

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

Evidenčné číslo: 105002/B/2021/36114651175025156

ENERGETICKÉ RIEŠENIA V KONCEPTOCH
INTELIGENTNÝCH MIEST

Bakalárska práca

2021

Andrea Vargová

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

ENERGETICKÉ RIEŠENIA V KONCEPTOCH
INTELIGENTNÝCH MIEST

Bakalárska práca

Študijný program: Medzinárodné ekonomické vzťahy
Študijný odbor: Ekonómia a manažment
Školiace pracovisko: Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov
a hospodárskej diplomacie
Vedúci záverečnej práce: Ing. Kristína Baculáková, PhD.

Bratislava 2021

Andrea Vargová

Čestné vyhlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému: *Energetické riešenia v konceptoch inteligentných miest* spracovala sama. Všetky pramene a zdroje informácií, ktoré som použila na napísanie tejto práce, boli citované a sú uvedené v zozname bibliografických odkazov.

17.4.2021

.....

(Podpis študenta)

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som sa chcela úprimne poďakovať najmä vedúcej tejto bakalárskej práce Ing. Kristíne Baculákovovej, PhD. za jej hodnotné rady, významné pripomienky k práci, jej drahocenný čas a ochotu mi vždy pomôcť a poradiť.

Abstrakt

VARGOVÁ, Andrea: *Energetické riešenia v konceptoch inteligentných miest.* – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta medzinárodných vzťahov; Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a hospodárskej diplomacie. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Kristína Baculáková, PhD. Bratislava: FMV, 2021, 58 s.

V súvislosti s narastajúcim počtom veľkých miest na svete a kumulujúcimi sa problémami s efektívnosťou ich energetického zabezpečenia sa ako riešenie často spomínajú inteligentné mestá. Cieľom bakalárskej práce je porovnať energetické riešenia vybraných inteligentných miest a odvodiť ich prínosy. Práca je rozdelená do štyroch kapitol. Obsahuje tri tabuľky a tri ilustrácie. Prvá kapitola sa bližšie zaoberá cieľmi danej práce a metódami použitými v práci. Nasledujúca vysvetľuje koncept inteligentných miest a ich hlavných energetických riešení. V tretej kapitole sú predstavené tri projekty v rámci zefektívnenia energetickej dodávky vybraných inteligentných miest, ktorými sú Soul a Amsterdam. Záverečná kapitola sa zaoberá výsledkom práce, ktorým je vzájomné porovnanie jednotlivých projektov. Na základe porovnania sú v danej časti práce popísané spoločné a odlišné znaky projektov, vyzdvihnuté najdôležitejšie implementované energetické riešenia a odvodené ich prínosy.

Kľúčové slová: inteligentné mesto, energetické riešenia, energia, Soul, Amsterdam

Abstract

VARGOVÁ, Andrea: *Energy solutions in the smart cities concepts*. – University of Economics in Bratislava. Faculty of International Relations; Department of International Economic Relations and Economic Diplomacy. – Supervisor: Ing. Kristína Baculáková, PhD. Bratislava: FMV EU, 2021, 58 pp.

Smart cities are often mentioned as a solution in connection with the growing number of large cities in the world and the accumulating problems with the efficiency of their energy security. The aim of the bachelor thesis is to compare energy solutions of selected smart cities and derive their benefits. The work is divided into four chapters. It contains three tables and three illustrations. The first chapter deals with the objectives of the work and the methods used in the thesis. The following chapter explains the concept of smart cities and their main energy solutions. Further, the third chapter presents three projects implemented in order to increase the efficiency of the energy supply within the selected smart cities, which are Seoul and Amsterdam. The final chapter deals with the result of the work, which is a mutual comparison of individual projects. Based on the comparison, the common and different features of the projects are described, the most important implemented solutions are highlighted, and their contributions are derived.

Key words: smart city, energy solutions, energy, Seoul, Amsterdam

Obsah

Zoznam tabuliek a ilustrácií.....	8
Zoznam skratiek.....	9
Úvod.....	11
1 Ciel' práce, metodika práce a metódy skúmania	13
2 Inteligentné mestá	14
2.1 Inteligentná energetika a služby	15
2.1.1 Obnoviteľné zdroje energií	16
2.1.2 Smart grid a smart metering.....	16
2.1.3 Distribuovaná výroba energie	17
2.1.4 Systémy akumulácie energie	19
2.2 Inteligentné budovy	23
2.2.1 Riadenie na strane dopytu	24
3 Príklady energetických riešení zo sveta a ich výsledky.....	27
3.1 Soul	27
3.1.1 O jednu jadrovú elektráreň menej.....	28
3.2 Amsterdam	34
3.2.1 Schoonschip: Udržateľná plávajúca štvrť	35
3.2.2 Johan Cruijff ArenA	39
4 Výsledky práce a diskusia.....	43
Záver	48
Zoznam bibliografických odkazov	50

Zoznam tabuliek a ilustrácií

Tab. 1 Stratégie projektu „O jednu jadrovú elektráreň menej“	28
Tab. 2 Výsledky projektu podľa hlavných oblastí.....	33
Tab. 3 Porovnanie predstavených projektov v rámci smart city Soul a Amsterdam.....	43
Obr. 1 Stratégie riadenia na strane dopytu.....	25
Obr. 2 Náčrt vodnej elektrárne v Soule.....	30
Obr. 3 Súkromná inteligentná sieť Schoonschip.....	37

Zoznam skratiek

AKEF	Amsterdam Climate & Energy Fund Amsterdamský klimatický a energetický fond
CAES	Compressed air energy storage Technológia skladovania energie pomocou stlačeného vzduchu
CO ₂	Oxid uhličitý
DSM	Demand side management Riadenie na strane dopytu
EUR	Euro
IAE	International Energy Agency Medzinárodná agentúra pre energetiku
IKT	Informačné a komunikačné technológie
IMD	Institute for Management Development Inštitút pre rozvoj manažmentu
KEPCO	Korea Electric Power Corporation Kórejská spoločnosť pre elektrickú energiu
KRW	Juhokórejský won
kWh	Kilowatthodina
LED	Luminiscenčné diódy
m ² , m ³	Meter štvorcový, meter kubický
MW	Megawatt
MWh	Megawatthodina
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj
PCM	Phase change materials Materiály s fázovou zmenou
PHES	Pumped hydroelectric system Prečerpávacia vodná elektrárňa
SCI	Smart City Index
SDE+	Stimulerings duurzame energie Program na stimuláciu obnoviteľnej energie

SEEV4-City	Smart, clean Energy and Electric Vehicles for the City Inteligentné, čisté energetické a elektrické vozidlá pre mesto
TOE	Tonne of oil equivalent Tona ropného ekvivalentu
USD	Americký dolár
UV-žiarenie	Ultrafialové žiarenie
V2G	Vehicle-to-grid
W	Watt

Úvod

Trend urbanizácie sprevádza ľudstvo posledné desaťročia a vyhliadky do budúcnosti naznačujú nielen zvýšené množstvo veľkých miest celosvetovo, ale aj nárast počtu obyvateľov v mestách. Podľa Organizácie Spojených národov 55 % celosvetovej populácie žilo v mestských oblastiach v roku 2018, pričom do roku 2050 by sa táto hodnota mala zvýšiť až na 68 %.¹ Ľudia majú tendenciu presúvať sa do miest s cieľom viesť kvalitnejší a pohodlnejší život, avšak v konečnom dôsledku môže mať táto zvýšená koncentrácia ľudí v mestách negatívny vplyv, a to tak na kvalitu ich života, ako aj na životné prostredie. Problémom spojeným s preľudnením čelí väčšina veľkých miest, ktoré sa odrážajú v obmedzenom priestore, nedostatočnej infraštruktúre, znečistení ovzdušia, vysokým finančným nákladom na život a pod. Napokon v súvislosti s vysokou koncentráciou ľudí až 76 % celosvetovo vygenerovanej energie sa spotrebuje v mestských oblastiach, čo je sprevádzané podobne vysokým percentom CO₂ emisií vyprodukovaných mestami.² Energia je v súčasnosti získavaná prevažne z neobnoviteľných zdrojov a zároveň je využívaná zväčša neefektívne. Na základe toho, že mestá sú zodpovedné za vysokú spotrebu energií, zvyšujúci sa počet miest v budúcnosti bude bez určitých zásahov znamenať aj zvýšenie energetického zaťaženia, a teda aj emisných plynov.

Práve inteligentné mestá ponúkajú riešenie problémov spojených s rýchlou urbanizáciou a zároveň aj skvalitnenie života obyvateľov. Predložená bakalárska práca sa zameriava na oblasť energetiky v rámci inteligentných miest, pričom hlavným cieľom tejto práce je porovnať energetické riešenia vybraných inteligentných miest a odvodiť ich prínosy. Je rozdelená do štyroch kapitol. Prvá kapitola podrobne popisuje ciele práce, metodiku práce a aj metódy skúmania použité v jednotlivých častiach práce. Druhá kapitola vysvetľuje koncept inteligentného mesta a následne charakterizuje hlavné energetické riešenia, ktoré sú súčasťou inteligentných miest, počnúc integráciou obnoviteľných zdrojov energie prostredníctvom distribuovanej produkcie, cez inteligentnú sieť až po systémy akumulácie energie a inteligentné budovy. Tretia kapitola predstavuje inteligentné mestá Soul a Amsterdam a opisuje ich konkrétne úspešné projekty, ktorými mestá prispeli k efektívnejšiemu energetickému zabezpečeniu. V štvrtej kapitole je dosiahnutý hlavný cieľ

¹ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. [cit. 2021-04-10]. Dostupné na: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>>

² Seto, K. C. et al. 2014. *Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning*. [cit. 2021-04-10]. Dostupné na: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf>

práce, kde sú jednotlivé projekty vybraných miest vzájomne porovnané, čo ponúka aj priestor na diskusiu a možnosť odvodiť spoločné a odlišné znaky implementovaných riešení a ich dôležitosť.

1 Cieľ práce, metodika práce a metódy skúmania

Hlavným cieľom predloženej bakalárskej práce je porovnať energetické riešenia vybraných inteligentných miest a odvodiť ich prínosy. Na dosiahnutie tohto cieľa boli využité viaceré čiastkové ciele:

- Priblížiť koncept inteligentných miest
- Charakterizovať hlavné energetické riešenia inteligentných miest
- Zadefinovať a popísať dve inteligentné mestá úspešné v rámci energetických riešení
- Popísať konkrétne projekty miest a ich výsledky

Za účelom dosiahnutia vyššie uvedených cieľov sme postupovali od všeobecných teoretických poznatkov ku konkrétnym reálnym príkladom. Nasledujúca časť práce stručne charakterizuje inteligentné mesto. A keďže jednotná definícia tohto pojmu chýba, charakterizovali sme koncept inteligentných miest prevažne pomocou knihy Jakuba Slavíka; *Smart city v praxi* z roku 2017. Následne sme prostredníctvom analógie diel viacerých zahraničných autorov, ktorí sa danou problematikou zaoberali, vybrali a popísali jednotlivé hlavné energetické riešenia inteligentných miest. Všetky dostupné informácie získané literárnou rešeršou poskytli teoretický prehľad témy tejto bakalárskej práce.

V tretej kapitole práce sme sa venovali reálnym príkladom zo sveta. Pri hľadaní konkrétnych príkladov sme sa orientovali v prvom rade na najnovšie rebríčky hodnotiace inteligentné mestá. Pomocou nich a s ohľadom na relevanciu, všestrannosť, úspešnosť a inovatívnosť energetických riešení sme si selektívnou metódou zvolili dva príklady inteligentných miest – Soul a Amsterdam. V rámci vybraných miest sme v danej časti práce bližšie charakterizovali tri konkrétne projekty. Zároveň sme analyzovali ich ciele, postupy a implementované energetické riešenia aj s výsledkami, ktoré boli vďaka nim dosiahnuté. Tieto informácie sme čerpali z oficiálnych stránok mestských samospráv, ale aj z internetových stránok jednotlivých projektov a rôznych výskumných správ, ktoré sa zaoberali danými projektmi.

Posledná časť tejto práce je venovaná vzájomnej komparácii všetkých troch projektov za využitia teoretických a praktických poznatkov zaznamenaných v predloženej bakalárskej práci. Pomocou komparácie sme zhodnotili jednotlivé projekty vybraných inteligentných miest a následne sme syntézou a analýzou odvodili prínosy, ktoré nimi boli dosiahnuté.

2 Inteligentné mestá

Pojem inteligentné mesto alebo *smart city* môže byť jednoducho charakterizované ako „koncept strategického riadenia mesta [...], pri ktorom sú využívané moderné technológie pre ovplyvňovanie kvality života v meste a následne k dosahovaniu hospodárskych a sociálnych cieľov mesta“.³ Treba však zdôrazniť, že neexistuje jednotná definícia pojmu inteligentné mesto. Implementácia moderných technológií do každodenného fungovania mesta vedie k riešeniu mnohých problémov vznikajúcich rýchlou urbanizáciou a zároveň ponúka spôsob dosiahnutia udržateľného rozvoja.⁴ Bez stanovených dlhodobých strategických plánov však nemožno považovať množstvo moderných technológií za inteligentné riešenie samo o sebe. Ciele a zároveň výhody konceptu *smart city* sú rozsiahle, počnúc napredujúcim hospodárskym rastom, zvyšujúcou sa kvalitou prírodného prostredia a v neposlednom rade aj zvyšovaním životnej úrovne obyvateľov, ich energetických a finančných úspor, a tým aj ich pozitívneho subjektívneho vnímania života v meste.⁵

Počiatky vzniku termínu *smart city* nesiahajú veľmi ďaleko do minulosti. Prvýkrát bol tento výraz použitý v roku 1990,⁶ kedy sa dával veľký dôraz najmä na využitie informačných a komunikačných technológií (IKT) a už vtedy bolo zrejmé, že IKT môžu mestám dodať značnú komparatívnu výhodu.⁷ So stále väčším povedomím o tomto koncepte a jeho neustálom vývoji sa definície, čo vlastne inteligentné mesto je, častokrát rozchádzali. Možným dôvodom rozkolu definícií je jeho široké zameranie a celkový dopad. Toto vysvetľujú Albino, Berardi a Dangelico (2015), keď rozsah oblastí, ktoré by inteligentné mestá mali skvalitňovať, začlenili do dvoch rozdielnych skupín. Prvá „tvrdá“ oblasť súvisí s budovami, energetickými riešeniami, prírodnými zdrojmi, vodným a odpadovým hospodárstvom, mobilitou a logistikou, kde sa IKT stávajú podmienkou rozvoja. Na druhej strane je „mäkká“ oblasť, ktorá sa týka predovšetkým ľudského faktora miest, a to konkrétne vzdelania, kultúry, politických inovácií, sociálneho začlenenia a samotného riadenia mesta, kde IKT väčšinou nie sú rozhodujúcim prvkom. Aj napriek tomu, že mestá môžu mať odlišné

³ Slavík, J.: *Smart city v praxi: Jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské k podnikání*. Praha: Profi Press s.r.o., 2017. s. 12. ISBN 978-80-86726-80-9.

⁴ Datta, A.: *A 100 smart cities, a 100 utopias*. 2015. [cit. 2020-11-22]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1177/2043820614565750>>

⁵ Slavík, J.: *Smart city v praxi: Jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské k podnikání*. Praha: Profi Press s.r.o., 2017. s.12. ISBN 978-80-86726-80-9.

⁶ Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R. M.: *Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives*. 2015. s. 4 [cit. 2020-11-22]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>>

⁷ Batty, M.: *Intelligent cities using information networks to gain comparative advantage*. 1990. [cit. 2020-11-22]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1068/b170247>>

priority na dosiahnutie vytýčených cieľov, kľúčové je, aby podporovali a rozvíjali aspekty v rámci oboch špecifikovaných oblastí.⁸

Jakub Slavík (2017) pri opisovaní konceptu inteligentných miest v Českej republike uvádza, že infraštruktúru inteligentného mesta tvoria tri základné piliere. Počnúc inteligentnou mobilitou, ktorá súvisí najmä s efektívnym riadením a reguláciou dopravy, vrátane mestskej hromadnej dopravy a cyklistiky. Ďalším hlavným pilierom sú už vyššie spomínané informačné a komunikačné technológie (IKT), ktorých využitie je v moderných mestách priam neobmedzené a ktoré neoddeliteľne súvisia aj s tretím pilierom – inteligentná energetika a služby. Prepojenie všetkých troch pilierov vedie k efektívnemu využitiu mestských služieb, redukovaniu nákladov v dôsledku strategického plánovania a v neposlednom rade aj k šetreniu energií, a tým aj životného prostredia.⁹

2.1 Inteligentná energetika a služby

Súčasťou vízie *smart city* je energetická transformácia, ktorá zahŕňa prechod z centralizovanej výroby energie na distribuovanú. Distribuovaná výroba energie spočíva v získavaní energie z viacerých menších zdrojov namiesto jedného centrálného.¹⁰ Takéto získavanie energie je možné vďaka implementácii inteligentných energetických systémov, ktoré „robia dodávky elektriny flexibilnejšie, zvyšujú účinnosť distribučného hodnotového reťazca, umožňujú integráciu obnoviteľných energií do siete a posilňujú postavenie spotrebiteľa pri riadení dopytu“.¹¹ Tento pilier inteligentných systémov energetiky je tvorený viacerými čiastkovými riešeniami a technologickými inováciami, ktorých efektívne spolupôsobenie vedie k požadovanému pozitívnemu výsledku. Pričom sa očakáva zníženie energetickej spotreby miest a zároveň pokrytie dopytu po energiách využitím obnoviteľných zdrojov energie.¹²

⁸ Albino, V. Berardi, U., Dangelico, R. M.: *Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives*. 2015. s. 10 [cit. 2020-11-22]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>>

⁹ Slavík, J.: *Smart city v praxi: Jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské k podnikání*. Praha: Profi Press s.r.o., 2017. 144 s. ISBN 978-80-86726-80-9.

