

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra rozvojových a environmentálních studií



Jiří VLČEK

Bakalářská práce

Kritéria urbanistického projektování pro udržitelná města 21. století

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Pavel NOVÁČEK, CSc.

Olomouc 2019

## ABSTRAKT

Městské oblasti jsou nejprogressivnějším místem rozvoje technologií i životní úrovně. Jejich energetická stopa tvoří většinu spotřeby fosilních zdrojů na světě. V této práci se autor zaměřuje na faktory ovlivňující tuto spotřebu v městské struktuře. Pro analýzu si autor vybral: New York, Abú Dhabí/Masdar a Singapur. Tyto regiony mají relativní vysokou hustotou zalidnění ve svém geografickém prostředí. Autor na základě indikátorů modeluje změnu paradigmatu měst a představuje technická řešení pro maximalizaci potenciálu městské výstavby v daných lokalitách. Autor představuje řešení udržitelných budov a jiné technologické mechanismy i ve fázi výzkumu (pro nadčasovější a foresight představu). Práce nezahrnuje dopravní problematiku.

Urban areas are the most progressive place of development and have a high standard of living. Their energy footprint creates most of the consumption of fossil fuels in the world. In this Bachelor thesis, the author is focusing on factors influencing city consumption. For the analysis, the author chooses New York, Abú Dhabí/Masdar, and Singapore. These regions have a relatively high urban density in their geographic surroundings. Based on the indicators, the author models a shift in paradigm for the city structure and presents technological solutions for the maximization of the energy potential in their locality. The author presents sustainable building solutions and other technological mechanisms even in the research phase (for more timeless and foresight image) This work does include traffic problems.

Key words: electricity, energy consumption, renewable energy, urbanization, city structure, embodied energy

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a veškeré použité zdroje jsem uvedl v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne: ..... ..

Podpis

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Doc. RNDr. Pavlu NOVÁČKOVI, CSc.  
za trpělivost a pomoc při psaní této práce.

## Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Jiří VLČEK**  
Osobní číslo: **R16457**  
Adresa: **Růžová 280, Zlín – Louky, 76302 Zlín 4, Česká republika**  
Téma práce: **Kritéria urbanistického projektování pro udržitelná města v 21. století.**  
Téma práce anglicky: **Urban Planning Criteria for Sustainable Cities in 21st century.**  
Vedoucí práce: **doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.**  
**Katedra rozvojových a environmentálních studií**

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat vhodné parametry městského plánování s ohledem na zásady udržitelného městského rozvoje a adaptaci na změnu klimatu v různých geografických oblastech světa.

Struktura (obsah) práce: -Geografická determinace vybraných regionů -Vliv parametrů měst na řízení zdrojů udržitelného města a optimalizace managementu zdrojů u následujících zdrojů. o Voda o Elektřina o Termoregulace (pro účely bakalářské práce, bude termoregulace součástí řízení zdrojů) -Technický potenciál moderních technologií v městských systémech -Případová studie vybraných regionů

### Seznam doporučené literatury:

-Vladimíra Šilhánková a kolektiv. 2011. Indikátory udržitelného rozvoje pro města a obce. Civitas per Populi. -Tomáš Tožička (ed.). 2009. Udržitelné technologie pro rozvoj. Praha, Adra. -Petr Mederly, Ján Topercer, Pavel Nováček. 2004. Indikátory kvality života a udržitelného rozvoje. Vyd. 1. Praha, UK FSV CESES. -Brno: Ústav územního rozvoje, 1998-2008. Urbanismus a územní rozvoj. Brno. -Jan Jehlík. 2013. Obec a sídlo. Praha, Ausdruck Books.

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Podpis vedoucího pracoviště:

Datum:

# Obsah

1. Úvod.....	12
2. Cíle a struktura práce.....	13
3. Metodika výzkumu.....	14
4. Energetika.....	15
4.1. Elekřina .....	15
4.1.1. Obnovitelné a neobnovitelné zdroje.....	15
4.1.2. Transformace elekřiny.....	15
4.2. Historie elektrické energie, očekávané predikce, struktura spotřeby .....	17
4.2.1. Energetický mix od roku 1971 do roku 2015 .....	18
4.2.2. Očekávaný vývoj.....	19
4.2.3. Použití a spotřeba elektrické energie v sektorech.....	20
4.2.3.1. Spotřeba elektrické energie v sektoru rezidenčním.....	20
4.2.3.2. Spotřeba elektrické energie v sektoru komerčním .....	21
4.2.3.3. Spotřeba elektrické energie v sektoru průmyslovém.....	21
4.2.3.4. Shrnutí druhů spotřeby .....	22
5. Světová urbanizace.....	24
5.1. Sídelní kaše.....	24
6. Regulace v elektrické síti s vysokým podílem obnovitelných zdrojů: .....	25
6.1. Decentralizace sítě.....	25
6.2. Mikro síť .....	25
6.2.1. Tesla microgrid technology .....	25
6.3. Ukládání energie v síti.....	25
6.3.1. Gravitační baterie .....	26
6.3.2. Přečerpávací vodní elektrárny (PVE).....	26
6.3.3. Virtuální měna a obnovitelná energie.....	27
6.3.4. Vodíkové uložení.....	27
6.4. Výroba elektrické energie v městském prostředí .....	27
6.5. Solární panely.....	27
6.6. Příklady využití zbytkového tepla a tlaku vodovodního .....	28
6.6.1. Kanalizace .....	28
6.6.2. Datové centra.....	28
6.6.3. Vodovody jako zdroj elekřiny .....	28
7. Certifikáty budov a zboží .....	29
7.1. LEED Certifikace Budov .....	29
7.1.1. LEED 2009 (v3.) .....	29

7.1.2.	LEED 2014 (v4.) .....	30
7.1.3.	Energy Star .....	30
8.	Kritéria pro energetickou efektivitu v městském prostředí .....	32
8.1.	Města a energie .....	32
8.2.	Stavební materiály .....	32
8.3.	Mrakodrapy .....	33
8.4.	Uložená energie v materiálu .....	34
8.4.1.	Burj Khalifa, Dubaj, Spojené Arabské Emiráty .....	35
	Výpočet uložené energie v Burj Khalifa .....	35
8.5.	Kategorizace budov a příklady ekologických novostaveb. ....	36
8.5.1.	Pozitivní příklady budov .....	37
8.6.	Rekonstrukce a izolace .....	38
8.7.	Matematický model výšky budov na spotřebu energie .....	39
8.8.	Multifunkční prostředí .....	41
8.9.	Tepelný ostrov .....	41
8.10.	Chování spotřebitelů energie .....	41
9.	Charakteristika vybraných regionů .....	42
9.1.	Masdar/Abú Dhabí, Spojené arabské emiráty (SAE) .....	42
9.1.1.	Masdar city .....	42
	Solární potenciál .....	43
9.2.	New York (NYC), Spojené státy americké .....	43
9.2.1.	Vliv tepelného ostrova na NYC .....	44
	Solární potenciál .....	44
9.3.	Singapur, Stát Singapur .....	44
	Solární potenciál .....	45
9.4.	Shrnutí vybraných regionů .....	45
10.	Diskuze výsledků .....	47
10.1.	Doporučení pro města pouštních a polopouštních oblastí .....	48
10.2.	Doporučení pro města mírných oblastí .....	48
10.3.	Doporučení pro města v tropických oblastech .....	49
11.	Závěr .....	51

