

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA**

**OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE AKO INVESTIČNÁ
PRÍLEŽITOSŤ
Bakalárska práca**

2022

Tomáš Raninec

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA

**OBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE AKO INVESTIČNÁ
PRÍLEŽITOSŤ**
Bakalárska práca

Študijný program: Financie, bankovníctvo a investovanie
Študijný odbor: EKONÓMIA A MANAŽMENT
Školiace pracovisko: Katedra bankovníctva a medzinárodných financií
Národohospodárska fakulta
Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Peter Árendáš, PhD.

2022

Tomáš Raninec

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracoval samostatne a uviedol som všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

PodĎakovanie

Ďakujem vedúcemu práce Doc. Ing. Petrovi Árendášovi, PhD. za jeho cenné poznatky, rady a pripomienky, ktorými mi bol nápomocný pri tvorbe tejto práce.

ABSTRAKT

RANINEC, Tomáš: *Obnoviteľné zdroje energie ako investičná príležitosť*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Národohospodárska fakulta; Katedra bankovníctva a medzinárodných financií. – Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Peter Árendáš, PhD. – Bratislava: NHF EU, 2022, 68 s.

Hlavným cieľom tejto práce je analyzovať, či a do akej miery je finančne výhodné investovať do obnoviteľných zdrojov energie, konkrétne do solárnej energetiky prostredníctvom fotovoltaiiky. Okrem tohto hlavného cieľu sa taktiež venujeme aj vedľajšiemu cieľu, ktorým je zhodnotenie súčasného stavu obnoviteľných zdrojov. Práca sa zameriava najmä na výkonnosť, rentabilitu a ekologickosť obnoviteľných zdrojov energie, konkrétne teda aj fotovoltaiiku v podmienkach západného Slovenska. Práca je rozdelená do piatich hlavných kapitol. Obsahuje sedemnásť tabuliek, sedem grafov a dva obrázky. V úvodnej kapitole sa práca zaoberá hlavnými dôvodmi, prečo sú obnoviteľné zdroje energie v súčasnosti dôležité. V druhej kapitole poskytujeme stručný prehľad súčasnej literatúry, týkajúcej sa tejto problematiky, ako aj všeobecný prehľad jednotlivých obnoviteľných zdrojov energie. V tretej kapitole sú vysvetlené ciele tejto práce, ako aj metodologické postupy využité pri jej písaní. V štvrtej kapitole skúmame výkonnosť a rentabilitu fotovoltaiickej elektrárne na území západného Slovenska, ako aj štyri rôzne alternatívy prevádzkovania tejto elektrárne. V záverečnej piatej časti sa nachádza stručné zhrnutie výsledkov tejto práce. Výsledkom tejto práce je teda jednoznačné stanovisko, či a do akej miery sa oplatí investovať do solárnej energie prostredníctvom výstavby fotovoltaiickej elektrárne za určených podmienok vychádzajúcich zo súčasného stavu, ako aj určenie najlepšieho variantu pre investora.

Kľúčové slová:

Obnoviteľné zdroje energie, investičná príležitosť, solárna energia, fotovoltaiika, veterná energia, geotermálna energia, energia biomasy, vodná energia.

ABSTRACT

RANINEC, Tomáš: *Renewable energy sources as an investment opportunity*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of National Economy; Department of Banking and International Finance. – Thesis supervisor: doc. Ing. Peter Árendáš, PhD. – Bratislava: NHF EU, 2022, 68 pages.

The main goal of this thesis is to analyze whether and to what extent it is financially advantageous to invest in renewable energy sources, specifically in solar energy through photovoltaics. In addition to this main goal, we also address the secondary goal, which is to assess the current state of renewable sources of energy. The thesis focuses mainly on the efficiency, profitability and environmental friendliness of renewable energy sources, specifically photovoltaics in the conditions of western Slovakia. This thesis is divided into five main chapters. It contains seventeen tables, seven graphs and two figures. In the introductory chapter, the thesis deals with the main reasons why renewable energy sources are important in today's climate. In the second chapter, we provide a brief overview of the current literature on this issue, as well as a general overview of individual renewable energy sources. The third chapter explains the objectives of this work, as well as the methodological procedures used in its writing. In the fourth chapter, we examine the performance and profitability of a photovoltaic power plant in western Slovakia, as well as four different alternatives for operating this power plant. The final fifth part contains a brief summary of the results of this work. The result is a clear view of whether and to what extent it pays to invest in solar energy through the construction of a photovoltaic power plant under certain conditions based on the current situation, as well as determining the best option for the investor.

Key words:

Renewable energy sources, investment opportunity, solar energy, photovoltaics, wind energy, geothermal energy, biomass energy, water energy.

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY DOMA A V ZAHRANIČÍ..	11
2.1	PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU JEDNOTLIVÝCH OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV	16
2.1.1	Slnečná energia	16
2.1.1.1	Fotovoltaika.....	16
2.1.1.2	Typy fotovoltaických článkov.....	17
2.1.1.3	On-grid a Off-grid prevádzky fotovoltaického systému	17
2.1.1.4	Tepelná energia	18
2.1.1.5	Potenciál slnečnej energie	18
2.1.1.6	Výhody a nevýhody slnečnej energie	21
2.1.2	Veterná energia	22
2.1.2.1	Potenciál veternej energie	22
2.1.2.2	Výhody a nevýhody veternej energie.....	25
2.1.3	Vodná energia.....	26
2.1.3.1	Potenciál vodnej energie	26
2.1.3.2	Výhody a nevýhody vodnej energie.....	28
2.1.4	Geotermálna energia	29
2.1.4.1	Potenciál geotermálnej energie	29
2.1.4.2	Výhody a nevýhody geotermálnej energie.....	31
2.1.5	Energia biomasy.....	31
2.1.5.1	Potenciál biomasy	32
2.1.5.2	Výhody a nevýhody energie biomasy	34
2.1.6	Zhrnutie potenciálov obnoviteľných zdrojov	35
3	CIELE A METODIKA PRÁCE.....	37
4	VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA	40
4.1	Výkon fotovoltaických panelov	40

4.2 Slnéčné podmienky na Slovensku	40
4.3 Veľkosť elektrárne	40
4.4 Štruktúra solárnej elektrárne	41
4.5 Monokryštalický panel	42
4.5.1 Výber fotovoltaiického panelu	42
4.5.2 Množstvo potrebných panelov a plocha jedného panelu	44
4.5.3 Energetický output FV elektrárne	45
4.5.4 Investičné náklady on-grid prevádzky	45
4.5.5 Prehľad peňažných tokov on-grid prevádzky	46
4.5.6 Investičné náklady off-grid prevádzky	48
4.5.7 Prehľad peňažných tokov off-grid prevádzky	48
4.5.8 Návratnosť investície	51
4.6 Polykryštalický panel	52
4.6.1 Výber fotovoltaiického panelu	52
4.6.2 Množstvo potrebných panelov a plocha jedného panelu	53
4.6.3 Energetický output FV elektrárne	53
4.6.4 Investičné náklady na on-grid prevádzku	54
4.6.5 Prehľad peňažných tokov pri on-grid prevádzke	54
4.6.6 Investičné náklady off-grid prevádzky	56
4.6.7 Prehľad peňažných tokov off-grid prevádzky	56
4.6.8 Návratnosť investície	58
4.7 Prehľad výsledkov	60
5 ZÁVER	61
6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	64

1 ÚVOD

Energia, ako ju dnes poznáme, má väčšinou pôvod vo fosílnych palivách. Medzi tieto palivá zaradujeme uhlie, ropu, zemný plyn, atď. Takéto palivá sa nachádzajú hlboko pod zemským povrchom, kde boli počas miliónov rokov tvorené rozkladom živočíchov alebo rastlín. Fosílna palivá dnes stále vznikajú, ich spotreba však mnohonásobne prevyšuje ich tvorbu. Tento rozdiel v pomere spotreby a tvorby znamená, že v konečnom dôsledku sa nám fosílna palivá minú. Z tohto dôvodu fosílna palivá považujeme za neobnoviteľné zdroje energie.[13]

Problémy fosílnych palív

Emil Bédi uvádza vo svojom diele 3 hlavné skupiny problémov, a to: problémy udržateľnosti, problémy spojené s ekologickým dopadom a sociálne problémy. Problém udržateľnosti spočíva v dvoch hlavných faktoroch, a to v mýňaní zásob fosílnych palív a rastúcej populácii.[13] Podľa článku MAHB, pri aktuálnej spotrebe sa zásoby ropy majú minúť do roku 2052, zásoby zemného plynu do roku 2060 a zásoby uhlia do roku 2090.[14] Tejto prognóze nepomáha ani druhý faktor problému udržateľnosti, a to populačný rast. Podľa Anthony Cillufo a Neil G. Ruiz, by populácia mala rásť až do roku 2100, kedy predpokladaný počet ľudí bude 10.9 miliárd.[15] S rastúcou populáciou vieme predpokladať aj rastúcu spotrebu energie, ktorá môže vyčerpať fosílna zdroje skôr, ako sa predpokladá.

Ďalšou skupinou problémov sú problémy týkajúce sa ekologického dopadu. Za hlavné faktory problémov ekologického dopadu môžeme považovať globálne otepľovanie a iné formy znečistenia spojené so spotrebou fosílnych palív. Pri spotrebe fosílnych palív sa do ovzdušia uvoľňujú okrem iných tzv. „skleníkové plyny“, medzi ktoré patria napríklad oxid uhličitý, metán, oxid dusný a pod. Tieto plyny sú známe tým, že sú hlavnými aktérmi pri globálnom otepľovaní, ktoré je jedným z najväčších environmentálnych problémov dnešného sveta. Pri spaľovaní fosílnych palív dochádza k znečisťovaniu životného prostredia. Do ovzdušia, pôdy, vody sa uvoľňujú rôzne látky, ktoré výrazne škodia zdraviu človeka, ale aj narúšajú prírodný ekosystém. Ďalšou skupinou problémov sú tzv. sociálne problémy. Sem môžu patriť napríklad problémy ekonomické, politické a problémy spojené s centralizáciou energie. Politické a ekonomické problémy vznikajú dôsledkom odkázanosti väčšiny krajín na import fosílnych palív. Medzi príklady politických a ekonomických problémov môžeme zaradiť ropné šoky, počas ktorých došlo k výraznému zdraženiu ropy

a mnohým politickým problémom. Problém centralizácie energie spočíva vo výrobe energie. Dnes sa väčšinou elektrická energia vyrába v malom počte veľkých elektrární. Problém nastáva, keď z nejakého dôvodu, či už prírodného, vojenského alebo politického, dôjde k odstávke elektrárne. Následne veľké množstvo ľudí príde o elektrinu na dobu neurčitú, čo dokáže spôsobiť značný chaos.[13]

Jadrová energia ako alternatíva k fosílnym palivám

Medzi neobnoviteľné zdroje energie taktiež zaradujeme aj jadrovú energiu, ktorú získavame štiepením (delením) alebo fúziou (kombináciou) atómov tvoriacich materiál. V praxi sa ako jadrové palivo najviac využíva urán, konkrétne izotop U-235.

Jadrová energia má veľa výhod oproti fosílnym palivám. Prvou najväčšou výhodou je čistota energie, ktorú produkuje. Pri aktuálnej spotrebe len v USA sa ročne vylúči o 470 miliónov metrických ton oxidu uhličitého menej vďaka jadrovej energii. To znamená to isté, ako keby na cestách bolo o 100 miliónov vodičov menej ako minulý rok.[16]

Ďalšou výhodou sú väčšie zásoby ako pri fosílnych palivách. Zásoby uránu sa odhadujú na približne 80 rokov, čo je viac ako pri fosílnych palivách. Existuje tu aj možnosť prejsť po minútí uránu na jeho alternatívu, ktorou je tórium, kde by zásoby vydržali ešte dlhšie ako pri uráne. Je tu tiež potenciálna možnosť, že sa v budúcnosti proces nukleárnej fúzie premení na realitu a ľudstvo bude mať neobmedzený prístup k jadrovej energetike.[17]

Ďalšou výhodou je ekonomická stránka vecí. Jadrová energia podľa World Nuclear Association, dokáže byť lacnejšia ako energie fosílnych palív a tiež jej ceny nebudú až tak fluktuovať, ako je zvykom pri fosílnych palivách.[18]

Avšak jadrová energia má aj svoje nevýhody. Takou najväčšou je dopad na ekologické prostredie. Napriek tomu, že pri výrobe energie sa do ovzdušia nevypúšťajú emisie, jadrová energia stále značne znečisťuje životné prostredie. Pri ťažbe uránu sa často uvoľňujú rádioaktívne častice, ktoré môžu zasahovať do neďalekých vodných zásob, pri samotnej ťažbe môže dochádzať k erózii pôdy. Taktiež baníci, ktorí ťazia urán sú neustále vystavovaní rádioaktívnemu žiareniu. Avšak najväčším ekologickým problémom je rádioaktívny odpad, ktorý vzniká pri produkcii energie.[17]

V súčasnosti neexistuje spôsob ako zničiť tento rádioaktívny odpad, najvhodnejšie je ho bezpečne uzavrieť do špeciálnych nádob a tie zakopať do bezpečnej hĺbky, kde nebude

znečisťovať natoľko prostredie. To však neznamená že znečisťovať nebude vôbec, a preto tento problém považujem za najväčšiu výzvu jadrovej energie.

Obnoviteľné zdroje energie

Našťastie na problémy fosílnych palív a problémy jadrovej energie existuje riešenie v podobe obnoviteľných zdrojov energie. Zákon 309/2009 Z. z o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v §2 definuje obnoviteľné zdroje energie ako „nefosílny zdroj energie, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí.“[19] V praxi poznáme 5 základných typov obnoviteľných zdrojov, ktorými sú: slnečná energia, veterná energia, vodná energia, geotermálna energia a energia biomasy (sem patria tiež rôzne biopalivá, biokvapaliny a bioplyny).

Obnoviteľné zdroje energie poskytujú riešenia na problémy neobnoviteľných zdrojov. Čo sa týka problému udržateľnosti, ako z uvedenej definície vyplýva, tak obnoviteľné zdroje sa počas svojho využívania čiastočne alebo úplne obnovujú. To v praxi znamená, že ich zásoby sa neminú, pokiaľ sa niečo nestane Slnku alebo našej planéte. Taktiež obnoviteľné zdroje majú obrovský zatiaľ nevyužitý energetický potenciál, ktorý niekoľkonásobne prevyšuje našu aktuálnu spotrebu energie, takže sa do budúcnosti nemusíme obávať nedostatku energie dôsledkom rastúcej populácie. Čo sa týka ekologickej stránky, tak obnoviteľné zdroje energie sú najekologickejšími zdrojmi energie. Pri výrobe energie za pomoci obnoviteľných zdrojov, nedochádza k vylučovaniu škodlivých emisií, respektíve ich množstvo je zanedbateľné, neznečisťujú okolité prostredie a taktiež pri nich nevzniká žiaden škodlivý odpad ako pri jadrovej energii. K ekonomickým a politickým problémom nedochádza k takej miere ako pri neobnoviteľných zdrojoch energie, vzhľadom na to, že každá krajina na svete má prístup k minimálne dvom obnoviteľným zdrojom, ktorými sú energia slnka a vetru. To znamená, že krajiny využívajúce tieto zdroje by hypoteticky nemuseli byť odkázané na import v takej miere, ako je to v prípade neobnoviteľných zdrojov. Kvôli tejto skutočnosti by nemusel vznikáť problém s centralizáciou energie. Hypoteticky by v budúcnosti mohla každá domácnosť mať na streche solárny panel alebo malú veternú turbínu, ktorá by aspoň z časti dokázala pokryť spotrebu energie, čím by sa vo veľkej miere zmiernila situácia, v ktorej by došlo k odstávke energie. Energia obnoviteľných zdrojov dokáže byť nielen čistejšia, bezpečnejšia, dostupnejšia, ako energie neobnoviteľných zdrojov, ale dokáže byť aj lacnejšia. Vzhľadom na širokú dostupnosť a veľký energetický

potenciál niektorých zdrojov energie ako sú slnko a vietor, sa dokáže cena tejto energie dostať pod úroveň ceny klasickej energie.

2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY DOMA A V ZAHRANIČÍ

Za súčasne najvýznamnejšiu publikáciu pre ekonóma, zaujímajúceho sa o obnoviteľné zdroje energie môžeme považovať „*Renewable power generation costs in 2020*“ [1] od organizácie IRENA. IRENA (The International Renewable Energy Agency) je medzivládna organizácia, ktorá podporuje krajiny v prechode na udržateľnú energetickú budúcnosť. Služí ako hlavná platforma pre medzinárodnú spoluprácu, centrum excelentnosti, úložisko politických, techno-logických, zdrojov a finančných znalostí o obnoviteľnej energii. IRENA podporuje široko-spektrálnu adaptáciu všetkých obnoviteľných zdrojov energie. S mandátom od krajín z celého sveta podnecuje vlády, aby prijali podporné politiky pre investície do obnoviteľnej energie. Poskytuje praktické nástroje a politické rady na urýchlenie zavádzania obnoviteľnej energie, uľahčuje zdieľanie znalostí a prenos technológií s cieľom poskytnúť čistú, udržateľnú energiu pre rastúcu svetovú populáciu. V súlade s týmito cieľmi poskytuje IRENA širokú škálu produktov a služieb, vrátane „*Renewable power generations costs in 2020*“. „*Renewable power generations costs in 2020*“ je najnovšie vydanie výročnej správy a zaoberá sa aktuálnymi cenovými trendami vo svete obnoviteľných zdrojov energie. Táto správa má 9 kapitol, v ktorých detailne rozoberá ekonomicky rôzne obnoviteľné zdroje energie ako aj ich rôzne praktické aplikácie. V rámci jednotlivých kapitol sa analyzujú dôležité ekonomické ukazovatele, ako napríklad celkové investičné náklady projektov, kapacitný faktor, operačné náklady a náklady na údržbu, ako aj levelizované ceny energie.

