.

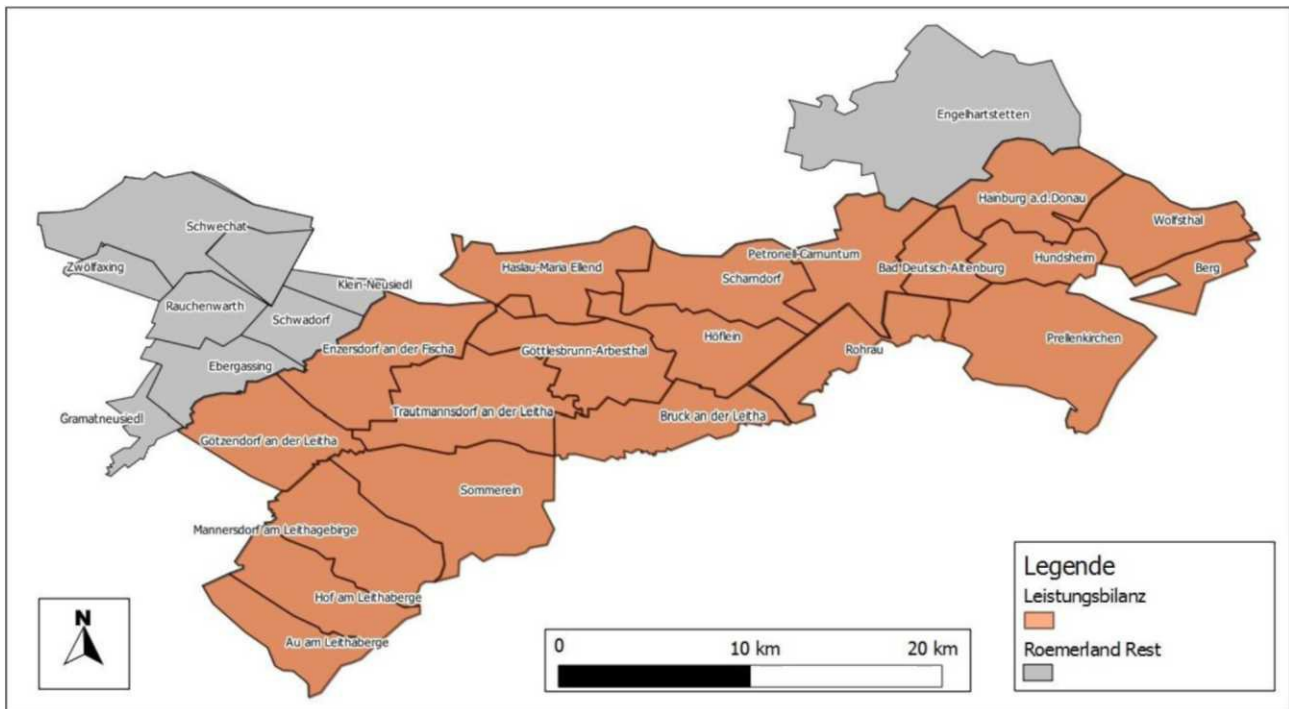
Ak celková výroba v určitej oblasti počas určitého časového obdobia (najčastejšie jeden rok) dokáže pokryť jej celkovú spotrebu, označujeme ju ako energeticky sebestačnú. Energia odvádzaná počas celého roka sa bude tejto oblasti takpovediac pripisovať a privádzaná energia sa bude od nej odpočítavať.

Ako bolo už spomenuté, musí sa elektrická energia spotrebovať v tom istom čase, ako sa vyrobí. Preto je určitá oblasť skutočne sebestačná len v tom prípade, keď je miestnu spotrebu vždy možné pokryť energiou pochádzajúcou z tejto oblasti. Toto sa označuje ako výkonová sebestačnosť. Čím vyšší je stupeň výkonovej sebestačnosti, tým vyššiu potrebu je možné pokryť prostredníctvom lokálnej výroby. Výkonová sebestačnosť teda zohľadňuje, na rozdiel od energetickej sebestačnosti, súbežnosť výroby a spotreby v každom časovom okamihu.

V tejto štúdii sa odhaduje aktuálny stupeň energetickej a výkonovej sebestačnosti pre oblasť Römerland Carnuntum, zároveň sú uvedené aj možné scenáre. Analyzuje sa, do akej miery je možné zvýšiť stupeň sebestačnosti zvyšovaním inštalovaného výkonu decentralizovane pracujúcich zariadení obnoviteľnej energie, ako sú vietor a fotovoltaika a taktiež za pomoci akumulácie.

2 Predstavenie skúmanej oblasti: Römerland Carnuntum

¹ Začiatkom roka 2012 boli v Rakúsku inštalované veterné zariadenia s výkonom 1.084 MW a v EU dokonca s výkonom 93.957 MW. Výkon fotovoltaických zariadení v prevádzke predstavoval v tomto roku 180 MW.



Obrázok 1: Uvažovaná oblasť na úrovni 110 kV (oranžová oblasť)

Uvažovaná oblasť Römerland Carnuntum je znázornená na Obrázku 1. Oblasť leží na východe Rakúska a zo severu je ohraničená Dunajom, na východe, a sčasti na juhu, hranicou EVN Netz GmbH a BEWAG Netz GmbH a na západe hranicou s Wien Energie Stromnetz GmbH. Oblasť pozostáva z 32 obcí. Na Obrázku 1 sú oranžovou vyznačené obce, ktoré sú zapojené do stanovovania výkonovej sebestačnosti. Sivou sú označené tie obce, ktoré síce patria do oblasti Römerland, avšak z hľadiska zásobovania sieťou nie sú brané do úvahy.

3 Stanovenie výkonovej sebestačnosti

3.1 Metodika pre stanovenie výkonovej sebestačnosti

Na analýzu sebestačnosti sa používajú nasledovné ukazovatele.

- Celkové pokrytie zodpovedá **Energetickej sebestačnosti** a opisuje nezávislosť oblasti od importovanej energie. Čím menej energie musí byť do oblasti dovezenej, tým vyšší je stupeň sebestačnosti. Ak celková výroba v určitej oblasti dokáže pokryť celú spotrebu v tejto oblasti počas stanovenej doby (najčastejšie jeden rok), označí sa to za energetickú sebestačnosť. Pri pokrytí energetických potrieb v sledovanej oblasti je dosiahnutá 100% energetická sebestačnosť.
- Vlastné pokrytie je ekvivalentom **výkonovej sebestačnosti**. Určitá oblasť je úplne výkonovo sebestačná vtedy, keď vždy, t.j. v rovnakom okamihu, je možné spotrebu pokryť prostredníctvom vyrobenej energie. Čím vyšší je stupeň výkonovej sebestačnosti, tým väčšiu potrebu je možné pokryť miestnou výrobou.

Rozdiel medzi energetickou a výkonovou sebestačnosťou spočíva v súbežnosti energie vyrobenej v oblasti a energie v oblasti spotrebovanej. V prípade energetickej sebestačnosti je jedno, kedy je energia vyrobená, resp. spotrebovaná. V prípade 100% výkonovej sebestačnosti musí byť spotreba v každom okamžiku pokrytá jestvujúcou výrobou energie v oblasti.