## Seznam obrázků, grafů a tabulek

<b>Obrázek 1:</b> Schéma transformace elektřiny, Zdroj: FERC, 2004.....	16
<b>Obrázek 2:</b> Solární potenciál světa, Zdroj: Solargis, 2020.....	17
<b>Obrázek 3:</b> Gravitační baterie navržená firmou Vault Energy (vlevo nabitá, vpravo vybitá). Zdroj: New atlas, 2018.....	26
<b>Obrázek 4:</b> Logo ENERGY STAR, Zdroj: Energy star, 2019.....	30
<b>Obrázek 5:</b> Linerání město. Zdroj: GAUTHIER 1994.....	32
<b>Obrázek 6:</b> T3 dřevěná budova, Minneapolis USA. Zdroj: Arch daily, 2017 .....	37
<b>Obrázek 7:</b> Noční Berlín, kontrast světél veřejného osvětlení ve východním a západním Berlíně. Zdroj: ESA, 2012 .....	38
<b>Obrázek 8:</b> Schéma vstupních faktorů pro výpočet energie v budovách na výšku x pater. Zdroj: Vytvořeno autorem dle Resch et al. 2016 .....	40
<b>Obrázek 9:</b> Tepelná mapa NYC (nahore), mapa vegetace (dole). Zdroj: NASA Earth observatory, 2006 .....	43
<b>Graf 1:</b> Světová výroba elektřiny mezi roky 1971–2015 dle zdrojů. Zdroj: vytvořeno autorem z dat World bank.....	18
<b>Graf 2:</b> Spotřeba energie dle sektorů v USA, Singapuru, NYC, Abú Dhabí, Zdroj: vytvořeno autorem z EIA, 2019/ EIA, 2018/SCAD, 2017/EMA, 2018. ....	20
<b>Graf 3:</b> Spotřeba energie v domácnosti dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019 .....	21
<b>Graf 4:</b> Spotřeba energie v komerčním sektoru dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019.....	21
<b>Graf 5:</b> Spotřeba energie v průmyslu dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019. ....	22
<b>Graf 6:</b> Světová urbanizace 1960 - 2018, Zdroj: vytvořeno autorem z dat WB, 2018 .....	24
<b>Graf 7:</b> Časová osa dokončení mrakodrapů dle výšky. Zdroj: CTBUH, 2019, upraveno autorem. ....	34



<b>Tabulka 1:</b> Země s nejnižším procentuálním zastoupením elektrické energie, Zdroj: World Atlas, 2017 .....	17
<b>Tabulka 2:</b> Kategorie LEED certifikací a jejich bodové ohodnocení. Zdroj: Vytvořeno autorem z dat USGBC, 2012.....	29
<b>Tabulka 3:</b> Schéma úrovní uložené energie v materiálu. Úroveň 1 přímá energie při stavbě, úroveň 2 energie v materiálech, úroveň 3 energie spotřebovaná pro těžbu a výrobu strojů na těžbu. úroveň 4 energie spotřebovaná při výrobě strojů. Zdroj: UNCHS, 1991 upraveno autorem. ....	35
<b>Tabulka 4:</b> Odhadovaná spotřeba energie vybraných materiálu v budově Burj Khalifa. Zdroj: Vytvořeno autorem, data spotřeby energie na m <sup>3</sup> jsou z UNCHS, 1991.....	36
<b>Tabulka 5:</b> Kategorie budov, dle spotřeby při vytápění a ohřevu vody na metr čtvereční ročně, Zdroj: Katunsky a Fararik., 2019, přeloženo autorem.....	37

## Seznam použitých zkratk

BDC	Building Design and Construction
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
CGTN	China Global Television Network
CLT	Cross-laminated timber
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
DOE	Department of Energy
EIA	Energy Information Administration
EMA	Energy Market Authority, Singapur
EPA	Environmental Protection Agency
EPB	Energy performance building
ESA	European Space Agency
FAPC	Čtvereční metry na osobu (z angl. Floor area per capita)
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GMP	Hrubý metropolitní produkt (Gross metropolitan product)
IRENA	International Renewable Agency
JAR	Jihoafrická republika
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LPG	Liquified Petroleum Gas
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NRDC	Natural Resources Defense Council
NTHP	National Trust for Historic Preservation "
NYC	New York City
OSN/UN	Organizace spojených národů/United Nations
PlaNYC	Plan New York City 2030
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna

SAE	Spojené Arabské Emiráty
SCAD	Statistics Centre – Abu Dhabi
UNCHS	United Nations Human Settlement Programme
UPS	Zdroj nepřerušovaného napájení (z angl. Uninterruptible Power Supply/Source)
USDA	United States Department of Agriculture
USGBC	United States Green Building Council

## 1. Úvod

Města konzumují až 75% světové produkce energie (Pranab et al. 2018) a se souvisejícím rozmachem měst, určují sídla také budoucnost energetické spotřeby. V boji s klimatickými změnami města budou nevyhnutelnou součástí řešení celkové energetické politiky v různých regionech. Nutnost komplexně posoudit situaci je důležitá nejen pro zákonodárce, ale také pro architekty a další profese zabývající se městy a jejich rozvojem. Způsoby, jakým budeme rozšiřovat a upravovat naše městské prostředí bude mít obrovský vliv na současné i budoucí mitigace změn klimatu. A také na vývoj společnosti ve městském prostředí žijící.

Autor se zaměřuje zejména na faktory, které jsou pro energeticky efektivní vývoj měst důležité. Současně je ale nutné přizpůsobovat strukturu sídel nejenom geografické poloze ale také počtu obyvatel, historii, a mnoho dalších faktorů které lze v této práci najít. Možných technologických řešení je celá řada, a proto nebylo možné všechny obsáhnout v této bakalářské práci. Autor si také neklade za cíl komplexně navrhnout městské prostředí, ačkoliv se v závěrečné části věnuje doporučením pro vybrané regiony. Je nutné na sídelní strukturu začít pohlížet jako na celek a začít stavět města i budovy ve zcela odlišném paradigmatu, než tomu bylo zejména ve století dvacátém.