¹⁰ Almuhaní, M.; *Chapter 10 – Impact of Distributed Generation Integration on the Reliability of Power Distribution Systems*. 2017. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 453-508. ISBN 978-0-12-804208-3.

¹¹ Villa-Arrieta, M., Sumper, A. *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. 2019. s. 7 [cit. 2021-01-21]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>

¹² Villa-Arrieta, M., Sumper, A. *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. 2019. [cit. 2021-01-21]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>

2.1.1 Obnoviteľné zdroje energií

Jedným zo základných predpokladov pri vylepšovaní energetiky miest a budovaní inteligentných miest ako takých je nepochybne nutnosť získavať energiu z obnoviteľných zdrojov. Pri plnení cieľov inteligentných miest je dôležité zameriavať sa na udržateľnosť, ktorú môžu v oblasti energetiky priniesť práve alternatívne zdroje energií. Napriek tomu využívanie neobnoviteľných zdrojov energie (ropa, zemný plyn, uhlie, atómová energia) vo svete stále prevláda – v roku 2018 sa z týchto zdrojov vyprodukovalo až 86 % z celosvetovej dodávky energie.¹³ Na rozdiel od tradičných zdrojov sa obnoviteľné zdroje energie nevyčerpávajú ľudskou činnosťou v čase, alebo sa obnovujú aspoň tak rýchlo, ako sa spotrebávajú. Medzi tie najhlavnejšie patria slnko, voda, vietor, biomasy a geotermálne pramene.

Napriek tomu, že tieto zdroje energií v sebe ukrývajú doposiaľ ešte plne nevyužitý potenciál, prinášajú so sebou aj mnoho výziev, ktoré ich integráciu spomaľujú. „Najmä variabilitu a neistotu v dostupnosti obnoviteľných zdrojov energie je potrebné náležite zohľadniť v zložitých rozhodovacích procesoch potrebných na vyváženú ponuku a dopyt v energetickom systéme.“¹⁴ Nájsť optimálnu kombináciu medzi celkovým dopytom po energiách a ich výrobou z alternatívnych zdrojov je náročné. Keďže „obdobia vyššej výroby energie z obnoviteľných zdrojov sa zvyčajne vyskytujú v obdobiach nižšej spotreby energie v domácnostiach“.¹⁵ Prekonanie týchto výziev je možné v rámci konceptu inteligentných miest vďaka prepojeniu hlavných technológií energetických systémov, ktorými sú *smart grid*, *smart metering*, systémy akumulácie energie a decentralizovaná (distribovaná) výroba energií.¹⁶

2.1.2 Smart grid a smart metering

Smart grid alebo inteligentná sieť „je elektrická sieť, ktorá využíva digitálne a iné pokročilé technológie na monitorovanie a správu prepravy elektriny zo všetkých výrobných zdrojov, aby uspokojila rôzne požiadavky koncových používateľov na elektrickú energiu“.¹⁷

¹³ IEA; *Global share of total energy supply by source 2018*. [cit. 2021-01-22]. Dostupné na: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-share-of-total-energy-supply-by-source-2018>>

¹⁴ Botterund, A.; *Chapter 10 – Forecasting Renewable Energy for Grid Operations*. In: Jones, L. E. (ed.): *Renewable Energy Integration*. 2. vyd. Academic Press, 2017. s. 133. ISBN 978-0-12-809592-8.

¹⁵ Villa-Arrieta, M., Sumper, A.; *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. 2019. s. 2. [cit. 2021-01-21]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>

¹⁶ Villa-Arrieta, M., Sumper, A.; *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. 2019. s. 6. [cit. 2021-01-21]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>

¹⁷ IEA; *Technology Roadmap: Smart Grids*. 2011. s. 6. [cit. 2020-12-22]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/642>>

„V porovnaní s tradičnými sieťami, inteligentné siete prekonávajú limity obnoviteľných zdrojov energie“¹⁸ a umožňujú ich implementáciu, čím zvyšujú ich podiel na výrobe energií.¹⁹ Okrem výziev spojených so získavaním energie z alternatívnych zdrojov, predstavuje *smart grid* riešenie aj v súvislosti s neustálym rastom dopytu po energiách, nutnosťou modernizácie infraštruktúry, dodávkami čistejšej energie a v neposlednom rade aj s nastupujúcim trendom elektromobilov.²⁰ V súvislosti so *smart grid* sa vyvíjajú digitálne merače tzv. *smart metering* technológie, ktoré pomáhajú pri efektívnej kontrole spotreby energie a jej meraní, a taktiež zabezpečujú obojsmerný tok informácií v reálnom čase. Táto „plná integrácia umožňuje zákazníkovi efektívne riadiť spotrebu“²¹ energií.

Medzinárodná agentúra pre energetiku IAE (2011) uvádza niekoľko oblastí, v rámci ktorých prinášajú *smart grid* výhody a príležitosti. Vďaka inteligentným sieťam sú dodávky energie ekonomicky efektívnejšie, čo sa odráža v energetických a finančných úsporách spotrebiteľov. Zároveň sa predchádza stratám a výpadkom energií, a to dokonca aj v prípade rôznych nepredvídateľných okolností (napr. prírodné katastrofy). *Smart grid* umožňuje izolovať tieto problémové časti systému, zatiaľ čo zvyšok naďalej funguje, čím je charakterizovaná spoľahlivosť a stabilita systému.²² Okrem toho má inteligentná sieť mimoriadne dôležitú úlohu pri decentralizovaní výroby energie a jej následnej distribúcii.

2.1.3 Distribuovaná výroba energie

Distribuovaná výroba energie (angl. *distributed generation*) spočíva vo využívaní viacerých menších zdrojov na výrobu energie namiesto niekoľkých centrálnych.²³ Ide teda o získavanie energie z viacerých dostupných zdrojov, vďaka čomu vzniká výnimočné prepojenie tradičných zdrojov energie s obnoviteľnými pri využití systémov akumulácie energie, *smart grid* a *smart metering*.²⁴ Veľká výhoda distribuovanej výroby energie tkvie

¹⁸ Villa-Arrieta, M., Sumper, A.; *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. 2019. s. 6. [cit. 2021-01-21]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>

¹⁹ Lee, Y., Lee, S. H., Paredes, J. R.; *Smart Grid and Its Application in Sustainable Cities*. 2012. [cit. 2021-01-22]. Dostupné na: <<https://publications.iadb.org/publications/english/document/Smart-Grid-and-Its-Application-in-Sustainable-Cities.pdf>>

²⁰ IEA; *Technology Roadmap: Smart Grids*. 2011. [cit. 2020-12-22]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/642>>

²¹ Slavík, J.; *Smart city v praxi: Jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské k podnikání*. Praha: Profi Press s.r.o., 2017. s. 72. ISBN 978-80-86726-80-9.

²² IEA; *Technology Roadmap: Smart Grids*. 2011. [cit. 2020-12-22]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/642>>

²³ Almuhaiani, M.; *Chapter 10 – Impact of Distributed Generation Integration on the Reliability of Power Distribution Systems*. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 453-508. ISBN 978-0-12-804208-3.

²⁴ Funabashi, T.; *Chapter 1 – Introduction*. In: Funabashi, T. (ed.): *Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems*. Academic Press, 2016. s. 1-14. ISBN 978-0-12-803212-1.

okrem iného aj v tom, že tieto systémy môžu „byť umiestnené v blízkosti koncových používateľov v rámci priemyselnej oblasti, vo vnútri budovy alebo v komunite“.²⁵ Tento aspekt výrazne prispieva k efektívnosti dodávok energií, keďže sa vďaka menším vzdialenostiam odstraňujú straty.²⁶ Populárnym príkladom distribuovanej výroby energie, ktorej inštalácia je vhodná vo veľkom (priemyselná budova), ale rovnako aj v malom meradle (obytný dom), je kombinovaná výroba elektriny a tepla tzv. kogenerácia. Pri kogenerácii sa zachytáva odpadové teplo, ktoré vzniká pri výrobe elektriny a ktoré neskôr slúži na doplnenie tradične získanej tepelnej energie na vykurovanie a ohrev vody.²⁷

Žiaducim javom budúcnosti je postupné odstraňovanie všetkých neobnoviteľných zdrojov. V súčasnosti sú hlavnými technológiami v rámci distribuovanej výroby energie veterné turbíny, solárne články a malé vodné elektrárne, pokiaľ ide o získavanie energie z alternatívnych zdrojov. Funkcia veterných turbín spočíva v premieňaní kinetickej energie vetra na elektrickú. Naproti tomu solárne články, ktoré premieňajú slnečnú energiu na elektrickú, zlúčením vytvoria solárne panely a tie prinášajú mnohé možnosti integrácie.²⁸ A nakoniec vodné elektrárne využitím hydraulických turbín transformujú kinetickú energiu vody na elektrickú.²⁹

Avšak ako bolo už vyššie spomenuté, dodávky energie z obnoviteľných zdrojov môžu byť často nespoľahlivé, a preto aj ťažko predvídateľné. Z tohto dôvodu je v rámci distribuovanej výroby energie nevyhnutné rozvíjať (okrem inteligentných sietí a meračov) aj systémy akumulácie energie.³⁰

²⁵ Almuhaeni, M.; *Chapter 10 – Impact of Distributed Generation Integration on the Reliability of Power Distribution Systems*. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 488-489. ISBN 978-0-12-804208-3.

²⁶ Hayes, B.; *Chapter 9 – Distribution Generation Optimization and Energy Management*. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 436. ISBN 978-0-12-804208-3.

²⁷ King, J. – Perry, Ch.: *Smart Building: Using Smart Technology to Save Energy in Existing Buildings*. 2017. s. 21 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na: <<https://www.aceee.org/research-report/a1701>>

²⁸ Mokhtari, M. – Gharehpetian, G. B. – Mohammad Mousavi Agah, S.; *Chapter 1 – Distributed Energy Resources*. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 8-9. ISBN 978-0-12-804208-3.

²⁹ Vezzoli, C. et al.; *Designing Sustainable Energy for All: Sustainable Product-Service System Design Applied to Distributed Renewable Energy*. Springer International Publishing, 2018. s. 32. ISBN 978-3-319-70222-3.

³⁰ Ruiz-Romero, S. et al.; *Integration of distributed generation in the power distribution network*. 2014. s. 228 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.082>> ISSN 1364-0321.

2.1.4 Systémy akumulácie energie

Ponuka energie vyrobenej z obnoviteľných zdrojov často nezodpovedá dopytu po energiách v reálnom čase.³¹ Tento fakt je spätý najmä so slnečnou a veternou energiou, pretože solárne články generujú energiu len pri dostatočnom slnečnom žiarení a veterné turbíny závisia od dostatočnej rýchlosti vetra.³² A keďže táto forma energie je síce najmenej spoľahlivá, ale na druhej strane aj najčistejšia a najlacnejšia,³³ je potrebné podporovať jej výrobu. Jedným z kľúčových prvkov, ktoré riešia problémy a výzvy spojené s integrovaním obnoviteľných zdrojov energie sú systémy akumulácie energie. Tie dokážu skladovať nadbytočne vyrobenú energiu v čase nízkeho dopytu a uschovávať ju na ďalšie použitie.³⁴ Okrem toho výhody systémov akumulácie energie spočívajú aj v tom, že vďaka nim dochádza k úsporám nákladov na energiu.³⁵ Pretože v čase tzv. špičkového zaťaženia, ktoré nastáva zvyčajne predpoludním a podvečer, je dopyt po energiách v rámci dňa najvyšší, a teda energia najdrahšia. Nahromadením a skladovaním lacnejšej energie vyprodukovanej v čase nízkej spotreby sa umožňuje čerpanie tejto lacnejšej formy energie aj počas špičkového zaťaženia, čo znižuje náklady spotrebiteľov. Tento proces zároveň prispieva k zrazeniu celkového špičkového zaťaženia.³⁶

Systémy akumulácie energie sú dôležité aj v spojení s elektrickými automobilmi, ktoré taktiež zapadajú do konceptu inteligentných miest. Zvyšujúce sa množstvo elektrických vozidiel spôsobuje narastajúci dopyt po energiách, ktorý by mal byť pokrytý primárne energiou získanou z alternatívnych zdrojov, aby sa predišlo vzniku nových elektrární.³⁷ Avšak na to, aby bolo používanie elektrických áut pohodlné a atraktívne, je potrebné zabezpečiť spoľahlivú dodávku energií. Preto je „skladovanie dôležité aj pre domácnosti,

³¹ Barnes, F. S. – Levine, J. G.: *Applications of Energy Storage to Generation and Absorption of Electrical Power*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 3. ISBN 978-1-4200-8601-0.

³² Praß, J. et al.: *Smart Energy and Grid: Novel Approaches for the Efficient Generation Storage and Usage of Energy in the Smart Home and the Smart Grid Linkup*. In: Song, H. et al. (eds.): *Smart Cities: Foundations, Principles and Applications*. Wiley, 2017. s. 582. ISBN: 978-1-119-22639-0.

³³ IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2017*. 2018. [cit. 2021-02-21]. Dostupné na: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf> ISBN 978-92-9260-040-2.

³⁴ Calvillo, C.F. – Sánchez-Mirallas, A. – Villar, J.: *Energy management and planning in smart cities*. 2016. [cit. 2021-02-10]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>>

³⁵ Barnes, F. S. – Levine, J. G.: *Applications of Energy Storage to Generation and Absorption of Electrical Power*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 5. ISBN 978-1-4200-8601-0.

³⁶ Ibid.

³⁷ Zablocki, A.: *Fact Sheet | Energy Storage (2019)*. [cit. 2021-02-16]. Dostupné na: <<https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019>>

ktoré si vyrábajú vlastnú obnoviteľnú elektrinu, [keďže] bez akumulačného systému nemožno automobil nabiť solárnou energiou cez noc“.³⁸ Akumulácie teda prinášajú do energického systému spoľahlivosť, efektívnosť, úspory nákladov, vyššiu kvalitu energie a ich hlavným účelom je zvýšenie prevádzkovej flexibility.³⁹

Systémov akumulácie energie je v súčasnosti hneď niekoľko. Ich implementácia a využitie závisí od viacerých aspektov; predovšetkým od druhov dostupných zdrojov energie, energetického zaťaženia, ale aj štruktúry siete.⁴⁰ Zároveň sa jednotlivé systémy líšia napríklad v súvislosti s časom odozvy, výkonom, kapacitou, ale aj veľkosťou a cenou.⁴¹ V závislosti od formy energie, ktorú je potrebné regulovať, sú najbežnejšie používané systémy akumulácie tepelnej a elektrickej energie.⁴²

Na svete majú v súčasnosti najväčšie zastúpenie prečerpávacie vodné elektrárne (angl. *pumped hydroelectric system* - *PHES*) na akumulovanie nadbytočnej energie.⁴³ Tento systém funguje na princípe, ktorý sa dá jednoducho vysvetliť nasledovne. Potrebne sú dva zásobníky vody umiestnené v rôznych nadmorských výškach. Voda, ktorá sa nachádza v nižšie umiestnenom zásobníku sa prečerpá cez turbíny poháňané nadbytočne vygenerovanou energiou do vyššie položeného zásobníka. A v čase, kedy je potreba využiť akumulovanú energiu sa voda z horného zásobníka vypúšťa späť do spodného zásobníka, čím sa pôsobením gravitácie a využitím turbín transformuje kinetická energia vody na elektrickú.⁴⁴ Avšak je zrejmé, že prečerpávacie vodné elektrárne zaberajú veľkú časť územia, čo mnohokrát predstavuje zásadné obmedzenie ďalšej výstavby týchto zariadení. Tento fakt prispel k vývoju podzemných prečerpávacích vodných elektrární, ktoré sa odlišujú od tradičných tým, že spodná vodná nádrž je umiestnená pod zemou, čím sa šetrí podstatná časť územia.⁴⁵ Ďalšie široké využitie má aj technológia skladovania energie

³⁸ Ibid.