Za ďalšiu zaujímavú publikáciu môžeme považovať „*Obnoviteľné zdroje energie*“ [13] od slovenského autora RNDr. Emila Bédiho. Táto publikácia síce nie je najnovšia, no napriek tomu je v súčasnosti v mnohých ohľadoch stále relevantná, hlavne čo sa týka vysvetľovania základných princípov. V tejto publikácii sa nachádza 6 kapitol, v ktorých autor rozoberá jednotlivé obnoviteľné zdroje energie. V úvodnej kapitole sa autor venuje historickému kontextu, uvádza problémy ekonomického, ekologického aj politického charakteru spojené s využívaním klasickej energetiky a ako riešenie ponúka obnoviteľné zdroje energie.

V nasledujúcich 5 kapitolách autor rozoberá jednotlivé obnoviteľné zdroje energie, vysvetľuje základné princípy spracovania takýchto typov energie, uvádza rôzne možnosti výroby elektrickej energie pre jednotlivé obnoviteľné zdroje energie, venuje sa ich výhodám a nevýhodám a uvádza aj praktické využitia.

Ďalším zdrojom, ktorý možno považovať za zaujímavý, je „*Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*“.[20] Office of Energy Efficiency and Renewable Energy je vládna agentúra ministerstva energetiky Spojených štátov amerických. Táto agentúra sa popri inom zaoberá obnoviteľnými zdrojmi energie okrem energie biomasy. V rámci internetovej stránky uvádza rôzne články týkajúce sa obnoviteľných zdrojov. V týchto článkoch sa rozoberajú základné princípy obnoviteľných zdrojov, ako aj základné princípy rôznych praktických aplikácií týchto obnoviteľných zdrojov, pri niektorých sú analyzované aj náklady prevádzkovania produkcie energie. Popri týchto článkoch sú na stránke taktiež dostupné rôzne správy a štúdie týkajúce sa obnoviteľných zdrojov energie.

Ďalšou významnou publikáciou, týkajúcou sa obnoviteľných zdrojov energie je „*Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*“[2] od IPCC. IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) je popredným medzinárodným orgánom pre hodnotenie klimatických zmien. Tento orgán založil Program OSN pre životné prostredie (UNEP) spolu so Svetovou meteorologickou organizáciou (WMO) s cieľom poskytnúť svetu jasný vedecký pohľad na súčasný stav poznania zmeny klímy a jej potenciálnych environmentálnych a sociálno-ekonomických dopadov. Správa z roku 2011 IPCC naozaj detailne rozoberá problematiku obnoviteľných zdrojov. Správa je rozdelená na 4 sekcie, prvá uvádza krátky predslov, druhá poskytuje zhrnutie pre tvorcov politik v tomto odvetví, tretia sekcia poskytuje naozaj rozsiahly prehľad obnoviteľných zdrojov energie, ich trendov, potenciálov, technológií a jej aplikácie v praxi, cenových trendov, prospektov do budúcnosti, atď. Posledná štvrtá sekcia poskytuje slovník, metodológiu, cenové parametre a parametre výkonu obnoviteľnej energie, atď.

Ďalšou zaujímavou publikáciou je „*Obnoviteľné zdroje energií*“[3] od nemeckého autora Volkera Quaschninga. V tejto knihe sa nachádza 14 kapitol. V prvých troch kapitolách sa autor venuje historickým kontextom energie, súčasnému problému globálneho otepľovania a ponúka riešenia tohto problému. V kapitolách 5, 6 a 7 sa venuje konkrétne solárnej energii, a to: fotovoltaike, solárnym termickým systémom a solárnym elektrárnami. V kapitolách dané spôsoby vysvetľuje, analyzuje ich výhody a nevýhody, uvádza praktické riešenia

a taktiež sa venuje aj ekonomickej stránke. V kapitole 8 sa venuje veternej energii podobným štýlom ako pri predchádzajúcich kapitolách. Vysvetľuje základne princípy, uvádza a analyzuje rôzne metódy, a venuje sa aj ekonomickej a ekologickej stránke. V kapitole 9 sa takým istým spôsobom venuje aj vodnej energii. Znova analyzuje rôzne metódy a princípy a ekonomickú a ekologickú stránku. Podobným spôsobom sa v nadchádzajúcich kapitolách venuje geotermálnej energii, energie biomasy a tepelným čerpadlám. V poslednej kapitole autor uvádza praktické riešenia pre ekologickú udržateľnosť.

Ďalšou zaujímavou publikáciou je „*The Economics of Renewable Energy*“ [4] od David Timmons et al. V tejto publikácii sa nachádzajú štyri kapitoly. V prvej úvodnej kapitole sa kolektív autorov venuje nevyhnutnosti prechodu z klasickej energetiky k obnoviteľnej energetike. V druhej kapitole venuje pozornosť jednotlivým OZE, analyzujú sa ich výhody a nevýhody. V závere kapitoly sa rozoberá perspektíva OZE a autori uvádzajú, že do roku 2030 by OZE mohli nahradiť klasickú energetiku. V tretej kapitole sa autori zaoberajú ekonomickým aspektom vecí. Porovnávajú náklady, kapitálovú intenzitu, rentabilitu a taktiež aj rôzne externality typov OZE. V poslednej štvrtej kapitole sa autori venujú konkrétnym dôvodom, prečo je nevyhnutný prechod na OZE.

Ďalšou zaujímavou publikáciou je kniha „*Renewable Energy Sources*“ [5] od Johna Twidella a Tonyho Weira. Táto kniha sa pozerá na problematiku skôr z technického hľadiska, no napriek tomu si myslím, že ekonóm by aspoň povrchovo mal rozumieť technickým aspektom tohto odvetvia. V tejto publikácii sa nachádza 17 kapitol. V prvej kapitole autor rozoberá základne princípy obnoviteľnej energie, venuje sa technickým, vedeckým ale aj sociálnym implikáciám. V druhej kapitole sa venuje základom mechaniky tekutín, viskozite, turbulenciám a konzervácii energie. V tretej kapitole sa rozoberá rôznym spôsobom transfer tepla. V štvrtej vysvetľuje základné princípy solárnej radiácie. V piatej venuje pozornosť ohrievaniu vody za pomoci solárnej energie. V šiestej rozoberá budovy a iné solárno-termálne aplikácie. V siedmej sa venuje fotovoltaike a jej základným princípom. V ôsmej sa venuje vodnej energii a jej princípom. V deviatej rozoberá veternú energiu, uvádza rôzne typy veterných turbín a vysvetľuje rozdiely medzi nimi. V desiatej rozoberá proces fotosyntézy a jej praktické využitie v oblasti OZE. V jedenástej venuje pozornosť biomase a iným bio-palivám. V dvanástej sa venuje energii vln. V trinástej rozoberá energiu prílivu.

V štrnásťtej sa zaoberá konverziou oceánskej termálnej energie (OTEC), vysvetľuje princíp OTEC-u a uvádza aj praktické príklady. V pätnásťtej kapitole sa zaoberá geotermálnou energiou. V šestnásťtej kapitole rieši skladovanie a prenosy energetických systémov. V poslednej analyzuje rôzne inštitučné a ekonomické faktory.

Ďalšou zaujímavou publikáciou je správa „*Global Potential of Renewable Energy Sources: a Literature Assessment*“ [6] od autoriek Monique Hoogwijk a Wina Crijijs-Gaus. Táto správa poskytuje základné informácie o metodológii a výsledkoch hodnotenia dlhodobých (2050) globálnych a regionálnych technických potenciálov OZE. Zaoberá sa aj ekonomickou stránkou jednotlivých OZE, analyzuje cenovú distribúciu a technické potenciály jednotlivých svetových častí a regiónov. V závere autorka uvádza zistenie, že na globálnej škále OZE sa dokáže vyprodukovať niekoľkonásobne viac energie, ako je aktuálna zásoba energie. Uvádza, že najpopulárnejším OZE je solárna energia, nasledujú veterná a potom vodná energia. Pre Severnú Afriku je najperspektívnejšia solárna energia, pre Severnú Ameriku je najzaujímavejšia veterná energia, v prípade Európy nie je konkrétny OZE najvýznamnejší, avšak je tu veľký potenciál pre vodnú energiu, a veternú onshore a offshore energiu, v prípade zvyšku sveta je dominantnou solárna energia.

Ďalšou zaujímavou publikáciou je „*Solar PV Cost Reduction Potential in Japan*“ [7] od Robert Höller et al. Robert Höller et al. sa zaoberá problematikou solárnej fotovoltaikej energie, analyzuje a porovnáva fotovoltaičný potenciál v Nemecku a Japonsku. Práca poskytuje zaujímavý cenový rozbor nákladov fotovoltaičných elektrární rôznych škál a prevedení, ktorý neskôr využijeme v praktickej časti tejto bakalárskej práce. Okrem identifikácie dôvodov rozdielov v nákladoch sa formulujú odporúčania na zníženie rozdielu v nákladoch.

Ďalšou zaujímavou štúdiou je „*Cost assessment of hydrogen production from PV and electrolysis*“ [8] od Hinkley et al. V tejto štúdii sa Hinkley et al. zaoberá problematikou výroby vodíka z fotovoltaičných elektrární a elektrolýzy. Hodnotí súčasné a budúce ceny vodíkovej techniky, ktorá je jednou z alternatív uchovávania vyprodukovanej energie pri off-grid prevádzke fotovoltaikej elektrárni. Tento cenový prehľad vodíkovej technológie využijeme neskôr v praktickej časti tejto bakalárskej práce.

Ďalším zdrojom informácií je „*Slovak Renewable Energy Agency*“ [21]. Cieľom Slovak Renewable Energy Agency je snaha pripraviť plnohodnotne Slovensko na aktuálnu

energetickú revolúciu. Snahou je, aby sme na Slovensku vedeli držať krok s najvyspelejšími krajinami Európy v oblasti prechodu z klasickej energetiky na obnoviteľnú. Agency organizuje konferencie, rôzne demonštračné projekty, ako napríklad inštalovanie solárnej elektrárne na strechu školy, venuje sa podpore legislatívy v oblasti fotovoltaiky, a tiež aj vede a výskumu v oblasti energetického využitia slnečnej energie. Na ich stránke v zložke „Podporujeme“ sú uvedené 3 podzložky. V 1. s názvom „OZE“ sú základné informácie k jednotlivým OZE. V 2. s názvom „Skladovanie energie“ sú stručne rozoberané energetické úložiská. V poslednej 3. s názvom „Elektromobilita“ je veľmi stručne venovaná Elektromobilom.

Ďalším zaujímavým zdrojom je „*Hydropower and the pathway to net zero*“ [22] od IHA. IHA je medzinárodné neziskové členské združenie. V súčasnosti členovia tohto združenia fungujú vo viac ako 120 krajinách sveta. Medzi ich členov patria napr. poprední vlastníci a prevádzkovatelia vodných elektrární, vývojári, projektanti, dodávatelia, konzultanti atď. Na ich stránke môžeme nájsť rôzne fakty o vodnej energii, ako aj rôzne publikácie, ako napr. „*2021 Hydropower Status Report*“, ktorý nadobúda podobu výročnej správy, v ktorej kolektív autorov analyzuje aktuálny stav vodnej energie na svete.

Ďalšou významnou publikáciou je „*Geothermal Power: Technology Brief*“ [9] od organizácie IRENA. Táto publikácia je jednou z mnohých ďalších publikácií od organizácie IRENA. V tejto konkrétnej publikácii sa kolektív autorov venuje geotermálnej energii. Poskytuje technické podklady, trhovú analýzu a potenciálne bariéry pre tento zdroj a ponúka všeobecný prehľad o tvorbe geotermálnej energie.

Ďalšou významnou publikáciou je „*Recycle: Bioenergy*“ [10]. Autorom tejto publikácie je opäť medzinárodná organizácia IRENA. Táto publikácia sa rozoberá problematikou energie biomasy. Táto štúdia bola cielená ku G20 a venuje sa problematike v šiestich častiach. V prvej uvádza dôvody a ciele tejto štúdie. V druhej sa nachádza sumarizácia využívania energie biomasy v celosvetovom meradle, kde sa konkrétne poukazuje na zrelosť a osvedčenie energie biomasy v rôznych sektoroch. V tretej časti je popísané ako prebieha vývoj technológií a ako sa využiteľnosť energie biomasy môže ďalej rozširovať. V štvrtej sa rozoberá úloha energie biomasy pri znižovaní uhlíkových emisií pre dosiahnutie cieľov Parížskej dohody. V piatej sa identifikujú potenciálne bariéry, či už ekonomického, technologického alebo sociálneho charakteru, ktoré zabraňujú energii biomasy dosiahnuť svoj plný potenciál. V poslednej šiestej časti sa diskutuje o možných politikách, ktoré by

mohli pomôcť energii biomasy. Publikácia je ukončená niekoľkými odporúčeniami pre krajiny G20 týkajúcimi sa energie biomasy.

Ďalšou zaujímavou štúdiou je „*The Motivation for Renewable Energy and its Comparison with Other Energy Sources*“[11]. Táto štúdia sa venuje solárnej obnoviteľnej energii a ostatným OZE a aj neobnoviteľným zdrojom energie. Štúdia obsahuje komparatívnu analýzu oboch zdrojov energie. Taktiež poskytuje stručný prehľad rôznych techník, ktoré sú využívané krajinami sveta na prekonanie energetickej krízy a taktiež obsahuje aj rámec pre použitie konkrétnych techník v krajinách, v ktorých produkcia energie zaostáva s cieľom plne využiť benefity hojných zdrojov energie.

2.1 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU JEDNOTLIVÝCH OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV

2.1.1 Slnečná energia

„Slnko každoročne odovzdá Zemi objem 1,5 triliárd kWh. Približne 30% absorbuje naša atmosféra, takže na zemský povrch dopadá niečo cez 1 triliardu kWh. Naša primárna spotreba energie sa pohybuje okolo 125 miliárd kWh ročne. To znamená, že ročne nám Slnko odovzdá 8000-krát viac energie, ako je celosvetová primárna spotreba. Na to, aby sme pokryli celoročnú energetickú potrebu ľudstva potrebujeme len jednu hodinu aj niečo slnečného žiarenia.“[3, str. 82].

Slnečná energia je hnacím strojom života na Zemi. Využívanie slnečnej energie je dnes najčistejším spôsobom využívania energie vôbec a na rozdiel od iných zdrojov (aj obnoviteľných) sú dopady na okolité životné prostredie zanedbateľné. Nielenže sama o sebe má obrovský energetický potenciál, ale tiež je aj pôvodcom iných obnoviteľných zdrojov energie, ktorými sú energia vetra, energia biomasy a v niektorých prípadoch aj energia vody. Zohrieva atmosféru a Zem, vytvára vietor, zohrieva oceány, spôsobuje odparovanie vody, dáva silu vodným tokom, rastlinám aby mohli rásť a z dlhodobého hľadiska vytvára aj fosílna palivá.[13]

V praxi sa energia slnka využíva na produkciu elektrickej energie dvoma hlavnými spôsobmi, a to za pomoci fotovoltaiky a za pomoci tepelnej energie.

2.1.1.1 Fotovoltaika

Fotovoltaika je jav, pri ktorom dochádza k priamej premene slnečnej energie na energiu elektrickú. V praxi sa tento jav využíva pri fotovoltaických článkoch, ktoré vo väčšom počte tvoria solárny panel. Fotovoltaické články sú vyrábané z rôznych materiálov, najčastejšie však z kremíku. Kremíkové fotovoltaické články tvorili v roku 2020 84% podiel všetkých fotovoltaických článkov na svete.[12, 23]

2.1.1.2 Typy fotovoltaických článkov

V praxi poznáme 3 hlavné typy fotovoltaických článkov, a to monokryštalické, polykryštalické, a amorfne.[24]

Monokryštalické panely sú vyrobené z jednoliateho kryštálu čistého kremíku. Tento typ je vysoko efektívny, avšak výrobný proces je pomalý a intenzívny, čo sa v praxi prelína do ceny, ktorá je vyššia ako pri ostatných 2 typoch. Tento typ predstavoval v roku 2020 30% podiel všetkých fotovoltaických článkov na svete.[12,24]

Polykryštalické články sú tvorené veľkým množstvom malých zrníek kremíku, ktoré často vznikajú ako vedľajší produkt pri monokryštalických paneloch. V praxi sú tieto články menej efektívne ako monokryštalické, avšak sú aj lacnejšie. V roku 2020 polykryštalické články naďalej dominovali trhu a tvorili až 54% podiel všetkých fotovoltaických článkov na svete.[12,24]

Posledným typom sú amorfne články. Tieto články sú tvorené tenkými vrstvami amorfného kremíku, ktoré sú ďalej prekladané skleneným substrátom. Veľkou výhodou tohto typu je ich cenová dostupnosť, avšak metóda výroby ich robí menej efektívne ako pri kryštalických článkoch, čo z nich robí dnes už pomerne nepopulárnu voľbu, a v roku 2020 tvorili len 5% podiel všetkých článkov.[12,24]

2.1.1.3 On-grid a Off-grid prevádzky fotovoltaického systému

Pri prevádzkovaní fotovoltaického systému sa musí investor rozhodnúť pre jeden z týchto typov. Rozdiel týchto dvoch systémov sa týka spôsobu ako vyprodukovanú energiu uskladňujeme. Solárne panely potrebujú systém na uskladnenie vyprodukovanej energie, aby sa dala použiť na požiadanie, lebo produkujú elektrinu len počas dňa, avšak elektrinu potrebujeme aj cez noc.[25]

Pri On-grid alebo sieťových systémoch sme priamo napojení na sieť. Panely poskytujú nadbytočnú energiu sieti, ktorá je následne distribuovaná do okolia. Na oplátku za

vyprodukovanú energiu, nám prevádzkovateľ tejto siete zaplatí sumu, ktorá sa odvíja od nami vyprodukovaného množstva a aktuálnej výkupnej ceny elektriny, nakoľko výkup elektriny sa realizuje za spotové ceny. Na Slovensku sa na tento účel používa denný trh OKTE.[25]

Pri off-grid alebo ostrovných systémoch to funguje inak. Pri ostrovných systémoch nie sme pripojení na sieť, čo znamená že musíme hľadať iné riešenie ako uskladniť nami vyprodukovanú energiu. V praxi sa najviac využívajú lítiové batérie, ktoré sa v priebehu dňa nabíjajú nadbytočnou energiou, ktorú potom môžeme využiť cez noc. V súčasnosti však na popularite naberaá aj možnosť skladovania energia do vodíka za pomoci elektrolýzy.[25]

2.1.1.4 Tepelná energia

Jedná sa o druhú metódu, na základe ktorej môžu solárne systémy fungovať. Pri fotovoltaike sme slnečnú energiu priamo premieňali na elektrinu. Pri tejto metóde sa využíva medzikrok v podobe tepelnej energie, ktorá sa následne premení na energiu elektrickú. Táto metóda je v praxi jednoduchšia ako pri fotovoltaike, avšak v súčasnosti je drahšia a menej výkonná, čiže už nie je taká populárna ako kedysi. Základom tohto solárneho systému sú tzv. slnečné koncentrátoary. Tie síce výzorom pripomínajú solárne panely, no majú však inú funkciu. Ich funkciou je nasmerovať slnečné žiarenie na jedno malé miesto, kde nám dôsledkom koncentrácie slnečného žiarenia vzniká tepelná energia. Táto tepelná energia sa ďalej môže využiť priamo, teda na ohrievanie, alebo ju ďalej vieme využiť na premenu v elektrickú energiu za pomoci parného generátora.[23]

2.1.1.5 Potenciál slnečnej energie

Ako sme uviedli v úvode tejto kapitoly venovanej slnečnej energii, jej energetický potenciál je obrovský a prakticky nevyčerpatel'ný. Slnko ako zdroj energie je široko dostupný viac menej všade na svete. Avšak dôležitým faktorom ostáva intenzita slnečného žiarenia, ktorá je na svete rôzna. Jednoducho povediac, solárna energia bude mať väčší potenciál napríklad v krajinách blízkeho východu ako napríklad na Antarktíde. Ďalším neprehliadnuteľným faktorom ovplyvňujúcim slnečnú energiu je denný cyklus. Denný cyklus nám negatívne ovplyvňuje output, nakoľko cez noc energiu produkovať nedokážeme. Je tu tiež riziko, že v budúcnosti skleníkové plyny zablokujú časť prichádzajúceho slnečného žiarenia, čím sa celkovo zníži globálny potenciál tohto zdroju energie.[2]

Technický potenciál

Technický potenciál by sa dal definovať ako množstvo slnečného žiarenia, ktoré je ľudstvo schopné spracovať pri dnešných technologických obmedzeniach. Vzhľadom na rôzne geografické, meteorologické a politicko-ekonomické podmienky, je technický potenciál rôzny na svete. Je tiež závislý na viacerých faktoroch, ktorými sú napríklad dostupné slnečné žiarenie, rôzne faktory vylúčenia využívania pôdy na účel solárnej energie, rôzne technologické inovácie a pod. V súčasnosti technický potenciál vyzerá optimisticky, pretože už dnes výrazne prevyšuje primárnu spotrebu energie na svete.[2]

V nasledujúcej tabuľke môžeme vidieť technický potenciál rôznych častí sveta.