Autorovou motivací je hledání alternativních přístupů k energeticko-sídelní problematice, adaptace a vyhledávání nových technologií v praxi i hledání technologických a praktických možností, jak přejít k obnovitelným zdrojům energie co nejrychleji v maximální možné míře.

## 2. Cíle a struktura práce

Cílem této bakalářské práce je přiblížit vztah mezi městským prostředím a spotřebou elektrické energie. Identifikovat proměnné významné pro spotřebu měst. Dále popsat jakým způsobem řešit spolehlivost dodávek elektřiny v decentralizované síti s vysokým zastoupením obnovitelných zdrojů.

Úvodní kapitola energie je věnována uvedení pojmu elektřina. Její součástí jsou výroba a transformace elektřiny, historický vývoj dle typu výroby a detailní struktura spotřeby v rezidenčním, komerčním a průmyslovém sektoru. V další kapitole je krátce zmíněna urbanizace a její vývoj za druhou polovinu 20. století.

Kapitola o regulacích v elektrické síti se věnuje problematice s nestálou formou výroby u obnovitelných zdrojů a způsobům, jak vytvořit spolehlivou a decentralizovanou elektrickou síť. Součástí je několik možností, jak ukládat elektrickou energii v síti včetně experimentálních zařízení nyní ve fázi konceptu. Autor se věnuje také výrobě elektřiny v urbánním prostředí skrze solární panely a několik konceptů na využití zbytkového tepla.

Další kapitola se věnuje certifikacím budov a jejich možné úspoře při změně designu a struktury. Autor rozděluje několik typů certifikátů s jejich detaily v oblasti energetiky.

Kapitola zaměřená na kritéria energetické efektivity v městském prostředí specifikuje autorem vybraná kritéria a jejich vliv. Kapitola detailně popisuje zejména vliv jednotlivých budov a jejich kategorizaci. Součástí je výpočet uložené energie pro nejvyšší budovu na světě Burj Khalifa a matematický model vlivu výšky budov na spotřebu energie. Autor ilustruje také vliv rekonstrukce budov. Zmíněno je také multifunkční prostředí, tepelné ostrovy či chování spotřebitelů.

V závěrečné části se autor detailně věnuje regionům Abú Dhabí, New Yorku a Singapuru a pohledu na jejich energetický výkon i potenciál. Diskuze výsledků přináší několik obecných i specifikovaných návrhů pro města v různých klimatických podmínkách. Autor uvádí zejména energeticky zaměřené závěry, ale krátce se věnuje i jiným faktorům.

### 3. Metodika výzkumu

Tato bakalářská práce je založena na literární faktografické rešerši dostupných zdrojů týkajících se energetiky a proměnných ve vztahu k energetice a městskému prostředí. Použitá metoda analyzuje významné proměnné identifikované autorem. V práci jsou převzaty i vlastní matematické i statistické modely doplňující faktografickou rešerši pro přehlednější kvantifikované porozumění vztahu městské a energetické struktury.

V závěru práce se autor věnuje vybraným urbánním geografickým regionům, jejich energetické efektivitě a modelové představě, jak ovlivnit strukturálně jejich energetický výkon i spotřebu.

## 4. Energetika

### 4.1. Elektřina

Slovo elektřina má původ v řeckém slově elektron (česky jantar), starší podoba slova v českém jazyce je dle Jungmanna električina. (Rejzek 2015)

Forma energie, nachází se v přírodě, v podobě proudu částic elektronů skrze vodič či polovodič. Elektrická energie lze vyrobit více možnými způsoby a to:

- Generátory, točivé stroje (s rotorem a statorem) s magnetickým polem a cívkou ve které se indukuje elektrické napětí (elektromagnetická indukce).

Elektrické generátory jsou nejčastěji používané stroje k výrobě elektrické energie, mimo fotovoltaický jev (viz níže) jej využívají všechny typy elektráren.

Generátory fungují nejčastěji na principu spalování energetických surovin které ohřívají vodu, mění ji v páru a ta roztáčí turbínu na generátor napojenou, mezi ně patří uhlí, ropa, zemní plyn, (někdy také uran v jaderných elektrárnách který nicméně funguje složitěji, avšak stále na principu přeměny tepelné energie na páru z vody) ,případně využívají jinou mechanickou práci, např. větrné, vodní, přílivové elektrárny, tyto elektrárny nevyužívají proces spalování, ale přímo zdroj pohybové energie. (ThoughtCo 2018) Efektivita turbín fosilních paliv je cca. 35 %. (Schneider 2013)

- Elektrochemie, výroba elektrické energie pomocí chemie, např. baterie s galvanickým článkem s technologií Li-on (Lithium-iontový akumulátor), či zinko-uhlíkový článek (obyčejné baterie) a další. Z hlediska světové výroby elektřiny je tento způsob výroby zanedbatelný a také ekonomicky vysoce neefektivní.
- Fotovoltaický efekt, jev který využívají fotočlánky k přeměně solární energie na elektrickou, nejčastěji v podobně solárních panelů. (ThoughtCo 2018)

#### 4.1.1. Obnovitelné a neobnovitelné zdroje

Elektřinu generujeme cca z 80 % (viz graf č.1 procentuální zdroje elektřiny) z neobnovitelných (někdy také fosilních) zdrojů. Zdroje fosilní jsou vyčerpatelné, a je jich tedy na zemi pouze omezené množství. Jejich nevýhodou je také generování znečištění. Naopak jejich výhodou je relativně levná výroba, podle International Renewable Energy Agency (IRENA) se cena typicky pohybuje od 0,05 – 0,17 USD/kWh (IRENA, 2017) a možnost snadné regulace výroby podle spotřeby (s výjimkou jaderných elektráren).

