

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

Evidenčné číslo: 105002/I/2022/36109009462195204

INTELIGENTNÉ ENERGETICKÉ RIEŠENIA VO FÍNSKU
A ICH VPLYV NA EKONOMIKU

Diplomová práca

2022

Bc. Juraj Stolárik

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

INTELIGENTNÉ ENERGETICKÉ RIEŠENIA VO FÍNSKU
A ICH VPLYV NA EKONOMIKU

Diplomová práca

Študijný program: Medzinárodné ekonomické vzťahy

Študijný odbor: Hospodárska diplomacia

Školiace pracovisko: Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a hospodárskej diplomacie

Vedúci záverečnej práce: Kristína Baculáková, Ing., PhD.

Bratislava 2022

Bc. Juraj Stolárik

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

„Prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému: *Inteligentné energetické riešenia vo Fínsku a ich vplyv na ekonomiku* spracoval sám. Všetky pramene a zdroje informácií, ktoré som použil na napísanie tejto práce, boli citované a sú uvedené v zozname bibliografických odkazov.“

Dátum:

.....

Bc. Juraj Stolarik

POĎAKOVANIE

Na tomto mieste by som sa chcel predovšetkým poďakovať vedúcej tejto práce, pani Ing. Kristíne Baculákovej, PhD. za jej hodnotné rady, významné pripomienky k práci a jej drahocenný čas.

ABSTRAKT

STOLÁRIK, Juraj: *Inteligentné energetické riešenia vo Fínsku a ich vplyv na ekonomiku*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta medzinárodných vzťahov; Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a hospodárskej diplomacie. – Vedúca záverečnej práce: Ing. Kristína Baculáková, PhD. – Bratislava: FMV EU, 2022, 64 str.

Záverečná práca je vypracovaná na tému inteligentných energetických riešení vo Fínsku a ich vplyvu na ekonomiku. Cieľom záverečnej práce bolo poukázať na využitie inteligentných riešení v rôznych oblastiach energetického sektora Fínska, dokázať vplyv týchto inteligentných riešení na fínske hospodárstvo a predstaviť konkrétne príklady, ako inteligentné riešenia ovplyvňujú ekonomiku Fínska. Jednotlivé časti záverečnej práce boli zamerané na porovnanie inteligentných energetických zdrojov vo fínskom hospodárstve s tradičnými zdrojmi, objasnenie podstaty využívania inteligentných a obnoviteľných zdrojov vo Fínsku, predstavenie programu Smart Energy Finland; popredného predstaviteľa smart energií na fínskom trhu, skúmanie vplyvu smart energií na ekonomiku Fínska a predstavenie konkrétnych riešení využívaných vo Fínsku. Výsledkom riešenia danej problematiky je preukázanie prepojenia medzi zmenami v ekonomických ukazovateľoch Fínska a zavádzania rôznych systémov smart riešení, a taktiež poukázanie na užitočnosť konkrétnych riešení v rôznych aspektoch každodenného života.

Kľúčové slová:

Fínsko, smart energia, ekonomika, elektrická energia, obnoviteľné zdroje

ABSTRACT

STOLÁRIK, Juraj: *Smart solutions in Finland and their impact on the economy*. – Economic University in Bratislava. Faculty of international relations; Department of international economic relations and economic diplomacy. – Thesis supervisor: Ing. Kristína Baculáková, PhD. – Bratislava: FMV EU, 2022, 64 pages

The topic of this thesis is „Smart solutions in Finland and their impact on the economy “. Its goal is to present the usage of smart solutions in various areas of energetic sector in Finland, demonstrate the impact of these solutions on Finnish economy and present specific ways, in which smart solutions affect the economy of Finland. Specific parts of this thesis were focused on the comparison of traditional and smart sources of energy in Finnish economy, clarification of the nature of usage of smart energy in Finland, presentation of the Smart Energy Finland programme; the leading representative of smart energies on Finnish market; examination of the impact of smart energies on Finnish economy and evaluation of specific smart technologies used in Finland. Outcome of the research is proving the connection between usage of smart energies and changes in economic indicators of Finland and presenting the usability of specific smart solutions in various aspects of everyday life.

Keywords:

Finland, smart energy, economy, electric energy, renewable sources

O B S A H	str.
Zoznam grafov	8
Úvod	9
1 Tradičné spôsoby získavania energie vo Fínsku a ich nevýhody	10
1.2 Trendy v tradičných spôsoboch získavania energie	10
1.2 Negatíva využívania tradičných spôsobov získavania energie	12
2 Smart spôsoby získavania a prevádzky energie vo Fínsku	14
2.1 Trendy v obnoviteľných zdrojoch získavania energie	14
2.2 Zavedenie inteligentných riešení získavania energie	17
2.3 Dôvody zavedenia smart energií vo Fínsku	18
2.4 Technológie využívané smart systémami	22
3 Program Smart Energy Finland	26
3.1 Fungovanie programu Smart Energy Finland	26
3.2 Projekty vybudované pod záštitou programu Smart Energy Finland	27
3.2.1 Projekt HYBGEO	27
3.2.2 Projekt SMARTFLEX	28
3.2.3 Projekt POWER-TO-X	28
3.2.4 Projekt HOPE	29
4 Ciele práce a metodika	31
5 Vplyv zavedenia smart energií na ekonomiku Fínska.....	33
5.1 Definovanie časovej línie zavedenia smart energií vo Fínskom hospodárstve	33
5.2 Vývoj HDP Fínska od zavedenia smart systémov	34
5.3 Vývoj zamestnanosti Fínska od zavedenia smart systémov	35
6 Najvýznamnejšie inovačné platformy vo Fínsku v súčasnosti	39
6.1 Platforma Smart Otaniemi.....	39
6.1.1 Všeobecná charakteristika platformy Smart Otaniemi	39
6.1.2 Výsledky prvej fázy projektu Smart Otaniemi	41
6.2 Platforma Smart Energy Åland	43

6.2.1 Všeobecná charakteristika platformy Smart Energy Aland	44
6.2.2 Dosahovanie hlavných cieľov Energetickej a klimateckej stratégie pre Alandské ostrovy	45
6.3 Platforma Vaasa.....	49
6.3.1 Všeobecná charakteristika platformy Vaasa.....	50
6.3.2 Úspechy platformy Vaasa od roku 2018 do súčasnosti	51
Záver	55
Zoznam bibliografických odkazov	57

Zoznam grafov

Graf 1: Počet nainštalovaných smart meračov vo Fínsku (v miliónoch kusov)

Graf 2: Vývoj rastu HDP Fínska od roku 2000 (v percentách)

Graf 3: Vývoj nezamestnanosti vo Fínsku od roku 2000 (v percentách)

Graf 4: Zamestnanosť v sektore priemyslu (percento z celkovej zamestnanosti)

Graf 5: Zamestnanosť v sektore služieb (percento z celkovej zamestnanosti)

Graf 6: Vývoj objemu emisií CO₂ na ostrove Aland od roku 2005 (v tonách)

Graf 7: Vývoj podielu z obnoviteľných zdrojov na celkovej spotrebe energie na ostrove Aland od roku 2005 (v percentách)

Úvod

Problematika obnoviteľných zdrojov elektrickej energie sa za posledné desaťročie stala čoraz významnejším bodom záujmu nielen vedcov a akademickej obce, ale aj celkového obyvateľstva predovšetkým ekonomicky vyspelých štátov sveta. Dôvodom tohto vývoja sú primárne rastúce obavy z dopadov využívania tradičných zdrojov energie a s nimi súvisiacich klimatických zmien, ktoré nútia kompetentné osoby po celom svete hľadať alternatívne riešenia získavania energie.

Vďaka týmto myšlienkovým prúdom sa do popredia dostávajú obnoviteľné zdroje energie, ktoré ponúkajú možnosť vyrábať energiu s oveľa menšími dopadmi na životné prostredie. Tieto zdroje energií sú však často sprevádzané rôznymi nežiadúcimi efektmi, napríklad vysokými počiatočnými nákladmi, alebo nestabilitou. Preto sa vedci a technologickí výskumníci sústreďujú na elimináciu týchto negatívnych faktorov prostredníctvom využívania smart riešení v energetickom sektore.

Tieto riešenia zefektívňujú chod už existujúcich elektrických sietí a prispievajú k zníženiu nákladov, stabilite a informovanosti nielen konečných spotrebiteľov, ale aj distribútorov energie. Zároveň poskytujú možnosti optimalizácie novovybudovaných centier výroby energie z obnoviteľných zdrojov, predovšetkým vďaka zdokonaľovaniu systémov úschovy energie, ktoré prispievajú k zníženiu rizika výpadkov a náchylnosti na zmeny počasia, ktoré sú jedným z najväčších rizikových faktorov využívania viacerých druhov obnoviteľných zdrojov. Smart riešenia tiež ponúkajú rozšírené možnosti zberu a využitia dát, ktoré pomáhajú účastníkom na energetickom trhu pochopiť rôzne behaviorálne aspekty spotrebiteľov a prispôbovať im výrobné a distribučné kapacity.

Zavádzanie smart riešení do ekonomiky však pôsobí na viacero stránok naprieč celým ekonomickým centrom. Pri ich zavádzaní treba brať do úvahy ich vplyv na zamestnanosť v energetickom sektore, možné turbulencie v elektronických sieťach, a mnoho ďalších faktorov, ktoré musia byť zvážené. Preto sa vo Fínsku, ktoré je dlhodobo popredným aktérom v oblasti smart energií, vybudovali viaceré experimentálne ekosystémy, ktoré majú za úlohu skúmať následky zavedenia rôznych druhov smart riešení predtým, ako budú uvedené na trh. Tieto ekosystémy pomáhajú prispôbiť výsledné riešenie očakávaniam trhu, ale taktiež minimalizovať potenciálne riziká, a preto je dôležité si predstaviť ich činnosť a úspechy.

1 Tradičné spôsoby získavania energie vo Fínsku a ich nevýhody

Tradičné spôsoby získavania energie vo svojom ponímaní zahŕňajú predovšetkým získavanie energie z neobnoviteľných zdrojov. Medzi tieto spôsoby patrí predovšetkým ropa, ktorá sa hojne využíva v mnohých oblastiach hospodárstva, spoločne so zemným plynom a fosílnymi palivami ako drevo alebo uhlie¹. Aj napriek tomu, že využitie týchto zdrojov ako spôsobov na získanie energie vo fínskom hospodárstve klesá, predovšetkým vďaka nástupu energií z obnoviteľných zdrojov, stále zastávajú podstatný podiel na celkovej produkcii energie².

1.2 Trendy v tradičných spôsoboch získavania energie

Fínsko je krajinou, ktorá na základe dát z roku 2020 spotrebúva ročne približne 1.25 miliónov TJ a predstavuje mierne klesajúci trend z predošlých rokov, pričom spotreba energie klesla o približne 6 %³. Fínsko však naďalej zostáva v prvej päťdesiatke najväčších konzumentov energie; v roku 2019 sa nachádzalo na 36. mieste so spotrebou približne 81,000 miliónov kWh/rok a per capita spotrebou približne 14,732 kWh/rok. Podľa per capita spotreby je Fínsko 9. najväčším konzumentom energie na svete a zároveň je 3. najväčším konzumentom v rámci Európy za Nórskom, ktoré spotrebúva približne 24,006 kWh/rok per capita a Írskom, ktoré spotrebúva približne 18,130 kWh/rok per capita⁴.

Na uspokojenie dopytu po energií Fínsko využíva množstvo spôsobov získavania energie, medzi ktoré radíme aj tradičné spôsoby, ako získavanie energie prostredníctvom spaľovania dreva, uhla, ropy alebo prostredníctvom zemného plynu. V roku 2020 tradičné spôsoby získavania energie tvorili vyše 43 % z celkovej produkcie energie vo fínskom hospodárstve, pričom najväčší podiel tvorili drevné tepelné elektrárne s podielom 12,4 %, nasledovala ropa s podielom 4,4 % a tretie miesto obsadilo uhlie s podielom 2,9 %⁵.

¹ TIWAI, Gaurav. *Conventional sources of energy*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.toppr.com/guides/physics/sources-of-energy/conventional-sources-of-energy/>>

² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Electricity*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>>

³ STATISTICS FINLAND. *Renewable energy surpassed fossil fuel and peat in total energy consumption in 2020*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_tie_001_en.html>

⁴ ROBERTSON, Joe. *World countries ranked by electricity-consumption per person*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://solarpower.guide/solar-energy-insights/countries-energy-consumption-per-capita>>

⁵ STATISTICS FINLAND. *Supply of electricity by energy source, 1990-2020*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_12vp.px/>

Produkcia uhoľnej energie vo Fínsku zažíva pokles už od roku 1990, kedy dosiahla svoje maximum na úrovni 65 441 TJ. Odvtedy má dlhodobý klesajúci trend, až na krátke vzostupy v rokoch 1994 (pri hodnote približne 60 000 TJ), 1998 (pri hodnote približne 55 000 TJ) a 2010 (pri hodnote približne 33 000 TJ). V roku 2019 bola produkcia uhoľnej energie na úrovni 24 007 TJ, pričom najväčší podiel bol spotrebovaný priemyslom (21 636 TJ), nasledovalo poľnohospodárstvo (2 110 TJ) a najmenší podiel mali domácnosti (157 TJ) a sektor komerčných služieb (104 TJ). Poľnohospodárstvo ako jediné zaznamenalo vzrast spotreby uhoľnej energie od roku 1992, kedy spotrebovalo približne 996 TJ, zatiaľ čo ostatné sektory zaznamenali pokles, pričom pokles uhoľnej energie spotrebovanej priemyslom bol najväčší a predstavoval vyše 60 %⁶.

Podobne ako ropa, aj využitie zemného plynu vo Fínsku má dlhodobý klesajúci trend od roku 1992. Využitie zemného plynu zažilo najväčší boom v roku 1998, kedy sa vyprodukovalo približne 55 000 TJ energie práve použitím zemného plynu. Najviac energie zo zemného plynu spotreboval priemysel (53 608 TJ). Od roku 1998 zažíval sektor spracovania zemného plynu kontinuálny pokles, primárne z dôvodu postupného prechodu na energiu pochádzajúcu z obnoviteľných a smart zdrojov a z prechodu na ekonomiku dominovanú terciárnym sektorom, ktorý trval až do roku 2018, kedy hodnota energie zo zemného plynu klesla na približne 30 000 TJ, pričom najväčší podiel tvoril priemysel (24 901 TJ). V roku 2019 bol po dlhej dobe zaznamenaný nárast v produkcii energie použitím zemného plynu na úroveň približne 32 000 TJ⁷. Tento nárast môže byť zdôvodnený obavou z efektívnosti udržiavania smart systémov získavania energie z dôvodu pandémie COVID-19 a jej následkov, primárne pozostávajúc z redukcie mobility zamestnancov.

Spotreba ropy je jediným sektorom tradičnej energie vo Fínsku, ktorý nezažil obdobia výrazného poklesu. Od roku 1990, kedy spotreba energie z ropy dosahovala hodnotu približne 329 000 TJ, pričom najväčší podiel mala doprava (163 000 TJ), nasledovaná domácnosťami (85 000 TJ) a na treťom mieste sa umiestnil priemysel (51 000 TJ), až do roku 2019, kedy celková spotreba energie z ropy dosiahla hodnotu približne 250 000 TJ, pričom najväčší podiel opäť tvorila doprava (152 000 TJ), na druhom mieste sa umiestnil priemysel (41 000) a na treťom mieste sa umiestnilo poľnohospodárstvo (13 000 TJ), môžeme vidieť približne 24 % pokles v celkovej spotrebe ropy na energetické účely.

⁶ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Coal*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/coal>>

⁷ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Gas*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/gas>>

Zvláštnosťou je, že spotreba ropy na neenergetické účely vo Fínsku sa za toto obdobie takmer nezmenila, keďže v roku 1990 dosahovala hodnotu 59 996 TJ a v roku 2019 dosahovala hodnotu 57 053 TJ.

1.2 Negatíva využívania tradičných spôsobov získavania energie

Primárnym negatívom využívania tradičných spôsobov je ten, že ich zdroje, a síce ropa, zemný plyn, uhlie a fosílna palivá, sú neobnoviteľným zdrojom energie, a teda ich množstvo na Zemi je limitované. Štúdie predpokladajú, že pri súčasnom tempe spotreby týchto zdrojov môžeme očakávať, že zásoby týchto zdrojov v najbližších 50 rokoch zmiznú. Konkrétne môžeme hovoriť o predpokladaných 114 rokoch využívania uhlia, 53 rokoch využívania zemného plynu a 51 rokoch využívania ropy pri súčasných trendoch v ich spotrebe, kým sa zásoby týchto zdrojov minú⁸.

Ďalším negatívnym faktorom je spôsob ich získania. Tieto palivá sú často nebezpečné na získanie, obzvlášť ak sa hovorí o zdrojoch získaných ťažením. Aj napriek pokrokom modernej technológie sú tieto metódy ťažby nebezpečné a riskantné, spomenúť možno nehodu v Západnej Virgínii v roku 2010, pri ktorej zahynulo 29 ľudí⁹, alebo nehodu v Sango Mine v roku 2006, pri ktorej zahynulo 12 robotníkov¹⁰.

Dôležitým negatívom je tiež znečisťovanie ovzdušia. Spaľovanie týchto palív uvoľňuje do vzduchu vysoké dávky oxidu uhličitého a iných škodlivých emisií. Samotný oxid uhličitý spôsobuje skleníkový efekt, ktorý je najdôležitejším faktorom klimatických zmien, ktoré sa v dnešnej dobe stávajú čoraz dôležitejšími. Podľa indexu Medzinárodnej agentúry pre energetiku má Fínsko dlhodobý klesajúci trend v množstve produkcie CO₂. Najvyššiu hodnotu tohto indexu dosiahlo Fínsko v roku 2003 (pri hodnote 209,8), potom v roku 2006 (pri hodnote 179,4) a v roku 2010 (pri hodnote 151,7). Od roku 2010 hodnota tohto indexu kontinuálne klesala a v roku 2020 dosiahla svoju najnižšiu úroveň pri hodnote 40,6, pričom svetový priemer tohto indexu je 154,3. Dá sa teda povedať, že vďaka postupnej

⁸ MET GROUP. *When will fossil fuels run out?*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : < <https://group.met.com/fyouture/when-will-fossil-fuels-run-out/68> >

⁹ CHANG, Juju et al. *West Virginia Mine Survivor: Blast Felt Like „Hurricane Force Winds“*. [elektronický zdroj]. 2010. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : < <https://abcnews.go.com/WN/west-virginia-mine-rescue-efforts-delayed-24-hours/story?id=10299816> >

¹⁰ DAVIS, Matthew. *US mining safety under scrutiny*. [elektronický zdroj]. 2006. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : < <http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/4585482.stm> >

transformácii a prechodu z tradičných spôsobov energie na smart a obnoviteľné zdroje Fínsko produkuje oveľa menej emisií ako je svetový priemer¹¹.