3.2 Analýza dát

3.2.1 Stanovenie profilov zaťaženia

Energia je do oblasti importovaná, resp. sa z nej exportuje² v troch bodoch. Ako základ pre vyhodnotenie výkonovej sebestačnosti oblasti Römerland Carnuntum sa vyhotovila bilancia všetkých výkonov vstupujúcich do oblasti a výkonov vystupujúcich z oblasti vo všetkých týchto troch bodoch. Uvažovaným časovým obdobím je jeden rok, počínajúc

² (1) Rozvodňa Deutsch Altenburg: prepojenie vedenia smerom na rozvodňu Gänserndorf (2) Rozvodňa Sarasdorf: prepojenie na vysokonapäťovú sieť APG (3) Rozvodňa Wasenbruck: prepojenie vedenia smerom na rozvodňu Moosbrunn a rozvodňu Wiener Neustadt

1.12.2009 a končiac 30.11.2010. Časové rozlíšenie pozorovania je 15 minút. Podľa výkonovej bilancie sa vytvára profil zaťaženia a profil výroby, ktorý čo možno najpresnejšie odzrkadľuje typický priebeh zaťaženia a typickú výrobu energie zvoleného regiónu. Na základe týchto záťažových a výrobných profilov je možné určiť výkonovú sebestačnosť.

3.2.2 Analýza výroby a potreby

Profil spotreby (profil potreby) vykazuje počas celého roka poludňajšiu špičku a v zime sa navyše vyskytuje rozľahlejšia večerná špička. Profil potreby je v priebehu roka relatívne konštantný a kolíše iba v rámci malej oblasti. Celková spotreba energie v uvažovanej oblasti je 384 GWh. Minimálna potreba výkonu predstavuje 24 MW a maximálna potreba výkonu (73 MW) zodpovedá zhruba 37% maximálneho výrobného výkonu (194 MW). Inštalovaný výrobný výkon teda niekoľkonásobne prevyšuje spotrebu.

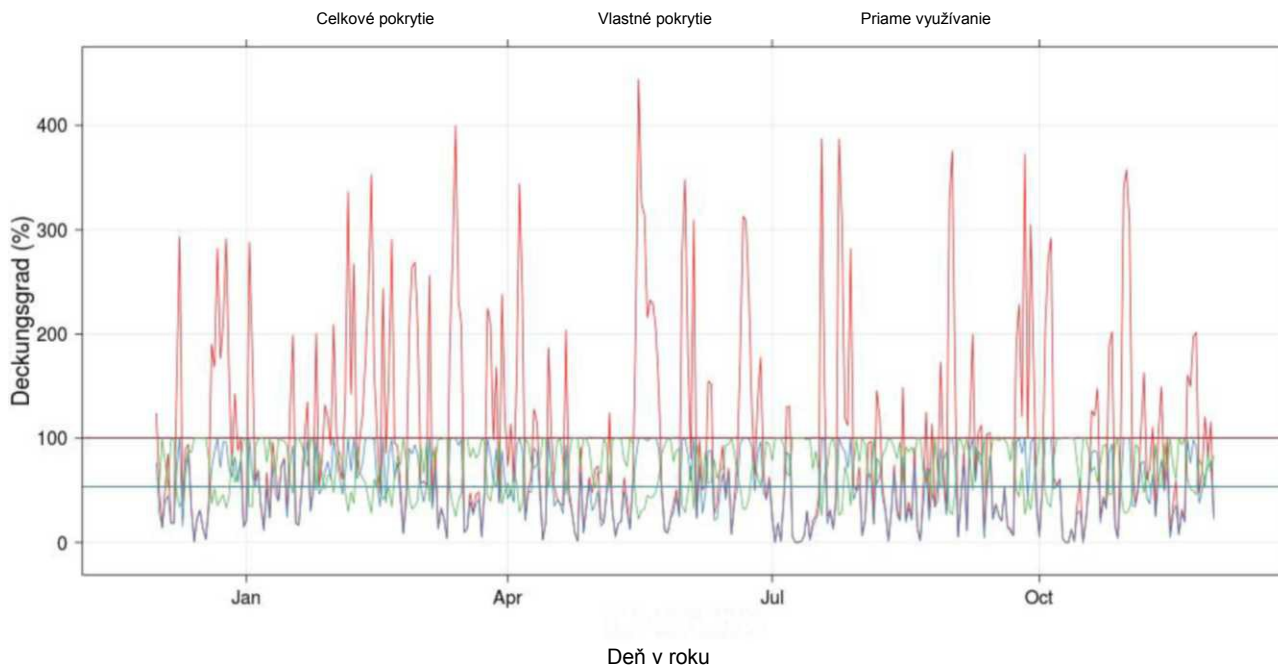
Profil výroby sa výrazne líši od konštantného profilu potreby. Výroba je ovplyvňovaná kolísaním výkonu a výraznými výkonovými špičkami. V zásade počas celého roka nie je badať denný trend vo výrobe. V 20% času je výrobný výkon nulový. Priemerný výrobný výkon za celé sledované obdobie je iba 43 MW čo predstavuje asi 22% maximálneho výkonu. Celková výroba energie takto spolu predstavuje 378 GWh.

Teda teoreticky je inštalovaný vyšší výkon zdrojov, aký je potrebný na zabezpečenie pokrytia spotreby. Avšak v dôsledku výrazného kolísania výkonu nie je možné zakaždým pokryť spotrebu, resp. vyrobený výkon nie je možné v úplnej miere v rovnakom čase spotrebovať.

3.3 Stanovenie terajšej výkonovej sebestačnosti

Na základe kapitoly 3.1 a kapitoly 3.2 sa počíta terajšia energetická (celkové pokrytie) a výkonová sebestačnosť (vlastné pokrytie) v oblasti Römerland Carnuntum. Energetická sebestačnosť je takmer 100% (98,2%), pričom výkonová sebestačnosť predstavuje 53%.

Ak oba ukazovatele sledujeme v dennom rozlíšení (Obrázok 2), je možné jednoznačne rozpoznať značný rozptyl oboch ukazovateľov, ako aj rozdiel medzi výkonovou a energetickou sebestačnosťou. Energetická sebestačnosť kolíše v jednotlivých dňoch medzi 0% až 444%, vlastné pokrytie medzi 0% až 100%.



Obrázok 2 Analýza stupňa pokrytia v dennom rozlíšení³

Sledované obdobie jedného roka je ešte príliš krátke nato, aby bolo možné uskutočniť všeobecne platné výpovede o energetickej a výkonovej sebestačnosti regiónu.

³ Priame využívanie doplnujúcim spôsobom k výkonovej sebestačnosti určuje percentuálny podiel výroby, ktorý sa z celkovej výroby využije lokálne. Tento ukazovateľ nie je pre pochopenie štúdie nevyhnutne potrebný.

4 Zvyšovanie výkonovej sebestačnosti za pomoci elektrických akumuláčnych systémov

Vyrobený výkon, ktorý nie je spotrebovaný priamo v oblasti, sa z oblasti exportuje. Týmto sa síce energetická sebestačnosť zvyšuje, nie však výkonová sebestačnosť. Za týmto účelom by bolo potrebné vyrobený výkon posunúť časovo, aby ho bolo možné spotrebovať inokedy. Túto prebytočnú výrobu je možné nasmerovať do akumuláčného systému a v prípade potreby znova použiť. Takto, nasadením akumulácie elektrickej energie je možné dosiahnutie zvýšenia výkonovej sebestačnosti.

Dnes máme k dispozícii veľký počet rôznych akumuláčnych systémov. Podľa [3] ich je možné rozdeliť do štyroch hlavných kategórií:

1. Mechanická akumulácia
2. Elektrická akumulácia
3. Chemická akumulácia
4. Termická akumulácia

Aby bola umožnená analýza rôznych systémov akumulácie, bola vykonaná detailná rešerš ohľadne charakteristík a osobitostí rôznych technológií na základe rôznych štúdií a technológií akumulácie (viď dlhá verzia tejto štúdie [4]). Cieľom tejto analýzy je nájsť zodpovedajúce systémy akumulácie, ktoré sú vhodné pre potrebné aplikácie, ako aj na zvýšenie sebestačnosti.