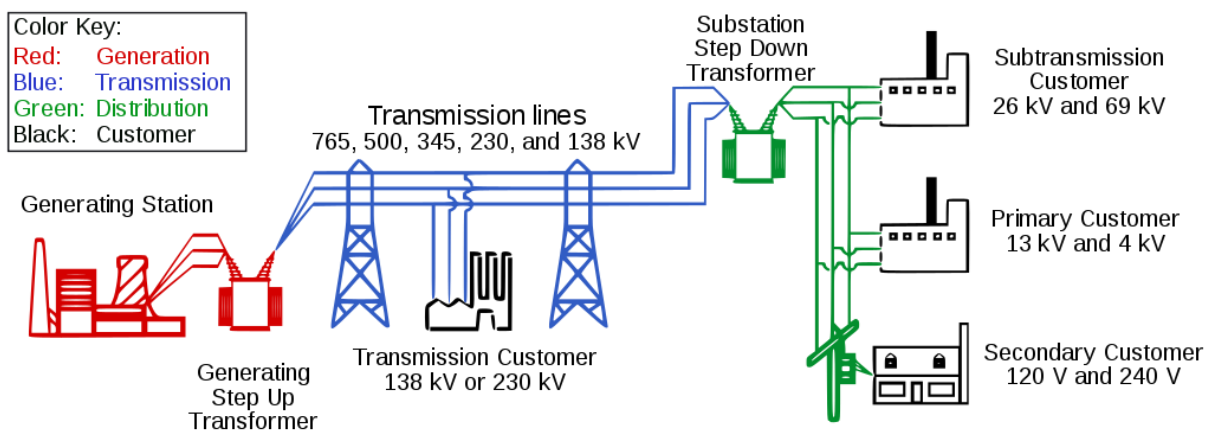
Elektřina z obnovitelných zdrojů (větrná, vodní, slunečná, biomasa, geotermální) je zastoupena v energetickém mixu pouze z cca 20 %, podíl meziročně roste, zejména díky rozvoji a investicím v solární a větrné energetice. Ceny energie se meziročně snižují dle dostupných dat podle IRENA se u pobřežních větrných elektráren pohybují v průměru 0,06 USD/kWh, u fotovoltaických elektráren je cena 0,10 USD/kWh (IRENA 2017). Z ekonomického hlediska je tedy zřejmé, že obnovitelné zdroje jsou schopné konkurovat cenou zdrojům neobnovitelným. Záleží i na kontextu daného lokality, solární i větrné potenciály nejsou stejné ve všech místech na světě.

#### 4.1.2. Transformace elektřiny

Elektřinu je nutno transformovat v transformátorech, aby ztráty byly, co nejmenší. Ztráty výrazně rostou, když protéká velký proud. Proto na dlouhé trasy přenosu se používá vysoké napětí (až 1100 kV např. ultravysoké napětí v Číně/CGTN 2018) a nízký proud. Generátory vyrábí elektrický proud o napětí obvykle 400 kV (v závislosti na elektrárně, např. el. Chvaletice má napětí 15,75kV transformované na 400kV/Český rozhlas, 2016/, elektrárna Temelín 24kV transformované na 420 kV/OM Solutions 2016) a na místě výroby se transformuje na 400-1100 kV pro přenos (v závislosti na vzdálenosti výroby a

odběru, delší vzdálenost = vyšší napětí). Napětí (v ČR obvyklé) cca. 400 kV se nejprve transformuje na 110 kV a je dále rozváděno kratším vedením. Další transformace je ze 110 kV na 22kV, takto transformované napětí je rozváděno do měst a obcí. Transformátory ve městech transformují napětí na 230 V popřípadě 380 V, které se používá v domácnostech a komerčních budovách. (České stavby 2015)

Ztráty mezi elektrárnou a odběratelem se pohybují mezi 8 až 15 % (Schneider 2013).



Obrázek 1: Schéma transformace elektřiny, Zdroj: FERC, 2004



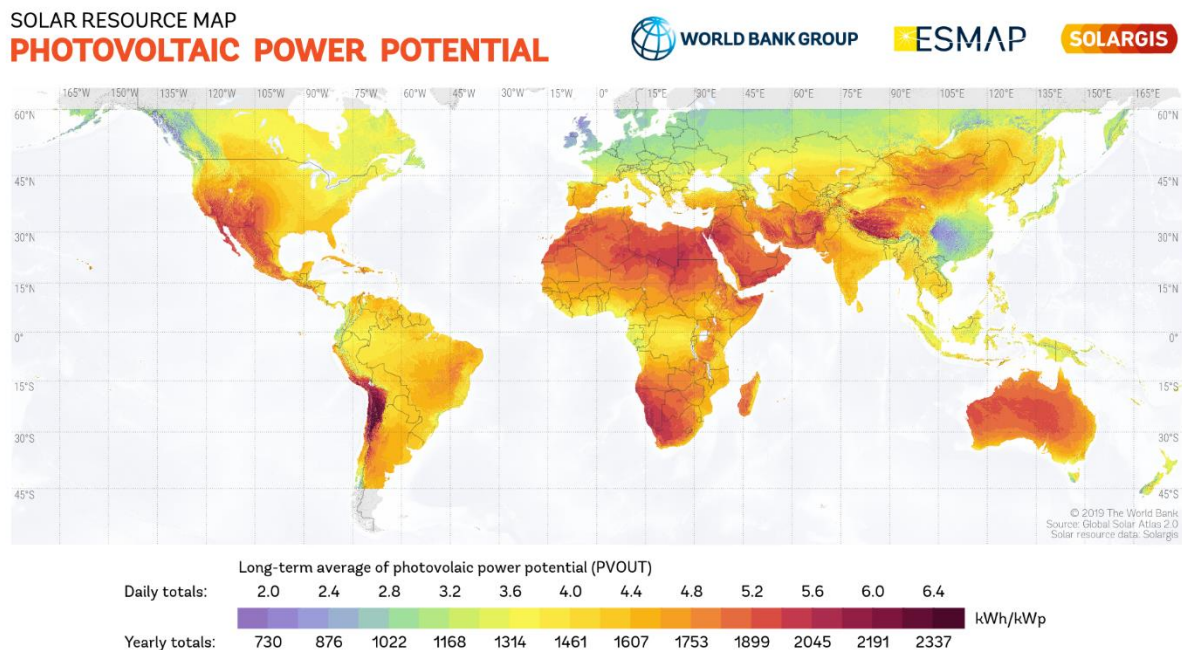
#### 4.2. Historie elektrické energie, očekávané predikce, struktura spotřeby

První komerční použití elektrické energie proběhlo, např. v USA v roce 1879 v San Francisku (CA) společností California Electric Light Company, která produkovala a prodávala pouze dostatek energie pro 21 elektrických žárovek. Mezi roky 1950 až 2007 rostla v USA spotřeba v průměru o 5 % ročně. V posledním desetiletí (2008–2018) již v USA spotřeba roste pouze mírně a to o 2 % za 10 let. (US EIA, 2019a) Na osobu je v USA spotřeba 12993 kWh což je výrazně nad světovým průměrem 3132 kWh/osoba (World bank 2014a).