Negatívum pre Fínsko je taktiež to, že ako štát nemá prístup k vlastným fosílnym palivám ako ropa, zemný plyn, alebo uhlie. Fínske hospodárstvo je teda závislé na importoch týchto surovín, predovšetkým z Ruskej federácie. V roku 2016 Fínsko spotrebovalo energiu 88,1 TWh/a ropného pôvodu, pričom 76,5 % z celkového množstva ropy pochádzalo z Ruskej federácie. Čo sa týka uhlia, tak Ruská federácia do Fínska exportovala 61,2 % z celkovej hodnoty fínskych importov, čo predstavovalo energiu vo výške 35,3 TWh/a. V prípade zemného plynu bola hodnota ruského podielu ešte vyššia, keďže z celkového množstva energie zo zemného plynu predstavujúcej 20,3 TWh/a až 100 % pochádzalo z Ruska.

¹¹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : < <https://www.iea.org/countries/finland> >

2 Smart spôsoby získavania a prevádzky energie vo Fínsku

Čoraz väčší podiel na celkovej fínskej produkcii energie dosahujú takzvané smart resp. inteligentné riešenia získavania energie. Tieto riešenia kombinujú získavanie energie z obnoviteľných zdrojov, digitalizáciu a konvertovanie odpadu na energiu. Cieľom smart riešení je primárne transformácia tradičných elektrických sietí na efektívnu distribúciu vygenerovanej energie, inteligentný manažment energie a vysoký stupeň digitalizácie¹².

2.1 Trendy v obnoviteľných zdrojoch získavania energie

Medzi obnoviteľné zdroje získavania energie, ktoré sa vo Fínsku používajú, zaraďujeme biopalivá a odpad, veternú a solárnu energiu, vodnú energiu a jadrovú energiu. Podiel týchto kategórií na celkovej produkcii energie vo fínskom hospodárstve od roku 1990 až do roku 2020 rástol

Jadrová energia má vo Fínsku dlhodobú tradíciu, ktorú môžeme vidieť už v roku 1990, kedy jej podiel dodávok energie bol druhý najväčší zo všetkých energetických sektorov (hneď po rope) a dosahoval hodnotu 209 629 TJ. V sektore jadrovej energie môžeme pozorovať kontinuálny rastúci trend dodávok energie, ktorý nezaznamenal žiadne značné poklesy a v roku 2020 generácia energie jadrových elektrární dosahovala hodnotu 254 084 TJ, čo predstavovalo 20 % nárast oproti roku 2019.

Produkcia jadrovej energie tvorí približne 30 % celkovej produkcie energie vo Fínsku a prebieha prostredníctvom 4 jadrových reaktorov: Loviisa 1, model VVER V-213 s reaktorom typu PWR, postavený v roku 1977 s čistou kapacitou produkcie 507 MWe, nachádzajúci sa na juhu krajiny; Olkiluoto 1 a Olkiluoto 2, modely ABB-III, BWR-2500 s reaktorom typu BWR, postavené v roku 1978 a 1980 s čistou kapacitou produkcie 890 MWe (predstavujú najsilnejšie jadrové reaktory vo Fínsku); a Loviisa 2, model VVER V-213 s reaktorom typu PWR, postavený v roku 1980 s čistou kapacitou produkcie 507 MWe. Piaty reaktor, Olkiluoto 3, bol pôvodne naplánovaný na rok 2009, avšak kvôli nezhodám vlády a dodávateľa bol termín na komerčné využitie presunutý až na rok 2022. Tento reaktor by mal mať hrubú kapacitu produkcie 1720 MWe a cieľom jeho konštrukcie je náhrada ropy ako zdroja energie. Existujú tiež plány na konštrukciu šiesteho reaktora, Hanhikivi 1, ktorého

¹² BUSINESS FINLAND. *Finland is the smart energy test-bed for tomorrow's brightest solutions.* [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 10.10.2021]. Dostupné na : < <https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/energy-in-brief> >

stavba je naplánovaná na rok 2023 a jeho komerčné využitie by mohlo začať už v roku 2029. Hrubá kapacita tohto reaktora by mala byť na úrovni 1170 MWe¹³.

V roku 1990 predstavovala celková produkcia energie z biopalív a odpadu vo Fínsku hodnotu 191 000 TJ a bola tretím najvyužívanejším sektorom (nasledujúca ropu a jadrovú energiu). Sektor biopalív a odpadu za posledné desaťročia dosiahol najväčší nárast dodávok, primárne na úkor využívania ropy ako paliva. V roku 2020 dodávky energie z biopalív a odpadu dosiahli hodnotu 405 781 TJ, čo predstavuje viac než 100 % nárast od roku 1990. Hlavný dôvod tohto rastu boli štátne regulácie z rokov 2007 (zákon 446/2007), ktorý odporúčal použitie biopalív v oblasti transportu, a zákony z rokov 2016 a 2020, ktoré uložili povinnosť distribútorom palív ponúkať na trhu biopalivá, a taktiež vládna podpora pre sektory priemyslu, ktoré sa zaoberajú inováciami v oblasti biopalív, ako napríklad spoločnosť Suomen Bioetanoli Oy, ktorej bola pridelená dotácia vo výške 30 miliónov eur na investíciu do bioetanolovej továrne v meste Myllykoski. Ďalším faktorom je propagácia biopalív globálnymi spoločnosťami ako napríklad Nestlé alebo Finnair a taktiež ich investície do tohto sektora. V oblasti biopalív teda spolupracuje štátny aj súkromný sektor s cieľom sprístupniť tieto možnosti čo najširšej verejnosti¹⁴.

Fínske ciele pre biopalivá sú stanovené v národnej stratégii pre klímu a energiu pre rok 2030, ktorá špecifikuje 20 % podiel biopalív na celkových palivách spotrebovaných dopravným sektorom. Z tohto dôvodu je vyvinuté veľké úsilie na zdvojnásobenie produkcie biopalív z odpadu¹⁵.

Čo sa týka samotnej produkcie elektrickej energie, tak približne 90 % sa produkuje z primárnych pevných biopalív, čo zahŕňa napríklad drevo, zvierací trus, komunálny odpad, alebo takzvané energetické plodiny, čo sú špeciálne plodiny, ktoré sú pestované obzvlášť na výrobu energie¹⁶. Produkcia elektrickej energie z týchto pevných biopalív vo fínskom hospodárstve dosiahla v roku 2020 približne 11 000 GWh (čo predstavuje viac než dvojnásobok z hodnoty v roku 1990, ktorá dosahovala výšku 5156 GWh). Medzi ďalšie spôsoby produkcie elektrickej energie vo Fínsku patria bioplyny, ktoré sa používajú

¹³ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *Nuclear power in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland.aspx>>

¹⁴ EUROPEAN BIOFUELS. *Biofuels in Finland*. [elektronický zdroj]. 2014. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <https://www.etipbioenergy.eu/images/EBTP_Factsheet_Finland_250416.pdf>

¹⁵ MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS AND EMPLOYMENT OF FINLAND. *Biofuels*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <<https://tem.fi/en/biofuels>>

¹⁶ BIOFUEL.ORG.UK. *Solid biofuels*. [elektronický zdroj]. 2010. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <<http://biofuel.org.uk/solid-biofuels.html>>

primárne ako pohonné hmoty, alebo ako náhrada zemného plynu¹⁷. Elektrická energia vytvorená bioplynmi dosiahla v roku 2020 hodnotu 320 GWh, čo je takmer desaťnásobok jej hodnoty z roku 2007, kedy sa začala vo fínskom hospodárstve využívať a kedy dosahovala hodnotu 46 GWh. Tento rast môžeme zdôvodniť primárne vďaka pokroku vedy a techniky, ktoré sprístupnili toto palivo širšej verejnosti¹⁸.

Veterná a solárna energia sa začali vo Fínsku širšie využívať až v roku 2014, kedy dodávky energie z týchto zdrojov dosahovali hodnotu 4071 TJ. V roku 2020 sa však hodnota dodávok energie vyšplhala na 29 598 TJ, čo je viac než 500 % jej hodnoty z roku 2014. Aj napriek tomu dodáva tento sektor najmenšie dodávky energie zo všetkých obnoviteľných zdrojov, ktoré sa používajú vo fínskom hospodárstve¹⁹. Čo sa týka celkovej generácie elektrickej energie, tak veterné elektrárne produkujú 7938 GWh, zatiaľ čo solárne elektrárne produkujú 256 GWh. V roku 2017 bolo vo Fínsku celkovo postavených 153 nových veterných turbín, čo zvýšilo ich celkový počet na 700. Projekty týkajúce sa solárnych aj veterných elektrární sú vhodné na získanie až 12 ročnej podpory od fínskej vlády²⁰.

V roku 1990 dosahovali hodnoty dodávok energie vodného pôvodu hodnotu 39 092 TJ. Táto hodnota v roku 2020 vzrástla na 57 082 TJ, čo predstavuje viac než 50% nárast. Vodné elektrárne, ktoré vo Fínsku produkujú najviac energie sú Imatra, ktorá produkuje približne 182 W, a disponuje jednou turbínou typu Kaplan a šiestimi turbínami typu Francis, a ktorá každoročne dokáže zásobovať energiou viac než 50 000 domácností²¹; Petäjäskoski, postavená v roku 1957, ktorá sa nachádza na rieke Kemijoki spolu s ďalšími 16-timi vodnými elektrárnami a má kapacitu 154 MW; a Taivalkoski, ktorá sa nachádza na ústí rieky Kemijoki. Vodné elektrárne na území Fínska sa sústreďujú na územie troch riek: Kymijoki na juhu krajiny, Lieksanjoki na východe krajiny a Kemijoki na severe²². Služby vodných

¹⁷ NATIONALGRID TEAM. *What is biogas?*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-biogas>>

¹⁸ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/countries/finland>>

¹⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/countries/finland>>

²⁰ BUSINESS FINLAND. *Wind Power*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/energy-generation/wind-power>>

²¹ FORTUM. *Imatra Hydropower Plant*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.fortum.com/imatra-hydropower-plant>>

²² KEMIJOKI TEAM. *Power plants and production*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.kemijoki.fi/en/power-plants-and-production-2.html>>

elektrárni sú z veľkej časti pod správou súkromných firiem ako napríklad Fortum alebo Kemijoki Oy, avšak mnohé sú aj pod správou vlády²³.

2.2 Zavedenie inteligentných riešení získavania energie

Inteligentné riešenia v energetických sektoroch majú vo Fínsku dlhú tradíciu. Hlavne v oblasti manažmentu odpadu a obzvlášť týkajúc sa použitých palív je Fínsko globálnym lídrom. Je prvou krajinou, v ktorej prebieha konštrukcia likvidačného úložiska vysokoúrovňového jadrového odpadu. Likvidačné úložiská nízko a stredoúrovňového odpadu tu boli postavené už v roku 1990²⁴.

V roku 2001 bola založená spoločnosť BaseN, ktorá mala za cieľ poskytovať extrémne škálovateľnú a bezpečnú sieť a systémový manažment pre transmisných a distribučných operátorov a tým otvorila cestu k využívaniu inteligentnej elektrickej siete, ktorá dnes nesie názov *smart grid*. Na tomto projekte sa podieľala spolu so spoločnosťami EMTELE, ionSign, Nokia, SATEL Oy a WIREPAS.²⁵

Fínsko bolo tiež jednou z prvých krajín, ktorá prijala merače, ktoré monitorujú spotrebu energie na diaľku na hodinovej báze. Tieto smart merače tiež sú schopné prijímať a odosielať kontrolné príkazy a dôrazne zlepšili použiteľnosť a prístupnosť dát. Dodnes sa implementujú mnohé ďalšie experimentálne komponenty, v ktorých spotrebiteľ a jeho reakcie na ich implementáciu hrajú dôležitú úlohu.

Od 90-tych rokov je tiež fínsky trh s energiou prepojený so škandinávskym trhom. V mnohých aspektoch je fínsky trh transparentný a ponúka flexibilnú platformu pre mnohých operátorov. Fínsky elektrický systém je dobre spravovaný, udržiavaný a dokumentovaný, a preto už dlhé roky tvorí testovacie pole pre mnohé technológie do budúcnosti. Ostrovy Otaniemi a Åland sú otvorené pre medzinárodné spoločenstvo ako experimentálne rozvodové siete pre výskum v tejto oblasti. Mnohé prvky digitalizácie ako napríklad IoT (Internet of Things) alebo 5G sieť, boli vyvinuté s pomocou fínskych systémov, rovnako ako rôzne riešenia konektivity, analýzy dát a blockchainu²⁶.

²³ STATISTICS FINLAND. *Energy in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <https://www.tilastokeskus.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuuttelo/yene_efp_202100_2021_23713_net.pdf>

²⁴ FINLAND AT DUBAI TEAM. *Nuclear power technologies from Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://nuclearsmartfinland.com/>>

²⁵ BUSINESS FINLAND. *Smart Energy - Smart Grids*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <https://www.businessfinland.fi/495e25/globalassets/international-customers/explore-finland-materials/smart-energy-offering_smart-grids_2020.pdf>

²⁶ BUSINESS FINLAND. *Smart Grids*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/smart-grids>>

Už v roku 2015 začal na trhu operovať program *Smart Energy Finland*, ktorý sa stal popredným predstaviteľom inovácie v oblasti smart technológií. *Smart Energy Finland* od roku 2015 do roku 2020 investoval viac než 29 miliárd USD do oblasti priemyslu a energie a viac než 14 miliárd USD do sektoru dopravy. Medzi jeho ďalšie významné investície môžeme zaradiť investície v oblasti bioenergie v hodnote 18.3 miliárd USD v roku 2018 a v hodnote 26.1 miliárd USD v roku 2020²⁷. Tieto investície pomohli Fínsku stať sa priekopníkom v inteligentných riešeniach v oblasti energetiky a zvýšili efektivitu jeho elektrickej siete, ktorá sa dnes nazýva *Smart Grid 2.0*²⁸.

2.3 Dôvody zavedenia smart energií vo Fínsku

Jedným z popredných dôvodov a pozitív zavedenia obnoviteľných zdrojov vytvárania energie je dlhodobá nízka nákladovosť týchto zdrojov v porovnaní s nákladmi, ktoré by inak museli byť vynaložené na nápravu a zmiernenie škôd spôsobených následkami klimatickej zmeny, ktorá je z veľkej časti spôsobená využívaním neobnoviteľných zdrojov energie a ich vedľajšími účinkami. Aj napriek vysokým počiatočným nákladom je dokázaná vysoká návratnosť týchto zdrojov v porovnaní s neekologickými alternatívami z dlhodobého hľadiska, existujú dokonca aj odhady na celkovú sumu 160 miliárd dolárov, ktorá by bola ušetrená zvýšeným využívaním obnoviteľných zdrojov²⁹. Štúdia Imperial College v Londýne hovorí o 178,2% návratnosti investícií počas päťročného obdobia v porovnaní s -20,7% návratnosťou investícií do spaľovacích palív³⁰. Využívanie neobnoviteľných zdrojov, primárne spaľovacích zdrojov ako napríklad uhlia, vedie k rozsiahlym škodám spôsobeným znečistením vzduchu (napríklad náklady na vyčistenie vzdušného smogu a ochranu ľudského zdravia, napríklad výrobou a predajom respirátorov, spotrebou energie na pohon zdravotníckych zariadení v pohotovosti, mzdy záchranárov atď.), znečistením vody (následky znečistenia a následná možná strata pitnej vody, alebo náklady vynaložené na jej purifikáciu, následky škôd spôsobených kyslými dažďami

²⁷ BUSINESS FINLAND. *Smart Energy Finland achievements and global actions in 2020-2021*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : < <https://www.businessfinland.fi/49cdaa/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/helena-saren.pdf>>

²⁸ FINLAND TOOLBOX. *Smart Energy*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : < <https://toolbox.finland.fi/themes/nature-and-sustainable-development/smart-energy/>>

²⁹ ELLSMOOR, James. *Renewable energy could save 160 trillion in climate change costs by 2050*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : < <https://www.forbes.com/sites/jamesellsmoor/2019/04/14/renewable-energy-could-save-160-trillion-in-climate-change-costs-by-2050/?sh=10d53d904878>>

³⁰ IMPERIAL COLLEGE BUSINESS SCHOOL. *Energy investing: Exploring risk and return in the capital markets*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : < <https://www.imperial.ac.uk/business-school/faculty-research/research-centres/centre-climate-finance-investment/research/energy-investing-exploring-risk-and-return-the-capital-markets/>>

a náklady na ich odstránenie atď.), znečistenia zeme (zlá kvalita pôdy, narušenie ekosystému prostredníctvom vykladania ťažobných materiálov mimo ich výskytu pôvodu atď.) a v neposlednom rade následky ľudských chýb, ako napríklad ropné škvrny (ako príklad môžeme uviesť ropnú škvrnu na Floride z roku 2010, ktorej následky sa odhadujú na hodnotu približne 5.5 miliárd USD³¹).

Nákladovosť využívania obnoviteľných zdrojov, primárne vodných, veterných a slnečných elektrární, ktoré sú závislé od podmienok vo svojom okolí, je v dnešnej dobe predmetom rozsiahleho výskumu, avšak pomocou pokročilých technológií programovania je možné tieto výkyvy minimalizovať. Najjednoduchším spôsobom je takzvané lineárne programovanie, ktoré bolo odporúčané viacerým výrobným továrňam na minimalizovanie nákladov za ročnú využívanú energiu. Bázou lineárneho programovania je zníženie spotreby energie prostredníctvom efektívneho plánovania výrobných činností. Hlavný spôsob využitia lineárneho programovania je zmiešané číselné lineárne programovanie (*mixed integer linear programming* - MILP), ktorý má za cieľ znížiť náklady spôsobené neefektívnym využívaním energie skladovanej v batériách a používa sa hlavne v oceliarskej výrobe a rafinériách biopalív. V smart sieťach sa na riešenie zložitých problémov so skladovaním a rozvodom energie využívajú viaceré systémy, ktoré majú za úlohu minimalizovať spotrebu energie, minimalizovať produkciu emisií a celkovo znížiť náklady. Medzi tieto systémy patria systém simulovaného žihania (*simulated annealing* - SA), optimalizácia roja častíc (*particle swarm optimization* - PSO) a nedominovaný triediaci genetický algoritmus (*non-dominated sorting genetic algorithm* - NSGA) ktoré sú špecificky navrhnuté pre rôzne druhy priemyslu (SA sa využíva výlučne v smart sieťach, pričom PSO sa môže využiť ako doplnkový optimalizačný mechanizmus v papiernictve a NSGA sa využíva primárne v železiarskej a oceliarskej výrobe)³².

Vo výskume Univerzity v Seville bolo tiež dokázané, že aj napriek volatilitě produkcie veterných, vodných a slnečných elektrární v závislosti od počasia a iných environmentálnych faktorov je možné, aby hospodárstvo dosiahlo takmer stopercentný podiel obnoviteľných zdrojov energie na celkovej spotrebe energie za rok, aj ak by boli

³¹ELLSMOOR, James. *Renewable energy could save 160 trillion in climate change costs by 2050*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.forbes.com/sites/jamesellsmoor/2019/04/14/renewable-energy-could-save-160-trillion-in-climate-change-costs-by-2050/?sh=10d53d904878>>

³² GOLMOHAMADI Hessam, *Demand-Site management in industrial sector*. [elektronický zdroj]. Kodaň: Aalborg University, 1. 3. 2021, 156. vydanie, kapitola 7: Optimization algorithms and software [cit. 18.10.2021]. ISSN 1364-0321. Dostupné na : <<https://vbn.aau.dk/en/publications/demand-side-management-in-industrial-sector-a-review-of-heavy-ind>>

predpokladané najhoršie možné okolnosti spotreby a prírodných podmienok primárne vďaka použitiu batérii a optimalizovanému cyklu generácie energie. Pre konečného spotrebiteľa by takáto situácia bola výhodná už len z dôvodu celkového zníženia vyrovnaných nákladov na energiu (*Levelized cost of energy - LCOE*), čo by sa premietlo do znížených cien elektrickej energie. Treba však poukázať na skutočnosť, že takáto transformácia by si vyžadovala vysoké vstupné náklady, ktoré by dosahovali hodnoty miliárd eur, a preto by bola v dnešných ekonomických podmienkach veľmi náročná³³.