Aby bolo možné stanoviť vhodné technológie akumulácie, je potrebné zodpovedať nasledovné otázky pre rôzne technológie:

Technické posúdenie	1. Využitie akumulácie: Aký nárast sebestačnosti výkonu je v zásade možný za pomoci elektrickej akumulácie?
	2. Kvalita systému: Aké veľké sú straty pri nasadení rôznych technológií akumulácie?
	3. Vyťaženie akumulácie: Do akej miery je vyťažený nasadený systém akumulácie?
Ekonomické posúdenie	4. Akčný rádius: Akú dobu je možné akumuláčny systém používať, pokiaľ je potrebná jeho výmena?
	5. Obstarávacie náklady: Aké vysoké sú náklady na rôzne systémy a rôzne veľkosti systémov?

Otázkami 1 - 3 sa zaoberá kapitola [4.1](#) a otázka 4, resp. 5, v kapitole [4.2](#).

4.1 Technické posúdenie

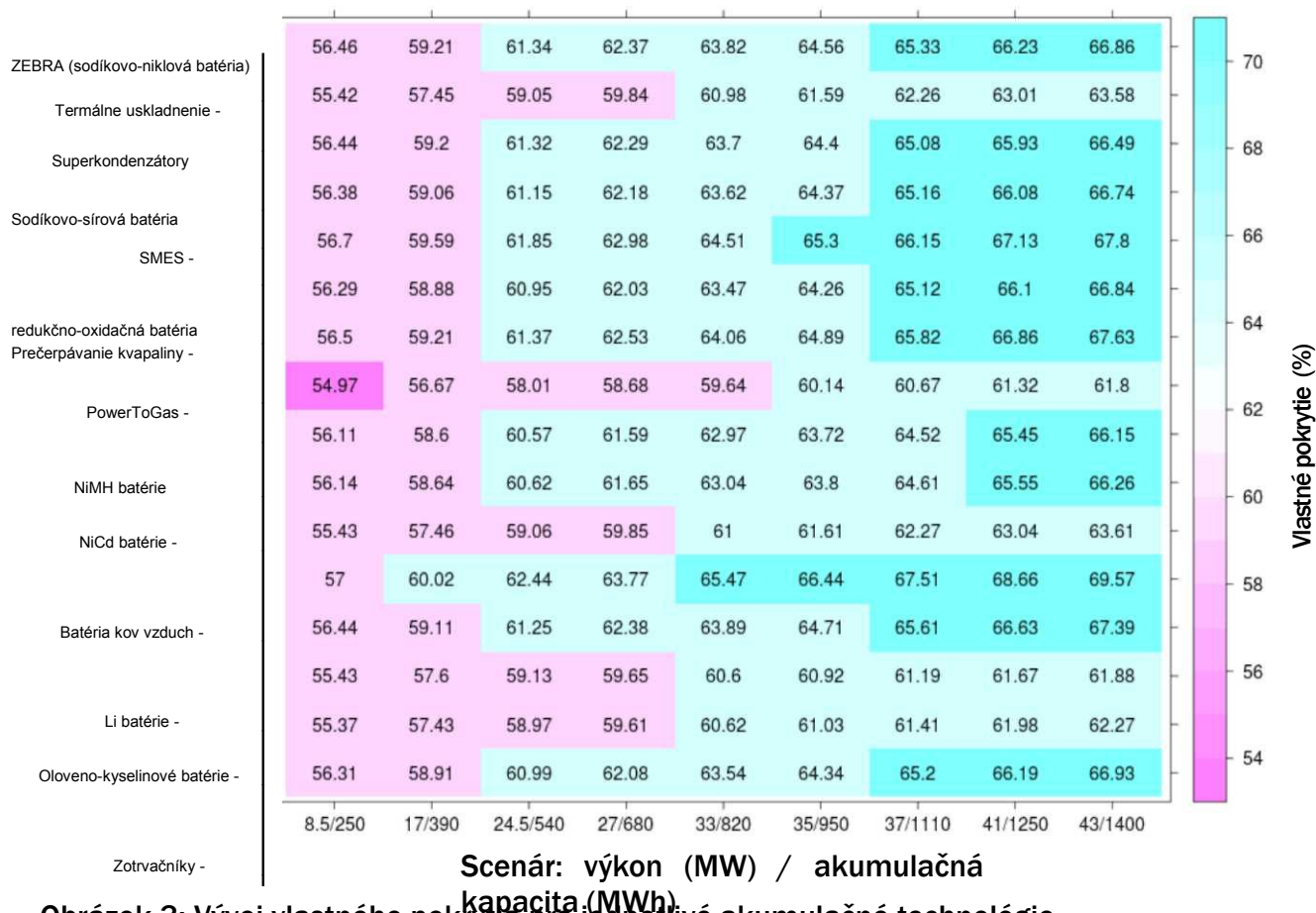
4.1.1 Využitie akumulácie

Aby bolo možné vyhodnotiť nárast výkonovej sebestačnosti prostredníctvom rôznych technológií akumulácie, bolo v rámci štúdie vybraných viacero vhodných scenárov akumulácie (akumulovaného výkonu a kapacity). Na obrázku 3 je možné odčítať možný stupeň výkonovej sebestačnosti rôznych akumuláčnych technológií pre konkrétne scenáre akumulácie.

Obzvlášť vhodné sú veľké akumuláčne technológie ako prečerpávací zdroj alebo akumulátor na báze stlačeného vzduchu, ako aj klasické technológie spočívajúce na batériách, ako sú Li-iónové batérie alebo olovené akumulátory.

Naproti tomu je nevhodná klasická výkonová akumulácia, ako sú kondenzátory alebo zotrvačníky. Toto vyplýva predovšetkým z vysokého samovybíjania týchto technológií. Samovybíjanie tu označuje samostatne prebiehajúce pochody, ktoré spôsobujú vybíjanie akumuláčnych systémov. Napríklad zotrvačníky majú veľké samovybíjanie následkom trenia.

Najvyššia výkonová sebestačnosť sa dá v princípe dosiahnuť batériami typu Li-Ion. Dôvodom sú vynikajúce akumuláčne vlastnosti s ohľadom na samovybíjanie a účinnosť. Účinnosť pritom označuje stupeň účinnosti batérií, t.j. uložená energia po odčítaní strát, ku ktorým v procese akumulácie dochádza, sa dá do pomeru k ukladanej energii.