Elektrina je dnes dostupná téměř ve všech urbanizovaných oblastech světa, dle World bank 97 % měst je připojeno (World Bank 2017b), oproti venkovským oblastem, kde je připojeno pouze cca. 79 % populace (World Bank 2017a). Mezi země s nejnižší dostupností elektřiny patří také nejchudší země světa jako:

Země	Procento obyvatel s elektřinou
Tanzanie	15,3 %
Niger	14,4 %
Sierra Leone	14,2 %
Burkina Faso	13,1 %
Centrální africká republika	10,8 %
Libérie	9,8 %
Malawi	9,8 %
Burundi	6,5 %
Čad	6,4 %
Jižní Súdán	5,1 %

Tabulka 1: Země s nejnižším procentuálním zastoupením elektrické energie, Zdroj: World Atlas, 2017

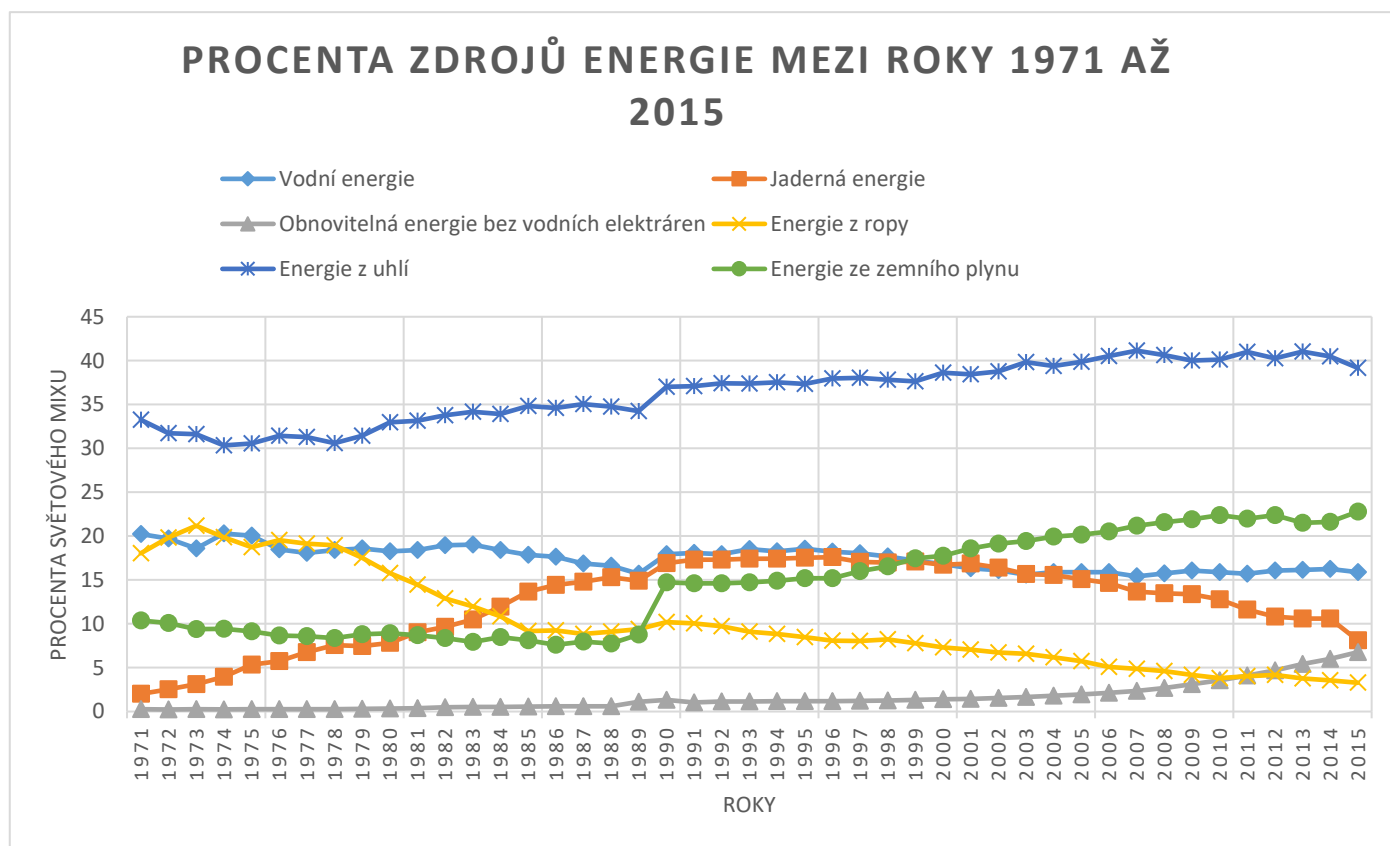


Obrázek 2: Solární potenciál světa, Zdroj: Solargis, 2020

Společným znakem těchto zemí je také nízká míra urbanizace a velmi špatná či neexistující energetická přenosová soustava. Časté jsou také výpadky elektrické sítě. Hydroelektrárny v Burundi mají časté problémy v období sucha s výpadkem elektrické energie vlivem nízkého stavu vody (World Atlas 2017). Lze očekávat, že tyto problémy budou horší s postupem globálního oteplování.

Země s nízkou elektrifikací mají technologickou možnost „přeskočit“ vývojovou fázi elektrifikace jakou prošla většina světa v minulém a předminulém století (např. dnešní ČR procházela elektrifikací na přelomu 19. a 20. století/Česká televize, 2009) a namísto investic do infrastruktury pro rozvod elektřiny vytvořit decentralizovaný systém (viz o decentralizaci str. 25) z obnovitelných zdrojů. Tyto země subsaharské Afriky mají i vyšší průměrný zisk ze solárních panelů viz. obrázek 2.

#### 4.2.1. Energetický mix od roku 1971 do roku 2015



Graf 1: Světová výroba elektřiny mezi roky 1971–2015 dle zdrojů. Zdroj: vytvořeno autorem z dat World bank 2014c, d, e, f, g, h.

Graf 1 ukazuje, jak se zdroje energie se ve světě vyvíjejí. Například u ropy jako zdroje elektrické energie je zřejmý postupný pokles od roku 1973, obdobný pokles je i v oblasti jaderné energie cca. od 90. let, spojený také s havárií jaderné elektrárny Fukušima v roce 2011.

Zastoupení uhlí od 80. let mírně stoupá v energetickém mixu, s mírným poklesem v letech 2013 až 2015. Vliv na to má zejména nárůst kapacity uhelných elektráren v Číně z 330 000 MW v roce 2005 na více než 1 000 000 MW v roce 2019 (v plánu a ve výstavbě je kapacita 200 000 MW). Pro srovnání ve stejném období v USA z 330 000 MW na necelých 250 000 MW. Další země jako Indie a jiné asijské země také zaznamenávají nárůst uhelné energie v porovnání s postupným útlumem např. i v zemích EU

(Carbon Brief 2020). Výraznější růst vykazují také zdroje obnovitelné energie, a to zhruba od přelomu tisíciletí.

#### 4.2.2. Očekávaný vývoj

Budoucí vývoj energetického mixu se různí dle regionů. Z významnými projekty nových uhelných elektráren přichází kromě již zmíněné Číny také Indie (v plánu a ve výstavbě je více než 60 000 MW), Egypt (plán na 6600 MW), Turecko (plán na více než 20 000 MW), země JV Afriky (Keňa, Tanzanie, Zambie, Zimbabwe, Malawi, JAR), Bangladéš, Vietnam, Indonésie či Filipíny (Carbon Brief 2020).