REGIONS	Range of Estimates	
	Minimum, EJ	Maximum, EJ
North America	181	7,410
Latin America and Caribbean	113	3,385
Western Europe	25	914
Central and Eastern Europe	4	154
Former Soviet Union	199	8,655
Middle East and North Africa	412	11,060
Sub-Saharan Africa	372	9,528
Pacific Asia	41	994
South Asia	39	1,339
Centrally planned Asia	116	4,135
Pacific OECD	73	2,263
TOTAL	1,575	49,837
<i>Ratio of technical potential to primary energy supply in 2008 (492 EJ)</i>	3.2	101

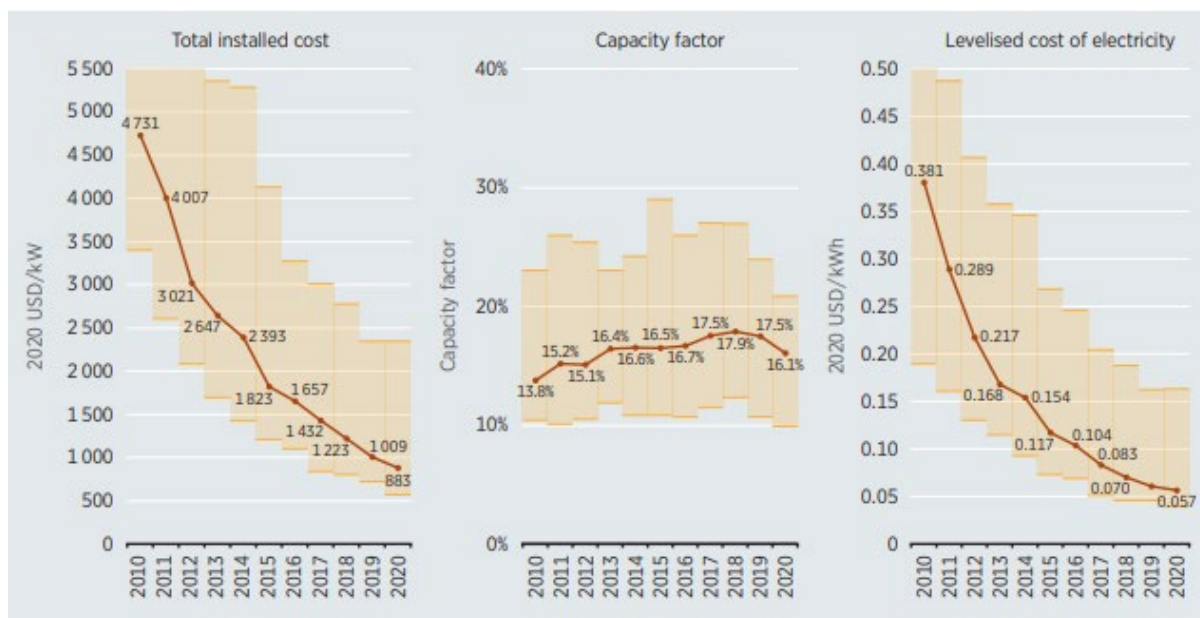
Tabuľka 1 – „Annual total technical potential of solar energy for various regions of the world, not differentiated by conversion technology“. Zdroj: [2, str. 342]

Ekonomický potenciál fotovoltaiky

Čo sa týka ekonomického aspektu, tak v prípade fotovoltaiky môžeme vidieť dramatický cenový pokles za posledné desaťročie. V rozmedzí rokov 2010-2020 vážený priemer vyrovnaných nákladov na energiu (LCOE) klesol o 85% z USD 0.381/kWh na USD 0,057/kWh. Medziročný cenový pokles bol 7% medzi rokmi 2019 a 2020. Tento drastický cenový pokles bol spôsobený hlavne výrazným poklesom ceny kryštálických kremíkových solárnych modulov, ktoré za posledné desaťročie zlacneli až o 93%.[1]

Vďaka tomuto výraznému cenovému poklesu klesol globálny vážený priemer investičných nákladov fotovoltaičných projektov za posledné desaťročie o 81% z USD 4731/kW na USD 883/kW. Medziročný pokles bol 13%.[1]

Pozorovať môžeme aj dlhodobý nárast kapacitného faktoru ktorý od roku 2010 do roku 2020 narástol z 13.8% na 16.1%. Hlavným dôvodom tohto rastu sú technologické inovácie a lepšie využívanie slnečných podmienok. V súčasnosti najviac investujú do fotovoltaiky Čína a India.[1]



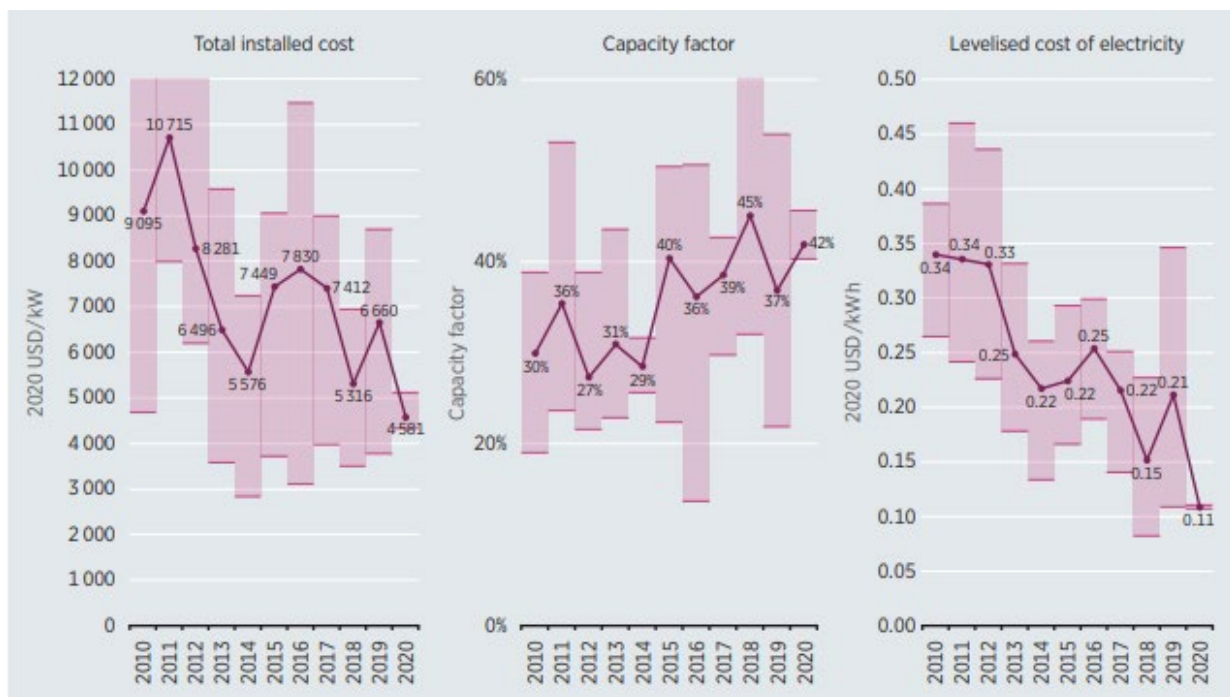
Graf 1 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for PV, 2010–2020“. Zdroj: [1, str. 67]

Ekonomický potenciál koncentrovaných systémov

Pri koncentrovaných systémoch môžeme tiež pozorovať cenový pokles, avšak nie až taký výrazný ako pri fotovoltaike. Za posledné desaťročie LCOE kleslo celkovo o 68% z USD 0.34/kWh na USD 0.108/kWh. Hlavným dôvodom tohto poklesu je Čína a jej dôležitá úloha v zásobovacích reťazcoch a developerských projektoch.[1]

Globálne vážený priemer investičných nákladov za posledné desaťročie taktiež klesol a to o 50% z 9095 USD/kW na 4581 USD/kW. Medziročne môžeme pozorovať veľký pokles o 31%, ktorý bol spôsobený dokončením viacerých veľkých projektov v Číne.[1]

Za posledné desaťročie môžeme pozorovať dlhodobý nárast kapacitného faktoru z 30% na 42%. Dôvodom tohto nárastu sú technologické inovácie, pokles ceny skladovania termálnej energie a zefektívnenie samotného skladovania.[1]



Graf 1 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for CSP, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 105]

2.1.1.6 Výhody a nevýhody slnečnej energie

Výhody

- Široká dostupnosť/využitelnosť zdroju
- Najväčší energetický potenciál
- Zanedbateľný vplyv na životné prostredie
- Tichá prevádzka
- Sebestačnosť (možnosť off-grid využitia)
- Bezpečnosť
- Efektívne využívanie miesta (inštalácia solárnych panelov na strechu a pod.)

Nevýhody

- Kolísanie výkonu spôsobené denným cyklom alebo striedaním ročných období
- Pomerne nízka životnosť (cca 20-25 rokov)
- Využíva veľké plochy
- Lítiové batérie pri off-grid prevádzke (problém s recykláciou)

2.1.2 Veterná energia

Veterná energia je formou slnečnej energie, ktorá vzniká pri nerovnomernom ohrievaní zemského povrchu. Na zemský povrch ročne dopadá okolo 1 triliardy kWh energie, z toho 1-2% sa premieňa na energiu vetra. Napriek tomu, že energetický potenciál je menší ako pri čistej slnečnej energii, tak spomínané 1-2% dokážu s prehľadom pokryť našu primárnu spotrebu, ktorá sa pohybuje okolo 125 miliárd kWh. Energii vetra ľudstvo využíva už od nepamäti. Jej využitie môžeme sledovať pri jednoduchých plachtenciach, veterných mlynoch slúžiacich na mletie obilia a aj pri zavlažovaní polí. Táto energia je však príťažlivá aj dnes, pretože neznečisťuje prostredie, neprodukuje škodlivý odpad a nemá negatívny vplyv na ľudské zdravie. V praxi sa energia vetra využíva pri produkcii elektriny za pomoci veterných turbín, ktoré majú rôzne typy a praktické aplikácie.[13]

2.1.2.1 Potenciál veternej energie

Teoretický potenciál

Podobne, ako to bolo pri energii slnka, tak aj pri energii vetra je energetický potenciál obrovský a prakticky nevyčerpatel'ný. Vietor ako zdroj energie je široko dostupný viac-menej všade na svete. Dôležitým faktorom je však intenzita vetra, ktorá je na svete rôzna. V husto obývaných alebo hornatých oblastiach bude energetický potenciál nižší ako niekde uprostred oceánu alebo na poli. Očakáva sa, že globálne otepľovanie môže zhoršiť poveternostné podmienky v budúcnosti. Napriek tomu sú výhľady optimistické a dnes už nielen teoretický potenciál dokáže naplniť primárnu spotrebu energie ale aj technický.[2]

Technický potenciál

Technický potenciál veternej energie je rôzny na svete, vzhľadom na rôzne geografické, meteorologické alebo politicko-ekonomické podmienky. Existuje mnoho štúdií, ktoré sa líšia svojím pozorovaním. Viac-menej každá udáva iné výsledky, takže ťažko sa robí definitívny záver. Avšak vo všetkých štúdiách sú dôležitými faktormi dostupná rýchlosť vetra, počasie a samotné dostupné technológie. Väčšina štúdií udáva, že offshore má väčší technický potenciál ako onshore a celkový technický potenciál prevyšuje primárnu energetickú spotrebu ľudstva. V nasledujúcej tabuľke môžeme pozorovať technický potenciál on-shore veternej energie rôznych častí sveta podľa rôznych štúdií.[2]

Grubb and Meyer (1993)		WEC (1994)		Krewitt et al. (2009) ²		Lu et al. (2009)	
Region	%	Region	%	Region	%	Region	%
Western Europe	9	Western Europe	7	OECD Europe	5	OECD Europe	4
North America	26	North America	26	OECD North America	42	North America	22
Latin America	10	Latin America and Caribbean	11	Latin America	10	Latin America	9
Eastern Europe and Former Soviet Union	20	Eastern Europe and CIS	22	Transition Economies	17	Non-OECD Europe and Former Soviet Union	26
Africa	20	Sub-Saharan Africa	7	Africa and Middle East	9	Africa and Middle East	17
Australia	6	Middle East and North Africa	8	OECD Pacific	14	Oceania	13
Rest of Asia	9	Pacific	14	Rest of Asia	4	Rest of Asia	9
		Rest of Asia	4				

Tabuľka 2 – „Regional allocation of global technical potential for onshore wind energy“.

Zdroj: [2, str. 547]

Ekonomický potenciál

Ekonomický potenciál onshore veternej energie

Čo sa týka ekonomického aspektu, tak pri onshore veternej energii môžeme pozorovať výrazný cenový pokles.

Za posledné desaťročie kleslo LCOE o 56% z USD 0.089/kWh na USD 0.039/kWh. Ceny onshore veternej energie sa pohybujú v spodných hraniciach fosílnych palív. Dôsledkom tohto výrazného cenového poklesu sú stále znižujúce investičné náklady a tiež lepší priemer kapacitného faktoru. Hlavné faktory, ktoré podporujú tento cenový trend, sú neustále zdokonaľovanie v dizajne turbín, ako aj ich výrobného procesu, konkurencia v zásobovacích reťazcoch a rozšírenie celkovej ponuky veterných turbín.[1]

Za posledné desaťročie klesol globálny vážený priemer investičných nákladov o 31% z USD 1971/kW na 1355/ kW. Medziročne klesol taktiež klesol o 9%.[1]

Kapacitný faktor rástol za posledné desaťročie a to z 27% v roku 2010 na 36% v roku 2020.[1]



Graf 2 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for onshore wind, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 51]

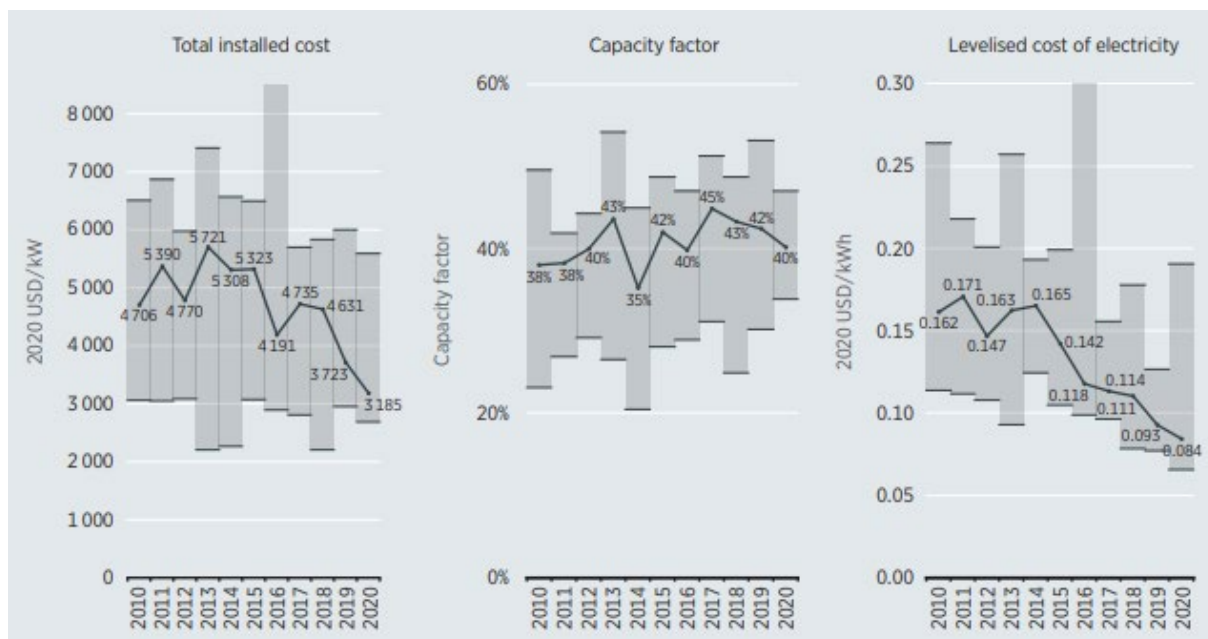
Ekonomický potenciál offshore veternej energie

Čo sa týka ekonomického aspektu, tak pri onshore veternej energii môžeme pozorovať tiež výrazný cenový pokles.