Zavedením obnoviteľných energií sa vie hospodárstvo Fínska vyhnúť potenciálnym škodám vzniknutým nielen z prirodzeného procesu spaľovania palív a uvoľňovaním potenciálne škodlivých látok do ovzdušia, vodných biosfér a pôdy, ale aj dôsledkom ľudských chýb. Do roku 2050 sa tiež očakáva, že transformácia energetických systémov na tie z obnoviteľných zdrojov môže viesť k 0,2 % nárastu zamestnanosti. Vedecký časopis *Lancet* tiež uverejnil štúdiu, podľa ktorej zamestnanci pracujúci na pracoviskách zakomponovaných do udržateľnej energetickej siete majú vyššiu úroveň mentálneho zdravia, čo má za následok zvýšenie produktivity práce (štúdia uvádza, že potenciálny zisk z takéhoto zvýšenia produktivity práce sa odhaduje až na hodnotu 16 miliárd USD) a taktiež pozitívny vplyv na ich vnímanie rôznych sociálnych problémov, s ktorými sa zamestnanci v práci stretávajú, ako napríklad stres, strach, alebo iné podobné faktory³⁴.

Ďalším pozitívnym prínosom je vytvorenie nových pracovných miest predovšetkým pre vysokokvalifikovaných zamestnancov v sektore výroby, inštalácie, udržiavania a správy. Tieto benefity sú ešte vyššie v oblasti smart energií, pretože hoci digitalizácia tohto sektora redukuje potrebné množstvo zamestnancov, ponúka možnosti ľahšej expanzie a otvorenie nových geografických sektorov nielen vo Fínsku, ale aj v zahraničí. Taktiež existuje možnosť začlenenia samotných domácností do siete prostredníctvom systémov výroby vlastnej energie, napríklad prostredníctvom solárnych panelov, čo ponúka zníženie nákladov pre správcu siete³⁵.

³³ GUTIERREZ-GARCIA Francisco et al. *Robustness of electricity systems with nearly 100% share of renewables: A worst-case study*. [elektronický zdroj]. Ithaca: Cornell University Press, 30. 5. 2021, [cit. 20.10.2021], EPRINT 2105.14582. Dostupné na : <<https://arxiv.org/abs/2105.14582>>

³⁴ RENJEN, Punit. *Creating stigma-free work cultures is the key to tackling the mental health crisis*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.forbes.com/sites/deloitte/2021/10/07/creating-stigma-free-work-cultures-is-key-to-tackling-the-mental-health-crisis/?sh=3eda096b71fd>>

³⁵ UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Local renewable energy benefits and resources*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-renewable-energy-benefits-and-resources>>

Smart technológie navyše poskytujú stabilizačný mechanizmus pre nielen štátne, ale aj svetové hospodárstvo. Náklady, ktoré je potrebné vynaložiť na prevádzku smart a obnoviteľných sietí, totiž z veľkej časti tvoria prvotné náklady, a síce náklady na konštrukciu, inštaláciu a prvotné spozajzdnenie týchto zariadení. Fosílna palivá oproti tomu závisia na inflácii, svetových cenách, dostupnosti suroviny, nákladov potrebných na tranzit suroviny atď. Náklady na udržiavanie týchto sietí sú porovnateľné s nákladmi, ktoré je nutné vynaložiť na udržiavanie smart sietí a často sú aj nižšie kvôli fluktuáciám na trhu s fosílnymi palivami. Celkové náklady na spozajzdnenie a udržiavanie smart a obnoviteľných energetických sietí sú tým pádom oveľa stabilnejšie, a aj keď počiatočné náklady môžu predstavovať vyššiu hodnotu, ako dlhodobá investícia sú smart a obnoviteľné energetické siete výhodnejšie³⁶.

Znižovanie nákladov sa pritom netýka len samotného spotrebiteľa, ale aj poskytovateľa elektrickej energie. Pomocou smart meračov, ktoré sa v smart sieťach používajú, a vysokej digitalizácií procesu distribúcie energie sa podstatne znížili náklady, ktoré musí poskytovateľ vynaložiť na zistenie celkovej elektrickej spotreby jeho klientov a zároveň mu poskytujú komplexnejší obraz o tendenciách v ich správaní, čo mu môže pomôcť prispôbiť ceny, zvýšiť efektívnosť energií a komfortu v domácnostiach a tiež predpovedať správanie svojich spotrebiteľov. Z dôvodu celkového rastu spotreby energie v domácnostiach sú behaviorálne tendencie spotrebiteľov často empiricky skúmané, aby dodávatelia vedeli prispôbiť a optimalizovať svoje zdroje. Problémom takéhoto spôsobu získavania informácií je to, že je to stále relatívne nový a málo preskúmaný spôsob, a teda existujú viaceré nepresnosti, ktoré môže tento systém vyvolať. V súčasnosti poznáme viacero spôsobov sledovania tendencii v spotrebe energie, ako napríklad FFT (*Fast Fourier Transform*), ktorý funguje na princípe merania spotreby energie v domácnostiach v reálnom čase, avšak je vysoko časovo náročný; HHT (*Hilbert Huang Transform*), ktorý je veľmi dobrý na získavanie informácií z energeticky vytváraných miest a čoraz častejšie využívaný. HHT na svoje fungovanie využíva empirický rozklad módov (*EED - Empirical Mode Decomposition*) na rozšifrovanie a rozloženie nelineárnych a hýbajúcich sa signálov na určité funkcie, ktoré sú potom použité na vizualizáciu celkového spektra určitej geografickej

³⁶ KUKREJA, Rinkesh. *What is renewable energy?*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>>

oblasti. Táto vizualizácia je potom premietnutá do trojrozmerného grafu, zobrazujúceho polohu a intenzitu spotreby energie v danej lokalite³⁷.

Benefits smart rozvodových sietí však siahajú aj do samotného množstva elektrickej energie, ktoré sa rozvádza ku konečným spotrebiteľom. Administratíva pre informácie o energiách USA (Energy Information Administration - EIA) odhadovala, že straty energie pri jej transmisii a distribúcii dosiahli hodnotu okolo 5 % z celkového množstva distribuovanej energie v USA v rokoch 2016 až 2020³⁸. Smart rozvodové siete vo Fínsku oproti tomu dosahujú úroveň 99,9998 % množstva distribuovanej energie z celkového množstva energie. Obnoviteľné zdroje a smart riešenia tiež Fínsku pomáhajú naplniť ciele plynúce z Európskej zelenej dohody predstavenej 11. decembra 2019. Medzi tieto ciele patrí klimaticky neutrálna Európska únia do roku 2050, zníženie čistých emisií skleníkových plynov do roku 2030 aspoň o 55 %, hospodársky rast nezávislý na využívaní zdrojov a nulifikovanie regionálnych rozdielov. Už dnes viac než 40 % vyprodukovanej energie vo fínskom hospodárstve predstavuje energia pochádzajúca z obnoviteľných zdrojov a vláda má za cieľ zvýšiť tento podiel na 55 % do roku 2030. Faktory, ktoré Fínsku v tomto ohľade pomáhajú je celkový pokles spotreby energie, ktorý v roku 2020 klesol o 6 % v porovnaní s rokom 2019 a zároveň kontinuálne zvyšovanie produkcie vodnej, veternej a solárnej energie aj prostredníctvom investičných programov *Smart Energy Finland*. V roku 2020 bola tiež spotreba energie z obnoviteľných zdrojov prvý raz vyššia ako spotreba energie vyrobenej prostredníctvom fosílnych palív³⁹.

2.4 Technológie využívané smart systémami

Technológie využívané smart sieťami pomáhajú spotrebiteľom optimalizovať svoju spotrebu energie prostredníctvom analýzy a dát v reálnom čase. Najrozšírenejšie produkcie a procesy zahŕňajú:

- **Smart merače a inteligentné zariadenia** - Smart merače umožňujú spotrebiteľom komunikovať digitálne a zvyčajne sa inštalujú pre všetky zariadenia v domácnosti. Koneční používatelia si tiež môžu zakúpiť nové verzie bežne používaných domácich

³⁷ SANABRIA-VILLAMIZAR Mauricio et al. *Characterization of household-consumption load profiles in the time and frequency domain* [elektronický zdroj]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2022, [cit. 13.1.2022]. ISSN 0142-0615. Dostupné na : <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061521009789>>

³⁸ U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Frequently asked questions (FAQS)*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 28.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=105&t=3>>

³⁹ MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS AND EMPLOYMENT OF FINLAND. *Renewable energy in Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 28.10.2021]. Dostupné na : <<https://tem.fi/en/renewable-energy>>

zariadení, termostatov, zavlažovacích systémov a bezpečnostných systémov, rovnako ako zatepľovacích a chladiacich systémov, ktoré môžu komunikovať so smart meračmi a prispôsobovať spotrebu energie podľa súčasných podmienok a preferencií používateľa. Systémy tiež môžu byť kontrolované na diaľku prostredníctvom internetového pripojenia;

- **Automatizované siete** - Transmisia energie s obojsmernou komunikáciou umožňuje operátorom odpovedať na dáta zhromaždené z komponentov siete, ako napríklad smart meračov a regulátorov napätia. To im umožňuje ľahšie a efektívnejšie využívať zdroje získavania energie v závislosti od jej aktuálnej spotreby;
- **Inteligentný manažment dopytu** - Tieto technológie sú schopné vycítiť preťaženie systému a presmerovať novo vygenerovanú energiu, aby zabránili potenciálnemu poškodeniu systému⁴⁰.

Produkty a zariadenia využívajúce smart energie môžu byť využité v rezidenčných, komerčných, inštitucionálnych a priemyselných sektoroch. Prostredníctvom lepšej dostupnosti analytických dát pre operátorov a spotrebiteľov energie, smart technológie vytvárajú informačný mostík spájajúci tvorbu, transmisiu a distribúciu so spotrebiteľmi. Obojsmerná komunikácia vytvorená týmto spojením dokáže optimalizovať produkciu energie vo vzťahu k dopytu po energii. To môže pomôcť manažérom a spotrebiteľom robiť efektívnejšie rozhodnutia o použití energie, berúc v úvahu požiadavky siete a cenové signály⁴¹.

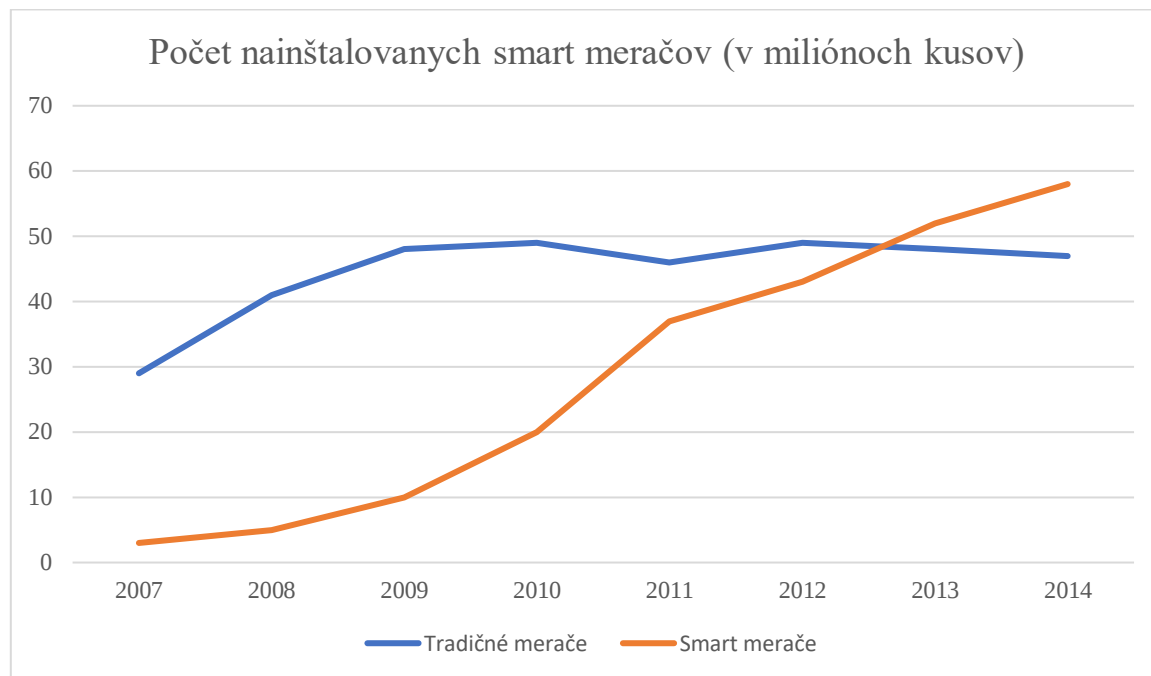
Ďalšie nové zariadenia prispievajú k väčšej prepojenosti a citlivosti smart siete, napríklad meráciu infraštruktúry, automatické prepínače podávačov, regulátory napätia a iné pokročilé kontrolné mechanizmy, ktoré ponúkajú vyššiu úroveň stability a odolnosti. Smart merače taktiež napomáhajú spotrebiteľom komunikovať digitálne a robiť informovanejšie rozhodnutia týkajúce sa dopytu po energii, produkcii a spotreby. Uľahčené a digitalizované zdieľanie dát je pre smart siete špecifické. Od roku 2007 miera zavádzania týchto smart

⁴⁰ U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *The smart grid: An introduction*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf>

⁴¹ GOLDMAN, Chuck. LEVY, Roger. *An introduction - Smart Grid 101*. [elektronický zdroj]. 2012. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.slideserve.com/gavan/an-introduction-smart-grid-101-chapters-1-3>>

meračov rástla, až nakoniec prekonalu mieru zavádzania tradičných automatických inštalácií v roku 2013, keď počet nainštalovaných smart meračov dosiahol hodnotu 51.9 milióna⁴².

Graf 1: Počet nainštalovaných smart meračov vo Fínsku (v miliónoch kusov)



Zdroj: U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Electric monthly update*. [elektronický zdroj]. 2015. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.eia.gov/electricity/monthly/update/archive/april2015/>>

Nové smart zariadenia pomáhajú rezidenčným spotrebiteľom lepšie porozumieť ich spotrebe energie a tým podnecujú k zmenám v individuálnom správaní. Napríklad, smart termostaty ponúkajú spotrebiteľom dáta o časoch, počas ktorých sa ich zariadenia zapínajú a vypínajú a porovnávajú ich s dátami ich susedov. Termostaty tiež ponúkajú tipy, ako ušetriť energiu, ako napríklad pranie počas noci, keď je cena energie nižšia, alebo iniciatívy dočasne znížiť spotrebu energie, keď je dopyt po energii zvýšený.

Podobné fenomény možno pozorovať aj v prípade priemyselného a komerčného využitia smart systémov. Prístup k súčasným informáciám o dopyte a cenách pomáha používateľom robiť informované rozhodnutia o spotrebe energie a lepšie optimalizovať a alokovať ich dostupné zdroje. Spotrebiteľia veľkého množstva elektrickej energie sa môžu rozhodnúť, či energiu použijú, alebo ju predajú naspäť sieti, využívajúc súčasnú volatility

⁴² U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Electric monthly update*. [elektronický zdroj]. 2015. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.eia.gov/electricity/monthly/update/archive/april2015/>>

v úrovni cien. Držitelia skladovacích zariadení pre energiu môžu tiež týmto spôsobom využiť svoje zásoby na generáciu ďalšieho zisku z predávania prebytočnej energie⁴³.

Efektivita uskladňovania energie sa za posledné roky neustále zlepšovala, aby umožnila efektívnejšie skladovanie nadbytočnej energie v prípade, ak generátory energie vyrábajú prebytok. Progres v technológii batérii tiež zvyšuje spoľahlivosť vodných a veterných zdrojov energie, pretože prostredníctvom batérii môžu skladovať energiu v prípadoch nepriaznivých podmienok, čo môže viesť k ešte väčšiemu nárastu použitia týchto zdrojov energie, primárne v ekonomike Fínska, kde sa už teraz tieto zdroje využívajú a ich použitie narastá⁴⁴.

⁴³ SCHLICHTING, Kerry. *Energy smart technologies in the evolving power system*. [elektronický zdroj]. 2016. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2016/02/the_smart_grid_how_energy_technology_is_evolving_print.pdf>

⁴⁴ DAVIES, Rob. *A power of good? Smart energy technology explained*. [elektronický zdroj]. 2016. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.theguardian.com/business/2016/nov/07/smart-energy-technology-explained-power-good>>

3 Program Smart Energy Finland

Program Smart Energy Finland ponúka platformu pre lokálne ministerstvá, regulátorov a verejných činiteľov na výskum a vývoj udržateľných riešení. Taktiež podporuje vývoj projektov a vytváranie smart sietí.

3.1 Fungovanie programu Smart Energy Finland

Predpokladá sa, že ročné investície do zelenej energie dosiahnu hodnotu 2 bilióny USD a že ich hlavným cieľom bude postupné nahrádzanie fosílnych palív zelenou energiou. To znamená, že spolu s rastom popularity zelenej energie, bude rásť popularita aj jej sprievodných technológií, ako napríklad batérii a flexibilných sietí. Taktiež sa nesmie zabudnúť na zvýšenú popularitu elektrických áut, ktoré prispievajú k celkovej transformácii dopravy na elektrizovanú⁴⁵.

Fínsko je známe vysokou odbornosťou na poli obnoviteľných zdrojov, smart sietí, elektroník a automatizácie. Energetický sektor Fínska prispieva k veľkej časti štátneho exportu a predpokladá sa, že bude rásť aj naďalej. Z tohto dôvodu vznikol program Smart Energy Finland, ktorý funguje na báze nasledujúcich spôsobov:

- Financovanie pre jednotlivé firmy, týkajúce sa projektov spojených so zelenou energiou a výskumu a vývoja smart riešení;
- Spolupráca s medzinárodnými a akademickými spoločnosťami;
- Budovanie adekvátneho prostredia a testovacích platforiem pre ekonomické aktivity spojené so zelenou energiou vo Fínsku a cieľových trhoch;
- Medzinárodné služby pre exportné účely, napríklad organizácia stretnutí medzi nákupcami, predávajúcimi a influencermi, pomoc s etablovaním firiem na svetovej úrovni, tréning a podpora rozvojových kapacít, alebo trhovú analýzu;

Prostredníctvom týchto metód sa program Smart Energy Finland snaží dosiahnuť nasledujúce ciele:

- Podporiť medzinárodný rast firiem a prilákať medzinárodné investície do Fínska;
- Prispieť k vytvoreniu pevnej základne odborníkov vyučených v oblasti výskumu a vývoja smart energie;
- Podporiť rozmach digitalizácie a umelej inteligencie v sektore energetiky;

⁴⁵ BUSINESS FINLAND. *Smart Energy Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/services/programs/smart-energy-finland>>

- Predstaviť nové koncepty na poli efektívnosti energie, obnoviteľných zdrojov, skladovania energie, smart sietí a integrácia týchto konceptov do už vybudovaných zákazníckych sietí⁴⁶.