Dle zprávy International Energy Outlook 2016 od U.S. Energy Information Administration (EIA) lze očekávat velký nárůst spotřeby elektrické energie zejména v zemích mimo OECD, obzvláště v Asii. Zpráva předpokládá celkové zvýšení světové spotřeby o 48 % mezi roky 2012 a 2040 (EIA, 2016) (Bloomberg NEF odhaduje do roku 2050 nárůst o 62 %, roční růst v průměru o 1,5 % /BNEF, 2019) , nejrychlejší tempo růstu spotřeby se týká Afriky, Asie a středního východu a to mezi 2,2 až 2,6 % ročně. V zemích OECD se očekává meziroční růst 0,6 % ve stejném období (EIA 2016).

Dle BloombergNEF (BNEF) v roce 2050 bude solární a větrná energie tvořit 50 % světového energetického mixu (podíl obnovitelných zdrojů v Evropě 80 %, USA 36 %, Čína 48 %, Indie 55 %, Austrálie 78 %). Při započtení hydroelektráren bude dle odhadu 62 % světové energie obnovitelné. Klesající cena za nejpoužívanější obnovitelné zdroje kolem roku 2030 dosáhne hranice, kdy ve většině zemí světa bude levnější solární či větrná energie (nebo obojí), oproti již existujícím uhelným elektrárnám a jejich provozních nákladech. Hlavní zdroj energie neobnovitelné bude zemní plyn. Uhlí bude celosvětově na globálním vrcholu (z angl. global peak) v roce 2026. Význam uhlí v energetickém mixu bude ustupovat na cca. 12 % světového mixu v roce 2050. Role zemního plynu bude dle odhadů růst cca. 0,6 % ročně do roku 2050, hlavní funkcí poté bude stabilizace energetické rozvodové soustavy (BNEF 2019). Viz decentralizace sítě str. 25.

Hlavní výzvou, kromě přechodu na obnovitelné zdroje, je také elektrifikace dopravy a s ní spojené výrazné navýšení energetické spotřeby kterou bude třeba pokrýt. V roce 2050 by elektrická vozidla mohla spotřebovat až 9 % světové elektřiny. Významným spotřebitelem budou klimatizace (viz Shrnutí druhů spotřeby str. 22). Odhadem spotřebují v roce 2050 cca. 13 % světové produkce elektřiny.

Významnou součástí přechodu na obnovitelné zdroje je také možnost uchovat energii (viz kapitola decentralizace sítě str. 25). S tím souvisí také cena za uloženou MWh, která již od roku 2010 do roku 2018 klesla o 84 %. V roce 2018 je to 187 USD/MWh, v roce 2040 se cena bude pohybovat cca. na 67 USD/MWh. (BNEF 2019)

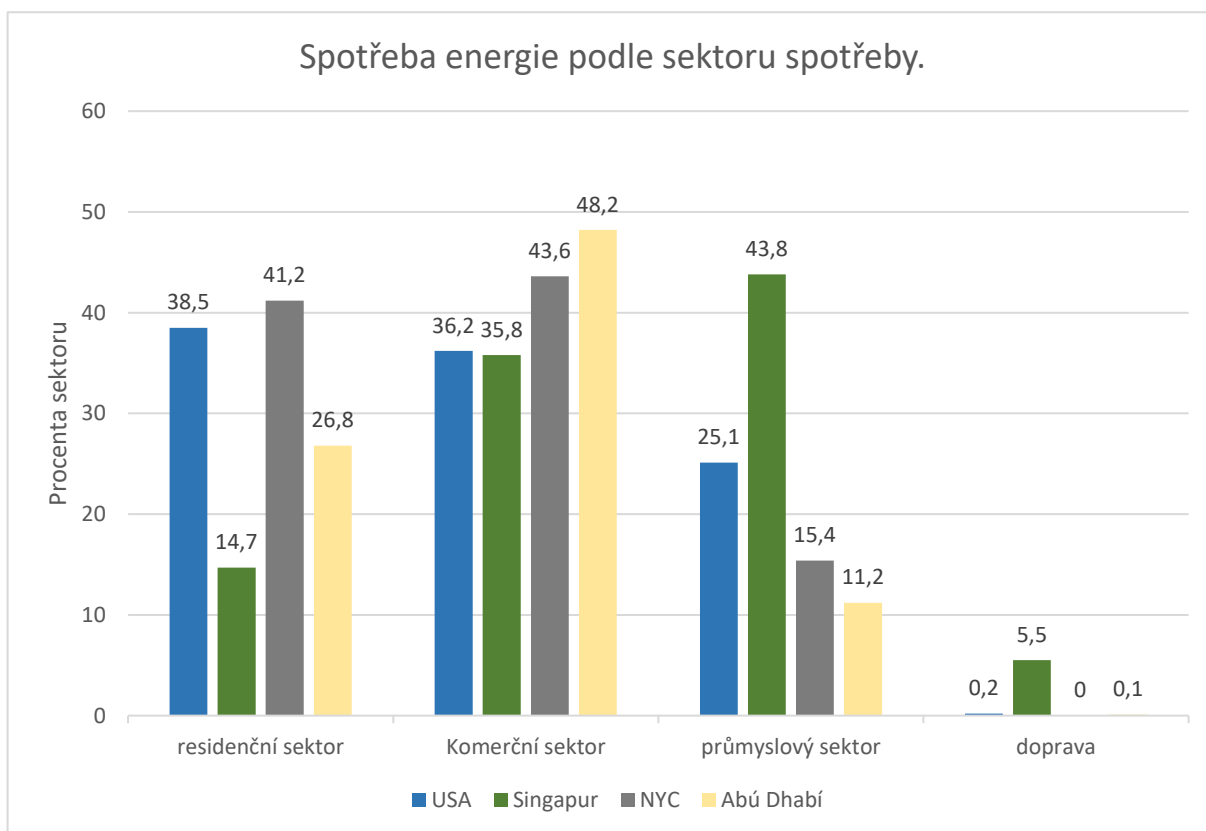
S rozvojem obnovitelných zdrojů se naruší globální dodavatelské řetězce pro uhlí a zemní plyn, a způsobí zvýšenou nabídku oproti poptávce a nižší cenu. Tento jev v některých regionech pouze odloží přechod k obnovitelné energii. V budoucích energetických systémech bude dle BNEF považováno za nevýhodu, pokud bude třeba doplňovat palivo. Samotné doplňování paliva zvyšuje celkové provozní náklady v důsledku nutnosti stálých zásobovacích řetězců. (BNEF 2019)

### 4.2.3. Použití a spotřeba elektrické energie v sektorech

Elektrická energie se využívá v širokém spektru činností. Např. vytápění, chlazení, svícení, napájení elektrických motorů, ve spotřebičích, v elektronice atd. Např. v roce 2018 se pouze v USA spotřebovalo 3950 TWh.