Za posledné desaťročie kleslo LCOE o 48% z USD 0.162/kWh na USD 0.084/kWh. Medziročne bol pokles 9%. Dôvodom tohto poklesu sú technologické inovácie a už existujúce skúsenosti developerov s navrhovaním takýchto systémov.[1]

Globálny vážený priemer investičných nákladov klesol za posledné desaťročie o 32% z USD 4706/kW na USD 3185/kW. Dôvody tohto poklesu sú také isté ako pri LCOE.[1]

Čo sa týka kapacitného faktoru tak môžeme pozorovať malý dlhodobý rast za posledné desaťročie, a to z 38% na 40%. Na vrchole bol roku 2017 kedy dosahoval hodnotu 45%, avšak medzi časom klesol na 40% v roku 2020. Dôvodom tohto poklesu je zvyšovanie podielu Číny na globálnom nasadení.[1]



Graf 3 – „Global weighted-average and range of total installed costs, capacity factors and LCOE for offshore wind, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 91]

2.1.2.2 Výhody a nevýhody veternej energie

Výhody

- Široká dostupnosť/Využitelnosť
- Najlacnejší obnoviteľný zdroj (on-shore)
- Veľký energetický potenciál
- Zanedbateľný vplyv na životné prostredie
- Sebestačnosť (možnosť offgrid využitia)
- Efektívne využitie miesta (môže sa okolo veterných turbín pestovať napr.)
- Vytvára pracovné miesta

Nevýhody

- Kolísanie výkonu (poveternostné podmienky)
- Závislá od vhodných geografických podmienok
- Hlučnosť
- Náročná údržba pri offshore variante
- Horšia výkonnosť v zastavaných oblastiach
- Negatívny vplyv na faunu

- Vysoké investičné náklady

2.1.3 Vodná energia

Voda je na Zemi a v jej atmosfére v neustálom pohybe. V dôsledku aktivity Slnka sa odparuje z vodných plôch, vytvára oblaky pary a padá k Zemi vo forme dažďa alebo snehu. Energia tohto vodného cyklu je veľmi účinne využívaná vodnými elektrárnami alebo vodou poháňanými mechanickými dielami. Využívanie energie vody na pohon mechanických zariadení je veľmi starou činnosťou a siaha ďaleko do minulosti. Jednoduché vodou poháňané kolesá, nahradzujúce namáhavú prácu používalo ľudstvo už od nepamäti.[13]

Dnes je však voda naďalej populárnym obnoviteľným zdrojom energie. Vodná energia v súčasnosti tvorí 60% podiel všetkých obnoviteľných zdrojov energie a 16% podiel celkovej globálnej produkcie elektriny. Žiadna krajina nedokáže fungovať na 100% obnoviteľnej energie bez vodnej energie. Rôzne nezávislé štúdie ukázali, že vďaka vodnej energii sa uvoľnilo do ovzdušia o 100 miliárd ton oxidu uhličitého menej za posledných 50 rokov, čím tento zdroj energie prekonal aj jadrovú energiu.[26]

V praxi elektrickú energiu produkujeme za pomoci vodných turbín, ktoré sa využívajú v rôznych typoch vodných elektrární.

2.1.3.1 Potenciál vodnej energie

Teoretický potenciál vodnej energie

Teoretický potenciál vodnej energie je veľký, obzvlášť keď zahrnieme energiu prílivu. Podobne, ako to bolo pri predchádzajúcich obnoviteľných zdrojoch energie, jej zásoby sú tiež prakticky nevyčerpatelne. Dôležité tu sú geografické faktory, ktoré výrazne určujú teoretický potenciál. Konvenčnej vodnej energii najviac vyhovujú hornaté podmienky, kde môžeme pozorovať veľký tokový spád, alebo oblasti, kde sa nachádza vhodná rieka. Pri prílivovej energii sú zase dôležité prílivové rozsahy, vhodné prílivové kanály a vodné cesty a vhodná intenzita prílivového prúdu. V budúcnosti sa očakáva, že globálne otepľovanie môže negatívne ovplyvniť vodnú energiu. Môže dôjsť k zmene tokov riek, čím sa priamo ovplyvňuje potenciálny energetický output, môže dôjsť k extrémnym potopám alebo extrémnych suchám, a taktiež môže dôjsť k zmene v sedimentácii, ktorá dokáže ovplyvniť vodné turbíny.[2]

Technický potenciál vodnej energie

Najlepší prehľad technického potenciálu poskytuje medzinárodný žurnál Hydropower & Dams 2010 World Atlas & Industry Guide (IJHD, 2010). Tento žurnál používa 3 meradlá na ročnej báze, a to: hrubý teoretický potenciál, technologický uskutočniteľný potenciál a ekonomický uskutočniteľný potenciál. Na základe týchto meradiel bol získaný záver, že technický potenciál sa pohybuje okolo 14 576 TWh/ za rok, čím technický potenciál 4-násobne prevyšuje aktuálnu produkciu. Podobne ako to bolo pri predošlých obnoviteľných zdrojoch, tak technický potenciál závisí od rôznych geografických, technologických alebo politicko-ekonomických podmienok.[2]

V nasledujúcej tabuľke môžeme pozorovať technické potenciály v rôznych častiach sveta.

World region	Technical potential, annual generation TWh/yr (EJ/yr)	Technical potential, installed capacity (GW)	2009 Total generation TWh/yr (EJ/yr)	2009 Installed capacity (GW)	Un-developed potential (%)	Average regional capacity factor (%)
North America	1,659 (5.971)	388	628 (2.261)	153	61	47
Latin America	2,856 (10.283)	608	732 (2.635)	156	74	54
Europe	1,021 (3.675)	338	542 (1.951)	179	47	35
Africa	1,174 (4.226)	283	98 (0.351)	23	92	47
Asia	7,681 (27.651)	2,037	1,514 (5.451)	402	80	43
Australasia/Oceania	185 (0.666)	67	37 (0.134)	13	80	32
World	14,576 (52.470)	3,721	3,551 (12.783)	926	75	44

Tabuľka 3 – „Regional hydropower technical potential in terms of annual generation and installed capacity (GW); and current generation, installed capacity, average capacity factors in percent and resulting undeveloped potential as of 2009“. Zdroj: [2, str. 446]

Ekonomický potenciál vodnej energie

Vodná energia je veľmi atraktívny obnoviteľný zdroj energie, a to z hľadiska nízkej ceny za elektrinu a flexibilitu, ktorú poskytuje elektrickému okruhu.

V roku 2020 vážený priemer LCOE vodnej energie dosiahol hodnotu USD 0.044/kWh, čím medziročne cena narástla o 10% z minuloročného USD 0.040/kWh. Za posledné desaťročie môžeme pozorovať tiež rastúci trend LCOE, keď v roku 2010 sa cena pohybovala na úrovni USD 0.038/kWh a v roku 2020 na úrovni spomínaných USD 0.044/kWh. Tento cenový rast môže mať rôzne príčiny, ale hlavne sa mu pripisuje ako príčina nárast investičných nákladov v Ázii. Tieto nové elektrárne sa ukázali byť z developerského hľadiska cenovo náročnejšie ako pri predchádzajúcich projektoch, hlavne kvôli náročnejším stavebným podmienkam. Napriek tomu je cena vodnej energie stále najnižšia spomedzi obnoviteľných zdrojov, dokonca je lacnejšia ako 99% fosilnej energie.[1]

Podobný rastúci trend môžeme pozorovať aj pri globálnom váženom priemere investičných nákladov. Ten sa v roku 2020 pohyboval na úrovni USD 1870/kW, zatiaľ čo v roku 2010 bol na úrovni USD 1269/kW, čím za desaťrocie ceny narástli o 47%. Dôvodom tohto nárastu sú spomínané problémy v oblasti developingu v Ázii, ako aj nové projekty v bohatších krajinách, kde tie ceny investičných nákladov budú jednoducho vyššie ako v rozvojových krajinách.[1]

Čo sa týka globálneho kapacitného faktoru, tak ten sa pohyboval v rozmedzí 44-51% (vrchol v 2015) medzi rokmi 2010 a 2020 a v súčasnosti sa ustálil na 46%. Dôvodom tohto kolísania sú veľké rozdiely v kapacitných faktoroch rôznych regiónov napr. Severná Amerika dosahovala hodnotu 21% zatiaľ čo Brazília dosahovala až 65%.[1]



Graf 4 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for hydropower, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 119]

2.1.3.2 Výhody a nevýhody vodnej energie

Výhody

- Spoľahlivá
- Flexibilná
- Možnosť okamžitého pokrytia spotreby
- Možnosť úložiska energie
- Multifunkčnosť zariadení

Nevýhody

- Vysoké investičné náklady
- Závislé od vhodných geografických a topografických podmienok
- Negatívny dopad na ekosystém (miestna fauna)
- Hrozba sucha
- Hrozba záplav v prípade konštrukčného zlyhania
- Vyššie emisie

2.1.4 Geotermálna energia

Geotermálna energia je energia, ktorá pochádza z horúceho jadra našej planéty. Tento typ energie je jediným obnoviteľným zdrojom energie, ktorého pôvodcom nie je Slnko. Z teoretického hľadiska však dochádza k neustálemu uvoľňovaniu tepla z jadra, čo môže znamenať, že vo veľmi ďalekej budúcnosti sa jeho zásoby môžu vyčerpať a z toho dôvodu ho niektorí autori nepovažujú za naozaj obnoviteľný zdroj energie. Vzhľadom na jej obrovské zásoby, však nie je šanca, žeby sme sa v blízkej budúcnosti čo i len priblížili k jeho vyčerpaniu, a preto si myslíme, že ho medzi obnoviteľne zdroje zaraďovať môžeme. Geotermálna energia sa z hlbín zemského jadra dostáva na povrch prostredníctvom termálnych prameňov vody alebo pary. V praxi sa využíva viacerými spôsobmi, ktorými môžu byť ohrievanie, prípadné ochladzovanie za pomoci tepelných čerpadiel, tiež produkcia elektriny. V prípade elektriny sú však potrebné špecifické zdroje, ktoré sa označujú stredným až vysokým teplotným stupňom, nachádzajúcimi sa väčšinou v blízkosti tektonicky aktívnych regiónov. Využívanie tohto zdroju ľudstvom siaha do ďalekej minulosti. Existujú archeologické záznamy o tom, že tieto zdroje vyhľadávali americkí Indiáni, Rimania, Turci, Maori atď. Tento zdroj je však populárny aj dnes vďaka svojej spoľahlivosti a vysokému kapacitnému faktoru. Je obzvlášť významným zdrojom pre krajiny ako Island, El Salvador, Nový Zéland, Keňa a Filipíny, kde tvoria významný podiel na produkcii elektriny a tepla.[13, 27, 28]

2.1.4.1 Potenciál geotermálnej energie

Teoretický potenciál

Teoretický potenciál geotermálnej energie sa odhaduje na $12.6 \cdot 10^{12}$ EJ, len v zemskej kôre do hĺbky 50 km na $5.4 \cdot 10^{12}$ EJ (Dickson and Fanelli 2003). To znamená, že ten

teoretický potenciál je naozaj veľký. Teoretický potenciál je v tomto prípade veľmi ovplyvnený geografickými podmienkami. Na rozdiel od predošlých obnoviteľných zdrojov, globálne otepľovanie nebude negatívne vplývať na energetický output.[2]

Technický potenciál

Vzhľadom na rôzne geografické, technologické alebo politicko-ekonomické podmienky, je technický potenciál veternej energie rôzny na svete. Obzvlášť dôležité sú technologické podmienky, pretože veľké množstvo energie je skryté hlboko pod zemou, v podmienkach, ktoré nevieme zatiaľ dosiahnuť. Stefansson odhadoval, že sa ročný technický potenciál pohybuje v rozmedzí 1000-2000 GW (28.4-56.8 EJ).[2]

V tabuľke môžeme pozorovať rôzne technické potenciály rôznych častí sveta.

REGION*	Electric technical potential in EJ/yr at depths to:						Technical potentials (EJ/yr) for direct uses	
	3 km		5 km		10 km			
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
OECD North America	25.6	31.8	38.0	91.9	69.3	241.9	2.1	68.1
Latin America	15.5	19.3	23.0	55.7	42.0	146.5	1.3	41.3
OECD Europe	6.0	7.5	8.9	21.6	16.3	56.8	0.5	16.0
Africa	16.8	20.8	24.8	60.0	45.3	158.0	1.4	44.5
Transition Economies	19.5	24.3	29.0	70.0	52.8	184.4	1.6	51.9
Middle East	3.7	4.6	5.5	13.4	10.1	35.2	0.3	9.9
Developing Asia	22.9	28.5	34.2	82.4	62.1	216.9	1.8	61.0
OECD Pacific	7.3	9.1	10.8	26.2	19.7	68.9	0.6	19.4
Total	117.5	145.9	174.3	421.0	317.5	1108.6	9.5	312.2

Tabuľka 4 – „Geothermal technical potentials on continents for the International Energy Agency (IEA) regions“. Zdroj: [2, str. 411]

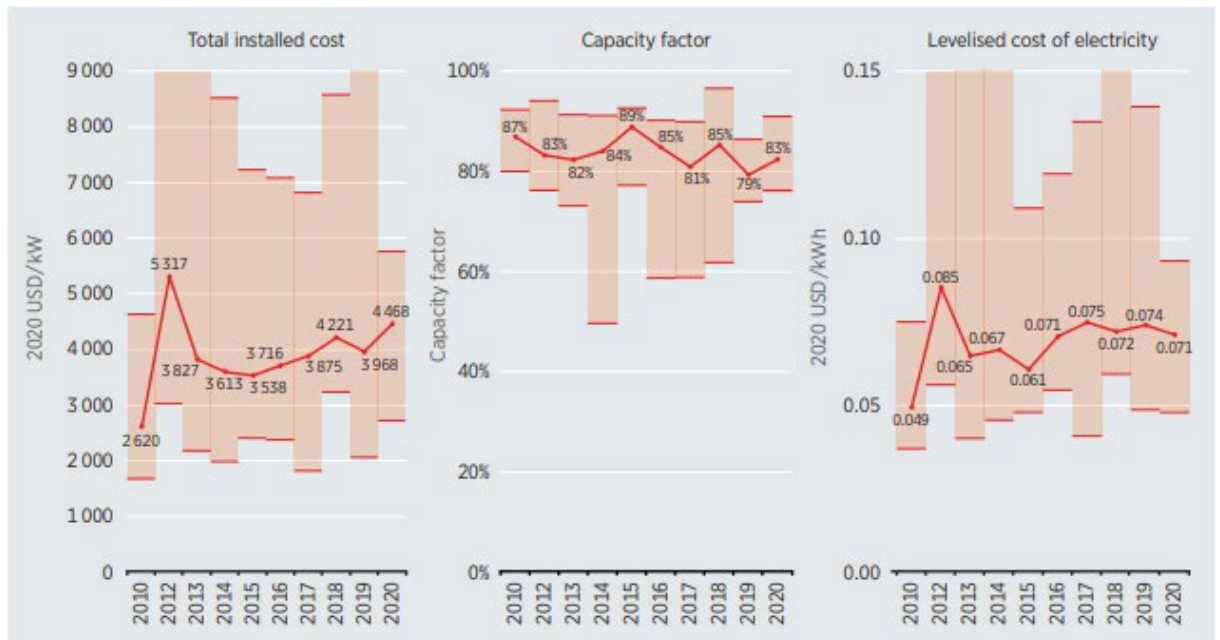
Ekonomický potenciál

Geotermálna energia je dôležitým zdrojom tepla a energie pre viaceré krajiny. Napriek tomu však môžeme pozorovať dlhodobý nárast cien a pokles kapacitného faktoru.

Globálny vážený priemer LCOE dosiahol v roku 2020 hodnotu USD 0.071/kWh, čím medzi-ročne klesol o 4%. Napriek tomuto cenovému poklesu môžeme pozorovať až 40% cenový rast medzi rokmi 2010 a 2020.[1]

Podobný trend môžeme pozorovať aj pri investičných nákladoch, ktoré v roku 2020 boli na úrovni USD 4468/kW, čo predstavuje 71% cenový nárast oproti roku 2010, kde cena bola na úrovni USD 2620/kW a cenový nárast o 13% medzi ročne. Dôvodom tohto rastu je malé množstvo nových projektov, ktorých cenové rozdiely výrazne zamávajú týmito meradlami.[1]

Čo sa týka kapacitného faktoru, tak tu môžeme pozorovať medziročný rast z 79% na 83%. Avšak z dlhodobého hľadiska kapacitný faktor klesol z 87% na 83%.[1]



Graf 5 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for geothermal, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 133]

2.1.4.2 Výhody a nevýhody geotermálnej energie

Výhody

- Spoľahlivé
- Ohrievanie a ochladzovanie
- Údržba/ Vysoká životnosť
- Malá plocha
- Využiteľné aj v domácnostiach

Nevýhody

- Závisle od vhodných geografických podmienok
- Úniky plynu pri vŕtaní studní
- Pomerne drahý obnoviteľný zdroj (investičné náklady aj cena za elektrinu)
- Hrozba zemetrasení

2.1.5 Energia biomasy

Biomasa je organický materiál, ktorého pôvodom sú buď rastliny alebo živočíchy. Zvykne sa jej hovoriť aj chemicky zakonzervovaná slnečná energia. Ľudstvo používa energiu biomasy už od nepamäti, prakticky od bodu, kedy človek objavil oheň a zistil, že ho môže udržiavať drevom. V súčasnosti je však naďalej veľmi využívaným zdrojom energie. V roku 2020 bio-masa v USA pokrývala 5% celkovej primárnej spotreby a v Kanade 6%. Tento zdroj je obzvlášť dôležitý pre rozvojové krajiny, pretože je veľmi dostupný a ľahko spracovateľný. Zdroje biomasy sú rôzne, väčšinou to sú však drevo (najpopulárnejšie), poľnohospodárske plodiny a odpady, rôzne zvieracie produkty a odpady a iné odpady biologického pôvodu. V praxi sa biomasa využíva na produkciu tepla, elektriny alebo dokonca aj biopalív, ktoré majú podobnú funkciu ako fosílna palivá.[13, 29]

2.1.5.1 Potenciál biomasy

Teoretický potenciál energie biomasy

Biomasa má veľký teoretický potenciál, ktorý je však značne obmedzený dilemou, či využívať dané plodiny ako zdroj jedla alebo ako zdroj energie. Tieto priority určujú celkový teoretický a technický potenciál biomasy. Vzhľadom na súčasný rastúci populačný trend môžeme teda očakávať, že potreba jedla bude prevyšovať potrebu energie v tomto prípade. Príliš intenzívna extrakcia biomasy môže spôsobiť tiež degradáciu pôdy, ovplyvniť vodné zdroje a celkovo zintenzívniť konkurenciu vo využívaní pôdy.[2]

Technický potenciál energie biomasy

Technický potenciál energie biomasy je rôzny na svete vzhľadom na rôzne geografické, technologické podmienky alebo rôzne vlastnosti pôdy. Jednoducho povediac, v rôznych častiach sveta dokážeme vypestovať rôzne kvantum obilnín a pod. Významným faktorom však ostáva dilema priorít medzi biomasou ako zdrojom potravín a biomasou ako zdrojom energie. Ako sme uviedli pri teoretickom potenciáli, tak dá sa očakávať, že priority sa v budúcnosti budú orientovať smerom k produkcii jedla ako energie.[2]

V nasledujúcej tabuľke môžeme pozorovať rôzne technické potenciály v rôznych častiach sveta.