Smart Energy Finland pôsobí pod programom Business Finland, čo je vládna organizácia na podporu inovácii, obchodu, cestovania a propagáciu investícií. V rámci celého projektu pôsobí viac než 680 špecialistov vo viac než 42 krajinách. Organizátorkou tohto projektu a zároveň generálnou manažérkou je Nina Kopola a jej sídlo sa nachádza v Helsinkách. Program Smart Energy Finland spada pod odnož programu zaoberajúcu sa sieťovými projektmi, ktorej hlavou je Teija Lahti-Nuuttila⁴⁷.

3.2 Projekty vybudované pod záštitou programu Smart Energy Finland

Pod záštitou programu Smart Energy Finland bolo vybudovaných mnoho projektov, primárne na území Fínska, ktoré sú zamerané na širokú škálu účelov, od vytvorenia experimentálneho prostredia na optimalizáciu a vývin technológií, až po projekty zdokonaľujúce už existujúce smart siete a predstavujúce nové riešenia v oblasti digitálnych technológií.

3.2.1 Projekt HYBGEO

Projekt HYBGEO (*Hybrid geothermal technology and data enabling positive energy buildings* - Hybridná geotermálna technológia a dátovo prístupné energeticky sebestačné budovy) prebieha od 1. júla 2020 do 30. júna 2022. Spolupracujú na ňom spoločnosti VTT, GTK, Centria, Tom Allen Seneca, Basso Building Systems, Gebwell, Muovitech a Rototec a je vykonávaná v kompetencii VTT technického výskumného centra Fínska, s. r. o. (*VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.*).

Zámerom tohto projektu je výskum a vývoj technologických riešení a poskytovanie služieb v oblasti energeticky sebestačných budov. Koncepty tohto projektu sú navrhované s dôrazom na vysokú mieru použiteľnosti a ľahkú inštaláciu. Prvé inštalácie týchto zariadení sa majú vykonať v meste Helsinky, aby sa preukázala ich ekologickosť a zároveň ich efektívnosť týkajúca sa zahrievacích a chladiacich systémov. Medzi účastnícke benefity tohto programu patrí možnosť účastníkov zrealizovať svoje koncepty, zlepšiť a vyskúšať svoje produkty a riešenia v teréne a získať skúsenosti v oblasti energeticky sebestačných

⁴⁶ BUSINESS FINLAND. *Smart Energy Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/services/programs/smart-energy-finland>>

⁴⁷ BUSINESS FINLAND. *About us*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/about-us/in-brief>>

budov. Taktiež sa prostredníctvom tohto programu zvýši celková úroveň povedomia o energeticky sebestačných budovách, čo zvýši potenciál pre rozširovanie ich využitia nie len na území Fínska, ale aj v zahraničí⁴⁸.

3.2.2 Projekt SMARTFLEX

Cieľ projektu SMARTFLEX je výskum a vývoj digitálnych riešení a prístupov založených na dátach týkajúcich sa dizajnu a operácie tepelných elektrární. Hlavným účastníkom tohto projektu je firma VTT.

Projekt SMARTFLEX má krátkodobé aj dlhodobé ambície. Jeho krátkodobou ambíciou je zlepšenie podmienok, za akých fungujú už existujúce zariadenia na výrobu energie a ich adaptácia na nové okolnosti, ako napríklad zníženie objemu emisií, ktoré vytvárajú s ohľadom na stanovené ciele Fínska týkajúce sa uhlíkovej neutrality a postupného znižovania CO₂ emisií. Medzi jeho dlhodobé ciele patrí dizajn a eventúálna výstavba novej generácie elektrární s dôrazom na skladovanie vyrobenej energie, aby sa predišlo plytvaniu, a aby sa zvýšila flexibilita a stabilita distribúcie energie. Na dosiahnutie týchto požiadaviek SMARTFLEX pracuje na nových monitorujúcich a kontrolných nástrojoch pre rôzne procesy prebiehajúce v elektrárnach, zahŕňajúc nový koncept bojlerov⁴⁹.

3.2.3 Projekt POWER-TO-X

Projekt POWER-TO-X je nástupníckym programom projektu X-Ahead, ktorý vznikol pod záštitou spoločnosti Wärtsilä, ktorý už dlho pôsobí na poli inovácii týkajúcich sa udržateľných zdrojov⁵⁰. Tento projekt bol rozšírený pomocou programu Smart Energy Finland a so spoluprácou s mnohými inými inštitúciami, napríklad univerzitou LUT, Aaltskou univerzitou, spoločnosťou VTT, s. r. o. a spoločnosťou Soletay Power Oy.

Projekt X-Ahead bol zameraný na vytvorenie silnej siete univerzít, výskumných spoločností a malých a stredných podnikov na národnej aj nadnárodnej úrovni. Táto sieť mala spolupracovať na výskume nových riešení, ktoré primárne zahŕňali nové spôsoby uchovávania elektrickej energie, hlavne z veterných a vodných elektrární, aby sa predišlo

⁴⁸ ABDURAFIKOV, Rinat. *Co-innovation: HYBGEO - Hybrid geothermal energy and data enabling positive energy buildings*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <https://www.businessfinland.fi/4ad52c/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/hybgeo_esittely.pdf>

⁴⁹ SARÉN, Helena. PIIRTO, Jarkko. *Smartflex for power plant flexibility*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2020/smartflex-for-power-plant-flexibility>>

⁵⁰ WARTSILA. *Innovating for sustainability*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.wartsila.com/sustainability/innovating-for-sustainability>>

negatívnym následkom sezónnych zmien na efektivitu outputu týchto zdrojov. Projekt POWER-TO-X má za úlohu z týchto návrhov vypracovať konkrétny komerčný model. Riešenia vyvinuté prostredníctvom projektu POWER-TO-X majú obrovský potenciál hlavne v oblasti dosiahnutia uhlíkovej neutrality a tiež môžu pomôcť v ostatných oblastiach Fínskeho hospodárstva, napríklad dopravnom alebo chemickom sektore⁵¹.

3.2.4 Projekt HOPE

Projekt HOPE (*Highly Optimized Energy Systems - Vysoko optimalizované energetické systémy*), začal fungovať 1. augusta 2020 a bude trvať do 31. 7. 2022. Medzi jeho partnerov patria Oulun Energia, ABB, Fortum, HögforsGST, Fidelix, Vexve, Valmet Automation, Sumitomo SHI FW, Vaisala, Oilon, Oulská univerzita, Lappeenranta-Lahtská technologická univerzita, Fínsky meteorologický inštitút, Fínsky environmentálny inštitút a CLIC Innovation Oy.

Projekt HOPE vznikol, aby podporil úsilie aktérov v industriálnom sektore v ich ambíciách rozvíjať riešenia na zvýšenie efektivity energetických sietí a ich integráciu naprieč viacerými sektormi. Cieľom týchto výskumov je vývoj nástrojov a riešení na optimalizáciu energetických systémov primárne v oblasti operačných podmienok generovania energie z obnoviteľných zdrojov a znižovania miery ich volatility v neistých časoch, napríklad prostredníctvom pokročilých metód predpovede počasia, ktorá ponúka možnosť optimalizácie využitia metód na uskladňovanie už vyrobenej elektrickej energie. Taktiež je jeho zámerom integrácia systémov na generáciu energie a poskytovania tepla, za účelom ľahšieho uspokojenia potrieb spotrebiteľov.

Projekt je zameraný na riešenie problémov zameraním sa na viacúčelovú optimalizáciu energetických systémov spojenú s integráciou tepelných služieb a výroby elektrickej energie. Potenciálom tohto projektu je vynájdenie nových nástrojov pre operačnú optimalizáciu energetických systémov, ktorá berie do úvahy produkciu, distribúciu a dopyt. Integrácia tepelných služieb a výroby elektrickej energie predstavuje potenciál na nájdenie nových synergistických aspektov. Týmto prístupom môžu byť objavené nové spôsoby manažmentu, pomocou ktorých by sa dosiahlo celkové zefektívnenie energetických systémov. Modulárna optimalizácia riešení tiež ponúka možnosť aplikácie týchto spôsobov na rôzne druhy systémov. Projekt taktiež ponúka možnosť pre firmy vyskúšať si svoje

⁵¹ BUSINESS FINLAND. *Power-to-X ecosystem taking on new challenges for future energy storage solutions*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2020/power-to-x-ecosystem-taking-on-new-challenges-for-future-energy-storage-solutions>>

koncepty v experimentálnom prostredí. Očakáva sa, že projekt HOPE v prvých desiatich rokoch po skončení svojho pôsobenia vygeneruje zisk v hodnote jedného milióna eur⁵².

⁵² BUSINESS FINLAND. *HOPE - Highly optimized energy systems*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 15.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/4aac9c/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/hope-ecosystem-smart-energy-finland-id-6125.pdf>>

4 Ciele práce a metodika

Hlavným cieľom tejto práce je komparácia časovej línie zavádzania smart energií do fínskeho hospodárstva a zmeny v makroekonomických ukazovateľoch Fínska v relevantných kategóriách, ako napríklad sektorová zamestnanosť, s cieľom preukázať ich prepojenie a následne poukázať na konkrétne príklady smart riešení, ktoré tieto fluktuácie v makroekonomických ukazovateľoch spôsobujú. Tento cieľ sme chceli dosiahnuť prostredníctvom splnenia parciálnych cieľov, ktoré zahŕňali objasnenie pojmov „smart riešenia“ a „smart energie“, objasnenie bázy fungovania smart energií a ich následné porovnanie s tradičnými zdrojmi získavania energie. Tieto ciele slúžili na komplexný prehľad rozdielov medzi smart energiami a tradičnými spôsobmi získavania energie a princípoch fungovania smart energií. Medzi ďalšie ciele patrilo definovanie časovej línie zavádzania smart energií do fínskeho hospodárstva, keďže ich implementácia bol kontinuálny proces, ktorý by bolo náročné porovnávať s konkrétnymi údajmi o ekonomických ukazovateľoch. Ďalším dôležitým parciálnym cieľom bolo skúmanie relevantné makroekonomické ukazovatele Fínska v danom období. Medzi tieto ukazovatele patrila predovšetkým zamestnanosť, HDP per capita a percentuálny medziročný rast HDP, keďže všetky tieto ukazovatele sú náchylné na zmeny prostredníctvom implementácie smart energií do hospodárstva. Dosiahnutie týchto dvoch cieľov nám pomohlo nájsť súvislosti medzi zmenami v ekonomických ukazovateľoch a časovej línie implementovania systémov smart energií vo Fínsku. Posledným čiastkovým cieľom bolo skúmať konkrétne ekosystémy, ktoré boli vo Fínsku vybudované ako testovacie zariadenia pre široké spektrum smart riešení. Tento výskum bol dôležitý z dôvodu nájdania konkrétnych príkladov smart riešení, ktoré sú využiteľné v reálnom živote, a ktoré vplyvajú na chod fínskeho hospodárstva a vývoj jeho ekonomických ukazovateľov.

Na dosiahnutie vyššie stanovených cieľov bola použitá dedukčná metóda. Pre potreby definovania časovej línie zavádzania smart energií do fínskeho hospodárstva sme urobili rozsiahly výskum prvých výskytov rôznych smart zariadení vo fínskom aj svetovom hospodárstve a ich následné zaradenie do bežnej spotreby. Stanovenie si konkrétneho bodu v čase, od ktorého môžeme pozorovať zmeny v makroekonomických ukazovateľoch nám pomohlo v hľadaní súvislostí medzi týmito dvoma faktormi. Konkrétne relevantné makroekonomické ukazovatele sme čerpali predovšetkým z databázy Svetovej banky. Na porovnanie zmien v oblasti zamestnanosti sme sa sústredili predovšetkým na porovnanie sektorov služieb a priemyslu z dôvodu, že používané smart energií sa všeobecne zaraďuje

do sektoru služieb, na rozdiel od používania tradičných spôsobov získavania a distribúcie energie, ktoré sa často uvádza ako súčasť sektora priemyslu. Podrobne sme preskúmali vývoj v ukazovateľoch oboch týchto sektorov, spolu s vývojom ukazovateľov zamestnanosti podľa dosiahnutej akademickej úrovne zamestnancov, aby sme mali komplexný pohľad na to, ako tieto smart energie ovplyvňujú trh práce vo Fínsku. Dôležitými ukazovateľmi boli aj HDP per capita a medziročný rast HDP, ktoré nám napovedali, či má zavedenie smart energií pozitívny vplyv na celkový vývoj ekonomiky. Po dosiahnutí konkrétnych záverov sme sa zamerali na skúmanie konkrétnych typov smart riešení, ktoré sa vo Fínsku používajú. Na tieto účely sme si vybrali výskum troch experimentálnych platforiem, ktoré slúžia na výskum, vývoj a implementáciu smart riešení do bežného používania. Sledovaním činnosti týchto platforiem sme získali prehľad nie len o typoch smart riešení, ale aj o chronologickom postupe ich vývoja a prispôbovania požiadavkám trhu.

5 Vplyv zavedenia smart energií na ekonomiku Fínska

Projekty smart energií, ktoré boli zavedené do užívania spotrebiteľov, priemyslu a iných sektorov, boli využívané primárne z dôvodu znižovania nákladov a ochrany životného prostredia. V makroekonomickom ponímaní však mohli tieto projekty vyvolať v ekonomike Fínska fluktuácie, ktoré mohli mať vplyv na celkové fínske hospodárstvo.

5.1 Definovanie časovej línie zavedenia smart energií vo Fínskom hospodárstve

Keďže zavedenie projektov smart energií do užívania ekonomických subjektov je kontinuálny proces, je náročné konkrétne definovať kedy začali mať tieto zmeny dopad na fínske hospodárstvo. Pre účely tejto práce sme sa teda rozhodli stanoviť čas, kedy tieto projekty začali mať dopad na ekonomiku, na rok 2014, kedy sa využívanie smart meračov stalo normou a kedy bola vo Fínsku predstavená regulácia, ktorá odporúčala využívanie smart meračov, a kedy takmer všetky z 3.7 milióna meračov v krajine boli nahradené smart meračmi⁵³. Tento trend využívania smart meračov sa začal v Spojených štátoch amerických v roku 2006, keď spoločnosť California's Pacific Gas & Electric (PG&E) začala vydávanie približne 9 miliónov kusov smart meračov v Severnej Kalifornii⁵⁴. Do Európy sa tento trend dostal o rok neskôr, a už v roku 2008 začali európske vlády vydávať zákony, ktoré umožňovali rýchle vydávanie smart meračov, primárne v Spojenom kráľovstve⁵⁵. Už od roku 2007 nastal boom vo využívaní smart meračov po celej Európe, pričom prvé zákony umožňujúce inštaláciu smart meračov vo Fínsku boli predstavené už v roku 2009, avšak tranzitívna doba, počas ktorej sa štandardné merače vymenili za smart merače, skončila v roku 2014. Na konci tejto tranzitívnej doby boli takmer všetky merače vo Fínsku nahradené smart meračmi. Vzhľadom na to, že priemerná životnosť meračov je 10 až 15 rokov, a že od roku 2014 boli predstavené rôzne iné projekty, ktorým sa konkrétne venujeme v kapitole 3, pokladáme rok 2014 za opodstatnený časový bod, od ktorého môžeme sledovať vplyv smart energií na vývoj fínskeho hospodárstva⁵⁶.

⁵³ LENZE, Thomas. *Metering as service continues to boom in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <<https://eu.landisgyr.com/blog/metering-as-a-service-continues-to-boom-in-finland>>

⁵⁴ SUMRA, Husain. *US Smart meters explained: What is a smart meter and should you opt out?*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <<https://www.the-ambient.com/guides/us-smart-meters-explained-799>>

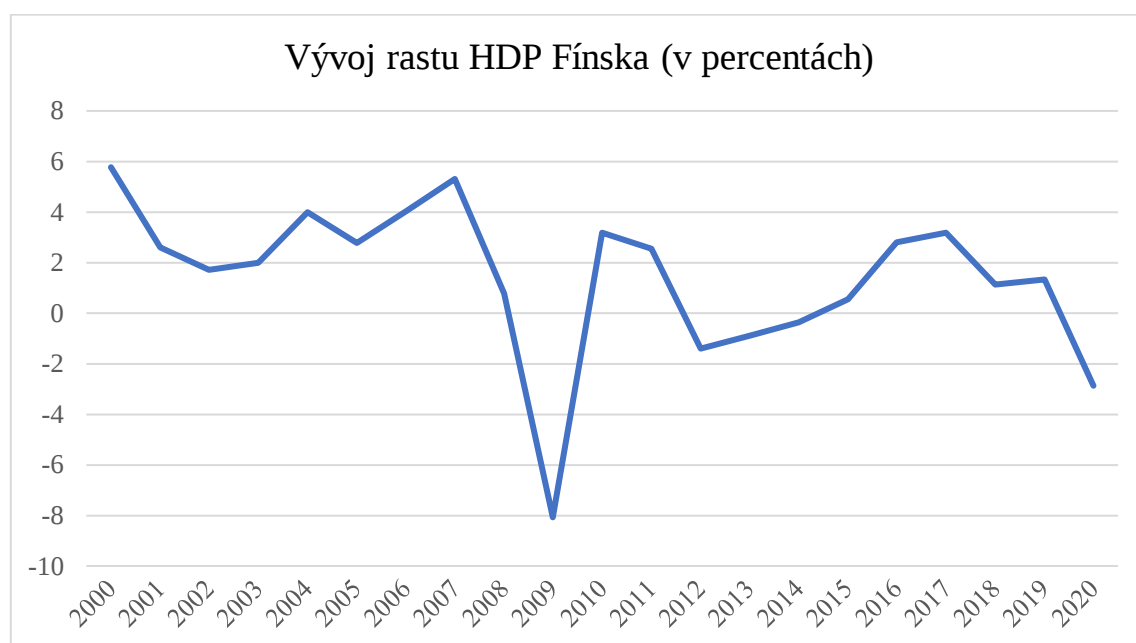
⁵⁵ BOLTON, Paul et al. *Energy smart meters*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <<https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-8119/>>

⁵⁶ ENERGIATEOLLISUUS. *Finnish Energy's Position on the features of next-generation electricity meters*. [elektronický zdroj]. 2017. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na :

5.2 Vývoj HDP Fínska od zavedenia smart systémov

HDP Fínska od roku 2000 vykazovalo kontinuálny rast, ktorý sa zastavil až nástupom veľkej hospodárskej krízy v roku 2009, kedy prvý raz dosiahlo pokles vo výške 8% HDP, pričom celkové HDP kleslo z 284 miliónov USD na 252 miliónov USD. Podobne ako väčšina vyspelých ekonomík, aj ekonomika Fínska sa z tejto krízy rýchlo dostala a opäť dosahovala pozitívne hodnoty ekonomického rastu, až do roku 2012. Od roku 2012 až do roku 2014 dosahovala fínska ekonomika negatívne hodnoty ekonomického rastu (1,3% pokles v roku 2012, 0,9% pokles v roku 2013 a 0,36 percento pokles v roku 2014). Od roku 2014 ekonomika Fínska vykazovala opäť hospodársky rast, pričom najvyššiu hodnotu dosiahol v roku 2017 (3,1%). Prvý pokles ekonomiky nastal až v roku 2020, kedy sa ekonomika Fínska prepadla o 2,8% a dosiahla hodnotu 269 miliónov dolárov⁵⁷.