³⁹ Barnes, F. S. – Levine, J. G.: *Applications of Energy Storage to Generation and Absorption of Electrical Power*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 3. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Calvillo, C.F. – Sánchez-Mirallés, A. – Villar, J.: *Energy management and planning in smart cities*. 2016. s. 277 [cit. 2021-02-10]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>>

⁴² IEA. *Annual Report 2019 Energy Storage TCP*. 2020. [cit. 2021-02-21]. Dostupné na: <https://iea-ecses.org/wp-content/uploads/public/Annual-Report-2019-Energy-Storage-TCP_20200620.pdf>

⁴³ IEA. *Technology Roadmap: Energy storage*. 2014. s. 17 [cit. 2021-02-13]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/451>>

⁴⁴ Levine, J. G.: *Pumped Hydroelectric Energy Storage*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 51-75. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁴⁵ Kitsikoudis, V. et al.: *Underground Pumped-Storage Hydropower (UPSH) at the Martelange Mine (Belgium): Underground Reservoir Hydraulics*. 2020. [cit. 2021-02-13]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/en13143512>>

pomocou stlačeného vzduchu (angl. *compressed air energy storage* - CAES), ktorá podobne ako prečerpávacie vodné elektrárne využíva prebytočne vyrobenú energiu mimo záťažových špičiek. Táto energia je použitá na stlačenie vzduchu a jeho následné vysokotlakové uskladnenie do podzemných zásobníkov. „Tento vzduch sa neskôr uvoľňuje do spaľovacieho zariadenia v plynovej turbíne na výrobu elektriny počas špičiek.“⁴⁶ „Dve hlavné technológie schopné dodávať niekoľko hodín výkonu na úrovni výroby elektrárne pri atraktívnych systémových nákladoch sú CAES a prečerpávacia vodná elektráreň (PHES).“⁴⁷ Tieto technológie sú zároveň vhodné aj na hromadnú akumuláciu energie.

V rámci konceptu inteligentných miest je potrebné využitie aj menších systémov akumulácie energie, ktoré nezaberajú veľkú časť územia. Preto sa v kontexte distribuovanej výroby energie začali vyvíjať a používať rôzne druhy batérií, ktorých inštalácia je možná vo veľkom,⁴⁸ ale aj v malom meradle.⁴⁹ Batérie ukladajú elektrickú energiu vo forme chemickej energie. Existuje viacero typov batérií, ktoré sú nabíjateľné, a teda spĺňajú podmienku znovu použiteľného systému akumulácie energie.⁵⁰ Najrozšírenejšie sú olovené batérie, avšak v posledných rokoch nabrali na popularite lítium-iónové batérie najmä „vďaka ich vysokej koncentrácii energie, energetickým schopnostiam a životnosti v porovnaní s olovenými batériami“.⁵¹ Batérie dosahujú naproti ostatným systémom akumulácie energie najvyššiu efektívnosť,⁵² ktorá dosahuje v prípade lítium-iónových batérií 85 až 95 %.⁵³ Na druhej strane treba zohľadniť aj nevýhody spojené s batériami, ktorými sú napríklad ich vysoké ceny, možné environmentálne škody najmä pri ich likvidácii, ale aj ich obmedzená životnosť.⁵⁴ Na ich ďalší vývoj a odstraňovanie nedostatkov je vyvíjaný tlak, keďže batérie

⁴⁶ IEA; *Technology Roadmap: Energy storage*. 2014. s. 20 [cit. 2021-02-13]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/451>>

⁴⁷ Succar, S.: *Compressed Air Energy Storage*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 112. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁴⁸ Scott, I. – Lee, S.: *Battery Energy Storage*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 153-179. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁴⁹ Nair, N. C. – Garimella, N. *Battery energy storage systems: Assessment for small-scale renewable energy integration*. 2010. s. 2124. [cit. 2021-02-14]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.002>> ISSN 0378-7788.

⁵⁰ Antonucci, P. L. – Antonucci, V. *Electrochemical Energy Storage*. In: Carbone, Rosario (ed.). *Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids*. Rijeka: InTech, 2011. s. 6. ISBN: 978-953-307-269-2.

⁵¹ Abdi, H. et al.: *Chapter 7 – Energy Storage Systems*. In: Gharehpetian, G.B. – Mohammad Mousavi Agah, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 339. ISBN 978-0-12-804208-3.

⁵² Ibid.

⁵³ Zablocki, A.: *Fact Sheet | Energy Storage (2019)*. [cit. 2021-12-16]. Dostupné na: <<https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019>>

⁵⁴ Calvillo, C.F. – Sánchez-Miralles, A. – Villar, J.: *Energy management and planning in smart cities*. 2016. s. 277 [cit. 2021-02-10]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>>

sú hlavným spôsobom akumulácie energie používaný v prípade elektronických automobilov.⁵⁵

Calvillo, Sánchez-Miralles a Villar (2016) uviedli v súvislosti s plánovaním a organizáciou energie v rámci *smart city* aj ďalšie systémy akumulácie energie s vysokou efektívnosťou (do 95 %); supravodivé systémy na ukladanie magnetickej energie, zotrvačníky a superkondenzátory. Výhody týchto systémov spočívajú okrem iného v rýchlej odozve a schopnosti uvoľnenia veľkého množstva energie v krátkom čase. Tieto technológie sa sústreďujú najmä na zabezpečenie kvality energií, majú dlhú životnosť, ale na druhej strane môžu poskytovať energiu iba na krátke obdobia.⁵⁶

Okrem systémov akumulácie elektrickej energie majú dôležitú úlohu aj systémy skladovania tepelnej energie, ktoré prispievajú k redukcii množstva zbytočne strateného tepla.⁵⁷ „Systémy tepelného skladovania používajú tekutinu alebo iný materiál v zásobníku na ukladanie tepelnej energie na neskoršie použitie.“⁵⁸ Tri hlavné druhy skladovania tepelnej energie sú citelné, latentné a chemické skladovanie.⁵⁹ V citelných mechanizmoch skladovania tepla dochádza pri akumulácii k zmene teploty tekutiny (najčastejšie vody). Latentné skladovanie využíva pri akumulácii resp. uvoľňovaní energie materiály s fázovou zmenou (angl. *phase change materials* - PCM).⁶⁰ „Skladovanie citelného tepla je pomerne lacné, jeho nevýhodou je nízka koncentrácia energie a premenlivá teplota vybíjania.“⁶¹ Práve tieto problémy rieši latentné skladovanie, pri ktorom dochádza k zmene skupenstva látok, čo umožňuje vyššie skladovacie kapacity a cieľené teploty vybíjania. Chemická akumulácia využíva na skladovanie energie chemické reakcie. Tieto systémy zabezpečujú vysokú koncentráciu energie a vysoký výkon, ale náklady sú v porovnaní s citelnými a latentnými

⁵⁵ Scott, I. – Lee, S.; *Battery Energy Storage*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 155. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁵⁶ Calvillo, C.F. – Sánchez-Miralles, A. – Villar, J.: *Energy management and planning in smart cities*. 2016. s. 277 [cit. 2021-02-10]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>>

⁵⁷ IEA. *Technology Roadmap: Energy storage*. 2014. s. 5 [cit. 2021-02-13]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/451>>

⁵⁸ Calvillo, C.F. – Sánchez-Miralles, A. – Villar, J.: *Energy management and planning in smart cities*. 2016. s. 277 [cit. 2021-02-10]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>>

⁵⁹ Celsius: *Thermal Energy Storage*. 2020. [cit. 2021-02-18] Dostupné na: <<https://celsiuscity.eu/thermal-energy-storage/>>

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ IEA-ETSAP – IRENA: *Thermal Energy Storage; Technology Brief*. 2013. s. 8 [cit. 2021-02-18]. Dostupné na: <<https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-E17-Thermal-Energy-Storage.pdf>>

zariadeniami podstatne vyššie.⁶² V súčasnosti sú najpoužívanějšími systémami technológie citel'ných mechanizmov - konkrétne zásobníky teplej vody (angl. *hot water tank*), a to najmä vďaka ich inštalácii v spojení so solárnymi tepelnými systémami (angl. *solar combisystem*).⁶³

Akumulácia energie je považovaná za kľúčový komponent energetických riešení pri integrovaní obnoviteľných zdrojov.⁶⁴ Zároveň treba zdôrazniť, že bez paralelného rozvoja a vzájomnej kohézii všetkých hlavných technológií v rámci inteligentnej energetiky nemožno dospieť ku konceptu inteligentného mesta. Vzhľadom na to, že každé mesto tvorí komplex viacerých osobitne fungujúcich budov, v spojení s inteligentným mestom sa začalo používať aj pomenovanie; inteligentné budovy.

2.2 Inteligentné budovy

Podľa medzinárodnej agentúry pre energetiku IEA (2013) sú budovy najväčšími spotrebiteľmi energie v ekonomike, a tomu zodpovedajúc produkujú až jednu tretinu globálnych emisií uhlíka. Preto majú budovy dôležitú úlohu pri redukcii negatívnych dopadov na životné prostredie.⁶⁵

„Jedným z najsľubnejších prístupov v oblasti energetickej efektívnosti budov je dosiahnuť, aby boli kancelárie, obchodné a bytové budovy inteligentné tým, že budú vykonávať inteligentné riadenie budov a nadväzovať nepretržitú komunikáciu s obyvateľmi.“⁶⁶ Z toho vyplýva, že hlavnou úlohou systémov inteligentných budov je vytvoriť podmienky pre ich ľahkú a efektívnu prevádzku, pri súčasnom minimalizovaní spotreby energie a maximalizovaní uspokojenia potrieb obyvateľov.^{67,68} Inými slovami, inteligentné budovy by mali ponúkať lepšie riešenia a služby v porovnaní s tradičnými

⁶² IEA-ETSAP – IRENA: *Thermal Energy Storage; Technology Brief*. 2013. s. 15 [cit. 2021-02-18]. Dostupné na: <<https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-E17-Thermal-Energy-Storage.pdf>>

⁶³ IEA-ETSAP – IRENA: *Thermal Energy Storage; Technology Brief*. 2013. [cit. 2021-02-18]. Dostupné na: <<https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-E17-Thermal-Energy-Storage.pdf>>

⁶⁴ Barnes, F. S. – Levine, J. G.: *Applications of Energy Storage to Generation and Absorption of Electrical Power*. In: Barnes, F. S. – Levine, J. G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 4. ISBN 978-1-4200-8601-0.

⁶⁵ IEA: *Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050*. 2013. s. 7 [cit. 2021-02-19]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/745>>

⁶⁶ Mofidi, F. – Akbari, H.: *Intelligent buildings*. 2020. s. 2 [cit. 2021-02-19]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110192>> ISSN 0378-7788.

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ Apanaviciene, R. – Vanagas, A. – Fokaides P.A.: *Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework*. 2020. s. 6 [cit. 2021-02-20]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/en13092190>>

v oblasti pohodlia, bezpečnosti, hospodárnosti, energetickej účinnosti a v neposlednom rade aj reprezentatívnosti.⁶⁹

V spojení s inteligentnými budovami môžeme rozlišovať medzi pasívnymi a aktívnymi riešeniami. Pasívne riešenia ako prvý nevyhnutný krok sa týkajú plášťa budov a izolácie, avšak tieto riešenia ponúkajú aj tradičné budovy na relatívne vysokom stupni rozvoja.⁷⁰ Na druhej strane sa od inteligentných budov očakáva navyše aj aktívne zapojenie, keďže sú spotrebiteľmi, ale zároveň aj výrobcami energie so schopnosťou jej recyklácie.⁷¹ Aktívne zapojenie spočíva predovšetkým vo využívaní systémov generácie (solárne panely, malé veterné turbíny, kogenerácia a pod.)⁷² a akumulácie energie na úrovni priemyselných, obchodných, ale aj obytných budov. Súčasne tieto budovy disponujú systémami *smart metering*, ktoré výrazne uľahčujú riadenie energií na strane dopytu a ich zapojenie v rámci *smart grid*.⁷³ „Keď sú inteligentné budovy prepojené do siete inteligentného mesta, samotná inteligentná budova môže mať vplyv na správanie ostatných inteligentných budov alebo infraštruktúry, pretože sa stáva konzistentným prvkom vonkajšieho prostredia ovplyvňujúcim ďalšie prvky siete.“⁷⁴ Implementácia riešení inteligentných budov so sebou prináša úspory energií, čím sa zároveň znižujú náklady potrebné na údržbu budovy.⁷⁵ Tento faktor prispieva k maximalizácii pohodlia a spokojnosti obyvateľov budov. Avšak k plnému využitiu potenciálu inteligentných budov a riešení *smart city* vo všeobecnosti je nevyhnutné podporovať aktívnu účasť spotrebiteľov, a teda zefektívniť riadenie na strane dopytu.

2.2.1 Riadenie na strane dopytu

„Energetické správanie obyvateľov má priamy účinok tak na úroveň ich pohodlia, ako aj na spotrebu energie.“⁷⁶ Nadobudnutie vedomostí o možnom zefektívnení ich spotreby

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ IEA: *Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050*. 2013. [cit. 2021-02-19]. Dostupné na: <<https://webstore.iea.org/download/direct/745>>

⁷¹ Asadian, E. – Azari, K. T. – Vakili-Ardebili, A.: *Chapter 1.5 - Multicriteria Selection Factors for Evaluation of Intelligent Buildings—A Novel Approach for Energy Management*. 2018. In: Dincer, I. – Orçur Colpan, C. – Kizilkan, O. (eds.). *Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions*. Academic Press, 2018. s. 87-102. ISBN 9780128137345.

⁷² Nair, N. C. – Garimella, N. *Battery energy storage systems: Assessment for small-scale renewable energy integration*. 2010. s. 2126. [cit. 2021-02-14]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.002>> ISSN 0378-7788.

⁷³ Mofidi, F. – Akbari, H.: *Intelligent buildings*. 2020. [cit. 2021-02-19]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110192>> ISSN 0378-7788.

⁷⁴ Apanaviciene, R. – Vanagas, A. – Fokaides P.A.: *Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework*. 2020. s. 4 [cit. 2021-02-20]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/en13092190>>

⁷⁵ Ibid.

⁷⁶ Mofidi, F. – Akbari, H.: *Intelligent buildings*. 2020. s. 19 [cit. 2021-02-19]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110192>> ISSN 0378-7788.

energií môže zabezpečiť väčšie energetické a finančné úspory a taktiež pomôcť naplneniu cieľov *smart city*. Toto uvedomelé správanie konzumentov a ich akcie v oblasti efektívnej energetiky zastrešuje výraz riadenie na strane dopytu (angl. *demand side management DSM*).⁷⁷ „Hlavnou výhodou riadenia na strane dopytu je, že je lacnejšie inteligentne ovplyvňovať zaťaženie, ako stavať novú elektrárňu alebo inštalovať nejaké elektrické úložné zariadenie.“⁷⁸

V praxi môže riadenie dopytu zahŕňať viaceré stratégie, ktorých príklady demonštrovali Li, Chiu a Sun (2017). Jedným z nich je zámerný presun určitej spotreby energií na čas mimo špičkového zaťaženia (angl. *load shifting*), napr. spustenie práčky. Ďalším spôsobom je zníženie špičkového zaťaženia priamou reguláciou zaťaženia v budovách (angl. *peak clipping*), napr. stíšením termostátov, odpojením niektorých zariadení, prerušením určitej činnosti atď. Treba avšak podotknúť, že táto stratégia môže viesť k nespokojnosti spotrebiteľov. Ďalšia činnosť v rámci riadenia na strane dopytu je zvýšenie spotreby mimo špičiek (angl. *valley filling*). Táto stratégia prispieva k stabilite nevyváženého systému, ale na druhej strane spotrebiteľom neprináša úspory. Obr. 1 ponúka názornú ilustráciu všetkých troch predstavených stratégií reakcie na strane dopytu. Zároveň sa kladie dôraz aj v rámci riadenia na strane dopytu na využívanie energeticky efektívnejších zariadení a technológií pri súčasnej zvýšenej informovanosti (pomocou *smart metering*).⁷⁹



Obr. 1 Stratégie riadenia na strane dopytu
Zdroj: vlastné spracovanie

⁷⁷ Li, D. – Chiu, W.-Y. – Sun, H.: *Chapter 7 – Demand Side Management in Microgrid Control System*. 2017. In: Mahmoud, M. S. (ed.). *Microgrid*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 204. ISBN 9780081017531.

⁷⁸ Palensky, P. – Dietrich, D.: *Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads*. 2011. s. 381 [cit. 2021-02-21]. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5930335>> ISSN: 1941-0050.

⁷⁹ Li, D. – Chiu, W.-Y. – Sun, H.: *Chapter 7 – Demand Side Management in Microgrid Control System*. 2017. In: Mahmoud, M. S. (ed.). *Microgrid*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 209-211. ISBN 9780081017531.