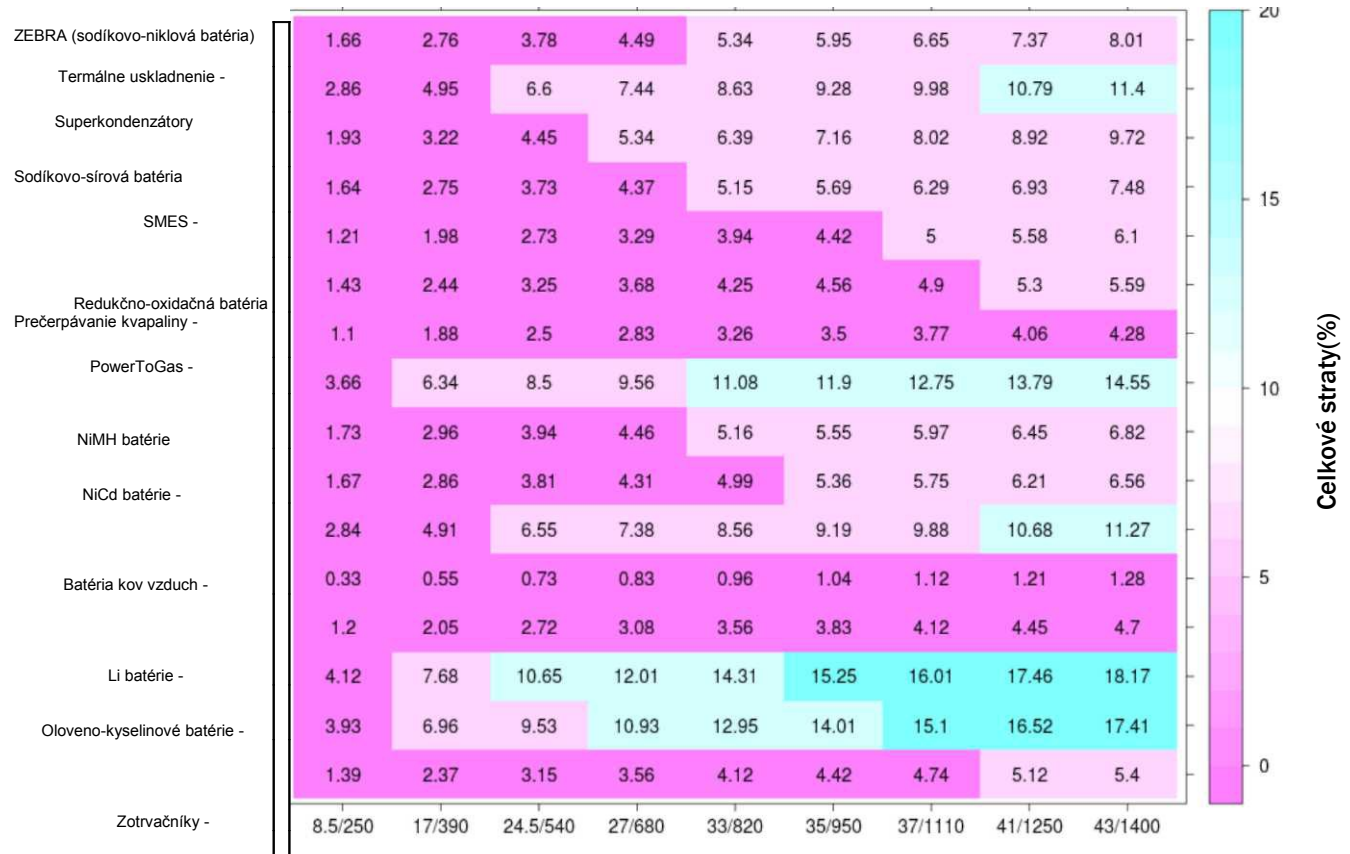
Obrázok 3: Vývoj vlastného pokrytia pre jednotlivé akumulačné technológie

4.1.2 Kvalita systému

Kvalita systému opisuje straty, ku ktorým dochádza pri rôznych technológiách akumulácie. Straty sa vzťahujú na celú vyrobenú energiu v sledovanej oblasti. Kvalita sa určuje ako prostredníctvom nabíjacej, resp. vybíjacej účinnosti systému, ako aj prostredníctvom jeho samovybájania, ako už bolo spomenuté v otázke 1.

Tak má síce proces PowerToGas nízke samovybájanie, a tým vynikajúce dlhodobé akumulačné vlastnosti, avšak účinnosť pod hranicou 40%. Naproti tomu jestvujú akumulačné technológie s veľmi vysokým stupňom účinnosti, ako napríklad zotrvačníky. Straty sú však pre oba systémy podobné. Na akumuláciu sa najlepšie hodia systémy, ktoré dosahujú vynikajúce charakteristiky ohľadne účinnosti ako aj samovybájania. Príkladom sú batérie Li-Ion.

Vypočítané straty rôznych technológií pre rôzne scenáre akumulácie je možné vidieť na Obrázku 4.



Obrázok 4: Celkové straty výroby pri nasadení rôznych technológií akumulácie a pri rôznych konfiguráciách akumulácie
4.1.3 Vyt'aženie akumulátora

Akumulačné technológie, ktoré sú k dispozícii, sa líšia s ohľadom na počet možných kompletných cyklov. Kompletný cyklus je dosiahnutý vtedy, keď sa premení množstvo energie zodpovedajúce akumulačnej kapacite akumulačného média; t.j. keď nastane kompletne nabitie akumulačného média a potom znova jeho vybitie. Počet cyklov udáva, ako často je možné určitú akumulačnú technológiu vybiť a potom znovu nabiť pokým sa jej kapacita neznižuje pod určitú hodnotu. Počet cyklov rôznych technológií závisí od intenzity vybitia. Čím je systém viac vybitý, o to nižší je počet cyklov.

Obrázok 5 znázorňuje porovnanie počtov cyklov jednotlivých technológií. Rozdiely v počte cyklov závisia predovšetkým od samovybíjania. Na Obrázku 5 je taktiež možné rozoznať, že použité akumulačné systémy sa využívajú len v malom rozsahu.

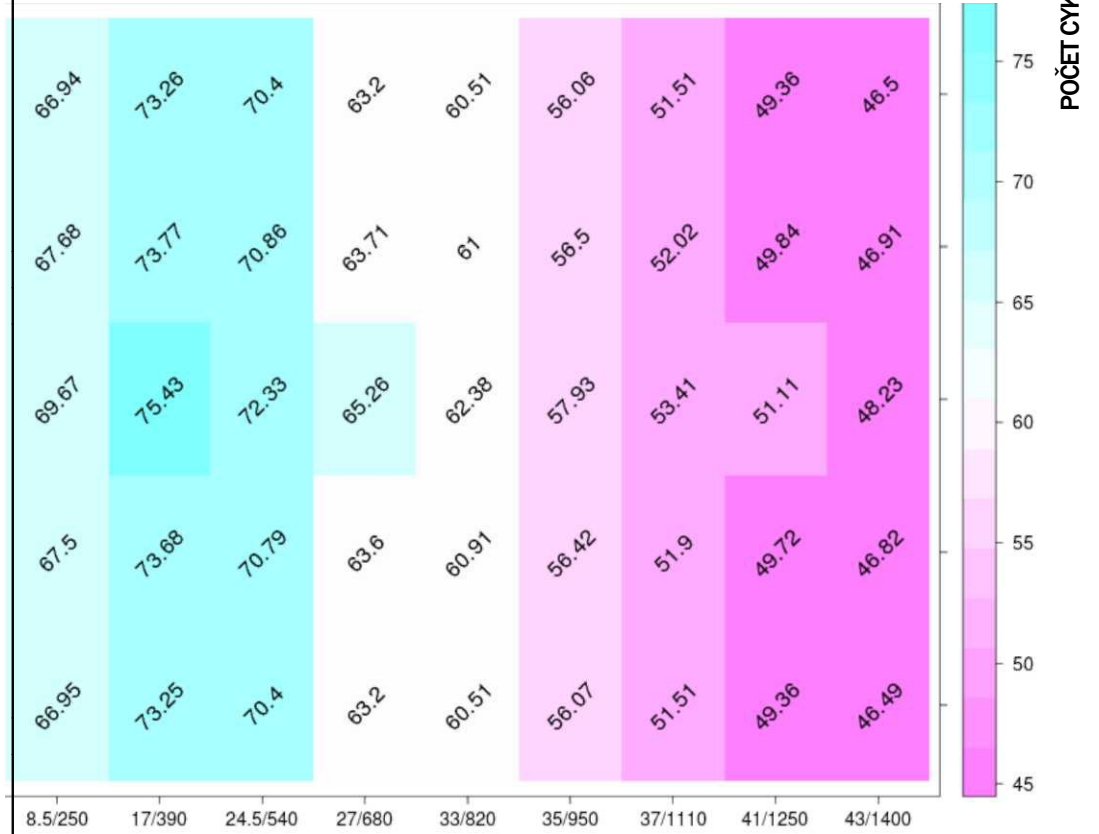
Akumulačná technológia

Redukčno-oxidačná batéria

Prečerpávaná tekutina

Li batérie

Oloveno-kyselinové batérie



Scenár akumulácie (MW/MWh)