Graf 2: Vývoj rastu HDP Fínska od roku 2000 (v percentách)



Zdroj: THE WORLD BANK. *GDP Growth (annual %) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2021]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=FI&start=2000&view=chart>>

Vo vývoji rastu HDP Fínska môžeme pozorovať paralely so zavedením smart systémov do bežného užívania. Ak berieme do úvahy rok 2014 ako rok, kedy sa v širokej verejnosti začali používať smart merače, tak môžeme vidieť, že to bol rovnaký rok, kedy

<https://energia.fi/files/1697/Finnish_Energy_position_paper_features_of_next_generation_electricity_meters_final_20170810.pdf>

⁵⁷ THE WORLD BANK. *GDP Growth (annual %) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=FI&start=2000&view=chart>>

ekonomika Fínska dosiahla prvý raz po páde v roku 2012 pozitívne čísla ekonomického rastu. Z tohto pohľadu môžeme usúdiť, že smart systémy boli jedným z faktorov, ktoré pomohli ekonomike Fínska dostať sa z negatívnej economickej situácie. Taktiež môžeme vidieť, že keď v roku 2020 zasiahla Európu pandémie vírusu COVID-19, fínska ekonomika sa prepadla len o 2,8%, zatiaľ čo priemerný pokles v eurozóne bol približne 6,5%. V tomto ohľade môžeme povedať, že keďže medzi výhody využívania smart sietí a smart meračov sa odstraňuje potreba určitého množstva sociálneho kontaktu (pričom sociálny kontakt patrí medzi najčastejšie spôsoby šírenia vírusu COVID-19⁵⁸) medzi spotrebiteľom a distribútorom, napríklad v situáciách, keď by bolo treba vykonať odpočet energie, alebo medzi pracovníkmi distribučných spoločností, konkrétne na pracoviskách distribútorov energie, smart systémy prispeli k väčšej odolnosti fínskej ekonomiky voči tejto kríze. Ďalšou výhodou smart systémov v pandemickej situácii je možnosť komunikácie medzi spotrebiteľom a distribútorom a tiež medzi pracovníkmi distribučných centier bez nutnosti osobného stretnutia, keďže komunikácia prostredníctvom smart meračov je automatická a poskytuje všetky potrebné informácie obom zúčastneným stranám.

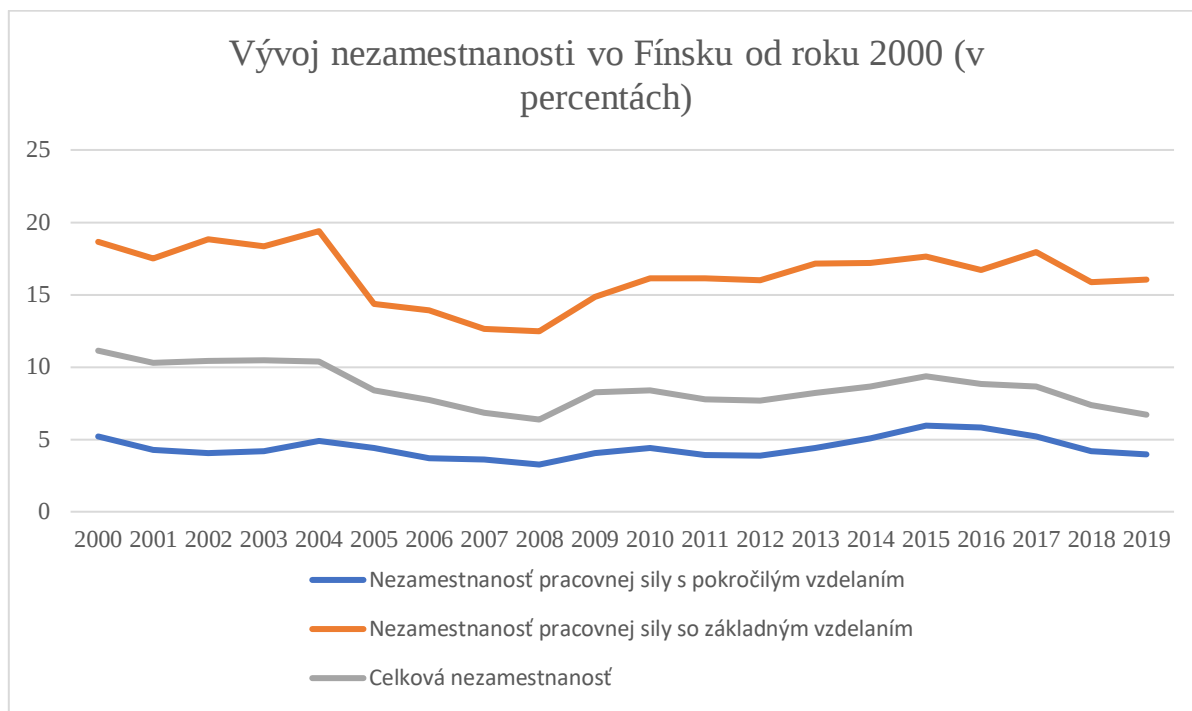
5.3 Vývoj zamestnanosti Fínska od zavedenia smart systémov

Nezamestnanosť Fínska je dlhodobo stabilizovaná na hodnote okolo 10%, pričom vykazuje dlhodobý pokles. V roku 2000 mala celková fínska nezamestnanosť hodnotu 11,3%, a klesajúci trend pokračoval až do globalnej financej a hospodarskej krízy (Veľká bola v ,29 roku) v roku 2009, kde dosiahla hodnotu 8,25%. Nezamestnanosť klesala od roku 2010 (8,39%) do roku 2012 (7,69%) a v nasledujúcich rokoch opäť stúpala, pričom svoju najvyššiu hodnotu dosiahla v roku 2015 (9,38%). Následne začala nezamestnanosť klesať až do roku 2019, kedy dosiahla úroveň 6,7%, po ktorej sa z dôvodu pandémie COVID-19 zvýšila na úroveň 7,83% v roku 2020⁵⁹.

⁵⁸ WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?* [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>>

⁵⁹ THE WORLD BANK. *Unemployment, total (% of total labor force) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS?end=2020&locations=FI&start=2000>>

Graf 3: Vývoj nezamestnanosti vo Fínsku od roku 2000 (v percentách)



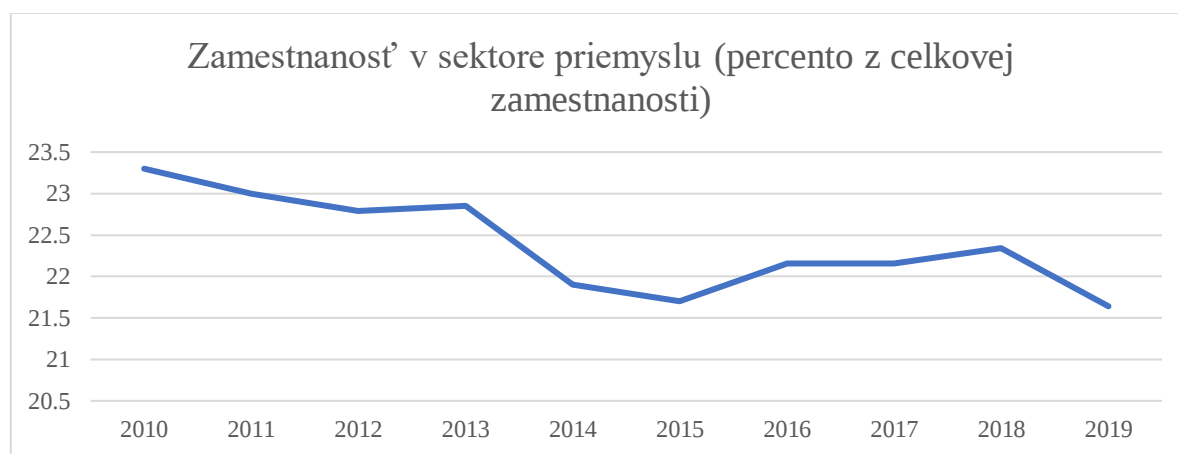
Zdroj: THE WORLD BANK. *Unemployment, total (% of total labor force) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS?end=2020&locations=FI&start=2000>>

Ako môžeme vidieť na grafe, nezamestnanosť pracovnej sily so základným vzdelaním je v priemere oveľa vyššia ako nezamestnanosť pracovnej sily s pokročilým vzdelaním, pričom pokročilé vzdelanie predstavuje vysokoškolské vzdelanie alebo najvyššie možné vzdelanie v technickom odbore. Od roku 2014 pritom môžeme vidieť krátkodobý nárast nezamestnanosti v oboch týchto kategóriách, čo sa následne prejavilo aj na náraste celkovej nezamestnanosti. Jedným z faktorov tohto krátkodobého nárastu môže byť práve zavedenie smart systémov, ktoré znížili počet potrebných pracovníkov v energetickom sektore a viedli k prepúšťaniu. Na grafe tiež môžeme vidieť, že od roku 2014 začala byť miera nezamestnanosti ľudí so základným vzdelaním volatilnejšia než miera nezamestnanosti ľudí s pokročilým vzdelaním. Jeden z faktorov tohto fenoménu môže byť práve náročnosť využívania smart systémov na pokročilejšie technologické vzdelanie a tiež nepotrebnosť menej vzdelanej pracovnej sily, ktorá bola v tomto sektore využívaná na vykonávanie prác, ktoré boli nahradené funkciami smart systémov (ako napríklad komunikácia so spotrebiteľom, odpisovanie meračov atď.). Na krivke nezamestnanosti ľudí s pokročilým vzdelaním môžeme vidieť, že po počiatočnom náraste nezamestnanosti sa opäť

dostala do klesajúceho trendu, čoho jeden z faktorov môže byť práve dopyt po vzdelanej pracovnej sile v energetickom priemysle.

Efekt zavedenia smart energií na zamestnanosť môžeme vidieť aj v štatistikách zamestnanosti vo fínskom priemysle. Zamestnanosť v tomto sektore kontinuálne klesala už od roku 2000 (kedy dosahovala hodnotu 27,95%), ale pokles bol zväčša graduálny a nezaznamenával ročné poklesy vyše 1% (s výnimkou veľkej hospodárskej krízy v roku 2009, kedy dosiahol hodnotu 1,2%). Práve v roku 2014 so zavedením smart energií vo veľkej škále poklesla zamestnanosť v priemyselnom sektore o 0,95%, čo bol najväčší pokles od roku 2000 (s výnimkou hospodárskej krízy)⁶⁰. Tento pokles súvisel s prepúšťaním prevažne nízko kvalifikovaných zamestnancov z energetického sektora. V roku 2016 môžeme práve naopak vidieť nárast pracovníkov v industriálnom sektore, ktorý korešponduje s poklesom nezamestnanosti pracovnej sily s dosiahnutým vyšším vzdelaním (zatiaľ čo nezamestnanosť pracovnej sily so základným vzdelaním v tomto období stúpala). Na základe tohto môžeme predpokladať, že po prvotnom prepúšťaní sa otvorili nové miesta v energetickom sektore pre vysokokvalifikovaných zamestnancov, ktorí vďaka svojmu vzdelaniu môžu efektívnejšie využívať benefity smart energií.

Graf 4: Zamestnanosť v sektore priemyslu (percento z celkovej zamestnanosti)



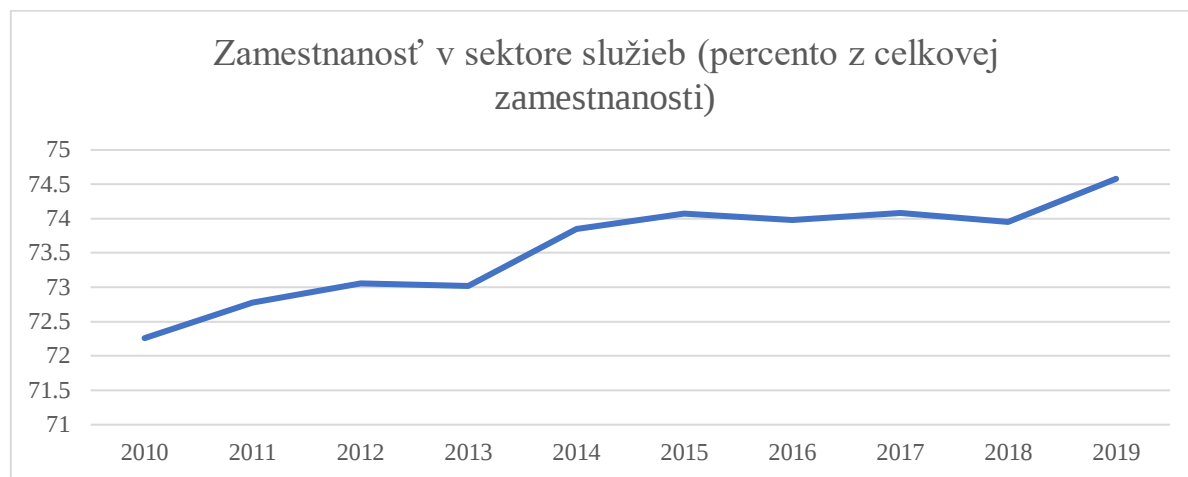
Zdroj: THE WORLD BANK. *Employment in industry (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na : <https://data.worldbank.org/indicator/SL.IND.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>

Opačný jav môžeme sledovať na zamestnanosti v sektore služieb, ktorý v roku 2014 zaznamenal nárast o 0,83%, čo predstavovalo najväčší ročný prílev pracovnej sily do tohto

⁶⁰ THE WORLD BANK. *Employment in industry (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na : <https://data.worldbank.org/indicator/SL.IND.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>

sektora od roku 2000⁶¹. Môžeme teda predpokladať, že zavedenie smart systémov do bežného používania bolo jedným z faktorov presunu pracovnej sily z priemyselného sektora do sektora služieb.

Graf 5: Zamestnanosť v sektore služieb (percento z celkovej zamestnanosti)



Zdroj: THE WORLD BANK. *Employment in services (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na :
<<https://data.worldbank.org/indicator/SL.SRV.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>>

⁶¹ THE WORLD BANK. *Employment in services (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na :
<<https://data.worldbank.org/indicator/SL.SRV.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>>

6 Najvýznamnejšie inovačné platformy vo Fínsku v súčasnosti

Fínsko je v súčasnosti svetovým lídrom v smart technológiách. Pod záštitou Smart Energy Finland prebieha množstvo projektov, ktoré sú zamerané na zefektívnenie a optimalizáciu existujúcich technológií a na nové inovácie v tejto oblasti. Medzi najvýznamnejšie projekty patria výskumné platformy Smart Otaniemi, Smart Energy Åland a Vaasa, v ktorých prebieha významná časť výskumov, a ktoré sú používané na zvýšenie efektivity inovácii Fínskych spoločností. Tieto výskumné platformy taktiež ponúkajú príležitosti pre malé a stredné podniky, aby mohli vstúpiť na energetický trh prostredníctvom rôznych typov spoluprác a dohôd s investičnými partnermi.

6.1 Platforma Smart Otaniemi

Smart Otaniemi je inovačné prostredie pre smart a udržateľné riešenia pre mestské prostredie. Na tejto platforme sa združujú start-upy, malé a stredné podniky, výskumné inštitúcie, univerzity a zástupcovia verejného sektora z celého sveta, aby spolupracovali na nových inováciách⁶².

6.1.1 Všeobecná charakteristika platformy Smart Otaniemi

Otaniemi je mestská časť nachádzajúca sa na juhovýchodnom pobreží mesta Espoo, ktoré sa nachádza na západ od hlavného mesta Fínska Helsínk na južnom pobreží krajiny. Rozprestiera sa na ploche 5 km² a žije v nej približne 3500 obyvateľov⁶³, nezahŕňajúc personál inovačnej platformy.

Pod záštitou projektu Smart Otaniemi v súčasnosti pracuje približne 5000 výskumníkov z celého sveta, ktorí tvoria 25 jednotiek výskumu a vývoja. V rámci tohto projektu pôsobí vyše 200 malých a stredných podnikov, 3 start-upy a nachádza sa tu 5 sídel významných medzinárodných aktérov, konkrétne VTT (Technologické centrum Fínska), Aaltská univerzita, Nokia, ABB a Fortum. Aj napriek tomu, že sa na území tohto projektu nachádzajú sídla len piatich významných partnerov, celkovo na projekte spolupracuje 75 partnerov, medzi ktorých patria napríklad Fidelix Oy, LADEC, s. r. o., Gravito a Teraloop⁶⁴.

⁶² SMART OTANIEMI TEAM. *Solutions for sustainable life*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/about-us/>>

⁶³ ZHUJIWORLD. *Otaniemi - Finland*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://zhujiworld.com/fi/352460-otaniemi/>>

⁶⁴ SMART OTANIEMI TEAM. *Smart Otaniemi Network*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/smart-otaniemi-network-from-a-z/>>

Platforma Smart Otaniemi sa sústreďuje na urbanizačné riešenia naprieč piatimi sektormi. Tieto sektory sú navzájom komplementárne a spolu tvoria priestor na zdokonalenie a zefektívnenie fungovania mestského života⁶⁵. Týchto päť cieľových sektorov projektu Smart Otaniemi je:

- Smart doprava, ktorá je zameraná na automatizáciu a prepájanie dopravných vozidiel, využitie 5G sietí na zlepšenie priestorovej orientácie vozidiel, smart nabíjacie systémy pre elektromobily, MaaS (Mobility-as-a-service; služba, ktorá umožňuje používateľom digitálneho kanála plánovať, rezervovať a platiť za viacero typov služieb mobility), využitie biopalív, využitie elektromobilov v oblasti verejnej dopravy a používanie dronov na monitorovanie situácie v dôležitých dopravných uzloch⁶⁶;
- Smart energia, ktorá je zameraná na zvýšenie efektivity výroby a spotreby energie prostredníctvom smart sietí, konceptu smart budov, využívania digitálnych dvojčiat (počítačový program, ktorý funguje ako virtuálny ekvivalent existujúceho objektu, pomocou ktorého možno simulovať rôzne situácie a predpovedať jeho budúce správanie) a virtuálnych elektrární (systém, ktorý zbiera informácie primárne o spotrebe energie a následne umožňuje výrobcovi prispôbiť využitie výrobných kapacít podľa dopytu)⁶⁷;
- Cirkulárna ekonomika, ktorá je zameraná na identifikáciu a pochopenie dopadov na životné prostredie v prípade jej nedodržiavania, právne regulácie, ktoré umožňujú jej efektívnejšie fungovanie, inovácie zlepšujúce jej fungovanie a následný export týchto inovácií a riešení na svetový trh⁶⁸;
- Dáta a prepojenia; zamerané predovšetkým na zber a využitie dát v reálnom čase, získaných prostredníctvom 5G technológií a využitých na zvýšenie úrovne bezpečnosti vo verejných priestoroch a priestranstvách⁶⁹;

⁶⁵ SMART OTANIEMI TEAM. *Systematic challenges are solved piece-by-piece*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartotaniemi.fi/key-focus-areas/> >

⁶⁶ SMART OTANIEMI TEAM. *Mobility*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/focus-area/mobility/>>

⁶⁷ SMART OTANIEMI TEAM. *Let's re-discover energy*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartotaniemi.fi/focus-area/energy/> >

⁶⁸ SMART OTANIEMI TEAM. *Circular economy is the key to sustainable societies*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/focus-area/circular-economy/>>

⁶⁹ SMART OTANIEMI TEAM. *Data & Connectivity*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na: <<https://smartotaniemi.fi/focus-area/data-connectivity/>>

- Mestský dizajn, zameraný na zapojenie obyvateľov do chodu mesta, využitie mesta ako platformy pre rôzne projekty a mestskú produkciu potravín⁷⁰.