Treba pripomenúť, že cez riadenie na strane dopytu sa celková spotreba energií nemusí nutne znížiť, len dôjde k upraveniu správania spotrebiteľov.⁸⁰ Je nevyhnutné, aby spotrebitelia aktívne prispievali do konceptu *smart city* ich vlastným uvedomelým správaním pri súčasnom využití inovácií ponúkaných inteligentnými mestami.

⁸⁰ Palensky, P. – Dietrich, D.: *Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads*. 2011. s. 382 [cit. 2021-02-21]. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5930335>> ISSN: 1941-0050.

3 Príklady energetických riešení zo sveta a ich výsledky

Existuje viacero rebríčkov inteligentných miest, ale keďže samotná presná definícia *smart city* chýba a všetky dostupné definície sa líšia v niektorých aspektoch, takisto sa teda líšia aj jednotlivé rebríčky najmä kvôli tomu, že hodnotia mestá z rozličných hľadísk. Podľa indexu inteligentných miest (angl. *Smart City Index SCI*) predstavený Inštitútom pre rozvoj manažmentu IMD sa na prvých troch miestach v roku 2020 (a zároveň aj 2019) umiestnili Singapur, Zürich a Helsinki spomedzi viac ako 100 hodnotených miest, pričom v oboch rokoch získal Singapur prvé miesto.⁸¹ V súčasnosti sa skutočne za najinteligentnejšie mesto na svete v prípade mnohých výskumov pokladá Singapur. Na druhej strane v rebríčku od Juniper inštitútu, ktorý hodnotil inteligentné mestá na základe energetických riešení, sa na prvom mieste umiestnilo hlavné mesto Kórejskej republiky Soul, nasledované San Franciscom a New Yorkom.⁸²

3.1 Soul

Kórejské inteligentné mestá stoja na základoch tzv. všadeprítomných miest alebo *U-City* (angl. *Ubiquitous city*), ktoré boli predstavené začiatkom 21. storočia.⁸³ Ich hlavná podstata spočívala vo všestrannom využívaní IKT a internetu na riešenie problémov a výziev. Koncept *U-City* nahradili *smart city* až o niekoľko rokov neskôr a v roku 2011 bol predstavený strategický plán *Smart Soul 2015*.⁸⁴ V tomto pláne je Soul ako inteligentné mesto orientované najmä na maximalizáciu spokojnosti obyvateľov prostredníctvom vytvorenia lepšej infraštruktúry a poskytovania služieb pomocou už existujúcej siete IKT.⁸⁵ V súčasnosti má Soul „najvyššiu internetovú konkurencieschopnosť z hľadiska penetrácie širokopásmového internetu, používania mobilných služieb, úrovne online služieb a ďalších kategórií“. ⁸⁶ Aj napriek tomu, že koncept *Smart Soul 2015* sa nezameriaval priamo na výzvy spojené s mestskou energetikou, zvýšenie energetickej efektivity bolo adresované

⁸¹ IMD-SUTD; *Smart City Index 2020*. [cit. 2021-02-27]. Dostupné na: <https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/smart_city/2columns-rankings-2020.pdf>

⁸² Juniper Research; *Smart Grids to save city dwellers \$14bn in Energy Costs by 2022*. 2018. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na: <<https://www.juniperresearch.com/press/press-releases/smart-grids-save-city-dwellers-14bn-energy-costs?ch=smart%20city%20seoul>>

⁸³ Intralink; *Smart Cities South Korea. Market Intelligence Report*. 2019. s. 7 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <https://www.intralinkgroup.com/Syndication/media/Syndication/Reports/South-Korea_Market-Intelligence-Report_Smart-Cities_Compressed.pdf>

⁸⁴ ITU; *Smart City Seoul: a case study*. 2013. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001P0001P0001.pdf>

⁸⁵ Seoul Metropolitan Government; *Smart Seoul 2015*. 2014. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2014/02/SMART_SEOUL_2015_41.pdf>

⁸⁶ Seoul Metropolitan Government; *Smart Seoul 2015*. 2014. s. 2 [cit. 2021-03-05]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2014/02/SMART_SEOUL_2015_41.pdf>

v osobitných strategických plánoch. Tie sa aplikovali na lokálnej úrovni hlavného mesta už od roku 1996.⁸⁷ Jeden z úspešných energetických plánov mesta Soul je projekt „O jednu jadrovú elektráreň menej“ (angl. *One less nuclear power plant*), ktorý bol predstavený v roku 2012.⁸⁸

3.1.1 O jednu jadrovú elektráreň menej

Hlavnou motiváciou na vypracovanie projektu boli okrem globálneho otepľovania udalosti z roku 2011. Menovite havária v japonskej jadrovej elektrárni vo Fukušime⁸⁹ a veľký výpadok prúdu, ktorý nastal kvôli prudkému poklesu energetických rezerv z dôvodu vysokej spotreby energie a zasiahol Južnú Kóreu neskôr toho istého roku.⁹⁰ A keďže jadrová energia bola jedným z hlavných zdrojov energie krajiny a takisto aj mesta, dopyt po istejšom, bezpečnejšom a udržateľnejšom zdroji energie rástol.⁹¹ Primárnym cieľom projektu bolo zvýšiť energetickú samostatnosť Soulu, pretože v tom čase (za rok 2011) bolo v meste vyprodukovaných len približne 3 % energií z celkovej energetickej spotreby mesta.⁹² Konkrétnym cieľom prvej fázy projektu (do roku 2014) bolo zvýšiť produkciu energie mesta na 8 % a zároveň znížiť mestskú spotrebu energie o množstvo energie, ktoré vyprodukuje jedna jadrová elektráreň, čomu zodpovedá približne 2 milióny ton ropného ekvivalentu (angl. *tonnes of oil equivalent TOE*).⁹³ Tento cieľ sa mal dosiahnuť rôznymi stratégiami v rámci troch hlavných oblastí (viď **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj o dkazov.**).

Tab. 1 Stratégie projektu „O jednu jadrovú elektráreň menej“

Hlavné oblasti	Použité stratégie
Obnoviteľné zdroje energií	▪ Budovanie solárnych panelov ▪ Vytvorenie solárnej mapy mesta Soul ▪ Vybudovanie prvej malej vodnej elektrárne v Soule

⁸⁷ Lee, Y-J.; *Energy Management Policy (1997-2014)*. 2015. [cit. 2021-03-09]. Dostupné na: <<https://www.seoulsolution.kr/en/content/3495>>

⁸⁸ Carter, Ch.; *Smart Cities World City Profile Seoul*. 2020. s. 15 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <<https://www.smartcitiesworld.net/opinions/smart-cities-reports/smartcitiesworld-city-profile--seoul>>

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 28 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

⁹¹ Ibid.

⁹² Ibid.

⁹³ SMG; *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. 2015. s. 22 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%EA%B8%A1%84%8E%EA%B8%A1%84%80%EA%B8%A1%84%8C%EA%B8%A1%84%85%EA%B8%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

	▪ Využitie tepla zo spaľovania odpadu
Efektívne využívanie energií	▪ Program modernizácie budov ▪ Distribúcia luminiscenčných diód (LED)
Úspory energií	▪ Program <i>Eco Mileage</i> ▪ Zbor energetických strážnych anjelov (<i>Energy Guardian Angel Corps</i>) ▪ Súťaž v šetrení energie

Zdroj: Lee, J. – Won Kim, J.: *The Factors of Local Energy Transition in the Seoul Metropolitan Government: The Case of Mini-PV Plants*. 2017. [cit. 2021-03-07] Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/su9030386>> (upravené)

Jednou zo stratégií je široká implementácia solárnych panelov na strechy budov s ambicióznym cieľom; celé mesto malo byť poháňané slnečnou energiou. Plánované bolo, aby do roku 2014 malo približne 10 000 budov nainštalované solárne panely, ktoré by boli schopné vygenerovať 320 MW elektrickej energie.⁹⁴ Dokopy 258 solárnych zariadení bolo na impulz mestskej samosprávy nainštalovaných na nevyužívaných strechách verejných budov vlastnených mestom (napr. bejzbalový štadión v Mokdongu).⁹⁵ Rovnako sa vybudovali solárne zariadenia aj pomocou súkromných investícií. Vďaka vládnej finančnej podpore bolo solárnymi panelmi a batériami vybavených celkovo 3 552 domácností ku koncu roka 2014.⁹⁶ Okrem toho miestna samospráva vyvinula a distribuovala aj malé solárne panely, ktoré možno umiestniť na balkóny bytových domov.⁹⁷ V závislosti od modelu tieto solárne panely môžu domácnosti mesačne ušetriť od 3 000 do 10 000 juhokórejských wonov (KRW) resp. približne od 3 do 10 amerických dolárov (USD).⁹⁸ „Prostredníctvom priamych investícií alebo dotácií rozšírila metropolitná vláda Soulu inštaláciu fotovoltaiických elektrární na školách v 117 lokalitách [...], čo pomohlo ušetriť 10 miliónov KRW (10 000

⁹⁴ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 35 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

⁹⁵ SMG; *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. 2015. s. 27-28 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%8C%E1%85%A1%E1%84%85%E1%85%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

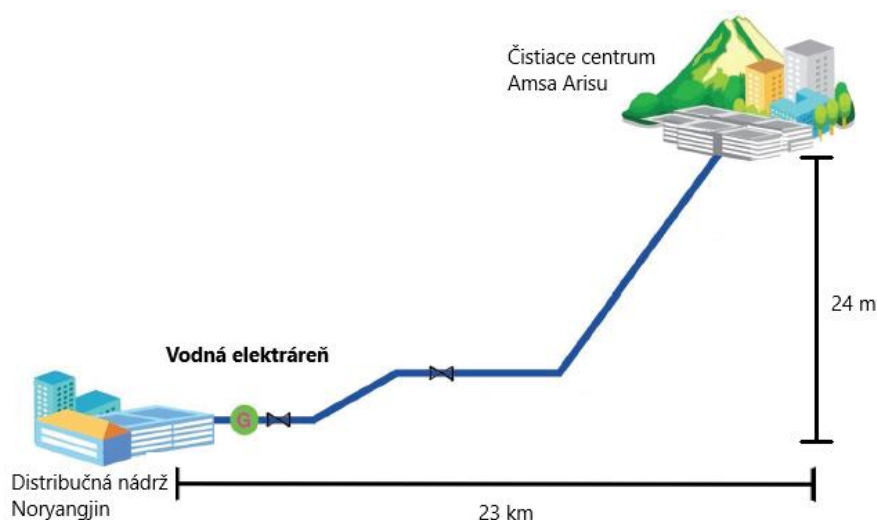
⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 15 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

⁹⁸ SMG; *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. 2015. s. 28 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%8C%E1%85%A1%E1%84%85%E1%85%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

USD) na účtoch za elektrinu ročne.⁹⁹ Navyše v snahe podporiť obyvateľov mesta v inštalácii solárnych panelov bola vyvinutá online solárna mapa, v ktorej sú zaznamenané vhodné potenciálne lokalizácie na umiestnenie solárnych panelov.¹⁰⁰ Zámerom mestskej samosprávy Soulu bolo takýmto spôsobom uľahčiť získavanie informácií obyvateľom, ktorí sa chcú zapojiť do projektu.

Ďalším dôležitým krokom metropolitnej vlády Soulu bolo vybudovanie prvej malej vodnej elektrárne v Soule. Bola inštalovaná do siete na zásobovanie pitnou vodou v distribučnej nádrži Noryangjin s kapacitou 300 000 m³ (viď Obr. 2) a poskytuje energiu 500 domácnostiam.¹⁰¹ „V súčasnosti 103 MWh mesačne generovaných prostredníctvom tohto systému nakupuje spoločnosť KEPCO (Kórejská spoločnosť pre elektrickú energiu) za 1,6 milióna KRW [1 600 USD].“¹⁰²



Obr. 2 Náčrt vodnej elektrárne v Soule

Zdroj SMG; Operation & Management: Arisu Small Hydropower (SHP) Plant. 2015. [cit. 2021-03-13]
Dostupné na: <<https://www.seoulsolution.kr/en/node/3486>> (upravené)

⁹⁹ SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 15 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

¹⁰⁰ SMG; *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. 2015. s. 29 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%8C%E1%85%A1%E1%84%85%E1%85%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

¹⁰¹ SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 16 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

¹⁰² SMG; Operation & Management: Arisu Small Hydropower (SHP) Plant. 2015. [cit. 2021-03-13]. Dostupné na: <<https://www.seoulsolution.kr/en/node/3486>>

Okrem toho mestská samospráva Soulu podporila výstavbu ďalších malých vodných elektrární v čistiarni odpadových vôd Seonam.¹⁰³ V meste Soul sa začala aktívne využívať na vykurovanie domácností tepelná energia získavaná zo štyroch spaľovní odpadu umiestnených v susedných mestských samosprávach.¹⁰⁴

Podľa metropolitnej vlády Soulu (2015) tvorí spotreba energie budov nadpolovičnú väčšinu (56 %) z celkovej spotreby mesta, čo bolo hlavným dôvodom, prečo bola druhá oblasť projektu zameraná na zvýšenie energetickej efektívnosti budov. V rámci toho sa spustil program modernizácie verejných, komerčných, a zároveň aj obytných budov. Najskôr sa začali modernizovať verejné budovy, a to predovšetkým inštaláciou izolácie okien, LED svietidiel a vysokoúčinných vykurovacích a chladiacich zariadení. Vysokú energetickú účinnosť a spokojnosť obyvateľom prináša práve inštalácia okenných izolácií. Na základe spolupráce s mestskou samosprávou jednotlivé firmy ponúkali zľavy tým občanom, ktorí sa rozhodli vymeniť energeticky nevýhodné okná. Okrem toho boli občanom poskytnuté pôžičky s nízkym úrokom pre budovy a energetické služby, aby vyššie náklady neodradili občanov od modernizácie. Ďalšou stratégiou aplikovanou v rámci oblasti efektívneho využitia energie bola široká distribúcia LED svetelných diód, ktoré v porovnaní s tradičnými žiarovkami spotrebujú až o 90 % menej energie. V priebehu projektu „O jednu jadrovú elektrárňu menej“ bolo naplánované inštalovať až 7,8 miliónov LED osvetlení, a to tak vo verejnom ako aj v súkromnom sektore. Pričom občania mesta mohli nákup LED osvetlení zrealizovať pri využití pôžičky z projektu modernizácie budov. Zároveň však miestna samospráva predstavila osobitný program, ktorý spotrebiteľom umožnil zaplatiť za inštaláciu LED svietidiel až o 3,5 roka po inštalácii, a to z ušetrených nákladov za energiu dosiahnutých vďaka vysokej efektívnosti LED osvetlení.¹⁰⁵

Parkovisko v istej časti Soulu, na ktorom bolo vymenených 400 žiaroviek (s výkonom 45 W) za LED diódy, prinieslo po siedmich mesiacoch úspory z výdavkov na elektrinu v plnej hodnote investovaných nákladov na ich inštaláciu (7 miliónov KRW resp.