V USA (dle dat z roku 2018) je podíl residenčního a komerčního sektoru nejvýznamnější (EIA 2019a). Tento poměr není, ale ve všech lokalitách stejný. New York (NYC) má strukturu spotřebitelů podle sektorů zkrácenou z důvodu použití statistiky státu (s téměř stejným počtem obyvatel jako metropole přesahující hranice státu New York) a procentuální hodnoty jsou vypočteny dle tepelných jednotek (britských termálních jednotek) nikoliv MWh. Výsledek započítává také spotřebovaná paliva spalovacími motory a zkrácuje to výsledky v oblasti dopravy (doprava spotřebovuje cca. 30 % všech vstupních energetických zdrojů). Autor přepočítal termální jednotky u sektorů na TWh a vynechal dopravu pro menší zkrácení (EIA 2017).

Abú Dhabí má významnou spotřebu v sektoru komerce a na zemědělství používá 5,7 % a pro účely veřejné správy 8,1 % (SCAD 2017), Tyto procenta nejsou zahrnuty v grafu 2.

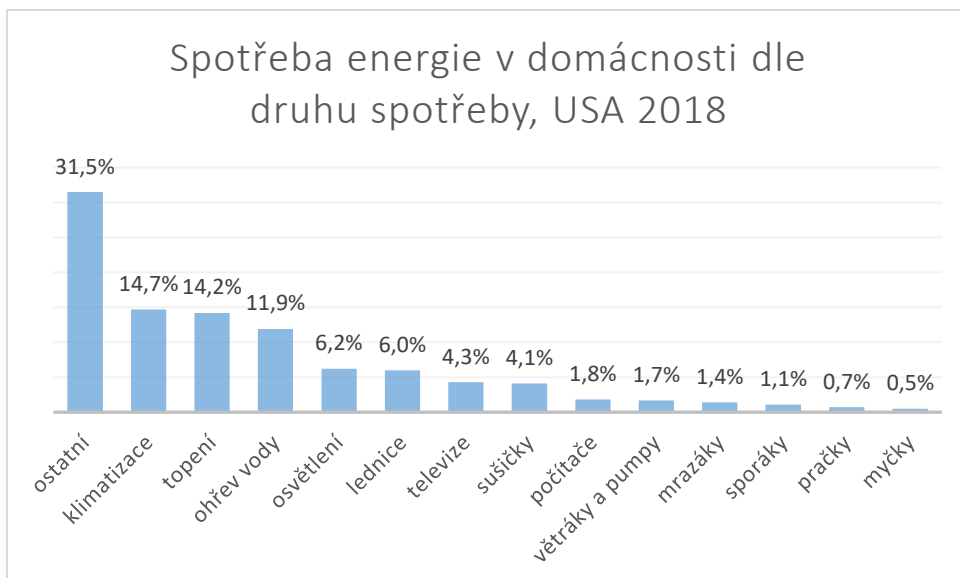


Graf 2: Spotřeba energie dle sektorů v USA, Singapuru, NYC, Abú Dhabí, Zdroj: vytvořeno autorem z EIA, 2019b/ EIA, 2018/SCAD, 2017/EMA, 2018.

Singapur, má v grafu 2 významný průmysl a velmi nízký residenční sektor. Z dat je také dostupná informace na spotřebu elektřiny v dopravě. (EMA 2018)

#### 4.2.3.1. Spotřeba elektrické energie v sektoru residenčním

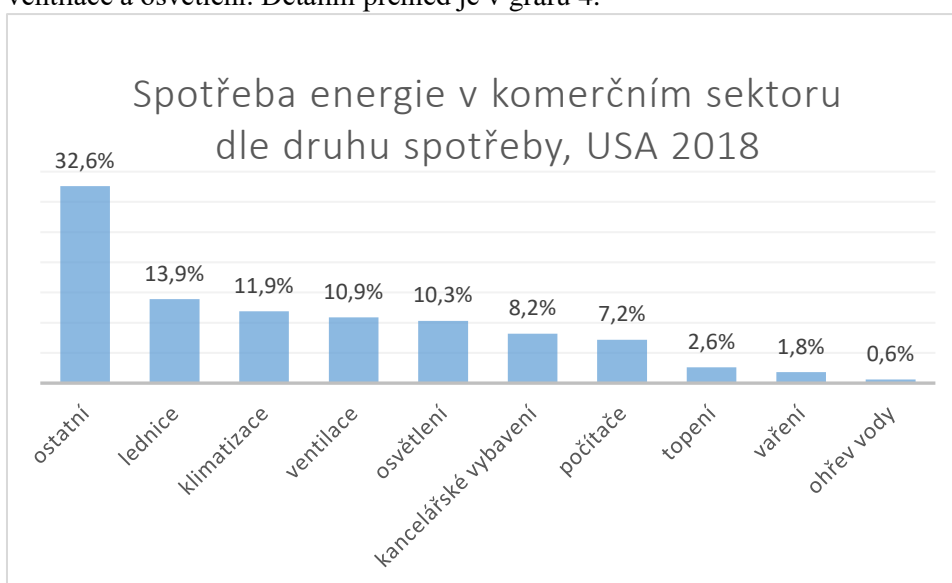
Hlavní kategorie odběru energie v domácnostech v roce 2018 v USA jsou dle U.S. Energy Information Administration (EIA) klimatizace, vytápění a ohřev vody. Detailní přehled je v grafu 3.



Graf 3: Spotřeba energie v domácnosti dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019a