Region	Total grass- and woodland area (Mha) [million km ²]	Protected areas (Mha) [million km ²]	Unproductive or very low productive areas (Mha) [million km ²]	Bioenergy area also excluding grazing land (Mha) [million km ²]	Technical potential (average yield, ¹ GJ/ha/yr) [GJ/km ² /yr]	Technical Potential ² (total, EJ/yr)
North America	659 [6.59]	103 [1.03]	391 [3.91]	111 [1.11]	165 [16,500]	19
Europe and Russia	902 [9.02]	76 [0.76]	618 [6.18]	122 [1.22]	140 [14,000]	17
Pacific OECD	515 [5.15]	7 [0.07]	332 [3.32]	97 [0.97]	175 [17,500]	17
Africa	1,086 [10.68]	146 [1.46]	386 [3.86]	275 [2.75]	250 [2,500]	69
South and East Asia	556 [5.56]	92 [0.92]	335 [3.35]	14 [0.14]	285 [28,500]	4
Latin America	765 [7.65]	54 [0.54]	211 [2.11]	160 [1.6]	280 [28,000]	45
Middle East and North Africa	107 [1.07]	2 [0.02]	93 [0.93]	1 [0.01]	125 [12,500]	0.2
World	4,605 [46.05]	481 [4.81]	2,371 [23.71]	780 [7.80]	220 [22,000]	171

Tabuľka 5 – „Example of the technical potential of rain-fed lignocellulosic plants on unprotected grassland and woodland (i.e., forests excluded) where land requirements for food production, including grazing, have been considered at 2000 levels. Calculated based on Fischer et al. (2009); reproduced with permission from the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)“. Zdroj: [2, str. 226]

Ekonomický potenciál energie biomasy

Energia biomasy, vďaka svojej širokej dostupnosti, zostáva konkurencie schopným zdrojom energie.

Globálny vážený priemer LCOE dosiahol v roku 2020 hodnotu USD 0.076/kWh, čím medziročne narástol o 15%, no za posledné desaťročie sa cena nezmenila, pretože v roku 2010 bola cena tiež USD 0.076/kWh.[1]

Čo sa týka globálneho váženého priemeru investičných nákladov, tak tu tiež môžeme sledovať podobný trend, a to: medziročný cenový rast z USD 2173/kW na USD 2543/kW, čo predstavuje 17% nárast. Za posledné desaťročie však cena klesla z USD 2619/kW na USD 2543/kW, čo predstavuje 3% pokles.[1]

Globálny kapacitný faktor medziročne zostal rovnaký, a to na úrovni 70%. Z dlhodobého hľadiska však kapacitný faktor klesol z 72% na súčasných 70%. Kapacitný faktor výrazne ovplyvňuje kvalita úrody v danom roku, takže tento pokles môžeme pripísať zlej ročnej úrode.[1]



Graf 6 – „Global weighted-average total installed costs, capacity factors and LCOE for bioenergy, 2010-2020“. Zdroj: [1, str. 141]

2.1.5.2 Výhody a nevýhody energie biomasy

Výhody

- Široká dostupnosť/využitelnosť
- Lacná (nízke investičné náklady aj ceny za energiu)
- Pomáha s emisiami
- Spracovávanie odpadu
- Užitočné produkty

Nevýhody

- Najšpinavší obnoviteľný zdroj (spaľovanie)
- Závislá od geografických podmienok a od úrody
- Potreba vody
- Zaberajú veľa plochy
- Dilema v prioritách
- Deforestácia

2.1.6 Zhrnutie potenciálov obnoviteľných zdrojov

Obnoviteľný zdroj	LCOE v USD na kWh	Investičné náklady v USD na kW	Kapacitný faktor v %
Fotovoltaika	0.057	883	16.1
Koncentrované systémy	0.108	4581	42
Veterná energia off-shore	0.084	3185	40
Veterná energia on-shore	0.039	1355	36
Vodná energia	0.044	1870	46
Geotermálna energia	0.071	4468	83
Energia biomasy	0.076	2543	70

Tabuľka 6 - Prehľad celkových inštalovaných nákladov, kapacitných faktorov a LCOE pre všetky pozorované obnoviteľné zdroje energie. Zdroj: Vlastné spracovanie na základe údajov z [1]

Na základe údajov z tabuľky môžeme považovať za najmenej zaujímavú možnosť „Koncentrované systémy“. Táto možnosť dosahuje najvyššie investičné náklady, ako aj LCOE. Nepomôže ani pomerne nízky kapacitný faktor, nakoľko sa dá uvažovať, že každý racionálny investor zmýšľajúci nad investovaním do solárnej energie, bude preferovať fotovoltaiku, pretože dosahuje drasticky lepších výsledkov.

Po koncentrovaných systémoch môžeme ďalej za menej zaujímavé považovať trojicu „Veterná energia off-shore“, „Geotermálna energia“ a „Energia Biomasy“. Táto trojica dosahuje vysoké hodnoty investičných nákladov, ako aj LCOE. Za najviac progresívnu z tejto trojice sa však dá považovať veterná off-shore energia. Tá má v súčasnosti pomerne nízky kapacitný faktor, čiže sa dá očakávať do budúcnosti celkový cenový pokles vo všetkých ohľadoch, čím by sa táto možnosť stala pre investorov zaujímavejšou.

Ďalším obnoviteľným zdrojom, ktorý môžeme považovať už za celkom zaujímavý, je „Vodná energia“. Vodná energia bývala dlho najlacnejším obnoviteľným zdrojom, no zdražovanie za posledné roky ju z tejto priečky zosadilo. Naďalej však dosahuje nízke hodnoty investičných nákladov, ako aj LCOE, čím ju určite môžeme zaradiť medzi tie zaujímavejšie obnoviteľné zdroje pre investora.

Za najzaujímavejšie obnoviteľné zdroje môžeme považovať „Fotovoltaiku“ a „Veternú energiu on-shore“. On-shore veterná energia dosahuje aktuálne najnižších hodnôt LCOE, čo z nej robí veľmi zaujímavú možnosť. Na druhej strane, fotovoltaika dosahuje najnižšiu hodnotu investičných nákladov. Fotovoltaika však dosahuje výrazne nižšiu hodnotu kapacitného faktoru, čiže sa dá očakávať výrazný cenový pokles, čím ju teda môžeme považovať za progresívnejšiu ako on-shore veternú energiu. V súčasnosti by som ako investor zvolil napriek vyššiemu LCOE fotovoltaiku, pretože dosahuje nižšiu hodnotu investičných nákladov. No on-shore veterná energia stále ostáva zaujímavou a ekonomicky výhodnou príležitosťou pre investora.

3 CIELE A METODIKA PRÁCE

Hlavným cieľom tejto práce je analyzovať, či a do akej miery je finančne výhodné investovať do obnoviteľných zdrojov energie, konkrétne do solárnej energetiky prostredníctvom fotovoltaiiky. Okrem tohto hlavného cieľu sa taktiež venujeme aj vedľajšiemu cieľu, ktorým je zhodnotenie súčasného stavu obnoviteľných zdrojov.

Zhodnotenie súčasného stavu obnoviteľných zdrojov energie je realizované v teoretickej časti tejto práce. Je realizované prostredníctvom kvalitatívneho výskumu, v rámci ktorého používame hlavne analýzu, deskripciu a dedukciu. V rámci teoretickej časti sa predovšetkým zameriavame na súčasný stav problematiky ako aj na vývoj trendov do budúcnosti, ktoré by určite mali zaujímať investora pri zvažovaní potenciálnej investície.

V praktickej časti sa konkrétne zameriavame na jeden z obnoviteľných zdrojov, ktorým je solárna energia, konkrétne na fotovoltaiiku, pretože ju považujeme za modernejšiu a zaujímavejšiu, ako sú koncentrované systémy. Či a do akej miery je výhodné investovať do solárnej energie zistíme prostredníctvom ekonomického modelu, v rámci ktorého skúmam kvantitatívne rentabilitu dvoch typov fotovoltaiických článkov, ktorými sú monokryštalický a polykryštalický a tiež dva typy prevádzok fotovoltaiickej elektrárne, ktorými sú on-grid a off-grid. Pozorované fotovoltaiické elektrárne sú situované na západnom Slovensku. Okrem sledovania samotného hlavného cieľu bakalárskej práce budeme v rámci praktickej časti overovať platnosť dvoch hypotéz, ktoré znejú takto:

1. Hypotéza

Solárna elektráreň tvorená monokryštalickými panelmi bude mať lepšiu návratnosť investície ako solárna elektráreň tvorená polykryštalickými panelmi.

2. Hypotéza

Solárna elektráreň s možnosťou off-grid prevádzky bude mať lepšiu návratnosť investície ako solárna elektráreň s možnosťou on-grid prevádzky

Pri ekonomickom modeli budeme ďalej uplatňovať analýzu, deskripciu, dedukciu, abstrakciu ako aj idealizáciu pri určovaní podmienok modelu. V rámci modelu nás zaujímajú dva hlavné ukazovatele, ktorými sú návratnosť investície ROI a čistá súčasná hodnota NPV, ktoré sme ráтали za pomoci týchto vzorcov:

Návratnosť investície ROI

$$ROI = \frac{\text{Zisk} - \text{počiatočná investícia}}{\text{počiatočná investícia}} * 100$$

Čistá súčasná hodnota NPV

$$NPV = \sum \frac{CF_n}{(1+i)^n} - \text{počiatočná investícia}$$

Kde:

- CF_n – Peňažný tok v n-tom období
- i – diskontná sadzba, v mojom prípade som si ju určil na 10% p.a
- n – obdobie

Okrem týchto dvoch hlavných ukazovateľov nás taktiež zaujímajú aj rok navrátenia investície, celkový zisk, ako aj celková veľkosť počiatočnej investície.

Výsledkom praktickej časti je teda jednoznačné stanovisko, či a do akej miery sa oplatí investovať do solárnej energie prostredníctvom výstavby fotovoltaickej elektrárne za určených podmienok vychádzajúcich zo súčasného stavu, ako aj určenie najlepšieho variantu pre investora.

Pri výbere dát pre účely výpočtov sme pri cene fotovoltaických panelov vychádzali priamo z údajov výrobcu panelov CanadianSolar, ktorý nám na účel tohto ekonomického modelu poskytol cenovú ponuku. Pri cenách ostatných komponentov sme sa rozhodli použiť hodnoty vyjadrené v percentuálnom podiele na celej investícii zo štúdie „*Solar PV Cost Reduction Potential in Japan*“ kde dvojica autorov porovnáva cenové relácie fotovoltaických elektrární v Nemecku a Japonsku. Vychádzame z grafu pre „utility scale systems“ pre Nemecko. Pri cenách týkajúcich sa možnosti uskladnenia energie pri off-grid variante vychádzame zo štúdie „*Cost assessment of hydrogen production from PV and electrolysis*“, v ktorom kolektív autorov porovnáva rôzne možnosti pre aplikáciu vodíkovej techniky. Pre účely výpočtov sme taktiež použili dve rozdielne sadzby za cenu elektriny. Pri on-grid prevádzkach používame ročný vážený cenový priemer denného trhu OKTE za výkup energie, za rok 2021, ktorý používa na účely výkupu energie SPP. Tento cenový priemer za rok 2021 dosiahol hodnotu 102.57 EUR/MWh. Pri off-grid prevádzke však budeme používať inú, vyššiu cenu elektriny ako pri on-grid prevádzke. Dôvod je taký, že pri off-grid prevádzke si cenu vieme určiť v rámci dohody medzi nami, prevádzkovateľom elektrárne

a klientom, resp. odoberateľom. Táto cena sa odvíja od ceny za odber elektriny, ktorú ponúkajú elektrárne. Táto cena je výrazne vyššia ako pri výkupe elektriny, lebo pri výkupe sa elektrárne s úmyslom maximalizovať zisk snažia elektrinu vykúpiť za čo najmenej. Na druhej strane sa ju snažia predat' za čo najviac. Aby sme boli pre potenciálneho odoberateľa zaujímaví, tak mu musíme poskytnúť lepšiu cenu ako mu poskytnú iní, čo vo väčšine prípadov znamená ísť pár percent pod cenu za odber elektriny ako u iných. Pri určovaní ceny za elektrinu, vychádzame z ceny, ktorú poskytuje VSE pre veľké podniky, ktorá je rovná 297.19 EUR/MWh. Rozhodli sme sa, že ako investor budeme poskytovať v tomto ekonomickom modeli energiu o 10% lacnejšie, a ako benchmark použijeme cenu uvedenú VSE. To znamená, že moja cena bude po 10% zlacnení 267.47 EUR/MWh.

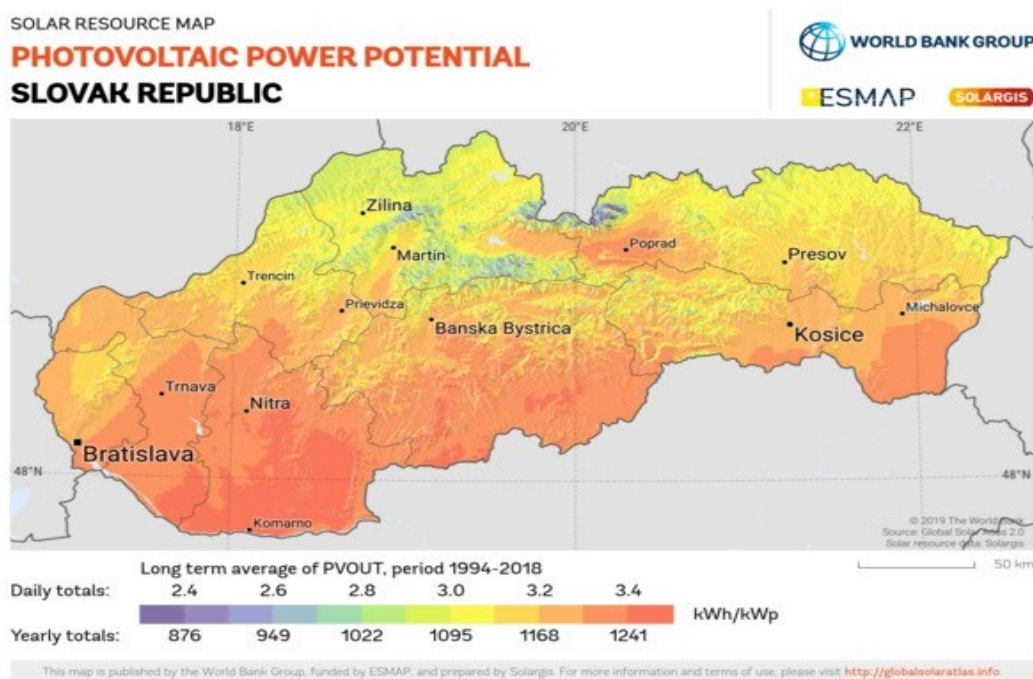
4 VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA

4.1 Výkon fotovoltaiických panelov

Určenie presného množstva vyprodukovanej energie v budúcnosti za pomoci fotovolatických panelov je prakticky nemožné, vďaka rôznym faktorom, medzi ktoré patria napríklad lokalita, počasie, oblačnosť, teplota ovzdušia, atď. Z toho dôvodu sa výkon fotovoltaiických panelov vyjadruje hodnotou tzv. špičkového výkonu (Wp- watt peak). V jednoduchosti nám táto hodnota predstavuje množstvo energie vyprodukovanej za optimálnych podmienok. Odbornejšie je to nominálny energetický výkon panelu pri definovaných štandardných podmienkach. V tomto prípade sú to tri podmienky, a to: intenzita slnečného žiarenia 1000 W na m², teplota ovzdušia 25°C, a vhodné podmienky počasia, ako sú jasná obloha a slnko v najvyššom bode na oblohe. Jednoducho povediac, čím vyššia je hodnota špičkového výkonu daného panelu, tým lepší je daný panel.[30]

4.2 Slnečné podmienky na Slovensku

Slnečné podmienky na území Slovenska sú rôzne. Najviac slnečného žiarenia zaznamenávame v oblasti južného Slovenska a naopak najmenej na Orave a Kysuciach, pričom rozdiel medzi najteplejšími a najchladnejšími regiónmi v množstve dopadu energie býva okolo 15%. Na nasledujúcom obrázku môžeme pozorovať fotovoltaiický potenciál na Slovensku.[31]



Obrázok 1 – „PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL SLOVAK REPUBLIC“. Zdroj: [32]

4.3 Veľkosť elektrárne

Na účel ekonomického modelu si musíme určiť veľkosť fotovoltaickej elektrárne, respektíve jej objem produkcie. Nech teda pozorovaná fotovoltaická elektráreň má inštalovaný výkon 500 kW. Takáto elektráreň je podľa veľkosti pomerne štandardná, vzhľadom na to, že väčšina inštalovaných elektrární sa na Slovensku pohybuje v rozmedzí 500-1000 kW. Dôvod, prečo sme zvolili práve túto veľkosť, je celkom jednoduchý, a to, že nás zaujíma či si dokáže na seba zaradiť aj takáto menšia elektráreň, ktorá bude menej náročná na financovanie, ako obrovské projekty.