¹⁰³ SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 16 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

¹⁰⁴ Lee, S. – Hur, Y. G.; *Waste Heat Recovery Project*. 2017. [cit. 2021-03-13]. Dostupné na: <<https://www.seoulsolution.kr/en/content/6561>>

¹⁰⁵ SMG; *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. 2015. s. 36-39 [cit. 2021-03-06]. Dostupné na: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%8C%E1%85%A1%E1%84%85%E1%85%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

zhruba 7 000 USD) a neskôr ročné úspory v účtoch za elektrinu vo výške až 10 miliónov KRW (10 000 USD).¹⁰⁶ Vďaka projektu modernizácie budov, do ktorej sa zapojilo viac ako 57 000 objektov, sa spotreba energie mesta znížila o 192 304 ton ropného ekvivalentu (TOE), zatiaľ čo výmena žiaroviek za LED svietidlá priniesla redukcii spotreby energie mesta vo výške 201 252 TOE (od roku 2011 po rok 2014).¹⁰⁷

Veľmi pozoruhodný je fakt, že z troch hlavných oblastí projektu bola v redukcii spotreby energie najúspešnejšia práve tretia, ktorá zastrešuje stratégie úspor energií (viď Tab. 2). Táto oblasť si vyžadovala predovšetkým uvedomelé a efektívne riadenie na strane dopytu, čiže aktívne zapojenie obyvateľov mesta, ktorí tak mali upraviť svoje návyky pri spotrebe energií. Takýto postup však môže byť v rozpore so spokojnosťou občanov, a preto je kľúčovým faktorom motivovanie zo strany metropolitnej vlády. Miestna samospráva s týmto cieľom predstavila už v roku 2009 program *Eco Mileage*. Domácnosti a organizácie zapojené do tohto programu sú podporované mestom, aby dobrovoľne znížili spotrebu energie, a to konkrétne spotrebu elektrickej energie, vody, plynu a energie na vykurovanie.¹⁰⁸

Metropolitná vláda Soulu (2015) priblížila fungovanie programu *Eco Mileage*. Do programu sa môžu jednotlivé domácnosti alebo organizácie zaregistrovať online, pričom musia poskytnúť údaje o svojej spotrebe energií, tá je následne monitorovaná. Ak sa domácnosti podarí zredukovať svoju priemernú mesačnú spotrebu energie aspoň o 10 % v porovnaní s mesačným priemerom z predchádzajúcich dvoch rokov, dostane od miestnej samosprávy príspevok vo forme bodov. Tieto body môžu domácnosti využiť na nákup produktov, ktoré zvýšia ich energetickú efektivitu, napr. LED svietidiel, alebo požiadať o poskytnutie poradenskej služby v oblasti energetiky. Aktívne členstvo prináša zároveň aj výhody vo forme redukcii poplatkov za zdravotnú starostlivosť, údržbu bytu, poistenie a iné benefity.¹⁰⁹ Jednotlivé domácnosti môžu zbieraním bodov získať až 100 000 KRW (cca 90

¹⁰⁶ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 84 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

¹⁰⁷ SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 11 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

¹⁰⁸ SMG; *Join Eco Mileage and live green!* 2014. s. 3 [cit. 2021-03-09]. Dostupné na: <https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/Eco-mileage_Brochure.pdf>

¹⁰⁹ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 101-103 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

USD) ročne.¹¹⁰ Do programu *Eco Mileage* bolo zapojených ku koncu projektu „O jednu jadrovú elektrárňu menej“ celkovo 1 680 000 členov.¹¹¹

V rámci projektu sa kládol veľký dôraz aj na vzdelávanie ľudí v oblasti energetiky a motivovanie občanov k šetreniu pomocou rôznych iniciatív. Jednou z nich je tzv. Zbor energetických strážnych anjelov tvorený žiakmi a študentmi, ktorí šíria povedomie o šetrení energie doma a na školách a prispeli k redukcii spotreby energií o 3,6 % na školách v roku 2013 (porovnané k údajom z roku 2012).¹¹² Inou úspešnou iniciatívou bola súťaž v šetrení energie z roku 2013, ktorá trvala 4 mesiace a do ktorej sa zapojilo 136 437 domácností a bytových komplexov.¹¹³ Vďaka tejto súťaži sa ušetrilo viac ako 11 miliónov kWh elektrickej energie, čo zodpovedá celkovým úsporám nákladov na energiu vo výške viac ako 2 miliardy KRW (približne 2 milióny USD).¹¹⁴

Tab. 2 Výsledky projektu podľa hlavných oblastí

Hlavné oblasti	Plánované úspory (TOE)	Dosiahnuté úspory (TOE)
Obnoviteľné zdroje energií	410 000	260 000
Efektívne využívanie energií	1 110 000	869 000
Úspory energií	480 000	911 000
Spolu	2 000 000	2 040 000

Zdroj: SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 46 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

Cieľ (zredukovať spotrebu energie mesta o 2 milióny TOE) sa podarilo splniť už v prvej polovici roka 2014 a dokonca ho prekonať o 40 000 TOE (viď Tab. 2). Vďaka vysokej úspešnosti prvej fázy bola v roku 2015 predstavená druhá fáza projektu, ktorá ďalej rozširuje stratégie prvej fázy.¹¹⁵ Celkovo bolo do prvej fázy projektu „O jednu jadrovú

¹¹⁰ SMG; *Join Eco Mileage and live green!* 2014. s. 6 [cit. 2021-03-09]. Dostupné na: <https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/Eco-mileage_Brochure.pdf>

¹¹¹ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 101 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

¹¹² SMG; *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. 2015. s. 20 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

¹¹³ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 34 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

¹¹⁴ Ibid.

¹¹⁵ Lee, Y.-J.; *Energy Management Policy (1997-2014)*. 2015. [cit. 2021-03-09]. Dostupné na: <<https://www.seoulsolution.kr/en/content/3495>>

elektrárň menej“ investovaných približne 2,5 biliónov KRW (2,5 miliárd USD) z troch primárnych zdrojov; rozpočet metropolitnej vlády Soulu, štátny rozpočet Kórejskej republiky a súkromné investície.¹¹⁶

Profesorka pôsobiaca na Národnej univerzite v Soule Sun-Jin Yoon uvádza, že najefektívnejšia cesta ako dosiahnuť výhodnejšiu a udržateľnejšiu energetickú hospodárnosť, je motivovať ľudí zvýšením daní na energie.¹¹⁷ Avšak elektrická energia v Kórejskej republike patrí k najlacnejším spomedzi vyspelých krajín a za rok 2018 bola tretia najlacnejšia v porovnaní s vybranými krajinami OECD.¹¹⁸ To môže byť dôvodom, prečo finančné úspory neboli medzi hlavnými podnetmi na zefektívnenie energetiky mesta. A predsa od finančnej situácie obyvateľov priamo závisí ich spokojnosť, ktorú koncept Smart Soul z roku 2015 postavil na prvé miesto. Zároveň je zjavné, že obyvatelia mesta budú dosahovať peňažné úspory, čím sa zvýši ich spokojnosť a súčasne aj motivácia k uvedomelému správaniu v súvislosti so spotrebou energie. Toto uvedomelé správanie resp. riadenie na strane dopytu bolo v prípade mesta Soul kľúčovým prvkom k úspechu, čo predpokladal a naznačoval aj vtedajší starosta mesta Won-Soon Park pri budovaní inteligentného Soulu.¹¹⁹

3.2 Amsterdam

Hlavné mesto Holandska patrí dnes k jedným z najinteligentnejších miest sveta, čo potvrdzuje aj jeho umiestnenie na deviatom mieste v už spomínanom rebríčku SCI za rok 2020.¹²⁰ Iniciatíva vytvoriť z Amsterdamu inteligentné mesto vznikla už v roku 2007, s cieľom implementovať a rozvíjať použitie IKT predovšetkým ako riešenie environmentálnych problémov, a tým podporiť udržateľnosť vo viacerých oblastiach mesta.¹²¹ Popritom sa kladie významný dôraz aj na zvyšovanie kvality života obyvateľov. V Amsterdame bolo spustených viacero projektov s cieľom vytvoriť z neho inteligentnejšie

¹¹⁶ SMG; *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. 2014. s. 37 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

¹¹⁷ Lee, J.-Y.; „Solar City Seoul“, *the future of solar energy in S. Korea*. 2017. 04:37 [cit. 2021-03-10]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=4R6YrrKuGIA&ab_channel=ArirangNews>

¹¹⁸ IEA; *Household Electricity Prices in Select IEA Countries*, 2018. [cit. 2021-03-10]. Dostupné na: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/household-electricity-prices-in-select-iea-countries-2018>>

¹¹⁹ ITU; *Smart City Seoul: a case study*. 2013. s. 7 [cit. 2021-03-05]. Dostupné na: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf>

¹²⁰ IMD-SUTD; *Smart City Index 2020*. [cit. 2021-02-27]. Dostupné na: <https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/smart_city/2columns-rankings-2020.pdf>

¹²¹ Luca, M. – Bolici, R.; *How to Become a Smart City: Learning from Amsterdam*. 2017. In: Bisello, A. et al. (eds.). *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions: Results of SSPCR 2015*. Springer, 2017. s. 251–266. ISBN 978-3-319-44899-2.

mesto. Jedným z úspešných projektov bol *Amsterdam Smart City*, v rámci ktorého sa rozšírilo využitie obnoviteľných zdrojov energie, *smart metering* systémov, LED svietidiel, udržateľnejšie zaobchádzanie s odpadom a mnoho ďalších riešení.¹²² Dnes môže byť Amsterdam vzorom inteligentného mesta pre ostatné metropoly, a to aj kvôli silnej podpore inovácií v rôznych oblastiach. Zasludou inovácií a ochoty obyvateľov spolupracovať vznikli jedinečné riešenia orientované okrem udržateľnosti aj na redukciu emisií a spotreby energie. Jedným z konkrétnych príkladov je tzv. udržateľná plávajúca štvrť Schoonchip v severnej časti Amsterdamu.

3.2.1 Schoonschip: Udržateľná plávajúca štvrť

V dôsledku bezprostrednej blízkosti Amsterdamu k moru je zväčšovanie priestoru mesta značne obmedzené, čo podmieňuje skutočnosť, že Amsterdam je husto osídlený. Z tohto dôvodu nie je nezvyčajnosťou, že pobrežné mestá využívajú dostupnú vodnú plochu mora na budovanie obytných domov. V Amsterdame je takýchto bytových štvrtí hneď niekoľko, avšak spomedzi nich vyniká Schoonschip, známa aj ako udržateľná plávajúca štvrť. Už v roku 2008 začali na tomto projekte spoločne pracovať budúci obyvatelia Schoonschip z vlastnej iniciatívy spolu s tímom architektov.¹²³ Hlavným motivačným faktorom bola maximálna udržateľnosť, ktorá nakoniec sprevádzala každú fázu projektu od výberu materiálov až po samotné bývanie.¹²⁴ Kvôli vysokým nárokom na rôzne faktory bola realizácia projektu zdĺhavá a až v roku 2020 bolo dostavaných všetkých 30 domov.¹²⁵

V rámci udržateľnosti je jedným z hlavných zámerov projektu aj dosiahnutie energetickej sebestačnosti a uhlíkovej neutrality.¹²⁶ Na základe toho sa do výstavby domov v Schoonschip implementovalo množstvo nevyhnutných inteligentných riešení v oblasti produkcie, skladovania, distribúcie a spotreby energie. V súvislosti s pasívnymi energetickými riešeniami je pre každý dom charakteristická dobrá izolácia¹²⁷ a

¹²² Manville, C. et al.; *Mapping smart cities in the EU*. 2013. s. 143 - 147 [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/78882e80-fc4a-4a86-9c39-2ad88ab89f9b>>

¹²³ Schoonschip; *Schoonschip – Amsterdam*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://schoonschipamsterdam.org/>>

¹²⁴ Schoonschip; *Materials: Lessons learned*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/materialen#lessons>>

¹²⁵ Schoonschip; *Schoonschip – Amsterdam*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://schoonschipamsterdam.org/>>

¹²⁶ Ibid.

¹²⁷ Schoonschip; *Energy: Introduction*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#introduction>>

zelená strecha, ktorá pokrýva aspoň jednu tretinu strechy.¹²⁸ Zelené strechy prispievajú k zníženiu tepelného zaťaženia budov a podporujú biodiverzitu v rámci miest.¹²⁹ Nakoľko v tejto komunite neexistuje napojenie na plyn a spotreba plynu sa rovná nule, energia je generovaná vďaka solárnym panelom, ktorých je v tejto štvrti nainštalovaných dokopy 500 kusov.¹³⁰ Okrem toho každá domácnosť disponuje tepelnými čerpadlami a lítium iónovými batériami na skladovanie prebytočne vygenerovanej energie.¹³¹ Tepelné čerpadlá odoberajú teplotu z okolia domu (podľa typu čerpadla z vody, pôdy alebo vzduchu), zohrievajú ju na vyššiu teplotu, ktorou sa vykuruje alebo ohrieva voda v domácnosti.¹³²

Energetické systémy jednotlivých domov, ktoré monitorujú produkciu a spotrebu energie, sú prepojené súkromným *smart grid* systémom (viď Obr. 3).¹³³ Pojem „súkromný“ znamená, že celá komunita zdieľa len jeden prípoj na prevádzkovateľa siete, odkiaľ čerpá elektrickú energiu od udržateľných dodávateľov v prípade, že spotreba prevyšuje ponuku energie vygenerovanú vlastnými solárnymi panelmi.¹³⁴ Vďaka tejto súkromnej inteligentnej sieti môžu systémy riadenia energie, ktorými sú domácnosti vybavené, medzi sebou komunikovať a dokonca navzájom obchodovať s energiou.¹³⁵ Čiže v prípade, že jedna domácnosť dosahuje vyššiu spotrebu energie, ako bola schopná vyprodukovať a akumulovať, môže túto dodatočnú spotrebu pokryť nadbytočne vygenerovanou energiou inej obytnej jednotky v rámci komunity. Jednotlivé energetické systémy domácností zároveň ukladajú energetické dáta o generácii a spotrebe energie v reálnom čase, pričom všetky informácie si obyvatelia môžu kontrolovať na webovej platforme.¹³⁶ Okrem toho tento inteligentný systém monitoruje aj počasie, vďaka čomu dokáže lepšie plánovať generáciu a

¹²⁸ Schoonschip; *Water: Solutions*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/water#oplossingen>>

¹²⁹ Sala Lizarraga, J. – Picallo-Perez, A.; *Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings: Design and Analysis for Sustainable Energy System*. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2019. s. 32. ISBN: 978-0-12-817611-5.

¹³⁰ Schoonschip; *Schoonschip – Amsterdam*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://schoonschipamsterdam.org/>>

¹³¹ Schoonschip; *Energy: Solutions*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#oplossingen>>

¹³² Sala Lizarraga, J. – Picallo-Perez, A.; *Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings: Design and Analysis for Sustainable Energy System*. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2019. s. 43. ISBN: 978-0-12-817611-5.

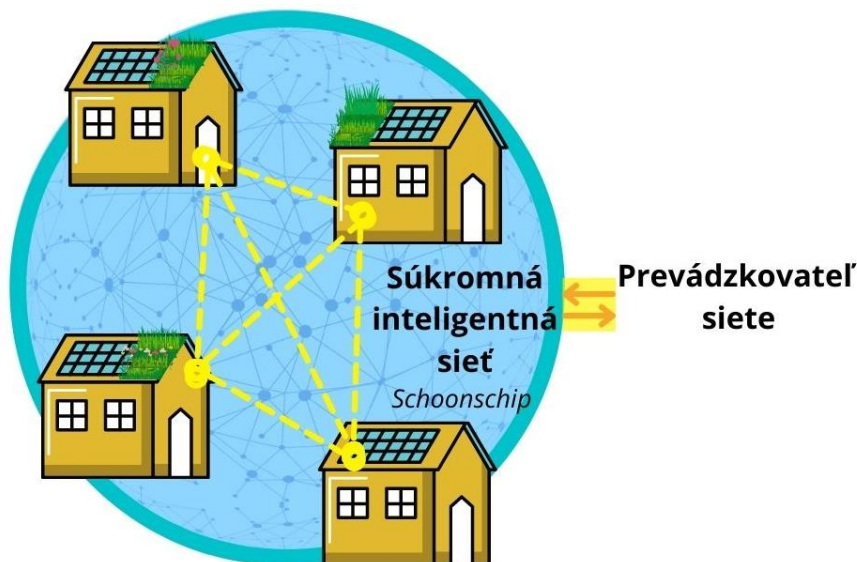
¹³³ Schoonschip; *Energy: Smart-grid*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#smartgrid>>

¹³⁴ Ibid.

¹³⁵ The smarter E. Global; *Best Practice Case Study: Shipshape*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <[https://www.thesmartere.com/en/home/news-and-publications/industry-news/industry-news-details?tx_news_pi1\[news\]=3454&cHash=94127e7d81bec12d79efa86a8da3ebdb](https://www.thesmartere.com/en/home/news-and-publications/industry-news/industry-news-details?tx_news_pi1[news]=3454&cHash=94127e7d81bec12d79efa86a8da3ebdb)>

¹³⁶ Jäger, P.; *Smart City: How Amsterdam Revolutionizes Energy | Future Smart City Projects.2021*. [cit. 2021-03-24]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=pkTBjMGKPK8&ab_channel=DWShift>

spotrebu energie.¹³⁷ Napokon v porovnaní s tradičným systémom možno vďaka smart grid zredukovať spotrebu energie a CO₂ emisií o 9 – 15 %.¹³⁸ A navyše „inteligentným predvídaním variabilných cien elektriny na veľkoobchodnej úrovni môžu inteligentné siete ušetriť veľa peňazí za nákup energie a generovať príjem z jej predaja.“¹³⁹



Obr. 3 Súkromná inteligentná sieť Schoonschip
Zdroj: vlastné spracovanie

V súvislosti s udržateľnosťou bolo nevyhnutné, aby sa spotreba energie držala na minime, a preto sú v každej domácnosti nainštalované energeticky efektívne zariadenia. Z daného hľadiska je v Schoonschip samozrejmosťou LED osvetlenie, nízkoenergetické podlahové vykurovanie a okrem solárnych fotovoltických panelov na generovanie elektrickej energie aj solárne tepelné kolektory, ktorými sa slnečným žiarením ohrieva voda. Vysoký potenciál na zníženie spotreby energie majú zariadenia bežne používané v každej domácnosti, napr. práčky alebo sprchy. Pri pracom cykle sa až 90 % energie využije len na samotné zohriatie vody na požadovanú teplotu.¹⁴⁰ V Schoonschip disponujú domácnosti zariadeniami, ktoré umožňujú využívať na pranie už predhriatu vodu z bojlera, zo solárnych tepelných kolektorov alebo zo systému tepelných čerpadiel. Vďaka týmto zariadeniam sa usporí pri pracom cykle 35 až 40 % energie a taktiež sú dosiahnuté aj finančné úspory.¹⁴¹

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Schoonschip; *Energy: Smart-grid*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#smartgrid>>

¹³⁹ Ibid.