Zdokonalením inovácii vo všetkých cieľových sektoroch má projekt Smart Otaniemi ambíciu vybudovať holistické smart mesto budúcnosti, ktoré bude slúžiť ako inšpirácia a prototyp budúcich urbanizačných projektov⁷¹.

6.1.2 Výsledky prvej fázy projektu Smart Otaniemi

Prvá fáza tohto projektu bola zameraná na tri oblasti výskumu a inovácii: smart energiu, smart dopravu a zdieľanie dát. Celkovou ambíciou bolo zamerať sa na mesto ako na jednu bunku, ktorá by mala mať potenciál fungovať do určitej miery sebestačne a nezávisle od ostatných miest. (Toto inak vychádza z teórie miest) Pre tento účel bol v mestskej časti Otaniemi vybudovaný sektor, ktorý bol určený na vytvorenie tohto prototypu sebestačného mesta.

Počiatočné fázy boli venované primárne teoretickému výskumu. V oblasti smart energie bol kladený dôraz na udržateľnosť, cenovú dostupnosť, flexibilitu a spoľahlivosť týchto zdrojov. Pozornosť bola obzvlášť kladená na využitie budov a ich zapojenie do smart sietí. Dôležitým bodom bolo využitie celkového potenciálu budov na generáciu a skladovanie energie, napríklad prostredníctvom vybudovania solárnych panelov, alebo nabíjajúcich systémov pre elektromobily. Ďalším dôležitým bodom bola digitalizácia už existujúcich domácich zariadení prostredníctvom konceptu smart domácnosti, ktorá je ovládateľná na diaľku. Dôraz bol tiež kladený na spokojnosť spotrebiteľov s už spomenutými systémami, pretože nespokojnosť by mohla viesť k odstúpeniu spotrebiteľov od týchto systémov.

Medzi úspechy v oblasti smart energie a jej distribúcie, ktoré boli dosiahnuté v prvej fáze projektu Otaniemi patrí vytvorenie a implementácia agregátneho modelu pre zhromažďovanie a distribúciu energie. Tento model funguje na báze začleňovania partnerov do energetického reťazca, prostredníctvom ktorých sa determinuje využitie dostupných zariadení na využitie energie, napríklad nabíjajúcich zariadení pre elektromobily. Implementácia tohto modelu zahŕňala vytvorenie novej softvérovej aplikácie, ktorá umožňuje jednoduchší monitoring spotreby energie v týchto zariadeniach.

⁷⁰ SMART OTANIEMI TEAM. *Supporting good life with city design*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na: <<https://smartotaniemi.fi/focus-area/city-design/>>

⁷¹ SMART OTANIEMI TEAM. *Systematic challenges are solved piece-by-piece*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/key-focus-areas/>>

Ďalším úspechom v oblasti smart energie sú inštalácie na samotných budovách v oblasti Otaniemi, konkrétne na budovách pod správou Fínskeho technického výskumného strediska. Tieto inštalácie zahŕňali vybudovanie umelého geotermálneho energetického poľa, t. j. oblasti, ktorú nie je nutné vykurovať, pretože si udržiava stabilnú teplotu primárne pomocou cirkulácie vody. Ďalšou významnou zložkou boli samotné solárne panely, ktoré boli namontované na horizontálne aj vertikálne povrchy a odhadovalo sa, že viac než 20 % celkovej energie potrebnej na fungovanie tejto mestskej časti je možné vyrobiť prostredníctvom týchto solárnych panelov. Tieto očakávania boli naplnené. Úspechom tiež bola stabilita týchto solárnych systémov, ktorá bola dosiahnutá primárne vďaka použitiu batérii na uskladňovanie elektrickej energie.

V oblasti smart dopravy bol kladený dôraz predovšetkým na využitie elektromobilov a širokú dostupnosť a monitoring nabíjacích zariadení. Dôležitým bodom bola regulácia nabíjacích systémov z dôvodu možných výpadkov elektrických sietí spôsobenými neregulovaným využitím nabíjacích zariadení na elektromobily. Návrhy sa preto sústredili na vytvorenie agregátnych systémov pre nabíjacie zariadenia, ktoré by pracovali ako jedno veľké nabíjacie miesto pre desiatky elektromobilov namiesto individuálnych nabíjacích staníc. Ďalším objektom výskumu boli nové koncepty nabíjacích zariadení, napríklad bezdrôtové nabíjacie zariadenia.

Jedným z konkrétnych výskumov bolo vybudovanie agregátneho nabíjacieho zariadenia na jeseň roku 2020 v meste Porvoo. Toto nabíjacie zariadenie malo podobu parkoviska pre 35 elektromobilov, pričom všetky parkovacie miesta boli napojené na virtuálnu elektrárňu a následne na reálnu elektrickú sieť. Využitie tohto parkoviska je na základe výskumu trvajúceho 14 dní veľmi veľké, predovšetkým v pondelok až piatok, kedy je na tomto parkovisku napojených v priemere 28 áut (80 % z jeho celkovej kapacity) naraz, pričom najvyššie hodnoty sú dosahované v časoch 9:00 až 17:00. Naopak, najnižšie využitie tohto parkoviska môžeme vidieť v nedeľu počas celého dňa, kedy je na tomto parkovisku napojených priemerne 8 áut (približne 23 % z jeho celkovej kapacity)⁷². Z tohto prieskumu môžeme vidieť, že toto parkovisko je využívané predovšetkým na parkovanie a nabíjanie elektrických áut počas pracovnej doby. Napojenie na virtuálnu elektrárňu znamená väčšiu mieru flexibility, keďže vďaka nemu sa automaticky prispôsobuje prevod elektrickej energie

⁷² CHARGEMAP. *Charging stations in Porvoo*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 4.3.2022]. Dostupné na : <<https://chargemap.com/cities/porvoo-FI>>

do týchto nabíjajúcich zariadení, čo v praxi znamená deaktiváciu prevodu energie do systému v časoch, keď sa tieto zariadenia nevyužívajú, napríklad v nočných hodinách.

Ďalším úspechom boli pokroky v budovaní systému bezdrôtového nabíjania elektromobilov. Tieto pokroky zahŕňali vybudovanie prototypu a jeho následné ohodnotenie, a projekt bude následne pokračovať vytvorením konkrétneho dizajnu za účelom priestorovej optimalizácie.

V oblasti zdieľania dát bol kladený dôraz na skutočnosť, že v posledných rokoch rapídne rastie množstvo dát, ktoré je potrebné sledovať a využívať, a že rýchle a prehľadné zdieľanie dát naprieč sektormi je kľúčovým faktorom ich efektivity. Z tohto dôvodu bol vyvinutý koncept virtuálnej platformy, ktorá slúži ako centrum pre viacerých aktérov, či už sa jedná o jednotlivcov, alebo právnické osoby. Prostredníctvom tejto platformy bolo umožnené jednoduché a prehľadné zdieľanie dát medzi viacerými aktérmi. Medzi ďalšie úspechy patrilo vyvinutie monitorovacieho systému v reálnom čase, ktorý využíva technológiu 5G. Využitie tohto systému zahŕňa napríklad monitoring rôznych výrobných stredísk v reálnom čase pomocou dronov, čo umožňuje diaľkovú kontrolu nie len procesov, ktoré v týchto strediskách prebiehajú, ale taktiež ich spotrebu elektrickej energie, automatizovanie ich procesov atď.

Ďalším úspechom bolo vyvinutie programu, ktorá predpovedá spotrebu energie jednotlivých budov na základe využitia umelej inteligencie, ktorá skúma spotrebu elektrickej energie a následne tieto poznatky posiela pomocou distribučnej siete správcovi siete, ktorý následne môže prispôbiť dodávky elektrickej energie správaniu spotrebiteľov⁷³.

6.2 Platforma Smart Energy Åland

Smart Energy Åland je jediná platforma svojho druhu na svete, ktorá má za cieľ dokázať, že spoločnosť má potenciál fungovať iba na energii vyprodukovanej z obnoviteľných zdrojov energie bez zvýšenia nákladov pre spotrebiteľov. Investori tohto projektu majú možnosť investovať do obnoviteľných zdrojov, využitia smart energií a následne pozorovať ich vývoj v experimentálnom ekosystéme, ktorý slúži ako simulácia reálneho smart mesta. Smart Energy Åland funguje na báze investícií do riešení, ktoré majú vysoké počiatočné náklady, ale vysokú návratiteľnosť investícií v dlhodobom hľadisku s podporou vlády Fínska a Európskej Únie.

⁷³ OORNI, Sanna et al. *Results of Smart Otaniemi First Phase Pilots*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.youtube.com/watch?v=Ihqk4i0cN7E>>

6.2.1 Všeobecná charakteristika platformy Smart Energy Aland

Platforma Smart Energy Aland pôsobí na ostrove Aland, ktorý sa nachádza v súostroví Alandské ostrovy, ktoré sú fínskym autonómnym územím a nachádzajú sa na juhozápad od fínskeho pobrežia⁷⁴. Ostrov Aland má ideálne poveternostné a solárne podmienky pre svoj vlastný energetický ekosystém. Inštalácie solárnych panelov na súkromných a verejných budovách sú čoraz častejšie a na ostrove sa taktiež nachádza veľké množstvo veterných turbín, ktorých počet rástol už od roku 1994. Dnes tieto turbíny vytvárajú energiu, ktorá pokrýva vyše 20 % spotreby na ostrove.

Alandská provinčná vláda vedie ambicióznú klimatickú a energetickú politiku, ktorú tvorí 7 cieľov, ktoré by mali byť dosiahnuté do roku 2030 pod názvom Energetická a klimatická stratégia pre Alandské ostrovy. Vďaka autonómii môže alandská vláda zavádzať vlastnú legislatívu, čo jej umožňuje rýchlejšiu adaptáciu na inovácie prebiehajúce v energetickom sektore.

Program Smart Energy Aland prináša viaceré priame a nepriame benefity pre obyvateľstvo Alandských ostrovov:

- vznik nových pracovných príležitostí budovaním nových závodov;
- zvýšenie povedomia o Alandských ostrovoch v medzinárodnej spoločnosti;
- vznik nových spoločností prostredníctvom vývoja nových produktov a riešení pre distribúciu energie;
- zvýšenie významu platformy Smart Energy Aland ako investora pre rôzne súkromné aj verejné projekty;
- pôsobenie platformy Smart Energy Aland ako nástroja pre realizáciu Energetickej a klimatickej stratégie pre Alandský ostrov.

Hlavné ciele Energetickej a klimatickej stratégie pre Alandské ostrovy, ktoré má provinčná vláda ambície dosiahnuť do roku 2030 sú:

- zníženie emisii oxidu uhličitého o najmenej 60 % v porovnaní s rokom 2005;
- zvýšenie podielu obnoviteľných zdrojov na celkovom množstve spotrebovanej energie na najmenej 60 %;

⁷⁴ Britannica, The Editors of Encyclopaedia. *Aland Islands*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.britannica.com/place/Aland-Islands>>

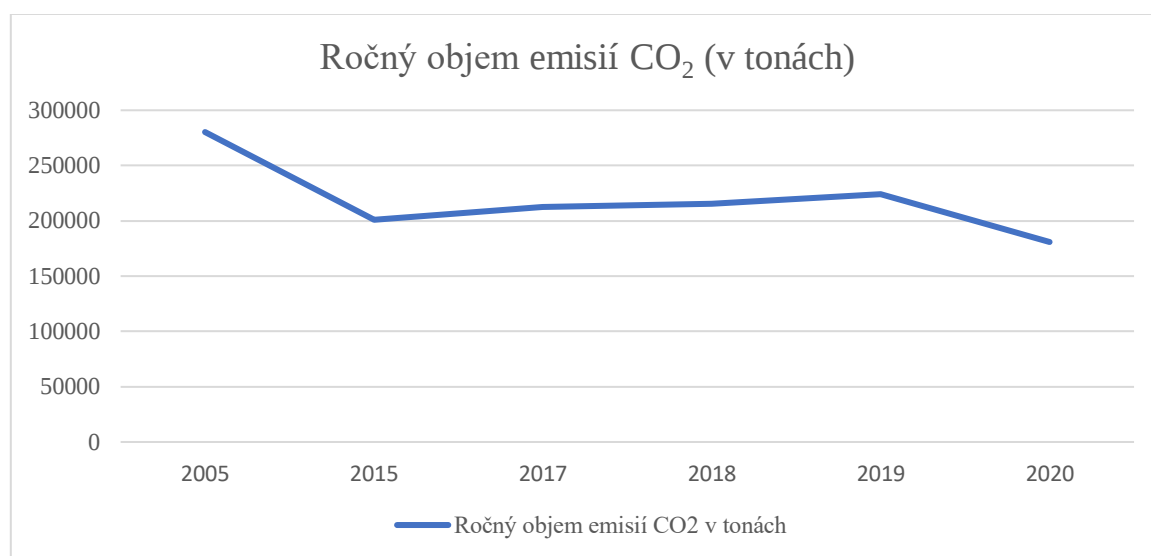
- zvýšenie podielu obnoviteľných zdrojov na celkovom množstve lokálne vyrobenej energie na 100 %;
- zníženie emisií spôsobených cestnou dopravou o najmenej 50 % v porovnaní s rokom 2005⁷⁵.

6.2.2 Dosahovanie hlavných cieľov Energetickej a klimatickej stratégie pre Ålandské ostrovy

Energetická a klimatická stratégia pre Ålandské ostrovy špecifikuje vo svojich hlavných cieľoch ambíciu zvýšiť podiel obnoviteľných zdrojov na celkovom množstve lokálne vyrobenej aj lokálne spotrebovanej energie na najmenej 60 %. Dosahovanie tohto cieľa môžeme sledovať prostredníctvom merania v reálnom čase poskytovanom programom Smart Energy Åland.

Prvou ambíciou ålandskej provinčnej vlády je zníženie emisií skleníkových plynov o najmenej 60 % do roku 2030 v porovnaní s rokom 2005. Tieto emisie pochádzajú z viacerých zdrojov, avšak dominantnými zdrojmi v regióne Ålandských ostrovov sú lodná doprava, cestná doprava a výroba tepla.

Graf 6: Vývoj objemu emisií CO₂ na ostrove Åland od roku 2005 (v tonách)



Zdroj: OM SMART ENERGY ÅLAND. Live-mätare för Ålands energi. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/live-matare/>>

⁷⁵ OM SMART ENERGY ÅLAND. En världsunik demo utförd på Åland. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/om-smart-energy-aland/>>

Na grafe č. 6 môžeme vidieť, že od roku 2005 bol na ostrove Åland zaznamenaný výrazný pokles celkových emisií CO₂. V roku 2005 bolo vypustených do ovzdušia celkovo 280292 ton CO₂, pričom tento objem kontinuálne klesá až do súčasnosti, kedy dosahuje objem 180875 ton CO₂, čo predstavuje takmer 65 % z objemu v roku 2015. V tomto aspekte teda Ålandy dosiahli 35 % pokles za 15 rokov, čo v priemere predstavuje 2,3 % pokles ročne⁷⁶. Keďže stratégia ålandskej vlády bola štruktúrovaná na horizont 25 rokov, pri súčasnom ročnom poklese by sa 60 % pokles nepodarilo dosiahnuť. Treba však brať do úvahy počiatočné limitácie pri implementovaní zmien, ktoré mohli spomaliť počiatočný rozvoj tejto stratégie, ako napríklad behaviorálne aspekty spotrebiteľov (nevôľa zaobstarat' si elektrické auto, zachovanie starších verzii meračov elektrickej energie, nevyužívanie hromadnej dopravy atď.), vysoké počiatočné investície do obnoviteľných zdrojov energie, konštrukcia solárnych panelov a veterných turbín a budovanie infraštruktúry a nabíjacích staníc pre elektromobily.

Prekonávanie týchto počiatočných komplikácií primárne v oblasti dopravy bolo dosahované prostredníctvom programu Smart Energy Åland, ktorý bol vo svojich počiatočných fázach zameraný práve na budovanie infraštruktúry a postupnú transformáciu dopravy na elektrickú. Åland je atraktívnou oblasťou pre investície do elektrickej infraštruktúry práve z dôvodu relatívne malej rozlohy. Pôsobenie programu možno vidieť napríklad v propagácii a samotnom sprostredkovaní predaja elektrických áut, ale taktiež vo vybudovaní prevoznej stanice pre elektrické autá medzi ostrovmi Föglö a Åland. Dôležitým bodom záujmu je tiež podpora biopalív ako paliva pre ťažkú dopravu, ako napríklad kamióny, alebo autobusy. Vďaka aktivitám projektu Smart Energy Åland už väčšina prevádzkovateľov hromadnej dopravy v ålandskom regióne prešla z využívania nafty ako paliva na bionaftu⁷⁷.

Teplárenský sektor je druhý najväčší spotrebiteľ energie a taktiež je na druhom mieste v emisii skleníkových plynov v ålandskom regióne. Problémom v tejto oblasti je hlavne vysoká nesúrodosť vo využívaní energie na vytváranie tepla medzi spotrebiteľmi. Program Smart Energy Åland preto pracuje s možnosťou vytvorenia tzv. *Energy Clouds*, ktoré by fungovali ako malé, nezávislé jednotky, ktoré by boli schopné združovať spotrebiteľov s podobnými behaviorálnymi znakmi do jednej jednotky, ktoré by boli

⁷⁶ OM SMART ENERGY ÅLAND. *Live-mätare för Ålands energi*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/live-matare/>>

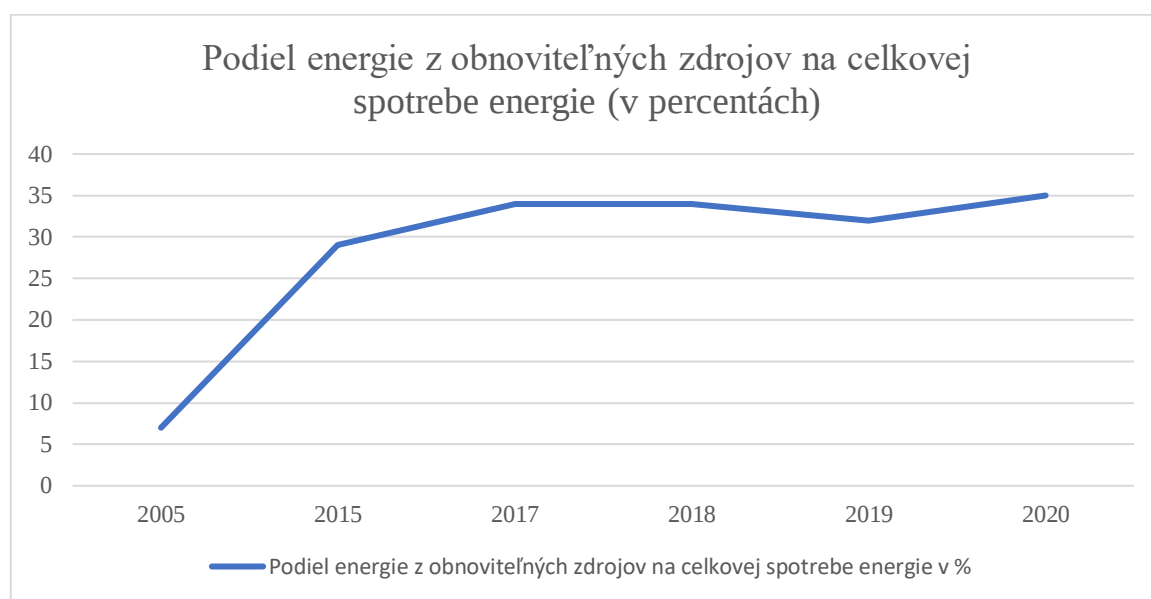
⁷⁷ OM SMART ENERGY ÅLAND. *På väg mot el- och vätgasdrift*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/transporter/>>

následne spojené s distribútorom, ktorý by mohol svoju produkciu a distribúciu prispôbiť požiadavkám tejto skupiny spotrebiteľov⁷⁸.