Obrázok 5: Porovnanie počtu cyklov jednotlivých akumulčných technológií a konfigurácií CAES -

- Lítium-iónová
- Olovo
- Vanádiová redukčno-oxidačná
- Prečerpávací zdroj
- Power to Gas
- Stlačený vzduch (CAES)

4.2 Ekonomické posúdenie

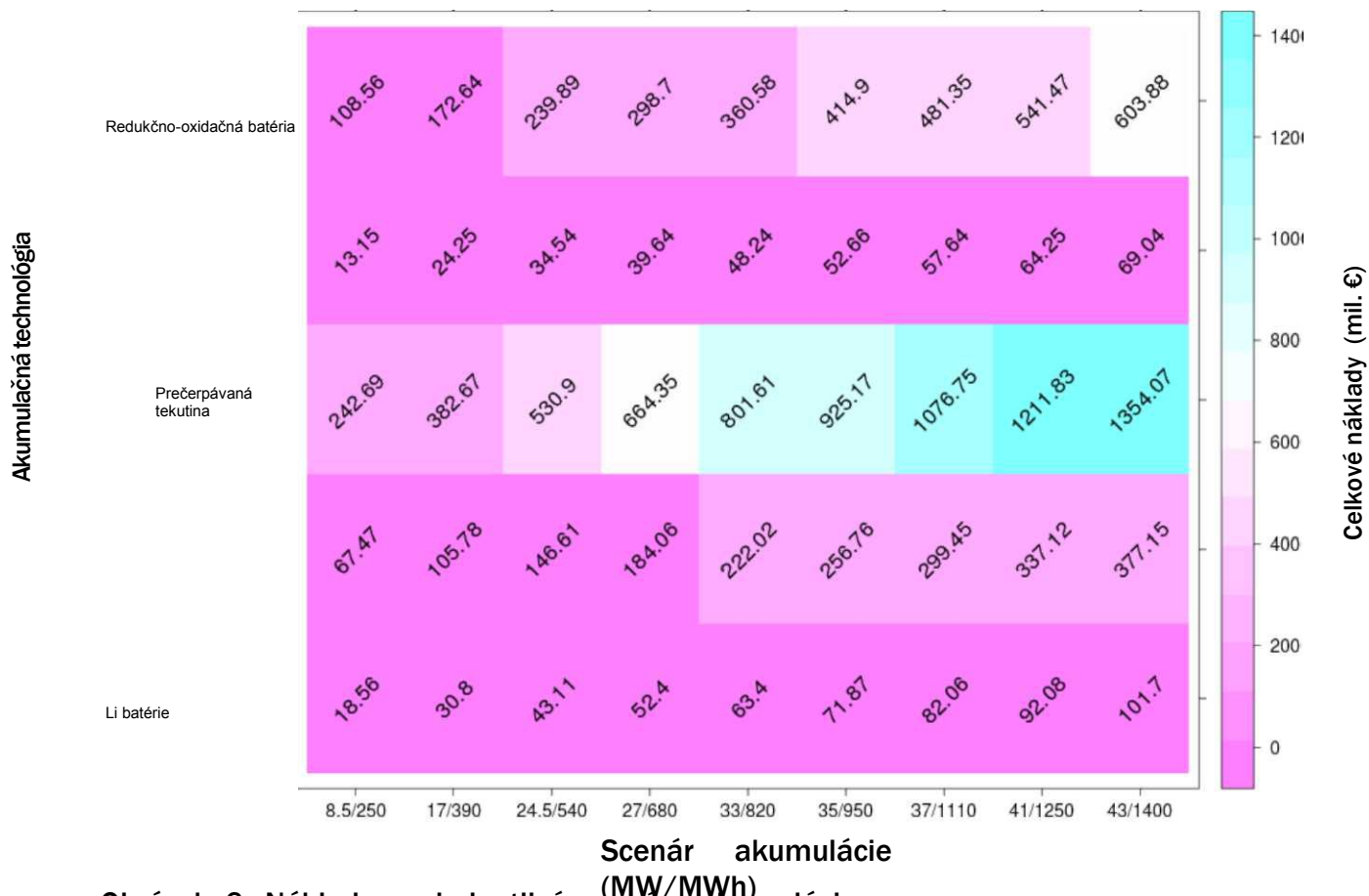
4.2.1 Akčný rádius

Ako akčný rádius systému sa označuje doba, počas ktorej je možné systém používať, až kým nie je nutné vymeniť dôležité komponenty alebo celý systém. Akčný rádius sa udáva v rokoch a je pritom závislý predovšetkým od nominálneho počtu kompletných cyklov, ako aj od skutočného ročného počtu cyklov. Nezávisle od počtu cyklov má akumulčný systém určitú definovanú životnosť v rokoch. Ak dosiahne maximálne možný akčný rádius alebo životnosť, je potrebné systém vymeniť.

Akčný rádius je pre všetky uvedené akumulčné technológie – s výnimkou olovených akumulátorov – konštantný, nezávislý od zvoleného scenára akumulácie, t.j. jedine pri olovených akumulátoroch je v prípade určitých scenárov akumulácie životnosť ohraničená počtom cyklov. Najväčší akčný rádius má prečerpávacia technológia so 46 rokmi, za ňou nasledujú CAES médiá s 33 rokmi. Akčný rádius systému olovených akumulátorov závisí naproti tomu od príslušného scenára akumulácie a pohybuje sa v rozmedzí 7-9 rokov.

4.2.2 Obstarávacie náklady

Pri definovaní stému akumulácie zohrávajú rozhodujúcu úlohu vysoké obstarávacie náklady. Pred jeho obstaraním je preto nevyhnutné uskutočniť porovnanie nákladov rôznych akumuláčnych systémov. Na obrázku 6 sú porovnané odhadované celkové náklady na akumuláciu zvolenými technológiami pre každý scenár. Ako najlacnejšia technológia pritom vychádza prečerpávanie. Je to hlavne z dôvodu nákladovej štruktúry, t.j. nízkych nákladov na kapacitu v prípade tejto technológie. Najdrahšou akumuláčnou technológiou v porovnaní sú Li-iónové batérie, keďže cenová štruktúra Li-iónových systémov je nepriaznivá v dôsledku vysokých nákladov na kapacitu.



Obrázok 6: Náklady na jednotlivé scenáre akumulácie a technológií-technológiien
 Scenár akumulácie (MW/MWh) Scenár akumulácie (MW/MWh)

Scenár: výkon (MW) / akumuláčná kapacita (MWh)

Obrázok 7: Analýza stupňa pokrytia rôznymi akumuláčnymi technológiami a rôznymi konfiguráciami akumulácie pre scenár výroby 2016

i-technologii

5 Scenáre vývoja

Výkonovú sebestačnosť v sledovanej oblasti je možné zvýšiť buď prostredníctvom vyššieho vyrábaného výkonu alebo použitím akumulácie. Za účelom stanovenia vývoja stupňa výkonovej sebestačnosti v nasledujúcich rokoch boli zosumarizované scenáre dostavby resp. konkrétne projekty v oblasti Römerland Carnuntum boli zhrnuté do jedného scenára pre rok 2016. Podstatný vplyv má ďalšia výstavba veternej energetiky a, ako už bolo uvedené v predchádzajúcej kapitole, použitie akumulácie. Kombináciou rôznych technológií sa pre analýzu roka 2016 ponúkajú tri scenáre:

1. Scenár 2016 vietor

2. Scenár 2016 vietor + akumulácia
3. Scenár 2016 vietor + fotovoltaika

Vo všetkých troch scenároch sa uvažuje s nárastom potreby elektrickej energie o 2% ročne. Scenáre sú ďalej analyzované na základe rozvíjanej metódy a vzájomne porovnávané.