¹⁴⁰ Schoonschip; *Energy: Solutions*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#oplossingen>>

¹⁴¹ Ibid.

V sprchách je nainštalovaný cirkulačný systém, vďaka ktorému sa voda využitá pri sprchovaní neodvádza odtokom preč vo forme odpadovej vody, ale cirkuluje v uzavretom okruhu.¹⁴² Príkladom sprchy s cirkulačným systémom je Orbital Shower predstavená švédskou firmou Orbital Systems.¹⁴³ V prípade Orbital Shower voda odtekajúca pri sprchovaní sa najprv analyzuje pomocou inteligentných meračov, aby sa zistila jej kvalita a vhodnosť na recyklovanie. Následne sa očistí a dezinfikuje pomocou filtrov a UV-žiarenia. Nakoniec sa pomocou ohrievača vyrovnajú vzniknuté minimálne teplotné straty, a takto sa vracia do obehu a hneď sa opäť používa na sprchovanie. Vďaka tomuto systému sa denne ušetrí až 90 % vody a 80 % energie a napríklad priemerná päťčlenná rodina zaznamená návratnosť počiatočných investícií už za 3,5 roka. Zároveň je tento systém sprevádzaný aj digitálnymi aplikáciami, pomocou ktorých možno sledovať údaje o spotrebe v reálnom čase.¹⁴⁴

V tejto udržateľnej plávajúcej štvrti možno nájsť okrem vyššie spomenutých aj viacero ďalších inovácií, ktoré prispievajú k udržateľnosti a efektívnemu energetickému riadeniu. Všetky energeticky efektívne zariadenia boli financované samotnými obyvateľmi.¹⁴⁵ Avšak na vytvorenie súkromnej inteligentnej siete Schoonchip bolo využité aj financovanie z holandského programu na stimuláciu obnoviteľnej energie (hol. *stimulerend duurzame energie SDE+*), keďže inteligentná sieť vyžaduje v porovnaní s tradičnou až sedemkrát vyššiu kapitálovú investíciu.¹⁴⁶ Okrem toho podľa plánu udržateľnosti od Evy Gladek a tímu Metabolic (2013) môžu byť náklady na pasívne riešenia jedného domu v komunite o 10 000 EUR vyššie ako v prípade typického domu. Ďalej však uvádzajú, že až 7 000 EUR možno ušetriť vďaka tomu, že sa do domu nebude inštalovať plynová prípojka ani ústredný systém kúrenia. Navyše značné úspory dosiahnu aj počas prevádzky tým, že nebudú využívať žiaden plyn.¹⁴⁷

Faktom teda zostáva, že náklady na vybudovanie udržateľnej štvrti sú podstatne vyššie v porovnaní s tradičnými obytnými jednotkami. No na druhej strane je zjavné, že

¹⁴² Schoonschip; *Water: Solutions*. 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/water#oplossingen>>

¹⁴³ Orbital Systems; *Orbital Shower*. S.a. [cit. 2021-03-20] Dostupné na: <<https://orbital-systems.com/orbital-shower/>>

¹⁴⁴ Ibid.

¹⁴⁵ Schoonschip; *Introduction Schoonschip*. 2019. [cit. 2021-03-26]. Dostupné na: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/introductie#disclaimer>>

¹⁴⁶ De Graaf, F.; *SIDE Systems*. 2018. s. 56 [cit. 2021-03-26]. Dostupné na: <<https://www.metabolic.nl/publications/side-systems-pdf/>>

¹⁴⁷ Gladek, E. a kol.; *Cleantech Playground*. 2013. s. 73 [cit. 2021-03-26]. Dostupné na: <<https://www.metabolic.nl/publications/cleantech-playground/>>

časom obyvatelia spozorujú návratnosť počiatočných investícií, a to najmä vďaka nižšej a efektívnejšej spotrebe energií a v neposlednom rade aj vďaka inteligentnému riadeniu na strane dopytu. Na základe analýzy *smart grid* riešení od Florijna de Graafa môže táto doba návratnosti počiatočných investícií jednej obytnej jednotky Schoonschip predstavovať približne 23 rokov.¹⁴⁸

Okrem tohto individuálneho projektu existuje v Amsterdame mnoho iných príkladov využitých inteligentných riešení. Jedným z nich je Amsterdamský štadión, známy ako Johan Cruijff ArenA, ktorý podobne ako Schoonschip vyniká inováciami v oblasti energetiky a svojou udržateľnosťou.

3.2.2 Johan Cruijff ArenA

V snahe prispieť ku konceptu inteligentného mesta bola v roku 2013 uzatvorená spolupráca s mestskou samosprávou, aby sa z multifunkčného štadiónu v Amsterdame stala ikona udržateľnosti mesta.¹⁴⁹ Verejno-súkromná organizácia Johan Cruijff ArenA je budova s rozlohou 60 000 m², využívaná primárne na futbalové zápasy (domáceho aj medzinárodného charakteru), ale taktiež miestom, kde sa konajú rôzne koncerty a podujatia podobného typu.¹⁵⁰ Podľa programového manažéra pre inovácie Sandera van Stiphouta víziou projektu bolo vytvorenie zo štadiónu platformu prepojenia, ktorej údržba je založená na dátach, pri redukcii nákladov na prevádzku.¹⁵¹ Pomocou inteligentných riešení, inovácií a silnej integrácii *start-up* projektov má Johan Cruijff ArenA stáť v popredí rozvoja a udržateľnosti.¹⁵² Vytvorenie inteligentného štadióna môže slúžiť ako laboratórium na vyskúšanie technológií, ktoré možno potom ľahšie integrovať do konceptu inteligentného mesta.¹⁵³

¹⁴⁸ De Graaf, F.; *SIDE Systems*. 2018. s. 56 [cit. 2021-03-26]. Dostupné na: <<https://www.metabolic.nl/publications/side-systems-pdf/>>

¹⁴⁹ Johan Cruyff Institute; *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. 2021. 00:10:00 [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruijffArenA>

¹⁵⁰ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 6 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁵¹ Johan Cruyff Institute; *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. 2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruijffArenA>

¹⁵² Johan Cruyff Institute; *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. 2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruijffArenA>

¹⁵³ Van Heck, S. – Valks, B. – Den Heijer, A.; *The added value of smart stadiums: a case study at Johan Cruijff Arena*. 2021. s. 3 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1108/JCRE-09-2020-0033>> ISSN 1463-001X.

Najväčší holandský štadión spotrebuje obrovské množstvo energie, čo predstavuje značnú záťaž na mestskú elektrickú sieť – predovšetkým počas veľkých podujatí. S cieľom zvýšiť energetickú sebestačnosť arény, a tým prispieť k stabilite elektrickej siete, bolo na strechu štadiónu nainštalovaných viac ako 4 200 fotovoltických solárnych panelov.¹⁵⁴ Produkcia solárnej energie tak pokrýva okolo 8 % celkovej spotreby elektriny arény, ostatok sa získava z certifikovanej regionálnej veternej energie.¹⁵⁵ Okrem solárnych panelov sa v budove nachádzajú aj tri dieselové generátory, ktorými sa v prípade výpadku prúdu produkuje záložná energia, dostačujúca na základné fungovanie arény.¹⁵⁶

Keďže dieselové generátory nie sú v súlade s politikou udržateľnosti a solárna energia je vo svojej podstate nespoľahlivá, bolo nevyhnutné integrovať do energetickej siete systémy akumulácie energie. Zvolili 148 (nových a recyklovaných) lítium-iónových batérií z elektromobilov typu Nissan Leaf a vytvorili tak najväčší systém skladovania energie komerčnej budovy v Európe.¹⁵⁷ Pri plnej kapacite môže tento systém poskytnúť až 3 MW energie, čo by vystačilo na poskytnutie elektrickej energie 7 000 domácnostiam na jednu hodinu.¹⁵⁸ Využitie energie uskladnenej v batériách zredukuje špičkové zaťaženie (ktoré nastáva spravidla počas veľkých podujatí) až o 10 %, čo môže znížiť výdavky za elektrinu štadiónu o 10 000 EUR ročne.¹⁵⁹ Okrem toho možno vďaka tomuto systému znížiť tlak na mestskú sieť, ale zároveň umožňuje tok energie vygenerovanej zo solárnych panelov naspäť do siete v prípade, že sa v štadióne nespotrebuje.¹⁶⁰ Tento proces pomôže zredukovať špičky zaťaženia národnej siete, zabezpečiť jej stabilitu a štadión môže navyše získať finančné zisky. Národná sieť využíva služby batériového systému arény na zabráňovanie odchýlok

¹⁵⁴ Nissan USA; *Football stadium scores with Nissan LEAF batteries*. 2019. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/amsterdam-arena.html>>

¹⁵⁵ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 3 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁵⁶ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 8 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁵⁷ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 9 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁵⁸ Nissan USA; *Football stadium scores with Nissan LEAF batteries*. 2019. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/amsterdam-arena.html>>

¹⁵⁹ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 28 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁶⁰ Nissan USA; *Football stadium scores with Nissan LEAF batteries*. 2019. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/amsterdam-arena.html>>

frekvencií siete od nominálnej hodnoty.¹⁶¹ Z týchto služieb mal štadión v roku 2019 priemerné týždenné zisky vo výške 2 653 EUR za MW.¹⁶²

Okrem toho disponuje aréna aj 14 nabíjacími stanicami pre elektrické autá a jednou skúšobnou jednotkou ‚auto k sieti‘ (angl. *vehicle-to-grid V2G*).¹⁶³ V2G sú jednotky, ktoré zabezpečujú obojsmerný tok energie. To znamená, že elektromobil možno cez túto jednotku nabíjať, podobne ako v prípade tradičných nabíjaciach staníc, avšak V2G zároveň umožňuje aj tok energie z batérie elektromobilu späť do siete.¹⁶⁴ Warmerdam, van der Hoogt a Kotter (2020) uvádzajú, že Amsterdamská aréna má veľké ambície využívania a integrovania viac V2G jednotiek. Tieto jednotky by mohli prispieť k zníženiu špičkového zaťaženia, keď je spotreba energie štadiónu extrémne vysoká, a to práve stratégiami riadenia na strane dopytu (viď Obr. 1). Keďže najvyššia spotreba energie nastane spravidla na začiatku podujatia (napr. futbalového zápasu), energia z elektromobilov návštevníkov pripojených na V2G by v tomto čase bola dodávaná do elektrickej siete arény. Spolu s batériovým systémom a generovaním energie zo solárnych panelov by tak tieto elektromobily prispeli k zníženiu dopytu arény po energii z národnej siete, a tým aj redukcii zaťaženia. Po prekonaní času najvyššej spotreby štadiónu by boli autá opäť nabité. Taktiež uvádzajú, že redukcia nákladov štadiónu týmto spôsobom je len obmedzená a predstavuje iba 337 EUR mesačne. Táto čiastka nestačí na pokrytie vysokých investičných nákladov a okrem toho je možné, že by bola potrebná určitá motivácia pre návštevníkov na zapojenie do V2G (napr. bezplatné stravovanie vnútri štadiónu). Integrácia V2G jednotiek sa však bude v budúcnosti v tomto štadióne podporovať a rozširovať.¹⁶⁵

Okrem toho sa v aréne rozsiahle používa LED osvetlenie a podstatnú úlohu zohrávajú aj systémy *smart metering*. Tie umožňujú monitorovanie produkcie, spotreby a aj

¹⁶¹ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 21 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁶² Ibid.

¹⁶³ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 10 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁶⁴ Zaghib, K. – Manuger, A. – Julien, C. M. *Chapter 12 – Rechargeable lithium batteries for energy storage in smart grids*. 2015. In: Franco, A. A. (ed.). *Rechargeable Lithium Batteries*. Woodhead Publishing, 2015. s. 339. ISBN 9781782420903.

¹⁶⁵ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 22-27 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

akumulácie energie, no okrem toho aj samotnej trávinatej hracej plochy.¹⁶⁶ Špičkový systém neustále monitoruje kvalitu trávy pomocou senzorov. Strecha štadiónu je taktiež vybavená *smart metering* systémom na získavanie dát o poveternostných podmienkach.¹⁶⁷ Všetky monitorované aspekty pritom možno sledovať na digitálnej platforme.

Tento projekt vznikol kolaboráciou viacerých spoločností a je podporovaný z Amsterdamského klimatického a energetického fondu (AKEF), iniciatívy projektu Inteligentné, čisté energetické a elektrické vozidlá pre mesto (SEEV4-City) a Severomorského regiónu Interreg.¹⁶⁸ O úspešnosti projektu vypovedá okrem iného aj skutočnosť, že uhlíková stopa z využívania energií bola na nule už v roku 2015.¹⁶⁹ Tento projekt modernizácie amsterdamského štadiónu môže byť inšpiráciou pre podobné zariadenia. Avšak implementované energetické riešenia by boli vhodné napríklad aj pre zhluky vládnych budov, nemocnice alebo veľké obytné výškové budovy.¹⁷⁰

¹⁶⁶ Johan Cruyff Institute; *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. 2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na:

<https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruyffArenA>

¹⁶⁷ Johan Cruyff ArenA; *High tech pitch Johan Cruyff ArenA*. 2019. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=hB-XjPP4j3Y&ab_channel=JohanCruyffArenA>

¹⁶⁸ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruyff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 29 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruyff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

¹⁶⁹ Johan Cruyff Institute; *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. 2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruyffArenA>

¹⁷⁰ Warmerdam, J. – van der Hoogt, J. – Kotter, R.; *Final report – Johan Cruyff ArenA Operational Pilot*. 2020. s. 33 [cit. 2021-03-28]. Dostupné na: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruyff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>

4 Výsledky práce a diskusia

Po preskúmaní konceptu *smart city* z teoretickej stránky možno nájsť viacero riešení, ktorými sa zefektívňuje energetická dodávka miest. Predstavené projekty dvoch úspešných inteligentných miest s ich hlavnými charakteristikami a energetickými riešeniami ponúkajú priestor na ich vzájomné porovnanie, ktoré je znázornené v Tab. 3.

Tab. 3 Porovnanie predstavených projektov v rámci *smart city* Soul a Amsterdam

	Soul	Amsterdam	
Predstavené projekty	O jednu jadrovú elektrárň menej	Schoonschip: Udržateľná plávajúca štvrť	Johan Cruijff ArenA
Hlavný zdroj iniciatív	Mestská samospráva	Občania	Spoločnosti spravujúce objekt a mestská samospráva
Hlavné ciele	• Energetická samostatnosť • Použitie IKT • Zníženie spotreby energie	• Energetická samostatnosť • Použitie IKT • Udržateľnosť • Uhlíková neutralita	• Energetická samostatnosť • Použitie IKT a inovácií • Udržateľnosť • Uhlíková neutralita
Zdroj financovania	• Mestská samospráva Soul • Výdavky vlády Kórejskej republiky • Súkromné investície	• Obyvatelia • Program SDE+	• Investície zúčastnených strán • AKEF • SEEV4-City • Severomorský región Interreg
Predstavené energetické riešenia			
Distribučná výroba energie	• Solárne panely • Kogenerácia • Teplo zo spaľovania odpadu	• Solárne panely • Veterná energia • Solárne tepelné kolektory	• Solárne panely • Veterná energia
Akumulácia energie	• Batérie • Malá vodná elektrárň	• Lítium-iónové batérie • Tepelné čerpadlá	• Lítium-iónové batérie (nové a recyklované)
Efektivita budov	• Izolácia okien • Izolácia plášťa budov • Modernizácia budov	• Izolácia budov • Zelené strechy	

Energeticky efektívne zariadenia	• LED • Vysoko účinné vykurovacie a chladiace zariadenia	• LED • Nízkoenergetické podlahové vykurovanie • Cirkulačný systém spŕch a zariadenie práčok	• LED
Riadenie na strane dopytu	• Program <i>Eco Mileage</i> • Zbor strážnych anjelov • Súťaž v šetrení energie	• Súkromný <i>smart grid</i> systém • <i>Smart metering</i> • Systémy riadenia energie domov	• <i>Smart grid</i> • <i>Smart metering</i> • <i>Vehicle-to-grid</i> (V2G)

Zdroj: vlastné spracovanie

Na začiatok je zaujímavé pozorovať hlavný zdroj iniciatívy, ktorý je odlišný pri každom z troch projektov. V Soule to bola práve miestna samospráva, ktorá presadzovala strategické plány a silno motivovala obyvateľov prostredníctvom osobitných programov, benefitov a finančných výdavkov. Tento štýl motivácie zo strany mesta preukázal významnú úspešnosť, čo sa odrazilo vo vysokej dosiahnutej úspore energií (viď Tab. 2). Predstavuje to dôkaz dôležitosti zapojenia občanov mesta a ich uvedomelej spotrebe energií. Na druhej strane projekt udržateľnej plávajúcej štvrťi Schoonschip ponúka príklad iniciatívy priamo zo strany obyvateľov. Pričom možno povedať, že samospráva mesta Amsterdam v tomto prípade nehrala takmer žiadnu rolu. Projekt zefektívnenia štadiónu Johan Cruijff ArenA vznikol z iniciatívy viacerých spoločností a osôb ako vlastníkov objektu, medzi ktorými je aj mesto Amsterdam. Približuje možnosť zapojenia ďalších subjektov do konceptu inteligentného mesta.