Dôležitým prvkom je tiež kontrola spotreby energie na výrobu tepla a skladovanie nadbytočnej výroby. V roku 2019 bol odštartovaný projekt, ktorý má za cieľ vytvoriť modely spotreby energie podľa spotreby energie viacerých dobrovoľníckych rodín, ktoré by následne mohli byť využité na prispôsobenie celkovej siete. Participanti týchto projektov obdržali špeciálne smart merače, ktoré zachytávajú spotrebu energie na tepelné účely v hodinovom intervale a odosielať tieto dáta na centrálu, kde sú potom podrobené podrobnejšiemu výskumu⁷⁹.

Druhým čiastkovým cieľom Energetickej a klimatickej stratégie pre Alandské ostrovy je minimálne 60 % podiel energie pochádzajúcej z obnoviteľných zdrojov na celkovej spotrebe energie do roku 2030. Energia je spotrebovaná primárne na tri účely: teplo, elektrická spotreba a doprava.

Graf 7: Vývoj podielu z obnoviteľných zdrojov na celkovej spotrebe energie na ostrove Aland od roku 2005 (v percentách)



Zdroj: OM SMART ENERGY ALAND. Live-mätare för Ålands energi. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/live-matare/>>

⁷⁸ OM SMART ENERGY ALAND. *Hög tid för ett hållbart värmesystem*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/varme/>>

⁷⁹ OM SMART ENERGY ALAND. *Smart styrning jämnar ut förbrukningstoppar*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/forbrukningsstyrning/>>

Na grafe č. 7 môžeme vidieť, že podiel energie pochádzajúcej z obnoviteľných zdrojov na celkovej spotrebe energie v alandskom regióne od roku 2005, kedy dosahoval hodnotu 7 %, do roku 2020 stúpol na 35 %, čo predstavuje 400 % nárast. Ročne tento podiel vzrástol priemerne o viac než 1,8 %, čiže za súčasných trendov by Alandské ostrovy nedokázali dosiahnuť cieľový 60 % podiel energie z obnoviteľných zdrojov na celkovej spotrebe energie do roku 2030⁸⁰.

Alandské ostrovy majú viaceré výhody týkajúce sa obnoviteľných zdrojov energie. Čo sa týka výroby energie prostredníctvom solárnych panelov, výhodou alandského regiónu v porovnaní s ostatnými škandinávskymi krajinami je, že letá na týchto ostrovoch sú slnečnejšie a taktiež majú väčší počet slnečných dní v porovnaní s krajinami ležiacimi viac na sever. Problémom však je, že väčšina energie vyrobená solárnymi panelmi je spotrebovaná v momente jej vzniku, keďže batérie na uskladnenie takto vyrobenej energie nie sú široko dostupné. Z tohto dôvodu program Smart Energy Aland plánuje projekty na lepšie prepojenie súkromných solárnych panelov s veľkokapacitnými batériami, ktoré by fungovali ako zhromaždisko prebytočnej energie zo solárnych panelov viacerých budov. Druhou prioritou programu v oblasti smart energie je expanzia systému solárnych panelov na ďalšie budovy, čo má potenciál zvýšiť celkovú produkciu energie z obnoviteľného zdroja a tým aj jej podiel na celkovej spotrebe⁸¹.

Čo sa týka veternej energie, poloha Alandských ostrovov v Baltickom mori znamená, že na ostrovoch je veterno, čo prispieva k atraktivite a efektívnosti veterných turbín. Prvá veterná turbína bola na Alande postavená už v roku 1991 a prvá súkromná spoločnosť zameraná na veternú energiu vznikla v roku 1994 pod názvom Aland Wind Energy Cooperative. Dnes veterné elektrárne produkujú priemerne 58 GWh energie ročne, pričom priemerná ročná spotreba energie je zhruba 310 GWh. Program Smart Energy Aland v spolupráci s provinčnou vládou identifikoval územie na juh a na sever od ostrova Aland, pokrývajúce plochu približne 1000 km², na ktorom by bolo možné vybudovať pobrežnú vodnú elektráreň s kapacitou produkcie do 6 GWh. Tento projekt však ešte nebol oficiálne spustený⁸².

⁸⁰ OM SMART ENERGY ALAND. *Live-mätare för Ålands energi*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/live-matare/>>

⁸¹ OM SMART ENERGY ALAND. *Allt fler installerar solpaneler på Åland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/sol/>>

⁸² OM SMART ENERGY ALAND. *En evig källa till förnybar energi*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/vind/>>

Tretou prioritnou oblasťou sú biopalivá a ich využitie. Tieto palivá majú potenciál využitia primárne v oblasti dopravy a v oblasti tepla. Výhodou Alandských ostrovov v tomto ohľade je krátka vzdialenosť medzi prepravnými bodmi, ktorú by museli dopravcovia týchto palív prekonať aby sa palivá dostali k ich spotrebiteľom. Nevýhodou však je relatívne malé množstvo odpadu a ťažký prístup k vhodnej biomase na výrobu biopalív, čo značne komplikuje lokálnu výrobu. Program Smart Energy Aland sa z tohto dôvodu zameriava skôr na alokáciu dostupných zdrojov do oblastí, ktoré sú klasifikované ako najlepšie na využitie biopalív (t. j. v dopravnom sektore, napríklad na pohon autobusov), ako na vytvorenie podmienok na ďalšiu výrobu. Prioritou programu je tiež podpora elektrární Orkla Ab, Lotsbrokeket a ÅCA, ktoré biopalivá využívajú vo vlastných výrobných procesoch. Ďalšou úspešnou investíciou bola výstavba zariadenia pod správou spoločnosti Svinryggen Deponi Ab, ktorá vyrába biopalivá a bio-fertilizéry⁸³.

Tretím čiastkovým cieľom Energetickej a klimatickej stratégie pre Alandské ostrovy je 100 % podiel energie pochádzajúcej z obnoviteľných zdrojov na celkovom množstve lokálne vyrobenej energie. Tento cieľ okrem iného zahŕňa nezávislosť ostrova Aland na externých zdrojoch energie. Splnením tohto cieľa by sa Aland stal energeticky sebestačným regiónom, ktorý by svoju energiu čerpal len z obnoviteľných zdrojov. V súčasnosti takmer 80 % celkového energetického mixu alandského regiónu tvoria zdroje energie, ktoré kritéria dané týmto cieľom nespĺňajú, t. j. nepochádzajú z obnoviteľných zdrojov, alebo nie sú vyrobené lokálne. V súčasnosti je 20 % energetického mixu alandského regiónu vyrobený lokálne a z obnoviteľných zdrojov, zatiaľ čo v roku 2005 to bolo 7 %. Dá sa teda povedať, že cieľ 100 % pokrytia energetického mixu lokálne vyrobenou energiou z obnoviteľných zdrojov je najambicióznejším cieľom Energetickej a klimatickej stratégie⁸⁴.

6.3 Platforma Vaasa

Platforma Vaasa je technologické inovačné centrum pod správou spoločnosti Wärtsilä, ktorá je svetovým lídrom v oblasti inovácií primárne námorníckych technológií a energetických riešení⁸⁵. Inovačná platforma tejto spoločnosti taktiež operuje pod názvom *Smart Energy Hub* (Stredisko smart energií).

⁸³ OM SMART ENERGY ALAND. *Bioenergi bygger in flexibilitet i Energiesystemet*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartenergy.ax/biogas/> >

⁸⁴ OM SMART ENERGY ALAND. *Live-mätare för Ålands energi*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartenergy.ax/live-matare/>>

⁸⁵ WARTSILA. *This is Wärtsilä*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.wartsila.com/about>>

6.3.1 Všeobecná charakteristika platformy Vaasa

Smart Energy Hub je novým integrovaným strediskom pre výskum, vývoj a výrobu, ktorý sa nachádza na ostrove Vasklot v Botnickom zálive, ktorý sa nachádza v bezprostrednej blízkosti mesta Vaasa na západnom pobreží Fínska⁸⁶. Primárnym cieľom platformy Vaasa je dekarbonizácia v námorníckom a energetickom sektore.

Technologické centrum na ostrove Vasklot slúži na prvotriedny výskum, inovácie a pilotné testy nových výrobkov a riešení. V rámci tohto centra pôsobia viaceré centrá excelencie (*Centres of Excellence*), ktoré majú za úlohu vylepšovať kvalitu inovácií a výrobkov prostredníctvom ďalších výskumov a testovaní. Spoločnosť Wärtsilä do tohto projektu investovala viac než 200 miliónov eur vrátane nákladov na vybudovanie budov, infraštruktúry a logistiky. V priebehu roka 2022 sa všetok personál spoločnosti v meste Vaasa presunie práve do tohto technologického centra.

Samotná budova technologického centra bola postavená s ambíciou, aby bola energeticky sebestačná, čo sa aj podarilo. Je taktiež napojená do energetickej siete, čo jej umožňuje vykonávať pilotné testy nových smart technológií v oblasti energetiky. Budova je taktiež vybavená batériami, ktoré sú schopné skladovať prebytočnú energiu a tiež systémom uchovávaní tepla, čo jej umožňuje minimalizovať spotrebu energia na kúrenie⁸⁷.

Druhou časťou projektu Vaasa je plávajúce testovacie stredisko, ktoré má podobu lode s názvom Aurora Botina, a ktoré vzniklo v spolupráci so spoločnosťou Deltamarin, ktorá zabezpečuje lodnú dopravu medzi ostrovom Vasklot a mestom Vaasa a spolupracuje so spoločnosťou Wärtsilä v rôznych inovačných projektoch, napríklad NLC Ferry, čo je plavidlo najvyššej kvality poháňané LNG a vybavené elektro batériami a solárnymi panelmi⁸⁸.

Nové technológie umožňujú plavidlu Aurora Botina byť jednou z najekologickejších lodí na svete. Vo vnútri sa nachádza systém hybridného pohonu, ktorý sa skladá zo štyroch dvojpaliivových motorov typu Wärtsilä 31DF, ktoré môžu spotrebúvať LNG alebo bioplyn, čo má za následok zníženie emisií o minimálne 50 % v porovnaní s podobnými plavidlami. Na lodi sa taktiež nachádza skladový priestor pre LNG, kontrolné systémy, pomocné rakety,

⁸⁶ VAASA. *Vasklot*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.vaasa.fi/en/living/freetime/naturevaasa/attractions/natural-environments/vaskiluoto/>>

⁸⁷ SMART TECHNOLOGY HUB. *What is the Smart Technology Hub*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/sth/>>

⁸⁸ DELTAMARIN. *NLC Ferry*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://deltamarin.com/references/nlc-ferry/>>

katalyzátory a integrované systémy pre automatizáciu. Taktiež sa tam nachádza systém podporujúci platformu Wärtsilä Data Bridge, ktorá analyzuje dáta a ponúka náhľad na celkový chod plavidla a taktiež možnosť ďalšej optimalizácie systému⁸⁹.

Obe tieto zariadenie fungujú pod správou spoločnosti Wärtsilä, ktorá spolupracuje s viacerými externými partnermi. Títo partneri zahŕňajú spoločnosti ako ABB, Citec, Danfoss, Hydroniq Coolers, Konecranes a Schneider Electric. Spolupráca s týmito partnermi prebieha v tzv. *Smart Partner Campus*, ktorý sa nachádza v areáli technologického strediska. V rámci tohto kampusu tiež funguje virtuálna platforma s rovnakým menom, na ktorej sa združujú partneri z rôznych iných spoločností a univerzít pre spoluprácu na vývoji nových riešení.

Medzi ďalšie budovy pod správou spoločnosti Wärtsilä, ktoré sú priamo prepojené s areálom technologického strediska patrí logistické centrum, v rámci ktorého prebieha vývoj infraštruktúry, a prístav, ktorý uľahčuje export novo vyvinutých technológií do celého sveta.

Región Vaasa a jeho energetické spoločnosti vrátane spoločnosti Wärtsilä tvoria najväčší energetický klaster v škandinávskych krajinách. Tento klaster tvorí približne 160 spoločností, v ktorých pracuje vyše 16 000 zamestnancov, a ktorý tvorí viac než 5,5 % fínskeho energetického exportu. Výhodou tohto regiónu je primárne to, že jeho rozloha je dostatočne malá na to, aby bola umožnená ľahká komunikácia medzi jednotlivými aktérmi, a taktiež skutočnosť, že jednotliví aktéri majú rovnaké ambície na dekarbonizáciu tohto regiónu a sú ochotní spolupracovať na vývoji nových riešení pre ich naplnenie⁹⁰.

6.3.2 Úspechy platformy Vaasa od roku 2018 do súčasnosti

V auguste roku 2018 spoločnosť Wärtsilä oznámila výstavbu nového technologického strediska na ostrove Vasklot. V nasledujúcich mesiacoch boli vykonané mnohé prípravy na vybudovanie tohto strediska, vrátane komunikácie s rodinami žijúcimi v tejto oblasti a ich oboznámenie s týmto projektom, dizajn priestorov kampusu pre externých partnerov a začiatku spolupráce na virtuálnej platforme *Smart Partner Campus*. Architektonický dizajn budovy bol vykonaný spoločnosťou Sweco Architects Oy, a ďalšie

⁸⁹ SMART TECHNOLOGY HUB. *A Floating Test Lab*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/floatinglab/>>

⁹⁰ SMART TECHNOLOGY HUB. *Ecosystem of Collaboration*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/ecosystem/>>

spoločnosti spolupracujúce na samotnej konštrukcii boli A-Insinööri Suunnittelu Oy, Granlund Pohjanmaa Oy, KK-Palokonsultti Oy a Sweco PM Oy.

V marci roku 2019 začala prvá fáza prebiehajúca na platforme *Smart Partner Campus*, ktorá bola vytvorená v spolupráci so spoločnosťami Danfoss, Demos Helsinki Oy, Royal Caribbean Cruises Ltd, Vaasan Sahko Oy a Vaaskou univerzitou. Tento výber bol zameraný na nájdenie rôznych typov partnerov a svetových spoločností, ale dôraz bol taktiež kladený na vyhľadávanie lokálnych operátorov, keďže pre úspešnosť projektu bola potrebná ich spolupráca.

V lete roku 2019 spoločnosť Wärtsilä oznámila prenájom pozemku na ostrove Vasklot, na ktorom mala prebiehať konštrukcia technologického strediska. Spoločnosť Lujatalo bola dňa 2. júla vybratá ako hlavným partnerom konštrukcie. V auguste 2019 začala samotná konštrukcia a v septembri bola vyhlásená ceremónia oficiálneho začiatku stavby.

Rok 2019 bol taktiež rokom, kedy začala spolupráca spoločnosti Wärtsilä so študentmi mesta Vaasa. V novembri tohto roku sa uskutočnil takzvaný *Smart Technology Hub Ecosystem Challenge* (STHEC), v ktorom mali študenti priestor riešiť reálne výzvy v oblasti ekológie a energetiky.

Ďalším významným krokom bolo nadviazanie stabilného námorného spojenia medzi mestami Vaasa vo Fínsku a Antwerp v Belgicku. Toto spojenie umožnilo spoločnostiam fungujúcim v tejto oblasti priamy vstup na európsky trh prostredníctvom týždňových plavieb medzi týmito prístavmi.

V prvom kvartáli roka 2020 prebehli transfery vlastníctva budov medzi spoločnosťami Wärtsilä, Oy Leinolat Ab a Konecranes Finland Oy. Spoločnosť Oy Leinolat Ab získala vlastníctvo bloku na výrobu motorov a spoločnosť Konecranes Finland Oy získala vlastníctvo strojárskeho bloku. Spoločnosť Wärtsilä si tak upevnila pozíciu spoločnosti na vývoj technológií a zároveň získala ďalších dvoch partnerov na spoluprácu v oblasti inovácií. Taktiež bola oznámená konštrukcia logistického centra, ktorá mala začať v júni roku 2020.

V novembri roku 2020 sa začala transformácia technologického ústredia na energeticky sebestačnú budovu dodávkou 192 kusov AC pohonných zariadení s kapacitou 32 MW. Ďalším kusom prelomovej techniky, ktorá bola dodaná do zariadenia, bol dvojfázový čistiaci systém výrobných liniek založený na automatickej detekcii a čistenia

liniek na robotickej báze. Tento systém bol dodaný spoločnosťami Aqua Clean Oy a Jucat Oy. Taktiež prebehla prvá dodávka medzi prístavom v meste Vaasa a Antwerpom.

V prvom kvartáli roka 2021 sa spoločnosť Schneider Electric stala partnerom v rámci technologického ústredia. Spoločnosť Schneider Electric podpísala zmluvu dodávok systémov pre distribúciu a manažment elektrickej energie a pre automatizáciu procesov prebiehajúcich v technologickom ústredí. Taktiež bol vybudovaný sklad LNG pre najnovší projekt v rámci platformy Vaasa, plávajúce technologické centrum. V marci sa do projektu zapojila spoločnosť Hydroniq Coolers, ktorá prispela dodávkami chladiacich systémov.

V septembri roku 2021 sa spoločnosť Wärtsilä pridala k projektu Energy Academy, vstupujúc do spolupráce s rôznymi univerzitami a spoločnosťami vo Vaaskom regióne s cieľom hľadať riešenia na dekarbonizáciu regiónu.

V štvrtom kvartáli roku 2021 sa stala spoločnosť Wärtsilä oficiálnym vlastníkom novovybudovaného logistického centra, ktoré bolo následne začlenené do projektu Vaasa. Taktiež sa konal druhý ročník akcie STHEC, na ktorom participovalo viac než 50 študentov.

V decembri roku 2021 sa finalizovala energetická štruktúra technologického ústredia v spolupráci so spoločnosťou ABB, ktorá podpísala zmluvu na dodávku solárnych panelov a tiež zabezpečenie spojenia na lokálnu energetickú sieť⁹¹.