5.1 Výsledky scenára 2016 vietor

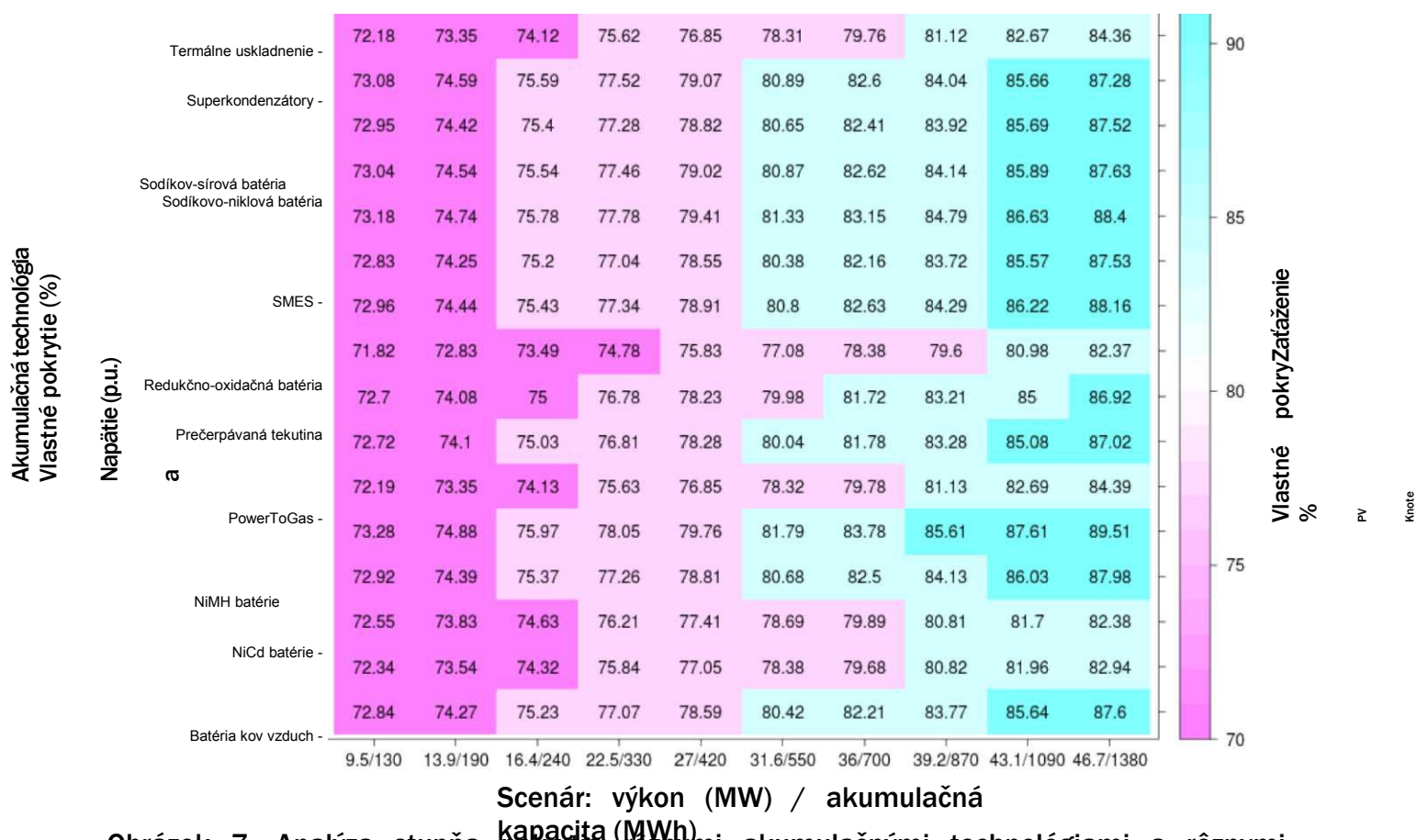
Podľa jednej analýzy objednávateľa sa v sledovanej oblasti do roku 2016 zvýši výkon inštalovaných veterných zdrojov o 300 MW. Ak vychádzame z 2000 hodín plného výkonu pre dodatočne inštalovanú kapacitu veternej energie, zodpovedá to množstvu energie 600 GWh ročne. Tým by sa dnešná potreba v značnej miere pokryla.

Pre scenár 2016 vietor vychádza v dôsledku prírastku veternej energie energetická sebestačnosť na úrovni zhruba 231% a výkonová sebestačnosť 69%. V porovnaní s rokom 2010 tým stúpne vlastné pokrytie o asi 20 percentuálnych bodov. Toto je v porovnaní so zvýšením celkového výrobného výkonu veľmi malý nárast. Na tomto príklade je badateľné, že čiste zvyšovaním výrobného výkonu, i v prípade ak inštalovaný výrobný výkon vysoko prevyšuje spotrebu, nie je možné zvýšiť výkonovú sebestačnosť na 100%

5.2 Výsledky scenára 2016 vietor + akumulácia

V porovnaní s predchádzajúcim scenárom je v tomto systéme zohľadnený akumulčný systém v sledovanej oblasti. Znova, ako v kapitole 4.1, boli zvolené zmysluplné scenáre akumulácie za účelom vyhodnotenia akumulčných technológií.

Obrázok 7 znázorňuje vlastné pokrytie pre rôzne scenáre akumulácie a rôzne akumulčné technológie. V tomto scenári sa znovu ako najlepšie ukazujú tie isté technológie akumulácie ako v súčasnom scenári (scenár 2010) – (prečerpávanie, Li-iónová technológia). Avšak rozdiely medzi technológiami sú podstatne nižšie. Taktiež výkonné akumulátory ako SMES dosahujú dobré výsledky. Najhoršie z toho vychádzajú zotrvačníky, PowerToGas a klasické kondenzátory.



Obrázok 7: Analýza stupňa pokrytia rôznymi akumulčnými technológiami a rôznymi konfiguráciami akumulácie pre scenár výroby 2016

Obrázok 7: Analýza stupňa pokrytia rôznymi akumulčnými technológiami a rôznymi konfiguráciami akumulácie pre scenár výroby 2016

V porovnaní so scenárom 2010 v scenári 2016 vietor + akumulácia klesajú celkové náklady v dôsledku zvýšeného podielu veternej energie. Zatiaľ čo v prípade prečerpávacieho zdroja klesnú náklady o približne 20%, náklady na elektrochemické systémy klesnú na polovicu. Nastáva to predovšetkým z dôvodu zníženej potreby akumulačnej kapacity. Prečerpávací zdroj však naďalej zostáva najlacnejšou akumulačnou technológiou. V prípade zvýšeného vlastného pokrytia a s ním spojennej potreby kapacity však znova zásadne narastá cenová nevýhodnosť batériových technológií. Ďalej je zaujímavé, že rozdiel v nákladoch medzi prečerpávacím zdrojom a akumulátorom na báze stlačeného vzduchu je v prípade scenárov s nízkou akumulačnou kapacitou veľmi malý.