4.4 Štruktúra solárnej elektrárne

Štruktúra solárnej elektrárne sa líši pri možnostiach on-grid a off-grid. Pre on-grid je dôležitých týchto šesť komponentov:

1. FV panel

FV panely sú kľúčovým komponentom fotovoltaickej elektrárne. Produkujú nám elektrinu a sú nevyhnutnou súčasťou každej fotovoltaickej elektrárne. Bližšie sme sa venovali fotovoltaickým panelom v teoretickej časti.[33]

2. FV invertor

FV invertor je zariadenie, ktoré premieňa jednosmerný prúd (DC) na prúd striedavý (AC), ktorý používajú takmer všetky prevádzky a domácnosti. Taktiež ako PV panel je invertor nevyhnutnou súčasťou každej PV elektrárne. PV invertory sa vyskytujú v 3 typoch a to: 1. ;Centralizované (najlacnejšie a najmenej efektívne kvôli tieňu) 2. Optimalizátory výkonu (zlatá stredná cesta) 3. Micro invertory (najdrahšie a najefektívnejšie).[33]

3. Konštrukcie FV panelov

PV panely sa nasadia na konštrukcie, ktoré sa nachádzajú na streche alebo na zemi. Následne sa tieto napolohujú do optimálnej pozície k slnku. V praxi to býva orientácia čo najjužnejšie pri sklone 30-45 stupňov.[33]

4. Elektromer

Elektromer je zariadenie, ktoré je kľúčové pre FV elektrárne. Elektromer slúži na meranie množstva odovzdanej elektriny do siete, za ktorú nám potom prevádzkovateľ siete zaplatí. Elektromer je potrebný v prevádzke on-grid aj off-grid.[33]

5. FV monitorovacia jednotka

FV monitorovacia jednotka pozoruje výkon našej elektrárne, ukazuje koľko elektriny sa vyprodukuje za hodinu, deň, týždeň, atď. Tieto jednotky taktiež upozornia na výraznú zmenu vo výkone. Tento komponent nie je nevyhnutný pre chod elektrárne, ale poskytuje užitočné informácie, ktoré prevádzkovateľ elektrárne môžu zaujímať, takže sa používanie tohto komponentu odporúča.[33]

6. Kabeláž

Kabeláž prepája jednotlivé PV panely a odberné miesto

7. Úložisko prebytočnej energie

Pri off-grid prevádzke sa okrem vyššie uvedených komponentov používa aj úložisko prebytočnej energie. Úložiská prebytočnej energie slúžia na uchovávanie nadbytočnej vyprodukovanej elektriny, ktorú môžeme využiť v prípadoch, keď panely aktuálne neprodujú elektrinu, napr. cez noc. Takáto nadbytočná energia môže byť uskladnená v batériách alebo aj do vodíka. V prípade uskladnenia energie do vodíka budú potrebné ešte nasledovné komponenty: 1. Elektrolyzér 2. Izotermická a Izobarická nádoba na vodík 3. palivový článok. Výhodou archivácie do vodíka je hlavne ekologickosť. Vodík je najrozšírenejším prvkom vo vesmíre a dokážeme ho vyrábať obnoviteľnými spôsobmi.[33]

4.5 Monokryštalický panel

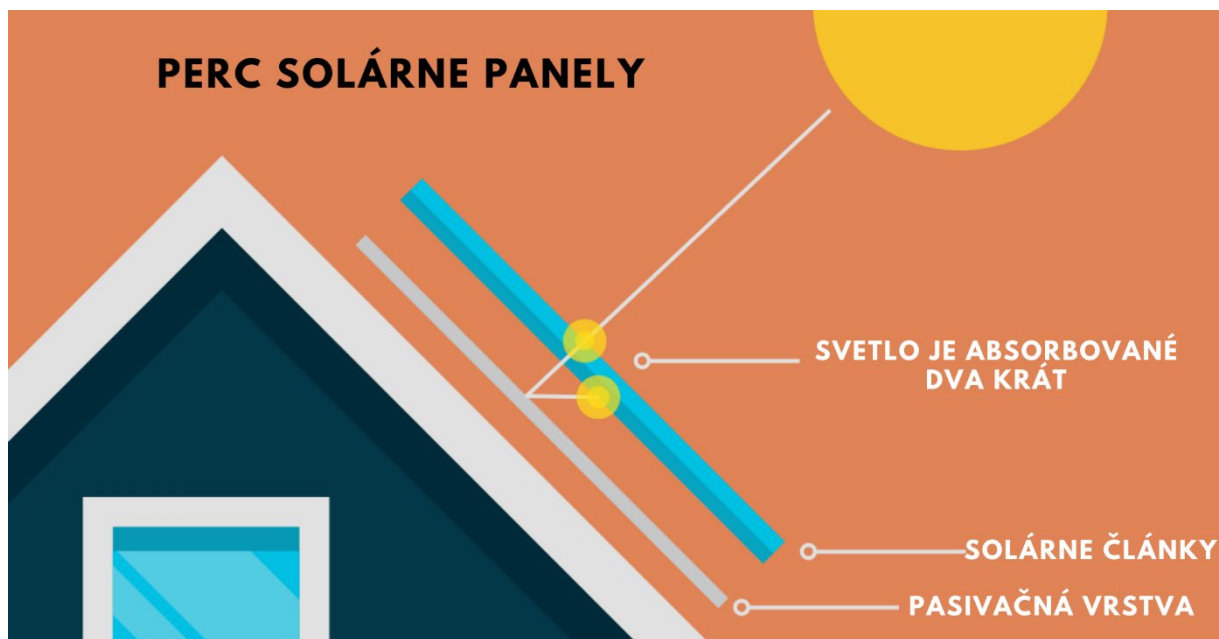
4.5.1 Výber fotovoltaiického panelu

Pri výbere monokryštalického panelu sme sa zamerali na tie kvalitnejšie modely. Z toho dôvodu sme vyhľadávali monokryštalické panely s tzv. half-cut PERC článkami.

„PERC je skratka pre technológiu Passive Emitter a Rear Cell. Tieto články sa vyznačujú ďalšou vrstvou materiálu na zadnej strane panelu, ktorá sa volá pasivačná vrstva. Táto pasivačná vrstva funguje ako zrkadlo tak, že odráža svetlo prechádzajúce panelom čo mu dáva šancu byť absorbované po druhý krát, čo vedie k vyššej celkovej účinnosti panelu.“[34]

PERC články začínajú byť čoraz viac a viac populárnejšie na trhu, nakoľko pasivačná vrstva nezvyšuje výrazne náklady, ale dokáže výrazne zvýšiť účinnosť panelu.[34]

Princíp PERC článku môžeme pozorovať na obrázku.



Obrázok 2 – „PERC SOLÁRNE PANELY“. Zdroj: [34]

Half-cut cells alebo po slovensky polovičné články sú jednoducho povediac solárne články rozrezané na polovicu. Tieto rozrezané články sú účinnejšie ako normálne nerezané v dvoch smeroch, a to:[34]

1. Medzi článkami dochádza k menšiemu elektrickému odporu, čo znižuje stratu prúdu a následne zvyšuje účinnosť.[34]
2. Sú odolnejšie voči tieňu. Pri dopade tieňa dochádza k zníženiu produkcie nielen konkrétneho článku, ale aj ostatných napojených naň. Panely z polovičných článkov sú zapojené do série paralelne s dvoma individuálnymi reťazcami, čiže ak tieň dopadne len na jeden reťazec, tak ten druhý môže pokojne pokračovať v produkcii ďalej.[34]

Polovičné články sú podobne ako PERC čoraz viac a viac populárnejšie, nakoľko nákladovo nie sú o toľko drahšie, ale dokážu byť výrazne účinnejšie ako štandardné nerezané.

Pri výbere monokryštalického panelu sme sa rozhodli pre model HiKu 450W od spoločnosti CanadianSolar. Je to spoločnosť, ktorá aktuálne patrí medzi svetovú špičku v rámci fotovoltaických produktov, developingu fotovoltaických elektrární a poskytovaní energetických riešení

Kumulatívne poskytli 62GW v solárnych paneloch v 160 krajinách po celom svete. Dôvod prečo sme si vybrali fotovoltaický panel od tejto spoločnosti je taký, že poskytujú vysokú

kvalitu za dostupnú cenu, vďaka tomu že manufaktúra prebieha v Číne a ich fotovoltaické projekty dlhodobo dosahujú najlepšie produkčné hodnoty a návratnosti investície. V roku 2020 dokonca získali prvenstvo v rámci Top Bankable Manufacturer, ktoré hodnotí Bloomberg New Energy Finance.[35]

Model HiKu 450W je zložený z half-cut PERC článkov, ktoré sme vysvetlili vyššie. Tento panel dosahuje hodnotu efektívnosti 20.4% s tým, že výrobca garantuje medziročný pokles po prvom roku do výšky 2%, a nasledujúce roky medziročne menej ako 0.55%. Výrobca poskytuje záruku 12 rokov pri komerčnom využití a garantuje 25 ročnú životnosť panelu. Spoločnosť CanadianSolar nám na účel tejto práce poskytla cenovú kvótu, podľa ktorej stojí 1 Watt 0.281 USD. To znamená, že jeden fotovoltaický panel HiKu 450W bude stáť:[36]

$$0.281 * 450 = 126.45 \text{ USD}$$

To po prepočte na eurá podľa aktuálneho kurzu z 19.2.2022 bude:

$$126.45 \text{ USD} = 111.68 \text{ EUR} (1 \text{ USD} = 0.88 \text{ EUR})$$

4.5.2 Množstvo potrebných panelov a plocha jedného panelu

Množstvo potrebovaných panelov na dosiahnutie 500 kW inštalovaného výkonu určíme nasledujúcim vzorcom.

$$\text{Množstvo panelov} = \frac{\text{Inštalovaný výkon}}{\text{Výkon 1 panelu}}$$

Po dosadení:

$$\frac{500\,000 \text{ W}}{450 \text{ W}} = 1111.11 \approx 1\,112 \text{ panelov}$$

Pri výpočte plochy jedného panelu vychádzam z údajov výrobcu, kde:

$$\text{Strana A} = 2108 \text{ mm} = 2.108 \text{ m}$$

$$\text{Strana B} = 1048 \text{ mm} = 1.048 \text{ m}$$

Čiže plocha jedného panelu bude:

$$S = A * B$$

$$S = 2.209184 \approx 2.21 \text{ m}^2$$

4.5.3 Energetický output FV elektrárne

Pre výpočet energetického outputu použijeme nasledovný vzorec:[37]

$$E = A * r * H * PR$$

Kde:

- E – predstavuje množstvo vyprodukovanej energie v kWh
- A – predstavuje celkovú plochu v m² všetkých FV panelov
- r – predstavuje efektívnosť FV panelu, ktorá je v tomto prípade 20.4%
- H – predstavuje priemerný ročný dopad slnečného svetla na FV panely, táto hodnota sa na západnom Slovensku pohybuje v rozmedzí 1000-1250 kWh, pre účel tohto modelu použijem hodnotu 1100 kWh
- PR – predstavuje koeficient energetických strát, ktorý sa pohybuje v rozmedzí 0.5-0.9, štandardne sa udáva hodnota 0.75 [37]

Celková plocha A sa bude rovnat’:

$$A = 2.21 * 1112 = 2\,457.52\,m^2$$

Po dosadení bude vzorec na výpočet ročného energetického outputu vyzerat’ takto:

$$E = 2457.52 * 20.4\% * 1100 * 0.75 = 413\,600.62\,kWh$$

4.5.4 Investičné náklady on-grid prevádzky

Čo sa týka investičných nákladov, tak cenová štruktúra dvoch variantov mono a poly v rámci on-grid prevádzky bude taká istá, s výnimkou samotného panelu. Z toho dôvodu sme sa rozhodli pri ostatných komponentoch abstrahovať a ich cenu vyjadríme percentuálnym podielom na celej investícii. Následne si konkrétne ceny cez percentá dopočítame cez cenu panelov, ktorú poznáme. Percentá použijeme z „*Solar PV Cost Reduction Potential in Japan*“ [7], kde dvojica autorov porovnáva cenové relácie fotovoltaiických elektrární v Nemecku a Japonsku. Vychádzame z grafu pre „utility scale systems“ [7, str. 14] pre Nemecko. Položka „BoS Hardware“ zahŕňa viacero komponentov ako kabeláž, konštrukcie, bezpečnostné prvky systému, pripojenie na sieť ako aj monitorovaciu jednotku a elektromer. Položka „Installation costs“ zahŕňa mechanické a elektrické inštalácie a inšpekciu v zmysle stavebného dozoru. Položka „Soft costs“, po slovensky mäkké náklady, zahŕňa ceny za rôzne povolenia, návrh systému, financovanie, atď.. [7]

Cena FV monokryštalických panelov je:

$$1\,112 * 111.68 = 124\,188.16 \text{ EUR}$$

Cenový prehľad odvodený od ceny panelov je v nasledujúcej tabuľke

	Systémové položky	Cena v %	Cena v EUR
1	FV panely	45	124 188.16
2	FV invertory	7	19 318.16
3	„BoS Hardware“	21	57 954.47
4	Inštalácia	10	27 597.37
5	Mäkké náklady	17	46 915.53
Spolu	-	100	275 973.7

Tabuľka 7 - Náklady Monokryštalickej on-grid prevádzky. Zdroj: Vlastné spracovanie

4.5.5 Prehľad peňažných tokov on-grid prevádzky

Pri prehľade peňažných tokov rátame s 25 ročnou bezporuchovou prevádzkou, ktorú garantuje výrobca.

Ako cenu za výkup energie použijeme ročný vážený cenový priemer denného trhu OKTE za rok 2021, ktorý používa na účely výkupu energie SPP. Ten dosiahol hodnotu za rok 2021 102.57 EUR/MWh.[38] Pri ročnom poklese výkonu panelov vychádzame z poskytnutých údajov výrobcom.

Pri operačných nákladoch vychádzame z IRENA 2020, ktorý udáva priemerné operačné náklady v Európe na 10 USD na inštalovaný kW výkonu ročne.[1]

$$10 \text{ USD} = 8.8 \text{ EUR} \text{ (} 1 \text{ USD} = 0.88 \text{ EUR)}$$

To znamená, že pri našom inštalovanom výkone 500 kW budú operačné náklady ročne

$$500 * 8.8 = 4\,400 \text{ EUR}$$

Celkový prehľad peňažných tokov sa nachádza v nasledujúcej tabuľke.

Roky	Energetický output v MWh	Cena za MWh v EUR	Ročný pokles výkonu panelov	Tržby v EUR	Operačné náklady v EUR	Hrubý zisk
1	413.60	102.75	0%	42 497.40	4 400	38 097.40
2	405.33	102.75	2%	41 647.45	4 400	37 247.45
3	403.10	102.75	0.55%	41 418.39	4 400	37 018.39
4	400.88	102.75	0.55%	41 190.59	4 400	36 790.59
5	398.68	102.75	0.55%	40 964.04	4 400	36 564.04
6	396.48	102.75	0.55%	40 738.74	4 400	36 338.74
7	394.30	102.75	0.55%	40 514.68	4 400	36 114.68
8	392.13	102.75	0.55%	40 291.85	4 400	35 891.85
9	389.98	102.75	0.55%	40 070.24	4 400	35 670.24
10	387.83	102.75	0.55%	39 849.85	4 400	35 449.85
11	385.70	102.75	0.55%	39 630.68	4 400	35 230.68
12	383.58	102.75	0.55%	39 412.71	4 400	35 012.71
13	381.47	102.75	0.55%	39 195.94	4 400	34 795.94
14	379.37	102.75	0.55%	38 980.36	4 400	34 580.36
15	377.28	102.75	0.55%	38 765.97	4 400	34 365.97
16	375.21	102.75	0.55%	38 552.76	4 400	34 152.76
17	373.15	102.75	0.55%	38 340.72	4 400	33 940.72
18	371.09	102.75	0.55%	38 129.84	4 400	33 729.84
19	369.05	102.75	0.55%	37 920.13	4 400	33 520.13
20	367.02	102.75	0.55%	37 711.57	4 400	33 311.57
21	365.00	102.75	0.55%	37 504.16	4 400	33 104.16
22	363.00	102.75	0.55%	37 297.88	4 400	32 897.88
23	361.00	102.75	0.55%	37 092.74	4 400	32 692.74
24	359.01	102.75	0.55%	36 888.73	4 400	32 488.73
25	357.04	102.75	0.55%	36 685.85	4 400	32 285.85
Spolu	9 550.30	-	15%	981293.29	110 000	871 293.29

Tabuľka 8 - Prehľad peňažných tokov monokryštalickej on-grid prevádzky. Zdroj: Vlastné spracovanie

Z týchto údajov taktiež môžeme rovno vypočítať čistú súčasnú hodnotu peňažných tokov. Čistá súčasná hodnota je jedna z možností hodnotenia investičných projektov. Jednoducho povediac, možnosť ktorá bude mať najvyššiu čistú súčasnú hodnotu bude pre investora najlepšia. Na jej výpočet potrebujeme súčasné hodnoty budúcich peňažných tokov v daných rokoch a diskontnú sadzbu. Diskontná sadzba je v našom prípade požadovaná miera návratnosti v percentách. Pre účel tohto ekonomického modelu, nech je diskontná sadzba 10% p. a. Pri výpočte čistej súčasnej hodnoty nesmieme zabudnúť na hodnotu počiatočnej investície. Čistú súčasnú hodnotu vypočítame za pomoci funkcie =NPV cez program Microsoft Excel. Tá po dosadení bude:

$$\text{Čistá súčasná hodnota} = 49\,678.54 \text{ EUR}$$

4.5.6 Investičné náklady off-grid prevádzky

Investičné náklady off-grid prevádzky sa budú odlišovať len úložiskom prebytočnej energie. Pri voľbe úložiska sme sa rozhodli pre možnosť akumulácie do vodíka. Dvoma hlavnými dôvodmi sú ekologickosť a možnosť dlhodobého skladovania energie. Ekologickosť považujeme za veľmi dôležitú pri obnoviteľných zdrojoch energie. Táto technológia je však drahšia ako štandardné batériové úložisko, je to však v súčasnosti jediná technologická možnosť umožňujúca archiváciu vyrobenej elektrickej energie po dobu niekoľko mesiacov (napr. prebytok vyrobený v lete na zimu). Pri určovaní ceny vodíkovej techniky vychádzame z „Cost assessment of hydrogen production from PV and electrolysis“[8], v ktorom kolektív autorov porovnáva rôzne možnosti pre aplikáciu vodíkovej techniky. V tomto hodnotení udáva kolektív autorov, že vodíková technika tvorí približne 54% celkovej investície, pričom operačné náklady sú 5% ročne z investovaného kapitálu.[8]

Cenový prehľad odvodený od on-grid prevádzky je v nasledujúcej tabuľke

	Systémové položky	Cena v %	Cena v EUR
1	FV systém	46	275 973.7
2	Vodíková technika	54	323 969.13
Spolu	-	100	599 942.83

Tabuľka 9 - Náklady vodíkovej techniky pri monokryštalickej off-grid prevádzke. Zdroj: Vlastné spracovanie

4.5.7 Prehľad peňažných tokov off-grid prevádzky

Pri prehľade peňažných tokov opäť rátame s 25 ročnou bezporuchovou prevádzkou, ktorú garantuje výrobca. Pri tomto type prevádzky však budeme používať inú, vyššiu cenu elektriny ako pri on-grid prevádzke. Dôvod je taký, že pri off-grid prevádzke si cenu vieme určiť v rámci dohody medzi nami, prevádzkovateľom elektrárne a klientom, resp. odoberateľom. Táto cena sa odvíja od ceny za odber elektriny, ktorú ponúkajú elektrárne. Je výrazne vyššia ako pri výkupe elektriny, lebo pri výkupe sa elektrárne s úmyslom maximalizovať zisk snažia elektrinu vykúpiť za čo najmenej. Na druhej strane sa ju snažia predat' za čo najviac. Aby sme boli pre potenciálneho odoberateľa zaujímaví, tak mu musíme poskytnúť lepšiu cenu ako mu poskytnú iní, čo vo väčšine prípadov znamená ísť pár percent pod cenu za odber elektriny ako u iných.