Hlavné ciele projektov sú si z veľkej časti podobné a vychádzajú aj z cieľov inteligentného mesta ako takého. Vo všetkých prípadoch sa rozsiahle použitie informačných a komunikačných technológií (IKT) považuje za základ. Navyše v centre záujmu predstavených projektov stojí aj zvýšenie energetickej samostatnosti. Okrem toho Amsterdam presadzuje udržateľnosť ako jednu z hlavných priorít mesta. Financovanie projektov zaobstarali rôzne zdroje a domnievame sa, že finančná podpora zo strany vlád a organizácií je dôležitým faktorom na zriadenie projektov, najmä kvôli vysokým prvotným nákladom.

Konkrétne energetické riešenia projektov, ktoré boli popísané v tretej kapitole sme rozdelili v Tab. 3 do niekoľkých hlavných skupín. Treba však zdôrazniť, že tretia kapitola nezachytáva všetky riešenia implementované v rámci jednotlivých projektov, iba predstavuje hlavné z nich a ponúka približný náhľad na princíp projektov a ich úspešnosť. V rámci produkcie energie jednoznačne prevláda inštalácia solárnych panelov, čo bolo v každom projekte jedným zo základných predpokladov. Sme toho názoru, že solárne panely predstavujú pre inteligentné mestá ideálny spôsob produkcie energie, keďže sú umiestnené prevažne na strechách budov, a teda nezaberajú už tak častokrát priestorovo obmedzenú mestskú oblasť. Súčasne sú solárne panely stále viac dostupnejšie a môžu na relatívne nízke investičné náklady priniesť dlhodobé výhody a finančné úspory. Mesto Soul okrem toho podnecovalo aj využitie systému kogenerácie a tepla zo spaľovného odpadu. Na druhej strane nížinatý charakter Holandska predstavuje významný predpoklad pre získavanie energie pomocou veterných turbín, ktorých inštalácia je silne podporovaná vládou krajiny. Tento fakt prispel k tomu, že v oboch predstavených projektoch Amsterdamu možno dopyt po energiách, ktorý prevyšuje produkciu solárnych panelov, pokryť veternou energiou z lokálnych zdrojov. Týmto spôsobom možno dosiahnuť okrem šetrenia životného prostredia aj úspory nákladov za energiu.

S generáciou energie z obnoviteľných zdrojov sú úzko spojené systémy akumulácie energie. Keďže všetky tri projekty boli z veľkej časti zamerané na zefektívnenie energetického zabezpečenia jednotlivých obytných a verejných budov, batérie sa preukázali ako najpoužívanejšie, najmä kvôli ich spoľahlivosti a možnosti využitia v malom aj veľkom rozsahu. Zatiaľ čo obytné domy v Soule inštalovali batérie presne neurčeného typu, v Amsterdame prevládali lítium-iónové batérie. Tento typ batérií so sebou prináša skutočne mnohé výhody (viď kapitola 2.1.4), avšak v druhej kapitole boli spomenuté aj určité nedostatky, menovite negatívny vplyv na životné prostredie pri ich likvidácii. Práve s týmto problémom sa zaoberali inovátori v projekte Amsterdamského štadiónu. S ich plánom integrovať už použité odpadové batérie z elektromobilov Nissan Leaf tak ponúkli príklad cirkulácie a udržateľnosti aj v prípade batérií, čím sa môžu inšpirovať aj iné projekty. Avšak veľkou prekážkou v integrácii batérií sú momentálne ich vysoké ceny. Predpokladáme, že s vývojom elektromobilov budú lítium-iónové batérie stále viac cenovo dostupnejšie, čo podmieni ich inštaláciu do budov na akumulovanie energie.

V rámci energetickej efektivity budov a ich zariadení sa v projektoch kládol dôraz na izoláciu budov a inštaláciu LED osvetlenia. Domnievame sa, že práve tieto riešenia sú

prvým krokom k efektívnejšiemu riadeniu energií. Predstavujú pomerne malý zásah do komplexu budov za relatívne nízke počiatočné investície (a takmer nulové náklady na údržbu) v porovnaní s výškou finančných úspor, ktoré sú vďaka nim dosiahnuté. Považujeme tieto riešenia za základné, pretože napríklad bez izolácie budovy je energia spotrebovaná na vykurovanie alebo klimatizáciu využívaná neefektívne. To môže v končnom dôsledku negovať prínos iných implementovaných energeticky efektívnych zariadení, keďže spotreba energií bude aj naďalej neprimerane vysoká. LED svietidlá podobne ponúkajú jednoduchú cestu k nižšej spotrebe elektriny a podstatne nižším výdavkom za elektrinu.

Ďalším dôležitým faktorom, ktorý stojí za úspešnosťou projektov je riadenie na strane dopytu ako jeden z hlavných predpokladov na inteligentné využívanie energií. V tomto bode možno nájsť viacero rozdielov medzi projektami. V prípade mesta Soul bolo riadenie na strane dopytu najefektívnejšou stratégiou, kedy práve samotní obyvatelia zmenili svoje návyky. Išlo o častejšie vypínanie svetla, skrátenie času na sprchovanie, nastavenie teploty v byte o pár stupňov vyššie v lete (o pár stupňov nižšie v zime), čím sa využívalo menej energií na klimatizáciu (vykurovanie) a podobné zásahy. Ale keďže takéto zmeny môžu viesť k nespokojnosti, kľúčovým aspektom bola podpora a motivovanie zo strany mestskej samosprávy. Prostredníctvom programu *Eco Mileage*, poradenstva a vzdelávania v oblasti energetiky mohli občania vidieť prínosy z riadenia na strane dopytu, a to predovšetkým dosiahnuté finančné úspory. Na druhej strane v Amsterdame sa občania svojim správaním nemuseli prispôsobovať, pretože riadenie na strane dopytu vykonával systém energetického riadenia s pomocou *smart grid* a *smart metering*. V Schoonschip tento systém vyhodnocuje, kedy je najvhodnejší čas na nabitie batérií, ale aj na spustenie istých spotrebičov napr. práčok. Keďže všetky zariadenia domácnosti sú pripojené na tento systém, obyvateľom to umožňuje efektívne riadiť a kontrolovať spotrebu energií v domácnosti. Johan Cruijff ArenA využíva na riadenie energií na strane dopytu podobný systém *smart grid* a *smart metering*. Okrem toho do tohto projektu bola inštalovaná aj nabíjacia stanica *vehicle-to-grid* (V2G). Integráciu V2G plánujú v tomto štadióne rozširovať a vyžívať tieto jednotky na riadenie na strane dopytu, a tým znižovať špičkové zaťaženie.

Po zvážení všetkých dostupných informácií možno skonštatovať, že hoci inteligentné mesto ako celistvý koncept stojí pod záštitou mestskej samosprávy, je viac ako nevyhnutné sústrediť sa na základné články mesta, ktorými sú jeho obyvatelia. Z pozorovania jednotlivých predstavených projektov sme dospeli k záveru, že najväčšia zodpovednosť leží

práve na občanoch, pričom úlohou mestských samospráv a štátnych vlád je šíriť povedomie o koncepte inteligentného mesta a podporovať integráciu energetických riešení. Nakoniec možno dodať, že inteligentné mesto vzniká kolaboráciou všetkých subjektov od štátnych a mestských vlád, cez jednotlivé významné spoločnosti až po občanov. A v konečnom dôsledku z dosiahnutých výsledkov profitujú všetci. V prvom rade spomalením klimatickej zmeny vďaka redukcii CO₂ emisií. No okrem toho aj dosiahnutím finančných úspor vďaka redukcii spotreby energie pri súčasnom využívaní čistejšej (lacnejšej) formy energie a efektívnemu riadeniu produkcie a spotreby energie. A aj napriek tomu, že efektívnejšie energetické riešenia predstavujú v súčasnosti vysoké investičné náklady, výhody a finančné úspory nimi dosiahnuté ich z dlhodobého hľadiska prevýšia.

Záver

Mestá sú strategickými jednotkami, v ktorých sa koncentruje život veľkého množstva obyvateľov. Ich počet pritom v dôsledku silnej urbanizácie neustále narastá, s čím sú častokrát spojené negatívne vplyvy na samotnú spokojnosť obyvateľov, ale aj na životné prostredie. Ako riešenie na mnohé výzvy a problémy spôsobené silnou urbanizáciou sa posledné desaťročia vyvíja koncept inteligentných miest, ktorý bol popísaný v prvej časti predloženej bakalárskej práce. V dôsledku všetrannosti oblastí pôsobenia inteligentných miest neexistuje žiadna konkrétna definícia tohto pojmu. Avšak možno povedať, že inteligentné mestá sa vyznačujú strategickým plánovaním a širokou implementáciou informačných a komunikačných technológií. S touto prvotnou charakteristikou konceptu *smart city* sa predložená bakalárska práca ďalej zameriavala na oblasť energetickej dodávky miest. Z tohto dôvodu boli predstavené hlavné energetické riešenia implementované v rámci inteligentných miest. Menovite integrácia obnoviteľných zdrojov energie prostredníctvom distribuovanej výroby, ktorú umožňujú systémy *smart grid*, *smart metering* a akumulácia energie. V tejto súvislosti bola vysvetlená aj problematika inteligentných budov a v neposlednom rade aj stratégie riadenia na strane dopytu.

Nakoľko hlavným cieľom tejto bakalárskej práce bolo porovnať energetické riešenia dvoch vybraných inteligentných miest a odvodiť ich prínosy, po charakteristike jednotlivých hlavných energetických riešení sme prešli v ďalšej časti práce ku konkrétnym príkladom zo sveta. Soul bolo prvým vybraným inteligentným mestom, ktoré patrí k jedným z najúspešnejších v oblasti energetických riešení. Zamerali sme sa na projekt „O jednu jadrovú elektrárňu menej“ predstavený hlavným mestom Kórejskej republiky, ktorého primárnym cieľom bolo zníženie spotreby energie mesta a zvýšenie energetickej samostatnosti. Druhé predstavené inteligentné mesto bolo Amsterdam, v rámci ktorého sme si zvolili dva konkrétne projekty; udržateľná plávajúca štvrť Schoonschip a Johan Cruijff ArenA. Oba projekty metropoly Holandska sa koncentrovali na dosiahnutie maximálnej udržateľnosti a energetickej samostatnosti. Po detailnej charakteristike všetkých troch projektov sme v závere práce pristúpili k ich vzájomnej komparácii.

Na základe komparácie boli popísané spoločné a odlišné znaky projektov, vyzdvihnuté najdôležitejšie implementované energetické riešenia a odvodené ich prínosy. Energetické riešenia boli v prípade jednotlivých projektov v niektorých častiach podobné. Všetky tri projekty implementovali solárne panely, batérie na akumuláciu energie, z ktorých prevládali lítium-iónové batérie a LED osvetlenia. No súčasne každý z projektov

sprevádzali aj určité špecifiká, ktorými boli napríklad programy na motivovanie občanov v Soule, súkromná inteligentná sieť v prípade Schoonschip alebo nabíjacie jednotky *vehicle-to-grid* v rámci Johan Cruijff ArenA. Jednotlivé projekty sa v najväčšej miere líšili v tom, kto bol ich hlavným iniciátorom; od mestskej samosprávy projektu v Soule, cez samotných občanov udržateľnej štvrti Amsterdamu až po spoločnosti spravujúce najväčší mestský štadión metropoly Holandska. Zapojenie rôznych subjektov v každom z týchto projektov vypovedá o tom, že predovšetkým ich spoluprácou môže inteligentné mesto s energetickými riešeniami uspieť. Pričom práve občania môžu svojou aktívnou účasťou prispieť vo veľkej miere k efektívnejšiemu energetickému zabezpečeniu mesta. Mestské samosprávy a štátne vlády majú dôležitú úlohu pri šírení povedomia o koncepte inteligentného mesta a podporovaní integrácie energetických riešení. Z čoho budú napokon profitovať všetky subjekty mesta, pretože predstavené riešenia formujú cestu k udržateľnosti, vďaka čomu možno významne zredukovať množstvo CO₂ emisií produkované mestami. Navyše možno zníženou spotrebou energie z dlhodobého hľadiska dosiahnuť finančné úspory.

Zoznam bibliografických odkazov

- ABDI, Hamdi et al. 2017. *Chapter 7 – Energy Storage Systems*. In: GHAREHPETIAN, G.B. – MOHAMMAD MOUSAVI AGAH, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 333-369. ISBN 978-0-12-804208-3.
- ALBINO, Vito – BERARDI, Umberto – DANGELICO, Rosa Maria. 2015. *Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives*. In: *Journal of Urban Technology*. Roč. 22. Č. 1. [online] Február 2015. [cit. 2020-11-22]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>> s. 3-21.
- ALMUHAINI, Mohammad. 2017. *Chapter 10 – Impact of Distributed Generation Integration on the Reliability of Power Distribution Systems*. In: GHAREHPETIAN, G.B. – MOHAMMAD MOUSAVI AGAH, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 453-508. ISBN 978-0-12-804208-3.
- ANTONUCCI, Pier Luigi. – ANTONUCCI, Vincenzo. 2011. *Electrochemical Energy Storage*. In: CARBONE, Rosario (ed.). *Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids*. Rijeka: InTech, 2011. s. 3-20. ISBN: 978-953-307-269-2.
- APANAVICIENE, Rasa – VANAGAS, Andrius – FOKAIDES, Paris. A. 2020. *Smart Building Integration into a Smart City (SBISC): Development of a New Evaluation Framework*. In: *Energies*. Roč. 13. č. 2190. [online] Máj 2020. [cit. 2021-02-20]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/en13092190>>
- ASADIAN, Elnaz – AZARI, Katayoun T. – VAKILI-ARDEBILI, Ali. 2018. *Chapter 1.5 - Multicriteria Selection Factors for Evaluation of Intelligent Buildings—A Novel Approach for Energy Management*. In: DINCER, Ibrahim – ORGUR COLPAN, C. – KIZILKAN, Onder. (eds.). *Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions*. Academic Press, 2018. s. 87-102. ISBN 9780128137345.
- BARNES, Frank S. – LEVINE, Jonah G. 2011. *Applications of Energy Storage to Generation and Absorption of Electrical Power*. In: BARNES, Frank S. – LEVINE, Jonah G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 1-16. ISBN 978-1-4200-8601-0.
- BATTY, M. 1990. *Intelligent cities: using information networks to gain competitive advantage*. *Environment and Planning B: Planning and Design*. Roč. 17. č. 3. [online] 1.9.1990 [cit. 2020-11-22]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1068/b170247>> s. 247-256.