Počet cyklov je značne vyšší než v scenári 2010. Akčný rádius skúmaných systémov v dôsledku dosiahnutia menovitého počtu cyklov je napriek tomu ohraničený iba v prípade oloveného akumulátora. Všetky ostatné systémy až do konca svojej životnosti menovitý počet cyklov nedosiahnu.

5.3 Výsledky scenára 2016 vietor + fotovoltaika

V súčasnosti zohráva fotovoltaika (PV) v skúmanej oblasti vedľajšiu úlohu. V súlade s regionálnym konceptom energetiky [5] je inštalovaných asi 240 kWp. Podľa analýzy potenciálu v predloženej koncepcii energetiky sa potenciál skúmanej oblasti nachádza na cca 8 MWp na rok 2020 a na cca 100 MWp v prípade kompletnej výstavby. Pre účely stanovenia vplyvu fotovoltaiky boli pre účely databázy použité údaje namerané na fotovoltaickom zariadení v sledovanom období.

Oba scenáre prírastku fotovoltaiky boli kombinované zakaždým so scenárom veternej energetiky na rok 2016 a stupeň sebestačnosti bol stanovený na tomto základe (Tabuľka 1). Je vidieť, že fotovoltaika v prípade kompletnej výstavby dokáže zvýšiť vlastné pokrytie o asi 7%.

Tabuľka 1 Kombinované scenáre veternej energie a fotovoltaiky

Scenár	Celkové pokrytie (%)	Vlastné pokrytie (%)
Scenár 2020	233,4	70,6
Technický potenciál	257,7	77,9

6 Analýza odbočky stredného napätia

V rámci tejto štúdie boli v sledovanej oblasti zvolené a modelované v simulačnom prostredí siete dva reálne úseky prenosovej siete – jeden vidiecky (Petronell) a jeden mestský úsek (Bruck an der Leitha). Následky pripojenia fotovoltaických zariadení na sieť ako sú zvýšenie napätia, resp. zaťaženie vedení (sieťových komponentov) bolo takto možné analyzovať pre rôzne scenáre.

Z pohľadu rozvodných podnikov (EVU) pracujú decentralizované mikroelektrárne, ako sú veterné zariadenia, blokové kogeneračné jednotky a fotovoltaické zariadenia „proti“ konvenčným elektrárnam. Pozerá sa na ne ako na negatívnu záťaž, t.j. ako na zdroje elektrickej energie, ktoré môžu narušovať jestvujúci systém zásobovania energiou. V tejto štúdii boli preto vykonané simulácie siete za účelom stanovenia maximálneho inštalovateľného výkonu týchto mikroelektrární. Toto umožňuje odhadnúť do akej miery vplývajú na elektrickú sieť inštalácie PV zariadení. Tieto simulácie poskytujú tiež oporný bod pre určenie kvantitatively decentralne vyrábaného výkonu, ktorý ešte je možné inštalovať a poskytuje prehľad o najvhodnejších bodoch pripojenia týchto zariadení na sieť.

Integrácia PV zariadení má na elektrickú sústavu rôzne nepriaznivé účinky, ako napríklad zvýšenie napätia alebo vyťaženie kapacity rôznych komponentov siete. V Rakúsku sa pripojenie obnoviteľných zdrojov energie na sieť riadi „Technickými a organizačnými pravidlami pre prevádzkovateľov a používateľov sietí“ (TOR) [6]. Keď sú dodržané podmienky tejto smernice, je možné PV zariadenie pripojiť do elektrickej siete.

6.1 Vývoj scenárov

Pre každý scenár bolo modelované pripojenie PV zariadenia (zariadení) do elektrickej siete v rôznych bodoch. Pre účely analýzy boli definované štyri rôzne scenáre:

1. **Minimálny scenár:** do siete je implementované jedno PV zariadenie, v bode v ktorom má toto na sieť najväčší vplyv
2. **Rovnomerne rozdelený scenár:** implementovaných je viacero PV zariadení rovnakej veľkosti
3. **Optimálny scenár:** pripojených je viacero PV zariadení s rôznymi optimálnymi výkonmi bez toho, aby zhoršovali technické podmienky
4. **Maximálny scenár:** do siete je implementované jedno PV zariadenie v bode, v ktorom má najmenší vplyv na sieť

Výpočet toku zaťaženia, t.j. analýza prúdových tokov a zaťaženia v sieti bola vykonaná pre všetky definované scenáre. Takto bolo možné zistiť maximálne možný inštalovaný výkon PV zariadenia. Navyše bola pre každý úsek siete vypočítaná sebestačnosť.

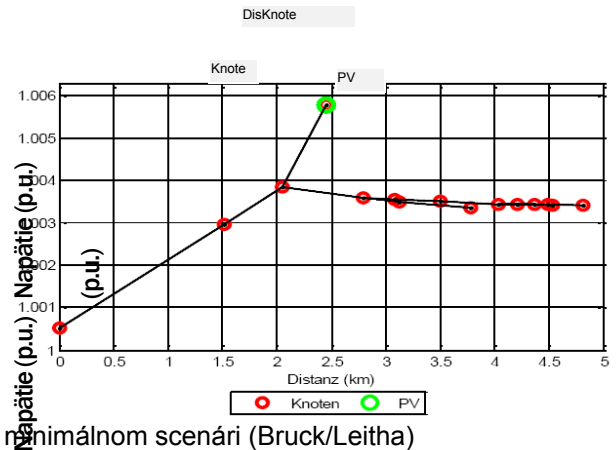
Výsledky simulácie sú uvedené nižšie na príklade minimálneho scenára úseku siete v Bruck an der Leitha a v Petronell. V tomto scenári bolo inštalované jedno 7 MW resp. 3,3 MW PV zariadenie do takého bodu siete, kde má na sieť najväčší vplyv.

6.2 Výsledky simulácie na príklade minimálneho scenára

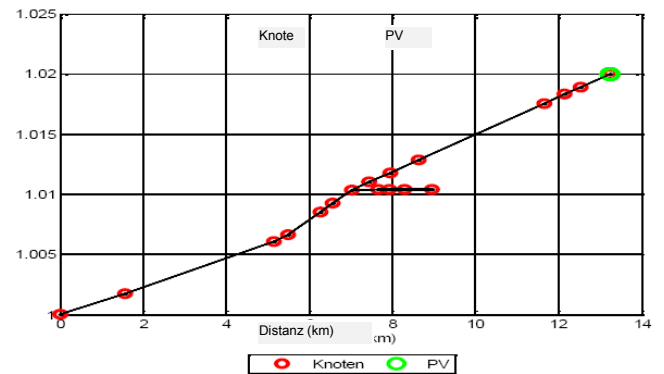
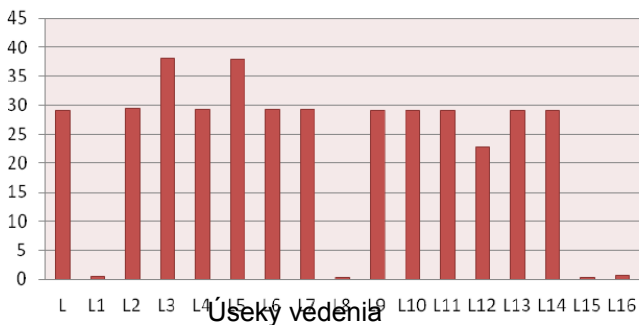
Simulácia vykonaná na príklade minimálneho scenára (Bruck/Leitha) zohľadňuje technické obmedzenia opísané v kapitole. Na každom úseku vedenia sa počíta zaťaženie vodičov. Na Obrázku 8 môžeme vidieť, že iba úsek vedenia L6 je s hodnotou 80% silne zaťažený.