Pri určovaní ceny za elektrinu vychádzame z ceny, ktorú poskytuje VSE pre veľké podniky, ktorá je rovná 297.19 EUR/MWh.[39] Rozhodli sme sa, že ako investori budeme poskytovať v tomto modeli energiu o 10% lacnejšie a ako benchmark použijeme cenu uvedenú VSE. To znamená, že naša cena bude po 10% zlacnení 267.47 EUR/MWh.

Operačné náklady FV systému sa nemenia, no pri off-grid prevádzke musíme zakomponovať aj tie, ktoré sú spojené s vodíkovou technikou. Tie ako sme už vyššie uviedli predstavujú 5% ročne z počiatočnej investície.

Ročné operačné náklady vodíkovej techniky:

$$5\% * 323\,969.13 = 16\,198.46 \text{ EUR}$$

Ročné operačné náklady off-grid prevádzky spolu:

$$4\,400 + 16\,198.46 = 20\,598.46 \text{ EUR}$$

Celkový prehľad peňažných tokov sa nachádza v nasledujúcej tabuľke.

Roky	Energetický output v MWh	Cena za MWh v EUR	Ročný pokles výkonu panelov	Tržby v EUR	Operačné náklady v EUR	Hrubý zisk
1	413.60	267.47	0%	110 626.01	20 598.46	90 027.55
2	405.33	267.47	2%	108 413.49	20 598.46	87 815.03
3	403.10	267.47	0.55%	107 817.21	20 598.46	87 218.75
4	400.88	267.47	0.55%	107 224.22	20 598.46	86 625.76
5	398.68	267.47	0.55%	106 634.48	20 598.46	86 036.02
6	396.48	267.47	0.55%	106 047.99	20 598.46	85 449.53
7	394.30	267.47	0.55%	105 464.73	20 598.46	84 866.27
8	392.13	267.47	0.55%	104 884.67	20 598.46	84 286.21
9	389.98	267.47	0.55%	104 307.81	20 598.46	83 709.35
10	387.83	267.47	0.55%	103 734.12	20 598.46	83 135.66
11	385.70	267.47	0.55%	103 163.58	20 598.46	82 565.12
12	383.58	267.47	0.55%	102 596.18	20 598.46	81 997.72
13	381.47	267.47	0.55%	102 031.90	20 598.46	81 433.44
14	379.37	267.47	0.55%	101 470.72	20 598.46	80 872.26
15	377.28	267.47	0.55%	100 912.63	20 598.46	80 314.17
16	375.21	267.47	0.55%	100 357.61	20 598.46	79 759.15
17	373.15	267.47	0.55%	99 805.65	20 598.46	79 207.19
18	371.09	267.47	0.55%	99 256.72	20 598.46	78 658.26
19	369.05	267.47	0.55%	98 710.81	20 598.46	78 112.35
20	367.02	267.47	0.55%	98 167.90	20 598.46	77 569.44
21	365.00	267.47	0.55%	97 627.97	20 598.46	77 029.51
22	363.00	267.47	0.55%	97 091.02	20 598.46	76 492.56
23	361.00	267.47	0.55%	96 557.02	20 598.46	75 958.56
24	359.01	267.47	0.55%	96 025.95	20 598.46	75 427.49
25	357.04	267.47	0.55%	95 497.81	20 598.46	74 899.35
Spolu	9 550.30	-	15%	2554428.19	514961.50	2039466.69

Tabuľka 10 - Prehľad peňažných tokov monokryštalickej off-grid prevádzky. Zdroj:

Vlastné spracovanie

Podobne ako pri on-grid prevádzke si taktiež môžeme z tejto tabuľky vypočítať čistú súčasnú hodnotu peňažných tokov.

$$\text{Čistá súčasná hodnota} = 164\,763.42 \text{ EUR}$$

4.5.8 Návratnosť investície

Návratnosť investície vypočítame cez vzorec:[40]

$$ROI = \frac{\text{Zisk} - \text{počiatočná investícia}}{\text{počiatočná investícia}} * 100$$

Pri on-grid prevádzke by po dosadení vyzeral takto:

$$ROI = \frac{871\,293.29 - 275\,973.7}{275\,973.7} * 100$$

$$ROI = 215.72\%$$

Pri off-grid prevádzke by po dosadení vyzeral takto:

$$ROI = \frac{2\,039\,466.69 - 599\,942.83}{599\,942.83} * 100$$

$$ROI = 239.64\%$$

Zaujímavé bude vedieť, v ktorom konkrétnom roku sa mi vráti počiatočná investícia. Na tento účel som vytvoril kumulatívnu tabuľku zisku pre on-grid a off-grid prevádzky.

Rok	On-grid prevádzka	Off-grid prevádzka
1.	38 097.40	90 027.55
2.	75 344.85	177 842.57
3.	112 363.24	265 061.32
4.	149 153.83	351 687.08
5.	185 717.87	437 723.10
6.	222 056.61	523 172.64
7.	258 171.29	608 038.91
8.	294 063.14	692 325.12
9.	329 733.38	776 034.47
10.	365 183.23	859 170.12
11.	400 413.91	941 735.24

12.	435 426.62	1 023 732.96
13.	470 222.56	1 105 166.40
14.	504 802.93	1 186 038.66
15.	539 168.90	1 266 352.84
16.	573 321.66	1 346 111.99
17.	607 262.38	1 425 319.18
18.	640 992.22	1 503 977.44
19.	674 512.35	1 582 089.78
20.	707 823.92	1 659 659.22
21.	740 928.08	1 736 688.73
22.	773 825.96	1 813 181.29
23.	806 518.70	1 889 139.84
24.	839 007.44	1 964 567.34
25.	871 293.29	2 039 466.69

Tabuľka 11 - Kumulatívny hrubý zisk on-grid a off-grid monokryštalických prevádzok.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Na základe údajov z tabuľky sa pri on-grid prevádzke počiatočná investícia v hodnote 275 973.7 EUR vráti v priebehu 8. roka. Pri off-grid prevádzke sa mi počiatočná investícia v hodnote 599 942.83 EUR vráti v priebehu 7. roka.

4.6 Polykryštalický panel

4.6.1 Výber fotovoltaického panelu

Pri výbere polykryštalického panelu sme sa tiež rozhodli pre model HiKu od spoločnosti CanadianSolar, avšak v polykryštalickom prevedení a s menším výkonom dosahujúcich 420W. Tento polykryštalický panel podobne ako jeho monokryštalický súrodenec, je zložený z half-cut PERC článkov, čím sa zaraďuje medzi tie kvalitnejšie polykryštalické panely na trhu.

Takisto ako jeho súrodencovi je poskytnutá záruka na 12 rokov pri komerčnom využití, a garantovaná životnosť 25 rokov. Efektívnosť tohto panelu je na úrovni 19%, s tým, že výrobca garantuje medziročný pokles po prvom roku do výšky 2%, a nasledujúce roky medzi ročne menej ako 0.55%.[25]

Spoločnosť CanadianSolar nám taktiež poskytla na účely práce cenovú kvótu, podľa ktorej stojí 1 Watt 0.266 USD. To znamená, že jeden fotovoltaický panel HiKu 420W Poly bude stáť:

$$0.266 * 420 = 111.72 \text{ USD}$$

To po prepočte na eurá podľa aktuálneho kurzu z 19.2.2022 bude:

$$111.72 \text{ USD} = 98.67 \text{ EUR} (1 \text{ USD} = 0.88 \text{ EUR})$$

4.6.2 Množstvo potrebných panelov a plocha jedného panelu

Množstvo potrebovaných panelov na dosiahnutie 500 kW inštalovaného výkonu určíme tým istým spôsobom ako pri monokryštalických, a to:

$$\text{Množstvo panelov} = \frac{\text{Inštalovaný výkon}}{\text{Výkon 1 panelu}}$$

Po dosadení:

$$\frac{500\,000 \text{ W}}{420 \text{ W}} = 1190.48 \approx 1\,191 \text{ panelov}$$

Pri výpočte plochy jedného panelu vychádzame z údajov výrobcu, ktoré sú v tomto prípade rovnaké aj pre polykryštalický variant panelu:

$$\text{Strana A} = 2108 \text{ mm} = 2.108 \text{ m}$$

$$\text{Strana B} = 1048 \text{ mm} = 1.048 \text{ m}$$

Čiže plocha jedného panelu bude :

$$S = A * B$$

$$S = 2.209184 \approx 2.21 \text{ m}^2$$

4.6.3 Energetický output FV elektrárne

Pre výpočet energetického outputu použijeme opäť nasledovný vzorec

$$E = A * r * H * PR$$

Efektívnosť je v tomto prípade 19%.

Celková plocha A sa bude rovnať:

$$A = 2.21 * 1191 = 2632.11m^2$$

Po dosadení bude vzorec na výpočet ročného energetického outputu vyzerat' takto:

$$E = 2632.11 * 19\% * 1100 * 0.75 = 412\,583.24\,kWh$$

4.6.4 Investičné náklady na on-grid prevádzku

Čo sa týka investičných nákladov, tak cenová štruktúra polykryštallického variantu v rámci on-grid prevádzky bude taká istá ako pri monokryštallickom vyššie, s výnimkou samotného panelu.

Cena FV polykryštallických panelov je

$$1191 * 98.67 = 117\,515.97\,EUR$$

Cenový prehľad odvodený od ceny panelov je v nasledujúcej tabuľke

	Systémové položky	Cena v %	Cena v EUR
1	FV panely	45	117 515.97
2	FV inventory	7	18 280.26
3	„BoS Hardware“	21	54 840.79
4	Inštalácia	10	26 114.66
5	Mäkké náklady	17	44 394.92
Spolu	-	100	261 146.6

Tabuľka 12 - Náklady polykryštallickej on-grid prevádzky. Zdroj: Vlastné spracovanie

4.6.5 Prehľad peňažných tokov pri on-grid prevádzke

Pri prehľade peňažných tokov pracujeme s tými istým údajmi ako pri monokryštallickom variante, s výnimkou energetického outputu. To znamená, že rátame so životnosťou garantovanou výrobcom na 25 rokov, cenou za výkup energie 102.72 EUR/MWh, 4400 EUR ročné operačné náklady a pokles výkonu poskytnutý výrobcom.

Celkový prehľad peňažných tokov sa nachádza v nasledujúcej tabuľke

Roky	Energetický output v MWh	Cena z MWh v EUR	Ročný pokles výkonu panelov	Tržby v EUR	Operačné náklady v EUR	Hrubý zisk
1	412.58	102.75	0%	42 392.92	4 400	37 992.92
2	404.33	102.75	2%	41 545.07	4 400	37 145.07
3	402.11	102.75	0.55%	41 316.57	4 400	36 916.57
4	399.90	102.75	0.55%	41 089.33	4 400	36 689.33
5	397.70	102.75	0.55%	40 863.34	4 400	36 463.34
6	395.51	102.75	0.55%	40 638.59	4 400	36 238.59
7	393.33	102.75	0.55%	40 415.07	4 400	36 015.07
8	391.17	102.75	0.55%	40 192.79	4 400	35 792.79
9	389.02	102.75	0.55%	39 971.73	4 400	35 571.73
10	386.88	102.75	0.55%	39 751.89	4 400	35 351.89
11	384.75	102.75	0.55%	39 533.25	4 400	35 133.25
12	382.64	102.75	0.55%	39 315.82	4 400	34 915.82
13	380.53	102.75	0.55%	39 099.58	4 400	34 699.58
14	378.44	102.75	0.55%	38 884.53	4 400	34 484.53
15	376.36	102.75	0.55%	38 670.67	4 400	34 270.67
16	374.29	102.75	0.55%	38 457.98	4 400	34 057.98
17	372.23	102.75	0.55%	38 246.46	4 400	33 846.46
18	370.18	102.75	0.55%	38 036.11	4 400	33 636.11
19	368.15	102.75	0.55%	37 826.91	4 400	33 426.91
20	366.12	102.75	0.55%	37 618.86	4 400	33 218.86
21	364.11	102.75	0.55%	37 411.96	4 400	33 011.96
22	362.10	102.75	0.55%	37 206.19	4 400	32 806.19
23	360.11	102.75	0.55%	37 001.56	4 400	32 601.56
24	358.12	102.75	0.55%	36 798.05	4 400	32 398.05
25	356.16	102.75	0.55%	36 595.66	4 400	32 195.66
Spolu	9 526.82	-	15%	978880.86	110000.00	868 880.86

Tabuľka 13 - Prehľad peňažných tokov polykryštalickej on-grid prevádzky. Zdroj: Vlastné spracovanie

Podobne ako pri predchádzajúcich prehľadoch peňažných tokov si z údajov v tejto tabuľke môžeme vypočítať čistú súčasnú hodnotu peňažných tokov.

$$\text{Čistá súčasná hodnota} = 63\,606.86 \text{ EUR}$$

4.6.6 Investičné náklady off-grid prevádzky

Pri určovaní investičných nákladov použijeme ten istý postup ako pri monokryštalických paneloch.

Cenový prehľad odvodený od on-grid prevádzky je v nasledujúcej tabuľke

	Systémové položky	Cena v %	Cena v EUR
1	FV systém	46	261 146.6
2	Vodíková technika	54	306 563.4
Spolu	-	100	567 710

Tabuľka 14 - Náklady vodíkovej techniky pri polykryštalickej off-grid prevádzke. Zdroj: Vlastné spracovanie

4.6.7 Prehľad peňažných tokov off-grid prevádzky

Pri prehľade peňažných tokov pracujeme s tými istými údajmi, ako pri monokryštalickom variante, s výnimkou energetického outputu a operačných nákladov. To znamená, že rátame so životnosťou garantovanou výrobcom na 25 rokov, cenou za výkup energie 267.47 EUR/MWh, a poklesom výkonu poskytnutým výrobcom.

Ročné operačné náklady vodíkovej techniky:

$$5\% * 306\,563.4 = 15\,328.17 \text{ EUR}$$

Ročné operačné náklady off-grid prevádzky spolu:

$$4\,400 + 15\,328.17 = 19\,728.17 \text{ EUR}$$

Roky	Energetický output v MWh	Cena z MWh v EUR	Ročný pokles výkonu panelov	Tržby v EUR	Operačné náklady v EUR	Hrubý zisk
1	412.58	267.47	0%	110 354.04	19 728.17	90 625.87
2	404.33	267.47	2%	108 146.96	19 728.17	88 418.79
3	402.11	267.47	0.55%	107 552.15	19 728.17	87 823.98
4	399.90	267.47	0.55%	106 960.62	19 728.17	87 232.45
5	397.70	267.47	0.55%	106 372.33	19 728.17	86 644.16
6	395.51	267.47	0.55%	105 787.28	19 728.17	86 059.11
7	393.33	267.47	0.55%	105 205.45	19 728.17	85 477.28
8	391.17	267.47	0.55%	104 626.82	19 728.17	84 898.65
9	389.02	267.47	0.55%	104 051.38	19 728.17	84 323.21
10	386.88	267.47	0.55%	103 479.09	19 728.17	83 750.92
11	384.75	267.47	0.55%	102 909.96	19 728.17	83 181.79
12	382.64	267.47	0.55%	102 343.95	19 728.17	82 615.78
13	380.53	267.47	0.55%	101 781.06	19 728.17	82 052.89
14	378.44	267.47	0.55%	101 221.27	19 728.17	81 493.10
15	376.36	267.47	0.55%	100 664.55	19 728.17	80 936.38
16	374.29	267.47	0.55%	100 110.89	19 728.17	80 382.72
17	372.23	267.47	0.55%	99 560.28	19 728.17	79 832.11
18	370.18	267.47	0.55%	99 012.70	19 728.17	79 284.53
19	368.15	267.47	0.55%	98 468.13	19 728.17	78 739.96
20	366.12	267.47	0.55%	97 926.56	19 728.17	78 198.39
21	364.11	267.47	0.55%	97 387.96	19 728.17	77 659.79
22	362.10	267.47	0.55%	96 852.33	19 728.17	77 124.16
23	360.11	267.47	0.55%	96 319.64	19 728.17	76 591.47
24	358.12	267.47	0.55%	95 789.88	19 728.17	76 061.71
25	356.16	267.47	0.55%	95 263.04	19 728.17	75 534.87
Spolu	9 526.82	-	15%	2548148.35	493204.25	2054944.10

Tabuľka 15 - Prehľad peňažných tokov polykrystalickej off-grid prevádzky. Zdroj: Vlastné spracovanie

Tak ako pri predchádzajúcich prehľadoch peňažných tokov vypočítame čistú súčasnú hodnotu.

$$\text{Čistá súčasná hodnota} = 202\,556.28 \text{ EUR}$$

4.6.8 Návratnosť investície

Návratnosť investície vypočítame cez vzorec:

$$ROI = \frac{\text{Zisk} - \text{počiatočná investícia}}{\text{počiatočná investícia}} * 100$$

Pri on-grid prevádzke by po dosadení vyzeral takto:

$$ROI = \frac{868\,880.86 - 261\,146.6}{261\,146.6} * 100$$

$$ROI = 232.72\%$$

Pri off-grid prevádzke by vyzerala takto

$$ROI = \frac{2\,054\,944.10 - 567\,710}{567\,710} * 100$$

$$ROI = 261.97\%$$

Podobne ako pri monokryštalickom panele nás zaujíma, v ktorom konkrétnom roku sa vráti počiatočná investícia. Na tento účel sme vytvorili kumulatívnu tabuľku zisku pre on-grid a off-grid prevádzky.