Projekt Vaasa taktiež v rámci platformy *Smart Technology Hub* spustil funkciu Talenty, ktorá má za úlohu vyhľadávať ambiciózných ľudí z celého sveta, aby sa podieľali na vývoji a výskume riešení, ktoré prispievajú k dekarbonizácii spoločnosti. Tento projekt pôsobí na viac než 200 miestach v 70 krajinách, z ktorých 62 % je v Európe, 22 % v Ázii, 11 % v Amerike a 5 % v ostatných regiónoch⁹². Registrácia do týchto projektov vyžaduje:

- originálny nápad, ktorý je spojený s problematikou dekarbonizácie spoločnosti alebo zefektívnenia už existujúcich systémov;
- tím ľudí, ktorý je ochotný na tomto projekte spolupracovať a má vyžadované skúsenosti alebo vzdelanie;

⁹¹ SMART TECHNOLOGY HUB. *The Smart Technology Hub Milestones*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/milestones/#timeline-group-4>>

⁹² SMART TECHNOLOGY HUB. *Talents*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/talents/>>

- prvopočiatočný koncept riešenia stanovených problémov s dôrazom na reálnu uskutočniteľnosť tohto riešenia vrátane kalkulácie nákladov, základného prieskumu trhu a udržateľnosti výroby.

Po splnení týchto podmienok a následnej registrácie do projektu sa uskutoční trojfázový proces, ktorý determinuje úspešnosť uchádzačov:

- prvá fáza pozostáva z interviewu uchádzačov a kontroly dát, ktoré boli uchádzačmi poskytnuté;
- druhá fáza pozostáva zo samotnej tvorby pokročilejšej formy konceptu pod vedením kvalifikovaného odborníka, ktorá zahŕňa brainstorming, hodnotenie nápadov, kalkuláciu ziskovosti, vizualizáciu a prezentáciu konceptu;
- tretia fáza pozostáva z validácie konceptu, budovania prvého prototypu a testovania výrobku.

Po dokončení tohto procesu sa môžu uchádzači rozhodnúť, či chcú s ich projektom pokračovať v rámci projektu Vaasa prostredníctvom založenia start-upu, alebo joint-venture so spoločnosťou Wärtsilä⁹³.

⁹³ SMART TECHNOLOGY HUB. *Welcome to the Co-Creation Playbook*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/playbook/>>

Záver

Hlavným cieľom tejto práce je komparácia časovej línie zavádzania smart energií do fínskeho hospodárstva a zmeny v makroekonomických ukazovateľoch Fínska v relevantných kategóriách, ako napríklad sektorová zamestnanosť, s cieľom preukázať ich prepojenie a následne poukázať na konkrétne príklady smart riešení, ktoré tieto fluktuácie v makroekonomických ukazovateľoch spôsobujú. Pri dosahovaní hlavného cieľa nám boli nápomocné parciálne ciele, ktoré nám umožnili preniknúť do hĺbky tejto problematiky a zamerať sa na konkrétne a merateľné ukazovatele, pomocou ktorých nám bolo umožnené úspešné splnenie hlavného cieľa.

Pomocou prieskumu sme dokázali zistiť, ako sa vyvíjali makroekonomické ukazovatele Fínska v dobe, keď boli smart riešenia zavedené prvý raz na širokej škále, a ako tento vývoj pokračuje dodnes, kedy už sú smart riešenia takmer bežným prvkom vo fínskom energetickom sektore. Zistili sme, že vplyv smart energií na makroekonomické ukazovatele je vidieť predovšetkým v sektore zamestnanosti. V tejto oblasti môžeme vidieť pokles v počte zamestnancov v energetickom sektore, ktorí dosiahli nízku až strednú úroveň vzdelania, a naopak nárast zamestnancov s vyšším dosiahnutým vzdelaním. Taktiež môžeme pozorovať presun pracovnej sily zo sektora priemyslu do sektora služieb, čo signalizuje skutočnosť, že na využívanie smart riešení v energetickom sektore je potrebná nižšia, avšak vzdelanejšia pracovná sila, než pri využívaní tradičných spôsobov získavania a distribúcie energie. Súvislosti tiež môžeme sledovať pri ukazovateľoch HDP per capita a medziročného percentuálneho rastu HDP, aj keď nedá sa povedať, že jediným dôvodom týchto zmien je zavedenie smart energií do používania, a je nutné zohľadniť prítomnosť ďalších lokálnych a svetových faktorov. V celku môžeme zhodnotiť, že za daných okolností malo zavedenie smart energií na ekonomiku Fínska relatívne malý, ale pozitívny vplyv, ktorý môžeme vidieť aj napriek negatívnym faktorom, ktoré fínske hospodárstvo postihli v tomto období, ako napríklad pandémie COVID-19.

Prostredníctvom skúmania konkrétnych experimentálnych platforiem pôsobiacich na území Fínska sme zistili, že aj napriek zavedeniu smart energií na širokej škále už v roku 2014 má stále táto oblasť energetického sektora na ďalšie zmeny a vývoj. Vedci a technologickí pracovníci týchto platforiem stále objavujú nové možnosti využitia smart riešení a ich implementácie do každodenného života. Čoraz dôležitejším prvkom využívania energie je sledovanie a správna interpretácia dát, ktoré pomáhajú spotrebiteľom aj distribútorom prispôbovať svoje správanie trhu a tým optimalizovať proces výroby

a distribúcie energie. Tieto optimalizácie sú stále v procese ďalšieho výskumu a vývoja, a spolu s novoobjavenými možnosťami využitia smart riešení v energetickom sektore a myšlienkovými prúdmi súčasnej doby, ktoré sú vo veľkej miere zamerané na udržateľnosť a efektívne využívanie vyrobenej energie, majú potenciál v budúcnosti ovplyvniť fungovanie energetického sektora do oveľa väčšej miery. Dôležitým bodom pozorovania týchto platforiem je aj skutočnosť, že tieto ekosystémy ponúkajú simuláciu v podmienkach reálneho sveta. Prostredníctvom tejto simulácie môžeme vidieť, že mestá, ktoré fungujú výhradne na báze obnoviteľných zdrojov a cirkulárneho hospodárstva nie sú len utopickou predstavou, ale pomocou technologického pokroku sa môžu stať realitou, a aj napriek vysokým počiatočným nákladom je dokázaná ich navrátilosť v dlhodobom hľadisku. Pri prieskume konkrétnych riešení, ktoré vznikajú v rámci týchto ekosystémov sme dokázali, aké dôležité je investovať do výskumu nových a ambiciózných smart projektov, ktoré majú potenciál transformovať spoločnosť a uľahčiť mnohé faktory ľudského života.

Zoznam bibliografických odkazov

1. ABDURAFIKOV, Rinat. *Co-innovation: HYBGEO - Hybrid geothermal energy and data enabling positive energy buildings*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <https://www.businessfinland.fi/4ad52c/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/hybgeo_esittely.pdf>
2. BIOFUEL.ORG.UK. *Solid biofuels*. [elektronický zdroj]. 2010. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <http://biofuel.org.uk/solid-biofuels.html>
3. BOLTON, Paul et al. *Energy smart meters*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <<https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-8119/>>
4. BUSINESS FINLAND. *About us*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/about-us/in-brief>>
5. BUSINESS FINLAND. *Finland is the smart energy test-bed for tomorrow's brightest solutions*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 10.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/energy-in-brief>>
6. BUSINESS FINLAND. *HOPE - Highly optimized energy systems*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 15.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/4aac9c/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/hope-ecosystem-smart-energy-finland-id-6125.pdf>>
7. BUSINESS FINLAND. *Smart Energy Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/services/programs/smart-energy-finland>>
8. BUSINESS FINLAND. *Smart Energy Finland achievements and global actions in 2020-2021*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/49cdaa/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/helena-saren.pdf>>
9. BUSINESS FINLAND. *Power-to-X ecosystem taking on new challenges for future energy storage solutions*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na <<https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2020/power-to-x-ecosystem-taking-on-new-challenges-for-future-energy-storage-solutions>>

10. BUSINESS FINLAND. *Smart Energy - Smart Grids*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : https://www.businessfinland.fi/495e25/globalassets/international-customers/explore-finland-materials/smart-energy-offering_smart-grids_2020.pdf
11. BUSINESS FINLAND. *Smart Grids*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/smart-grids>>
12. BUSINESS FINLAND. *Wind Power*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <https://www.businessfinland.fi/en/do-business-with-finland/explore-key-industries/energy/energy-generation/wind-power>
13. Brittanica, The Editors of Encyclopaedia. *Aland Islands*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.britannica.com/place/Aland-Islands>>
14. CHANG, Juju et al. *West Virginia Mine Survivor: Blast Felt Like „Hurricane Force Winds“*. [elektronický zdroj]. 2010. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : <<https://abcnews.go.com/WN/west-virginia-mine-rescue-efforts-delayed-24-hours/story?id=10299816>>
15. CHARGEMAP. *Charging stations in Porvoo*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 4.3.2022]. Dostupné na : <<https://chargemap.com/cities/porvoo-FI>>
16. DAVIES, Rob. *A power of good? Smart energy technology explained*. [elektronický zdroj]. 2016. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.theguardian.com/business/2016/nov/07/smart-energy-technology-explained-power-good>>
17. DAVIS, Matthew. *US mining safety under scrutiny*. [elektronický zdroj]. 2006. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/4585482.stm>>
18. DELTAMARIN. *NLC Ferry*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://deltamarin.com/references/nlc-ferry/>>
19. ENERGIATEOLLISUUS. *Finnish Energy's Position on the features of next-generation electricity meters*. [elektronický zdroj]. 2017. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <https://energia.fi/files/1697/Finnish_Energy_position_paper_features_of_next_generation_electricity_meters_final_20170810.pdf>
20. ELLSMOOR, James. *Renewable energy could save 160 trillion in climate change costs by 2050*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.forbes.com/sites/jamesellsmoor/2019/04/14/renewable-energy-could-save-160-trillion-in-climate-change-costs-by-2050/?sh=10d53d904878>>

21. EUROPEAN BIOFUELS. *Biofuels in Finland*. [elektronický zdroj]. 2014. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <
https://www.etipbioenergy.eu/images/EBTP_Factsheet_Finland_250416.pdf>
22. FINLAND AT DUBAI TEAM. *Nuclear power technologies from Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na :
<https://nuclearsmartfinland.com/>
23. FINLAND TOOLBOX. *Smart Energy*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <
<https://toolbox.finland.fi/themes/nature-and-sustainable-development/smart-energy/>>
24. FORTRUM. *Imatra Hydropower Plant*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <https://www.fortum.com/imatra-hydropower-plant>
25. GOLDMAN, Chuck. LEVY, Roger. *An introduction - Smart Grid 101*. [elektronický zdroj]. 2012. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.slideserve.com/gavan/an-introduction-smart-grid-101-chapters-1-3>>
26. GOLMOHAMADI Hessam. *Demand-Site management in industrial sector*. [elektronický zdroj]. Kodaň: Aalborg University, 1. 3. 2021, 156. vydanie, kapitola 7: Optimalization algorithms and software [cit. 18.10.2021]. ISSN 1364-0321. Dostupné na : <https://vbn.aau.dk/en/publications/demand-side-management-in-industrial-sector-a-review-of-heavy-ind>
27. GUTIERREZ-GARCIA Francisco et al. *Robustness of electricity systems with nearly 100% share of renewables: A worst-case study*. [elektronický zdroj]. Ithaca: Cornell University Press, 30. 5. 2021, [cit. 20.10.2021]. EPRINT 2105.14582. Dostupné na : <<https://arxiv.org/abs/2105.14582>>
28. IMPERIAL COLLEGE BUSINESS SCHOOL. *Energy investing: Exploring risk and return in the capital markets*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.imperial.ac.uk/business-school/faculty-research/research-centres/centre-climate-finance-investment/research/energy-investing-exploring-risk-and-return-the-capital-markets/>>
29. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Coal*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/coal>>
30. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Electricity*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>>
31. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/countries/finland>>

32. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Gas*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/gas>
33. KEMIJOKI TEAM. *Power plants and production*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.kemijoki.fi/en/power-plants-and-production-2.html>>
34. KUKREJA, Rinkesh. *What is renewable energy?*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>
35. LENZE, Thomas. *Metering as service continues to boom in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <<https://eu.landisgyr.com/blog/metering-as-a-service-continues-to-boom-in-finland>>
36. MET GROUP. *When will fossil fuels run out?*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 9.10.2021]. Dostupné na : <<https://group.met.com/fyouture/when-will-fossil-fuels-run-out/68>>
37. MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS AND EMPLOYMENT OF FINLAND. *Biofuels*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <https://tem.fi/en/biofuels>
38. MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS AND EMPLOYMENT OF FINLAND. *Renewable energy in Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 28.10.2021]. Dostupné na : <<https://tem.fi/en/renewable-energy>>
39. NATIONALGRID TEAM. *What is biogas?*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 13.10.2021]. Dostupné na : <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-biogas>
40. OORNI, Sanna et al. *Results of Smart Otaniemi First Phase Pilots*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.youtube.com/watch?v=Ihqk4i0cN7E>>
41. RENJEN, Punit. *Creating stigma-free work cultures is the key to tackling the mental health crisis*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.forbes.com/sites/deloitte/2021/10/07/creating-stigma-free-work-cultures-is-key-to-tackling-the-mental-health-crisis/?sh=3eda096b71fd>>
42. ROBERTSON, Joe. *World countries ranked by electricity-consumption per person*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <https://solarpower.guide/solar-energy-insights/countries-energy-consumption-per-capita>

43. SANABRIA-VILLAMIZAR Mauricio et al. *Characterization of household-consumption load profiles in the time and frequency domain* [elektronický zdroj]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2022, [cit. 13.1.2022]. ISSN 0142-0615. Dostupné na : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061521009789>
44. SARÉN, Helena. PIIRTO, Jarkko. *Smartflex for power plant flexibility*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2020/smartflex-for-power-plant-flexibility>
45. SCHLICHTING, Kerry. *Energy smart technologies in the evolving power system*. [elektronický zdroj]. 2016. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2016/02/the_smart_grid_how_energy_technology_is_evolutioning_print.pdf
46. OM SMART ENERGY ALAND. *Allt fler installerar solpaneler på Åland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/sol/>
47. OM SMART ENERGY ALAND. *Bioenergi bygger in flexibilitet i Energiekosystemet*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/biogas/>
48. OM SMART ENERGY ALAND. *En världsunik demo utförd på Åland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/om-smart-energy-aland/>
49. OM SMART ENERGY ALAND. *En evig källa till förnybar energi*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/vind/>
50. OM SMART ENERGY ALAND. *Hög tid för ett hållbart värmesystem*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/varme/>
51. OM SMART ENERGY ALAND. *Live-mätare för Ålands energi*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/live-matare/>
52. OM SMART ENERGY ALAND. *På väg mot el- och vätgasdrift*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/transporter/>
53. OM SMART ENERGY ALAND. *Smart styrning jämnar ut förbrukningstoppar*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 12.2.2022]. Dostupné na : <https://smartenergy.ax/forbrukningsstyrning/>
54. SMART OTANIEMI TEAM. *Circular economy is the key to sustainable societies*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <https://smartotaniemi.fi/focus-area/circular-economy/>

55. SMART OTANIEMI TEAM. *Data & Connectivity*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na: <https://smartotaniemi.fi/focus-area/data-connectivity/>
56. SMART OTANIEMI TEAM. *Let's re-discover energy*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartotaniemi.fi/focus-area/energy/>>
57. SMART OTANIEMI TEAM. *Mobility*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <https://smartotaniemi.fi/focus-area/mobility/>
58. SMART OTANIEMI TEAM. *Smart Otaniemi Network*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartotaniemi.fi/smart-otaniemi-network-from-a-z/>>
59. SMART OTANIEMI TEAM. *Solutions for sustainable life*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://smartotaniemi.fi/about-us/>>
60. SMART OTANIEMI TEAM. *Supporting good life with city design*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na: <<https://smartotaniemi.fi/focus-area/city-design/>>
61. SMART OTANIEMI TEAM. *Systematic challenges are solved piece-by-piece*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : < <https://smartotaniemi.fi/key-focus-areas/>>
62. SMART TECHNOLOGY HUB. *A Floating Test Lab*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/floatinglab/>>
63. SMART TECHNOLOGY HUB. *Ecosystem of Collaboration*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <https://www.smarttechnologyhub.com/ecosystem/>
64. SMART TECHNOLOGY HUB. *Talents*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/talents/>>
65. SMART TECHNOLOGY HUB. *The Smart Technology Hub Milestones*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/milestones/#timeline-group-4>>
66. SMART TECHNOLOGY HUB. *Welcome to the Co-Creation Playbook*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <https://www.smarttechnologyhub.com/playbook/>
67. SMART TECHNOLOGY HUB. *What is the Smart Technology Hub*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.smarttechnologyhub.com/sth/>>
68. STATISTICS FINLAND. *Energy in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 16.10.2021]. Dostupné na : <

https://www.tilastokeskus.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene_efp_202100_2021_23713_net.pdf>

69. STATISTICS FINLAND. *Renewable energy surpassed fossil fuel and peat in total energy consumption in 2020*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : https://www.stat.fi/til/ehk/2020/04/ehk_2020_04_2021-04-16_tie_001_en.html
70. STATISTICS FINLAND. *Supply of electricity by energy source, 1990-2020*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_12vp.px/
71. SUMRA, Husain. *US Smart meters explained: What is a smart meter and should you opt out?*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 19.1.2022]. Dostupné na : <https://www.the-ambient.com/guides/us-smart-meters-explained-799>
72. THE WORLD BANK. *Employment in industry (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/SL.IND.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>>
73. THE WORLD BANK. *Employment in services (% of total employment) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 22.1.2022]. Dostupné na : <https://data.worldbank.org/indicator/SL.SRV.EMPL.ZS?end=2019&locations=FI&start=2000>
74. THE WORLD BANK. *GDP Growth (annual %) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=FI&start=2000&view=chart>>
75. THE WORLD BANK. *Unemployment, total (% of total labor force) (modeled ILO estimate) - Finland*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS?end=2020&locations=FI&start=2000>>
76. TIWAI, Gaurav. *Conventional sources of energy*. [elektronický zdroj]. 2019. [cit. 8.10.2021]. Dostupné na : <https://www.toppr.com/guides/physics/sources-of-energy/conventional-sources-of-energy/>
77. U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Electric monthly update*. [elektronický zdroj]. 2015. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.eia.gov/electricity/monthly/update/archive/april2015/>>

78. U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Frequently asked questions (FAQS)*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 28.10.2021]. Dostupné na : <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=105&t=3>>
79. U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *The smart grid: An introduction*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 30.10.2021]. Dostupné na : <https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf>
80. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Local renewable energy benefits and resources*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 20.10.2021]. Dostupné na : <https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-renewable-energy-benefits-and-resources>
81. VAASA. *Vasklot*. [elektronický zdroj]. 2018. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.vaasa.fi/en/living/freetime/naturevaasa/attractions/natural-environments/vaskiluoto/>>
82. WARTSILA. *Innovating for sustainability*. [elektronický zdroj]. 2020. [cit. 14.12.2021]. Dostupné na : <https://www.wartsila.com/sustainability/innovating-for-sustainability>
83. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?* [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 20.1.2022]. Dostupné na : <<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>>
84. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *Nuclear power in Finland*. [elektronický zdroj]. 2021. [cit. 11.10.2021]. Dostupné na : <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland.aspx>
85. ZHUJIWORLD. *Otaniemi - Finland*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 9.2.2022]. Dostupné na : <<https://zhujiworld.com/fi/352460-otaniemi/>>
86. WARTSILA. *This is Wärtsilä*. [elektronický zdroj]. 2022. [cit. 18.2.2022]. Dostupné na : <<https://www.wartsila.com/about>>