Na Obrázku 8 a Obrázku 9 vidíme zakaždým zaťaženie rôznych úsekov vedenia a nárast napätia minimálneho scenára v porovnaní so základným scenárom (obrázok vľavo). Hraničné hodnoty napätia sú splnené ako v prípade vidieckeho tak i mestského úseku vedenia.

V mestskej sieti je výstavba obnoviteľných zdrojov ohraničená kvôli zaťaženiu komponentov. Naproti tomu vo vidieckej sieti je ohraničujúcim faktorom nárast napätia.



Obrázok 8: Zaťaženie úsekov vedenia a nárast napätia v minimálnom scenári (Bruck/Leitha)



Obrázok 8: Zaťaženie úsekov vedenia a nárast napätia v minimálnom scenári (Petronell)

6.3 Porovnanie výsledkov simulácie

Tabuľka 2 a Tabuľka 3 poskytujú zhrnutie analýzy odbočky stredného napätia. Je vidieť, že v mestskej časti sú úseky vedenia kratšie ako vo vidieckych oblastiach a tiež, že vedenie a vodiče sú v mestskej oblasti v porovnaní s vidieckou vysoko zaťažené a preto často predstavujú obmedzujúcu veličinu.

Tabuľka 2: Zhrnutie všetkých scenárov pre sledované úseky siete - Petronell

Úsek siete	Scenár	Zvýšenie napätia	Max výkon PV (MW)	Max zaťaženie úseku siete	Max zaťaženie transformátora
	Petronell	0,47%	980%	36.26	Vidiecka sieť
	Min	1,96%	3,3338%	13.4116,04	
	Opt.	1,96%	6,6570%	26.55	

Tabuľka 2: Zhrnutie všetkých scenárov pre sledované úseky siete - Petronell

Tabuľka 3: Zhrnutie všetkých scenárov pre sledované úseky siete - Bruck an der Leitha

Úsek siete	Scenár	Zvýšenie napätia (MW)	Max zaťaženie úseku siete	Max zaťaženie transformátora	Bruck an der Leitha	Max výkon PV
			0,41%	10,180%	45,38%	Mestská sieť
			Min 0,56%	780%	29,76%	6,7 km
			Opt. 0,96%	10,1480%	46,95%	

Mestské siete sú kvôli vysokému podielu priemyslu zaťažené viac, čo môže v porovnaní s vidieckou sieťou umožniť zvýšenú integráciu výrobného výkonu decentralného obnoviteľného zdroja. Nárast napätia v dôsledku zvýšenej integrácie energetických zdrojov je vo vidieckych oblastiach vyšší ako v mestskej oblasti. Iné aspekty, ako napríklad rozloženie zariadení v sieti, vplývajú na výkon decentralného zdroja, ktorý je ešte možné integrovať.

Výkony PV zariadení, ktoré je možné inštalovať na zvolených úsekoch siete boli vypočítané pri zohľadnení lokálnych zaťažení. Pri porovnaní s výpočtom podľa TOR to vedie k možnému vyššiemu výkonu pripojených zariadení.

7 Záver a diskusia

Sledovaná oblasť siete je s celkovým pokrytím 98% takmer energeticky sebestačná. Táto hodnota sa však vzťahuje iba na spotrebu elektrickej energie a nezohľadňuje potrebu tepla a prepravy. Výkonová sebestačnosť sa s hodnotou 52% nachádza výrazne pod celkovým pokrytím. Toto je okrem iného možno odôvodniť vysokými výrobnými špičkami jestvujúceho portfólia výroby energie.

Rozsiahla analýza akumulácie s rôznymi technológiami akumulácie označuje prečerpávací zdroj za najvhodnejšiu technológiu. Toto je možné vysvetliť na jednej strane vynikajúcimi akumulačnými vlastnosťami prečerpávacích elektrární (relatívne vysoký stupeň účinnosti, žiadne samovybíjanie) a na druhej strane nákladovou štruktúrou tejto technológie. Vznikajú tu v porovnaní s inými technológiami veľmi nízke náklady.

Použitím akumulácie je možné zvýšiť stupeň výkonovej sebestačnosti na 70%. Toto je možné dosiahnuť pri nákladoch na systém vo výške zhruba 70 mil €. Pri realizácii na báze Li-iónových akumulátorov vychádzajú náklady až 20-násobne vyššie. V prípade prečerpávacieho zdroja sa tiež dosahuje najväčší akčný rádius akumulačných systémov. Očakáva sa tu životnosť 46 rokov. Naproti tomu systém na báze olovených akumulátorov prichádza ku koncu životnosti už po asi 10 rokoch.

V roku 2016 môže výkonová sebestačnosť dosiahnuť prostredníctvom plánovanej výstavby veterných elektrární hodnotu okolo 70%. Viedlo by to k pokrytiu viac než dvojnásobku potreby. Avšak aj napriek tejto masívnej výstavbe veternej energetiky nie je v sledovanej oblasti dosiahnuteľná 100% výkonová sebestačnosť bez integrovania akumulácie. Taktiež v scenári 2016 je 100% výkonová sebestačnosť dosiahnuteľná akumuláciou elektrickej energie len prostredníctvom veľmi vysokých kapacít akumulácie. Pri nákladoch na akumuláciu (za jeden prečerpávací systém) okolo 72 mil € je možné zvýšiť výkonovú sebestačnosť na úroveň 90%.

Fotovoltaika zohráva v sledovanej oblasti v súčasnosti a aj v budúcnosti vedľajšiu úlohu. Možný prínos k zvýšeniu výkonovej sebestačnosti sa pohybuje okolo 1-7%.

Jestvujúca infraštruktúra siete na lokálnej úrovni je spravidla dostačujúca na umožnenie súčasných scenárov rozvoja. V závislosti od štruktúry prenosovej siete dochádza buď k vyťaženiu jednotlivých vodičov alebo k dosiahnutiu hraničných hodnôt napätia.

8 Zoznam literatúry

- [1] "SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY EURÓPY 2009/29/ES z 23. apríla 2009." Komisia EÚ, 23-Apr-2009.
- [2] Peter Eder-Neuhauser BSc., Mag.(FH) Natalie Prügler, Dipl.-Ing. Hubert Fechner MAS MSc., "Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2011." Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Mai-2012.
- [3] H. Chen, T. N. Cong, W. Yang, C. Tan, Y. Li, and Y. Ding, "Progress in electrical energy storage system: A critical review," *Progress in Natural Science*, vol. 19, no. 3, pp. 291-312, Mar. 2009.
- [4] Johannes Kathan, Sawsan Henein, Helfried Brunner, and Verena Heinisch, "Leistungsautarkie Römerland Carnuntum," Austrian Institute of Technology, Jun. 2012.
- [5] L. Gstrein, M. Hanneschläger, and J. Jüly, "Regionales Energiekonzept der LEADER-Region Römerland Carnuntum - Erneuerbare Energie aus der Region für die Region." Jun-2011.
- [6] Energie-Control GmbH, "Technische und Organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen - Teil D: Besondere technische Regeln - Hauptabschnitt D2: Richtlinie zur Beurteilung von Netzurückwirkungen." 2006.

Kontakt

AIT Austrian Institute of Technology
Energy Department
Electric Energy Systems
AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria

DI Helfried Brunner

Senior Engineer

Energy Department

Electric Energy Systems

+43 50550-6382

helfried.brunner@ait.ac.at

Julia Jene

Marketing and Communication