Rok	On-grid prevádzka	Off-grid prevádzka
1.	37 992.92	90 625.87
2.	75 137.99	179 044.66
3.	112 054.56	266 868.64
4.	148 743.88	354 101.09
5.	185 207.22	440 745.25
6.	221 445.80	526 804.36
7.	257 460.88	612 281.65
8.	293 253.67	697 180.30
9.	328 825.40	781 503.51
10.	364 177.29	865 254.43

11.	399 310.54	948 436.22
12.	434 226.36	1 031 052.00
13.	468 925.94	1 113 104.90
14.	503 410.47	1 194 597.99
15.	537 681.14	1 275 534.37
16.	571 739.12	1 355 917.10
17.	605 585.58	1 435 749.21
18.	639 221.69	1 515 033.74
19.	672 648.60	1 593 773.71
20.	705 867.46	1 671 972.10
21.	738 879.41	1 749 631.89
22.	771 685.60	1 826 756.05
23.	804 287.16	1 903 347.52
24.	836 685.20	1 979 409.23
25.	868 880.86	2 054 944.10

Tabuľka 16 - Kumulatívny hrubý zisk on-grid a off-grid polykryštalicých prevádzok.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Na základe údajov z tabuľky sa pri on-grid prevádzke počiatočná investícia v hodnote 261 146. 6 EUR vráti v priebehu 8. roka. Pri off-grid prevádzke sa mi počiatočná investícia v hodnote 567 710 EUR vráti v priebehu 7. roka.

4.7 Prehľad výsledkov

V nasledujúcej tabuľke sa nachádza prehľad výsledkov a poradie prevádzok FV elektrární podľa návratnosti investície ROI a čistej súčasnej hodnoty.

Poradie	Typ prevádzky	Návratnosť investície ROI v %	Hrubý Zisk v EUR	Rok navrátenia počiatočnej investície	Čistá súčasná hodnota v EUR	Počiatočná investícia v EUR
1.	Off-grid s Poly FV panelmi	261.97	2054944.10	7	202556.28	567710
2.	Off-grid s Mono FV panelmi	239.64	2039466.69	7	164763.42	599942.83
3.	On-grid s Poly FV panelmi	232.72	868 880.86	8	63606.86	261146.6
4.	On-grid s Mono FV panelmi	215.72	871 293.29	8	49678.54	275973.7

Tabuľka 17 - Výsledky a poradie pozorovaných typov prevádzok. Zdroj: Vlastné spracovanie

5 ZÁVER

Táto práca bola rozdelená na dve tematické časti. Prvou časťou bola teoretická časť, v ktorej sme sa venovali jednotlivým obnoviteľným zdrojom energie. Každému z nich sme venovali vlastnú podkapitolu. V jednotlivých podkapitolách sme sa venovali úplným základom ako aj historickému kontextu jednotlivých zdrojov, následne sme pozornosť upriamili k praktickým využitiam obnoviteľných zdrojov pri produkcii energie, zhodnotili sme potenciál, ako aj súčasné trendy jednotlivých zdrojov, a na záver sme heslovito uviedli výhody a nevýhody obnoviteľných zdrojov, ktoré majú navzájom medzi sebou.

V druhej praktickej časti tejto práce sme sa zamerali na slnečnú energiu, konkrétne sme ekonomicky analyzovali rôzne možnosti prevádzky fotovoltaickej elektrárne situovanej na západnom Slovensku s inštalovaným výkonom 500kW. V rámci tohto ekonomického modelu sme porovnávali 2 typy fotovoltaických panelov, a to: lacnejší a menej výkonný polykryštalický panel, a drahší a výkonnejší monokryštalický panel. Porovnávali sme tiež samotné typy prevádzky fotovoltaickej elektrárne, a to on-grid a off-grid. V rámci modelu sme dospeli k zaujímavým výsledkom. Všetky štyri pozorované kombinácie sa ukázali ako celkom lukratívne investičné príležitosti pre ekologicky zmýšľajúceho investora, no najlepšie výsledky dosiahla kombinácia polykryštalických panelov pri off-grid prevádzke. Investičné náklady tejto kombinácie sa pohybujú na úrovni 567 710 EUR a operačné náklady na úrovni 15 328.17 EUR ročne. Návratnosť investície ROI pri hrubom zisku 2 054 944.10 EUR dosiahla hodnotu 261.97% a počiatočná investícia sa vráti v siedmom roku prevádzky. Tieto výsledky teda poukazujú na to, že fotovoltaická elektráreň dokáže byť nie len ekologickou ale aj ekonomicky výhodnou možnosťou investície.

Okrem sledovania hlavného cieľu tejto práce som sa v praktickej časti venoval aj dvom hypotézam.

1. Hypotéza

Solárna elektráreň tvorená monokryštalickými panelmi bude mať lepšiu návratnosť investície ako solárna elektráreň tvorená polykryštalickými panelmi.

Túto hypotézu sa nám v našom ekonomickom modeli nepodarilo potvrdiť. V obidvoch variáciách on-grid a off-grid prevádzky sa ukázalo, že polykryštalické panely dosahujú celkovo lepšie výsledky z investičného hľadiska, ako tie monokryštalické. Je to spôsobené hlavne nižšími investičnými nákladmi a v porovnaní s monokryštalickými panelmi veľmi obstojným výkonom. To môžeme pozorovať aj pri celkovom zisku, ktorý napriek horším

technickým parametrom polykryštalického panelu je takmer taký istý, ako pri monokryštalickom. Rok navrátenia počiatočnej investície je pre monokryštalické a polykryštalické panely taký istý v rámci jednotlivých možností prevádzky. Pri formulácii tejto hypotézy som čakal, že rozdiel vo výkone a účinnosti bude výraznejší, ako naozaj bol, no polykryštalický panel ma v tomto kontexte milo prekvapil.

2. Hypotéza

Solárna elektráreň s možnosťou off-grid prevádzky bude mať lepšiu návratnosť investície ako solárna elektráreň s možnosťou on-grid prevádzky.

Túto hypotézu sa nám v tomto ekonomickom modeli podarilo potvrdiť. Obidve Off-grid prevádzky obsadili prvé dve priečky tabuľky a porazili v návratnosti investície a aj v čistej súčasnej hodnote tie on-grid. Dokázali to hlavne vďaka výraznému cenovému rozdielu v cene vyprodukovanej energie. Pri off-grid prevádzke sme totiž mohli predávať elektrinu za 2.6-násobok ceny, ako pri on-grid prevádzke. Tento veľký cenový rozdiel nezabrzdili ani výrazne vyššie investičné a operačné náklady, čoho sme sa na začiatku modelu obávali. Tiež celkový zisk je výrazne vyšší pri off-grid prevádzkach, čo zodpovedá spomenutej vyššej cene za odber elektriny. Zaujímavé je, že napriek výrazne vyšším investičným nákladom sa počiatočná investícia vráti o rok skorej ako pri on-grid prevádzkach. Celkovo je teda najlepšou možnosťou pre investora zainvestovať do off-grid prevádzky s polykryštalickými panelmi.

Ako sme uviedli v samotnom úvode tejto práce, obnoviteľné zdroje energie sú veľmi aktuálnou a dôležitou problematikou dnešnej spoločnosti, pretože poskytujú riešenia k existujúcim ekologickým, sociálnym problémom, ako aj k problémom, ktoré sú spojené s miziacimi sa konvenčnými zdrojmi energie. Za najviac progresívnu považujeme slnečnú energiu a veternú energiu. Hlavnými dôvodmi sú cenová dostupnosť, všeobecná dostupnosť týchto zdrojov na svete, rastúci trend technologického pokroku, ktorý sa v najbližšej budúcnosti spomaľovať nebude a taktiež využiteľnosť pre domácnosti. Naopak za najmenej progresívnu vnímame geotermálnu energiu a energiu biomasy. Pri geotermálnej energii za najväčšie nedostatky považujeme obmedzenosť prístupu k zdroju, relatívne vysoké ceny v porovnaní s ostatnými obnoviteľnými zdrojmi a spomaľujúci sa trend technologického pokroku. Geotermálna energia však naďalej zostane dôležitá pre niektoré krajiny bohaté na tieto zdroje, ako napr. Island alebo Filipíny. Pri energii biomasy považujeme za hlavný nedostatok spôsob, akým využíva úrodnú pôdu. V budúcnosti si ľudstvo bude musieť vybrať

medzi pestovaním potravy alebo paliva, vzhľadom na rastúci populačný trend a efektívnejšie metódy produkcie energie. Ak si ľudstvo najskôr vyberie prvú zmienenú možnosť, tak sa energia biomasy posunie do úzadia. Tým pádom nám ostáva vodná energia, ktorú by sme umiestnil presne do stredu. Vodná energia dnes naďalej ostáva lacným a dostupným obnoviteľným zdrojom, no už v súčasnosti dokáže byť onshore veterná energia lacnejšia a dá sa taktiež predpokladať, že onedlho na tom bude podobne aj slnečná energia. Vodná energia naďalej však ostane relevantná vzhľadom na prílivové elektrárne, a pumped storage elektrárne. Taktiež energia vody bude naďalej dôležitým zdrojom energie pre vodnaté krajiny ako napríklad Brazília.

Obnoviteľné zdroje energie sú nevyhnutnou súčasťou budúcnosti a čím skôr sa nimi začneme zaoberať vo veľkom, tak tým lepšie pre budúcnosť ľudstva, ako aj našej planéty.

6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

Knižné zdroje

1. IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2021. 178 s. ISBN 978-92-9260-348-9. Dostupné na: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>
2. EDENHOFER, Ottmar – et al. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012. 1076 s. ISBN 978-1-107-60710-1. Dostupné na: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf
3. QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
4. TIMMONS, David – et al. *The Economics of Renewable Energy*. Medford: Global Development And Environment Institute, 2014. Tufts University. 52 s. Dostupné na: <https://www.bu.edu/eci/files/2019/06/RenewableEnergyEcon.pdf>
5. TWIDELL, John – WEIR, Tony. *Renewable Energy Resources*. 2. vyd. New York: Taylor & Francis. 2006. 624 s. ISBN13 978-0-419-25330-3. Dostupné na: https://books.google.sk/books?id=pVmZPI3cfuEC&printsec=frontcover&hl=sk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
6. HOOGWIJK, Monique – CRIJINS-GRAUS, Wina. *Global Potential of Renewable Energy Sources: a Literature Assessment*. 2008. 45s. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/237576106_Global_Potential_of_RenewableEnergy_Sources_a_Literature_Assessment
7. HÖLLER, Robert – GUDOPP, Daniel – LESCHINSKY, Tobias. *Solar PV Cost Reduction Potential in Japan*. 2019. 26 s. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/332269877_Solar_PV_Cost_Reduction_Potential_in_Japan
8. HINKLEY, Jim - et al. *Cost assessment of hydrogen production from PV and*

- electrolysis*. Austrália: CSIRO, 2016. 35 s. Dostupné na:
<https://arena.gov.au/knowledge-bank/cost-assessment-of-hydrogen-production-from-pv-and-electrolysis/>
9. IRENA. *Geothermal Power: Technology Brief*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2017. 23 s. ISBN 978-92-9260-036-5. Dostupné na:
<https://www.irena.org/publications/2017/Aug/Geothermal-power-Technology-brief>
10. IRENA. *Recycle: Bioenergy*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020. 74 s. Dostupné na: <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Recycle-Bioenergy>
11. Elavarasan, R. M. (2019). *The Motivation for Renewable Energy and its Comparison with Other Energy Sources: A Review*. European Journal of Sustainable Development Research, 3(1), em0076.
<https://doi.org/10.20897/ejosdr/4005>
12. GARCÍA, Moreno, et al. (2020). *Photovoltaic Solar Energy: Is It Applicable in Brazil? –A Review Applied to Brazilian Case*. Materials and Geoenvironment. 66 s. 10.2478/rmzmag-2019-0012. Dostupné na:
https://www.researchgate.net/publication/338788232_Photovoltaiic_Solar_Energy_Is_It_Applicable_in_Brazil_-A_Review_Applied_to_Brazilian_Case

Internetové zdroje

13. BÉDI, Emil. *Obnoviteľné zdroje energie*. Dostupné na:
<https://www.inforse.org/europe/fae/publikacie.html>
14. KUO, Gioietta. *When Fossil Fuels Run Out, What Then?*. 2019. Dostupné na:
<https://mahb.stanford.edu/library-item/fossil-fuels-run/>
15. CILLUFFO, Anthony – G. RUIZ, Neil. *World's population is projected to nearly stop growing by the end of the century*. 2019. Dostupné na:
<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/06/17/worlds-population-is-projected-to-nearly-stop-growing-by-the-end-of-the-century/>
16. NEI. *Climate*. Dostupné na:

<https://www.nei.org/advantages/climate>

17. SPRING. *The Pros & Cons of Nuclear Energy: Is it safe?*. Dostupné na:
<https://springpowerandgas.us/the-pros-cons-of-nuclear-energy-is-it-safe/>
18. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *Economics of Nuclear Power*. 2021.
Dostupné na:
<https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx#:~:text=The%20nuclear%20LCOE%20is%20largely,than%20wind%20and%20solar%20PV>
19. Zákon č. 309/2009 Z.z §2
20. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Dostupné na:
<https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>
21. Slovak Renewable Energy Agency. Dostupné na: <https://skrea.sk/>
22. IHA, *Hydropower and the pathway to net zero*. Dostupné na:
<https://www.hydropower.org/>
23. DYNAMIC SLR. *Solar Energy Concept*. Dostupné na:
<https://www.dynamicslr.com/solar-energy-concept/>
24. J.M.K.C. Donev et al. (2018). *Energy Education - Types of photovoltaic cells*
Dostupné na:
https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_photovoltaic_cells?fbclid=IwAR3COyyWuYOZiKM9t2rnvKQDxTAh0Q2uW_0ZuUPyUclqfFhCQx3oZXU_NTE#cite_ref-peake_3-0
25. UNBOUND SOLAR. *Grid-Tied vs. Off-Grid Solar: Which is Right for You?*. 2020.
Dostupné na:
<https://unboundsolar.com/blog/grid-tied-vs-off-grid-solar>
26. IHA. *Facts about hydropower*. Dostupné na:
<https://www.hydropower.org/iha/discover-facts-about-hydropower>
27. IRENA. *Geothermal Energy*. Dostupné na:
<https://www.irena.org/geothermal>

28. SHAKYA, Kussum. *What Is Geothermal Energy? Types and Advantages. Why should we care about Geothermal Power Plant?*. 2021. Dostupné na: <https://www.greenesa.com/blog/geothermal-energy-types-uses-advantages>
29. NREL. *Biomass Energy Basics*. Dostupné na: <https://www.nrel.gov/research/re-biomass.html>
30. ENERGYGUIDE.BE. *What is the kilowatt-peak?* Dostupné na: <https://www.energuide.be/en/questions-answers/what-is-the-kilowatt-peak/1409/>
31. IFT. *Slnéčné podmienky na Slovensku*. Dostupné na: <https://oze.ift.sk/slnecne-podmienky-na-slovensku>
32. SOLARGIS. *Solar resource maps of Slovakia*. Dostupné na: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/slovakia>
33. LANE, Catherine. *Solar power system types: equipment needed, costs, pros, and cons*. 2022. Dostupné na: <https://www.solarreviews.com/blog/what-equipment-do-you-need-for-a-solar-power-system>
34. UNISOLAR. *MONOKRYŠTALICKÉ VS. POLYKRYŠTALICKÉ SOLÁRNE PANEĽY*. Dostupné na: <https://www.unisolar.sk/rady-a-tipy/monokrystalicke-vs--polykrystalicke-solarne-panely/>
35. CANADIANSOLAR. *About us*. Dostupné na: <https://www.canadiansolar.com/aboutus/#rwjs>
36. CANADIANSOLAR. *HiKu: High Power Dual Cell PERC Module (Poly & Mono)*. Dostupné na: <https://www.csisolar.com/hiku/>
37. PHOTOVOLTAIC-SOFTWARE.COM. *How to calculate the annual solar energy output of a photovoltaic system?*. Dostupné na: <https://photovoltaic-software.com/principle-ressources/how-calculate-solar-energy-power-pv-systems>
38. OKTE. *Ročná správa o DT*. Dostupné na: <https://www.okte.sk/sk/kratkodoby-trh/zverejnenie-udajov/rocna-sprava-o-dt/>
39. VSE. *Cenník elektriny pre firmy a organizácie na rok 2022 pre zmluvy uzavreté na neurčitý čas*. Dostupné na: <https://www.vse.sk/web/sk/firmy-a-organizacie/zakaznicka-podpora/dokumenty-a-tlaciva/cennik-elektriny-a-sluzieb>

40. MONETA. *Co je návratnost investice?* Dostupné na:

<https://www.moneta.cz/slovník-pojmu/detail/co-je-navratnost-investice>