- BOTTERUND, Audun. 2017. *Chapter 10 – Forecasting Renewable Energy for Grid Operations*. In: JONES, Lawrence E. (ed.): *Renewable Energy Integration*. 2. vyd. Academic Press, 2017. s. 133-143. ISBN 978-0-12-809592-8.
- CALVILLO, C.F. – SÁNCHEZ-MIRALLES, A. – VILLAR, J. 2016. *Energy management and planning in smart cities*. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Roč. 55. [online] 1. marec 2016 [cit. 2021-02-10]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.133>> s. 273–287.
- CARTER, Charles. 2020. *Smart Cities World City Profile Seoul*. In: *Smartcitiesworld.net – Smart Cities Reports*. [online] Február 2020 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <<https://www.smartcitiesworld.net/opinions/smart-cities-reports/smartcitiesworld-city-profile--seoul>>
- CELSIUS. 2020. *Thermal Energy Storage*. In: *Celsius – Toolbox – Technical solutions – Distribution & storage*. [online] August 2020. [cit. 2021-02-18]. Dostupné na internete: <<https://celsiuscity.eu/thermal-energy-storage/>>
- DATTA, Ayona. 2015. *A 100 smart cities, a 100 utopias: výskumný článok*. University of Leeds, UK. In: *Dialogues in Human Geography*. Roč. 5. č. 1, [online] 15.3.2015 [cit. 2020-11-22]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1177/2043820614565750>> s. 49–53.
- DE GRAAF, Florijn. 2018. *SIDE Systems*. In: *Metabolic – Our Work – Projects – Strategies for smart integrated decentralised energy systems*. [online] August 2018. [cit. 2021-03-26]. Dostupné na internete: <<https://www.metabolic.nl/publications/side-systems-pdf/>>
- FUNABASHI, Toshihisa. 2016. *Chapter 1 - Introduction*. In: FUNABASHI, Toshihisa. (ed.): *Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems*. Academic Press, 2016. s. 1-14. ISBN 978-0-12-803212-1.
- GLADEK, Eva et al. 2013. *Cleantech Playground*. In: *Metabolic – About – Impact Report – Cities and Regions – Schoonschip*. [online] Február 2013. [cit. 2021-03-26]. Dostupné na internete: <<https://www.metabolic.nl/publications/cleantech-playground/>> ISBN: 978 - 90 - 5059 - 501 – 8.
- HAYES, Barry. 2017. *Chapter 9 – Distribution Generation Optimization and Energy Management*. In: GHAREHPETIAN, G.B. – MOHAMMAD MOUSAVI AGAH, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 415-451. ISBN 978-0-12-804208-3.
- IEA. 2011. *Technology Roadmap: Smart Grids*. In: *IEA – Smart Grids*. [online] April 2011 [cit. 2020-12-22]. Dostupné na internete: <<https://webstore.iea.org/download/direct/642>>

IEA. 2013. *Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050*. In: IEA – Analysis. [online] Júl 2013. [cit. 2021-02-19]. Dostupné na internete: <<https://webstore.iea.org/download/direct/745>>

IEA. 2014. *Technology Roadmap: Energy storage*. In: IEA – Energy Technology Perspectives – Reports. [online] Marec 2014. [cit. 2021-02-13]. Dostupné na internete: <<https://webstore.iea.org/download/direct/451>>

IEA. 2018. *Household Electricity Prices in Select IEA Countries, 2018*. In: IEA Charts – Data & Statistics. [online] 2018. [cit. 2021-03-10]. Dostupné na internete: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/household-electricity-prices-in-select-iea-countries-2018>>

IEA. 2020. *Annual Report 2019 Energy Storage TCP*. In: IEA-ECES – Publications – Annual report 2019. [online] Jún 2020. [cit. 2021-02-21]. Dostupné na internete: <https://iea-ecses.org/wp-content/uploads/public/Annual-Report-2019-Energy-Storage-TCP_20200620.pdf>

IEA. 2020. *Global share of total energy supply by source 2018*. In: IEA - Key World Energy Statistics 2020. [online] 4. September 2020 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na internete: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-share-of-total-energy-supply-by-source-2018>>

IEA-ETSAP – IRENA. 2013. *Thermal Energy Storage; Technology Brief*. In: IRENA – Publications. [online] January 2013. [cit. 2021-02-18]. Dostupné na internete: <<https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/IRENA-ETSAP-Tech-Brief-E17-Thermal-Energy-Storage.pdf>>

IMD-SUTD. 2020. *Smart City Index 2020*. In: IMD - Reports. [online] 2020. [cit. 2021-02-27]. Dostupné na internete: <https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/smart_city/2columns-rankings-2020.pdf>

INTRALINK. 2019. *Smart Cities South Korea. Market Intelligence Report*. In: Intralinkgroup – Markets – Korea. [online] Jún 2019. [2021-03-06]. Dostupné na internete: <<https://www.intralinkgroup.com/Syndication/media/Syndication/Reports/South-Korea-Market-Intelligence-Report-Smart-Cities-Compressed.pdf>>

IRENA. 2018. *Renewable Power Generation Costs in 2017*. In: International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. [online] Január 2018 [cit. 2021-02-21]. Dostupné na internete: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf> ISBN 978-92-9260-040-2.

- ITU. 2013. *Smart City Seoul: a case study*. In: *Itu.int – Publications*. [online] Február 2013. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na internete: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000190001PDFE.pdf>
- JÄGER, Paul. 2021. *Smart City: How Amsterdam Revolutionizes Energy | Future Smart City Projects*. In: *Youtube kanál DW Shift*. [televízny program] Deutsche Welle: Shift, 18.02.2021. [cit. 2021-03-24]. Dostupné na internete: <https://www.youtube.com/watch?v=pkTBjMGKPK8&ab_channel=DWShift>
- JOHAN CRUIJFF ARENA. 2019. *High tech pitch Johan Cruijff ArenA*. In: *Youtube kanál Johan Cruijff ArenA*. [online] Johan Cruijff ArenA, 22.3.2019. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na internete: <https://www.youtube.com/watch?v=hB-XjPP4j3Y&ab_channel=JohanCruijffArenA>
- JOHAN CRUIJFF INSTITUTE. 2021. *Free webinar Johan Cruyff Institute – How to become a truly innovative stadium*. In: *Youtube kanál Johan Cruijff ArenA*. [online webinár] Johan Cruijff ArenA, 23.3.2021. [cit. 2021-03-27]. Dostupné na internete: <https://www.youtube.com/watch?v=URgY8Okpvpw&t=3070s&ab_channel=JohanCruijffArenA>
- JUNIPER RESEARCH. 2018. *Smart Grids to save city dwellers \$14bn in Energy Costs by 2022*. In: *Juniper Research – Press – Press releases*. [online] August 2018. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na internete: <<https://www.juniperresearch.com/press/press-releases/smart-grids-save-city-dwellers-14bn-energy-costs?ch=smart%20city%20seoul>>
- KING, Jennifer – PERRY, Christopher. 2017. *Smart Building: Using Smart Technology to Save Energy in Existing Buildings*. In: *ACEE – Research Report*. [online] 27.02.2017 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na internete: <<https://www.aceee.org/research-report/a1701>>
- KITSIKLOUDIS, Vasileios et al. 2020. *Underground Pumped-Storage Hydropower (UPSH) at the Martelange Mine (Belgium): Underground Reservoir Hydraulics*. In: *Energies*. Roč. 13 (14). č. 3512. [online] 8.7.2020. [cit. 2021-02-13]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/en13143512>>
- LEE, Jae-Seung – WON KIM, Jeong. 2017. *The Factors of Local Energy Transition in the Seoul Metropolitan Government: The Case of Mini-PV Plants*. In: *Sustainability 2017*. Roč. 9. č. 3: 386. [online] Marec 2017 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/su9030386>>
- LEE, Jeong-Yeon. 2017. *„Solar City Seoul“, the future of solar energy in S. Korea*. In: *Youtube kanál Arirang News*. [televízne správy] Arirang, 28.11.2017. [cit. 2021-03-10].

- Dostupné na internete: https://www.youtube.com/watch?v=4R6YrrKuGIA&ab_channel=ArirangNews
- LEE, Shin – HUR, Yoo Gyeong. 2017. *Waste Heat Recovery Project*. In: *Seoul Solution – Key Policy – Environment*. [online] Apríl 2017. [cit. 2021-03-13]. Dostupné na internete: <https://www.seoulsolution.kr/en/content/6561>
- LEE, Yu-Jin. 2015. *Energy Management Policy (1997-2014)*. In: *Seoul Solution – Key Policy – Environment*. [online] 25.06.2015 [cit. 2021-03-09]. Dostupné na internete: <https://www.seoulsolution.kr/en/content/3495>
- LEE, Yuri - LEE, Soo Hyun – PAREDES, Juan Roberto. 2012. *Smart Grid and Its Application in Sustainable Cities*: IDB Technical note; 446. In: *Inter-American Development Bank. Publications*. [online] September 2012 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na internete: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Smart-Grid-and-Its-Application-in-Sustainable-Cities.pdf>
- LEVINE, Jonah G. 2011. *Pumped Hydroelectric Energy Storage*. In: BARNES, Frank S. – LEVINE, Jonah G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 51-75. ISBN 978-1-4200-8601-0.
- LI, D. – CHIU, W.-Y. – SUN, H. 2017. *Chapter 7 – Demand Side Management in Microgrid Control System*. In: MAHMOUD, Magdi S. (ed.). *Microgrid*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 203-230. ISBN 9780081017531.
- LUCA, Mora – BOLICI, Roberto. 2017. *How to Become a Smart City: Learning from Amsterdam*. In: BISELLO, A. et al. (eds.). *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions: Results of SSPCR 2015*. Springer, 2017. s. 251–266. ISBN 978-3-319-44899-2.
- MANVILLE, Catriona et al. 2014. *Mapping smart cities in the EU*. In: *Publications Office of the European Union*. [online] Január 2014. [cit. 2021-03-27]. 200 s. Dostupné na internete: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/78882e80-fc4a-4a86-9c39-2ad88ab89f9b> ISBN 978-92-823-4761-4.
- MOFIDI, Farhad – AKBARI, Hashem. 2020. *Intelligent buildings: An overview*. In: *Energy and Buildings*. Roč. 223. č. 110192. [online] September 2020. [cit. 2021-02-19]. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110192> ISSN 0378-7788.
- MOKHTARI, M. – GHAREHPETIAN, G.B. – MOHAMMAD MOUSAVI AGAH, S. 2017. *Chapter 1 – Distributed Energy Resources*. In: GHAREHPETIAN, G.B. – MOHAMMAD MOUSAVI AGAH, S. (eds.): *Distributed Generation Systems*. Butterworth-Heinemann, 2017. s. 415-451. ISBN 978-0-12-804208-3.

- NAIR, Nirmal-Kumar C. – GARIMELLA, Niraj. 2010. *Battery energy storage systems: Assessment for small-scale renewable energy integration*. In: *Energy and Buildings*. Roč. 42. Č. 11. [online] 13.7.2010. [cit. 2021-02-14]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.002>> s. 2124-2130, ISSN 0378-7788.
- NISSAN USA. 2019. *Football stadium scores with Nissan LEAF batteries*. In: *Nissan USA – Nissan Blog*. [online] September 2019. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na internete: <<https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/amsterdam-arena.html>>
- ORBITAL SYSTEMS. S.a. *Orbital Shower*. In: *Orbital-systems*. [online] s.a. [cit 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://orbital-systems.com/orbital-shower/>>
- PALENSKY, Peter – DIETRICH, Dietmar. 2011. *Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads*. In: *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Roč. 7. č. 3. [online] Jún 2011. [cit. 2021-02-21]. Dostupné na internete: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5930335>> s. 381-388. ISSN: 1941-0050.
- PRAß, Julian et al. 2017. *Smart Energy and Grid: Novel Approaches for the Efficient Generation Storage and Usage of Energy in the Smart Home and the Smart Grid Linkup*. In: SONG, Houbing et al. (eds.): *Smart Cities: Foundations, Principles and Applications*. Wiley, 2017. s. 575-604. ISBN: 978-1-119-22639-0.
- RUIZ-ROMERO, Salvador et al. 2014. *Integration of distributed generation in the power distribution network: The need for smart grid control systems, communication and equipment for a smart city – Use cases*. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Roč. 38. [online] October 2014 [cit. 2021-01-22]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.082>> s. 223-234, ISSN 1364-0321.
- SALA LIZARRAGA, Jose M. – PICALLO-PEREZ, Ana. 2019. *Exergy Analysis and Thermoconomics of Buildings: Design and Analysis for Sustainable Energy System*. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2019. 1114 s. ISBN: 978-0-12-817611-5.
- SCOTT, Isaac. – LEE, Se-Hee. 2011. *Battery Energy Storage*. In: BARNES, Frank S. – LEVINE, Jonah G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 153-179. ISBN 978-1-4200-8601-0.
- SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2014. *Join Eco Mileage and Live Green! In: Seoul Solution – Key Policy – Eco-Mileage System – Brochure*. [online] 2014 [cit. 2021-03-09]. Dostupné na internete: <https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/Eco-mileage_Brochure.pdf>

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2014. *One less nuclear power plant: A Hopeful Message of Seoul's Energy Policy*. In: *English.seoul.go.kr – News – Multimedia – Digital Archive – Brochure*. [online] November 2014 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_report.zip>

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2014. *Smart Seoul 2015*. In: *English.seoul.go.kr* [online] 2014. [cit. 2021-03-05]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2014/02/SMART_SEOUL_2015_41.pdf>

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2015. *One less nuclear power plant, Phase 2: Seoul Sustainable Action Plan*. In: *English.seoul.go.kr – News – Multimedia – Digital Archive – Brochure*. [online] 2015 [cit. 2021-03-07]. Dostupné na internete: <http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2016/08/Seoul-Sustainable-Energy-Action-Plan_brochure.pdf>

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2015. *Operation & Management: Arisu Small Hydropower (SHP) Plant*. In: *Seoul Solution – Key Policy – Water Supply (Arisu)*. [online] Jún 2015. [cit. 2021-03-13]. Dostupné na internete: <<https://www.seoulsolution.kr/en/node/3486>>

SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT (SMG). 2015. *Pleasant, Healthy and Sustainable City SEOUL*. In: *Susa.or.kr – Resources – Policy Publication*. [online] Marec 2015. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete: <<http://susa.or.kr/sites/default/files/resources/%5B%E1%84%8E%E1%85%AE%E1%84%80%E1%85%A1%E1%84%8C%E1%85%A1%E1%84%85%E1%85%AD%5DSeoul%20Environment%20Policy%20-%20English.pdf>> ISBN 979-11-5621-392-5.

SETO, Karen C. et al. 2014. *Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning*. In: EDENHOFER, O., R. et al. (eds.). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2014. [cit. 2021-04-10]. Dostupné na internete: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf>

SCHOONSCHIP. 2019. *Energy: Introduction*. In: *Greenprint – Energy*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#introductie>>

- SCHOONSHIP. 2019. *Energy: Smart-grid*. In: *Greenprint – Energy*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#smartgrid>>
- SCHOONSHIP. 2019. *Energy: Solutions*. In: *Greenprint – Energy*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/energie#oplossingen>>
- SCHOONSHIP. 2019. *Introduction Schoonschip*. In: *Greenprint*. [online] 2019. [cit. 2021-03-26]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/introductie#disclaimer>>
- SCHOONSHIP. 2019. *Materials: Lessons learned*. In: *Greenprint – Materials*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/materialen#lessons>>
- SCHOONSHIP. 2019. *Schoonschip – Amsterdam*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://schoonschipamsterdam.org/>>
- SCHOONSHIP. 2019. *Water: Solutions*. In: *Greenprint – Water*. [online] 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <<https://greenprint.schoonschipamsterdam.org/impactgebieden/water#oplossingen>>
- SLAVÍK, Jakub. 2017. *Smart city v praxi: Jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské k podnikání*. Praha: Profi Press s.r.o., 2017. 144 s. ISBN 978-80-86726-80-9.
- SUCCAR, Samir. 2011. *Compressed Air Energy Storage*. In: BARNES, Frank S. – LEVINE, Jonah G. (eds.): *Large Energy Storage Systems Handbook*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 2011. s. 111-152. ISBN 978-1-4200-8601-0.
- THE SMARTER E. Global. 2019. *Best Practice Case Study: Shipshape*. In: *The smarter E – News & Publications – Industry News*. [online] August 2019. [cit. 2021-03-20]. Dostupné na internete: <[https://www.thesmartere.com/en/home/news-and-publications/industry-news/industry-news-details?tx_news_pi1\[news\]=3454&cHash=94127e7d81bec12d79efa86a8da3ebdb](https://www.thesmartere.com/en/home/news-and-publications/industry-news/industry-news-details?tx_news_pi1[news]=3454&cHash=94127e7d81bec12d79efa86a8da3ebdb)>
- UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. (ST/ESA/SER.A/420). In: *un.org – Publication Division – Urbanization*. [online] 2019. [cit. 2021-04-10]. Dostupné na internete: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>>

- VAN HECK, Simon. – VALKS, Bart. – DEN HEIJER, Alexandra. 2021. *The added value of smart stadiums: a case study at Johan Cruijff Arena*. In: *Journal of Corporate Real Estate*. Emerald Publishing Limited, 2021. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1108/JCRE-09-2020-0033>> ISSN 1463-001X.
- VEZZOLI, Carlo et al. 2018. *Designing Sustainable Energy for All: Sustainable Product-Service System Design Applied to Distributed Renewable Energy*. Springer International Publishing, 2018. 208 s. ISBN 978-3-319-70222-3.
- VILLA-ARRIETA, Manuel – SUMPER, Andreas. 2019. *Contribution of Smart Cities to the Energy Sustainability of the Binomial between City and Country*. In: *Applied Sciences*. Roč. 9. č. 16. [online] 8.8.2019 [cit. 2021-01-21]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/app9163247>>
- WARMERDAM, Jos – VAN DER HOOGT, Jorden – KOTTER, Richard. 2020. *Final report – Johan Cruijff ArenA Operational Pilot*. In: *Seev4-city – Publications*. [online] Október 2020. [cit. 2021-03-28]. Dostupné na internete: <<https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/10/SEEV4-City-Johan-Cruijff-ArenA-Operational-Pilot-Final-Report.pdf>>
- ZABLOCKI, Alexandra. 2019. *Fact Sheet | Energy Storage (2019)*. In: *EESI – Publications – White Papers*. [online] Február 2019. [cit. 2021-02-16]. Dostupné na internete: <<https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019>>
- ZAGHIB, K. – MANUGER, A. – JULIEN, C. M. 2015. *Chapter 12 – Rechargeable lithium batteries for energy storage in smart grids*. In: FRANCO, Alejandro A. (ed.). *Rechargeable Lithium Batteries*. Woodhead Publishing, 2015. S. 319-351. ISBN 9781782420903.