#### 4.2.3.2. Spotřeba elektrické energie v sektoru komerčním

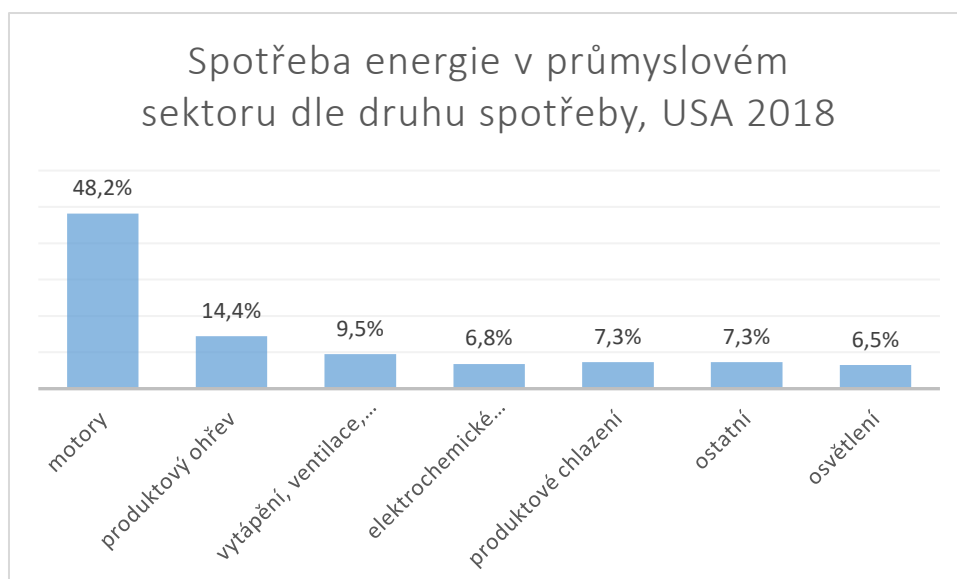
V komerčním sektoru jsou nejvýznamnější kategorie spotřeby: lednice, klimatizace vnitřních prostor, ventilace a osvětlení. Detailní přehled je v grafu 4.



Graf 4: Spotřeba energie v komerčním sektoru dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019a

#### 4.2.3.3. Spotřeba elektrické energie v sektoru průmyslovém

V průmyslovém sektoru jsou největším odběratelem motory (mechanický pohyb) a to téměř 50 %. Více v grafu 5.



Graf 5: Spotřeba energie v průmyslu dle druhu spotřeby, Zdroj: vytvořeno autorem z dat EIA, 2019a

#### 4.2.3.4. Shrnutí druhů spotřeby

Dle tří výše uvedených grafů (grafy: 3, 4, 5) lze usuzovat, že kvalitní izolací a rekuperací vzduchu lze dosáhnout efektivnější spotřeby energie napříč sektory (ačkoliv elektrická energie není často použita k vytápění, zejména v komerčním a průmyslovém sektoru). Přechodem k LED osvětlení s vysokou účinností lze dosáhnout snížení spotřeby zejména v rezidenčním a komerčním prostředí u osvětlení. Významným spotřebitelem jsou také lednice. V 70. letech spotřebovali lednice cca. 2200 kWh ročně. V roce 2018 cca. 300 kWh. S rozvojem izolačních materiálů lze předpokládat roční spotřebu 150 kWh v roce 2030. Výměnou starých lednic v domácnostech a komerčních prostorech lze tedy také zvýšit energetickou efektivitu (The Simple Dollar 2018).

Významným spotřebitelem jsou také klimatizace. V USA či Japonsku je vybaveno klimatizací 90 % rezidenčních budov. V rozvojových ekonomikách je to výrazně méně: Indie 3 %, Indonésie 6 %, Brazílie 16 % (Karali et al. 2019). V Singapuru v roce 2012 používalo klimatizační jednotku 76 % domácností (Happle et al. 2017).

S rostoucím podílem klimatizací v domácnostech ve vynořujících se ekonomikách poroste významně jejich energetická spotřeba. Čína, největší výrobce i spotřebitel klimatizací celosvětově, v roce 2017 spotřebovala 73 % všech prodaných klimatizací na světě. V roce 1990 Čína spotřebovala 6,6 TWh energie v roce 2016 to bylo 450 TWh pouze v klimatizaci budov (Karali et al. 2019). Vzhledem k významnému používání uhlé energie (viz. graf 1) tak přispívají k negativní externalitě zvyšování globálního oteplování.

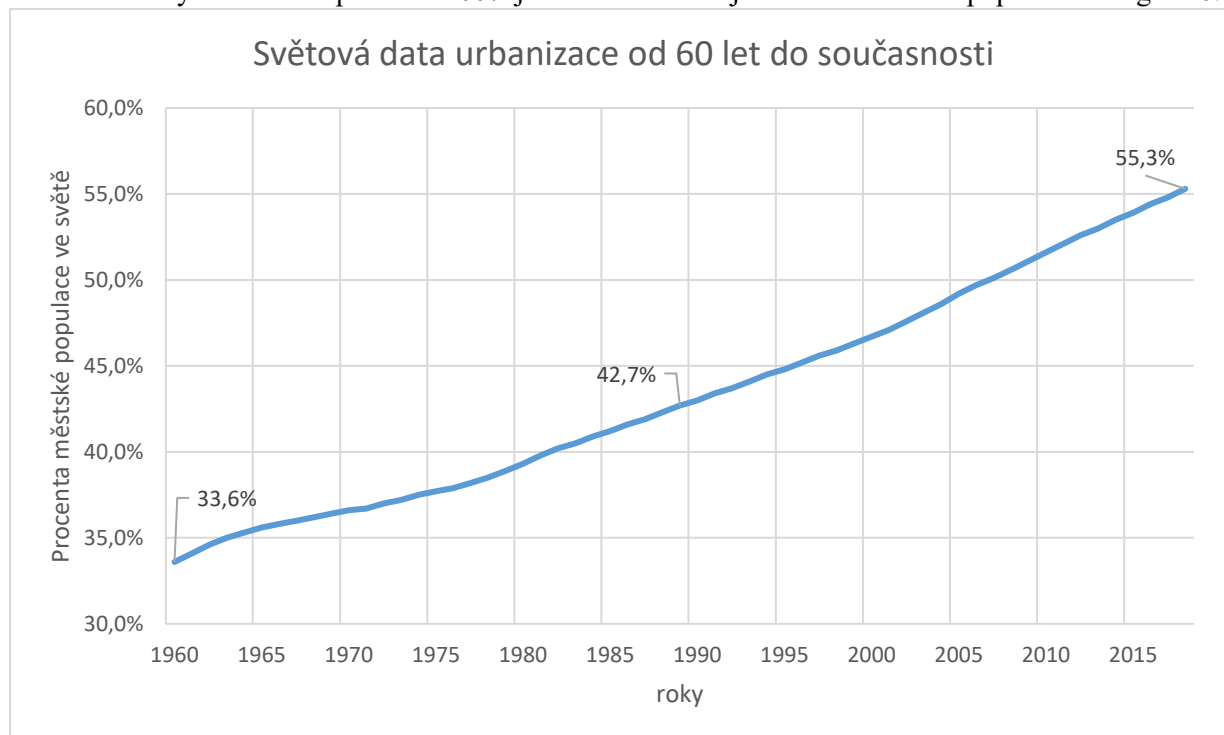
Zvyšující se množství vln veder přímo úměrně i zvyšuje energetickou spotřebu a také zvyšuje poptávku právě ve vynořujících se ekonomikách (dle BNEF 2019 klimatizace zvýší spotřebu v rozvojových ekonomikách o 93 % mezi roky 2018 a 2050). Nutnost použití klimatizace, lze snadno propojit ze solární energii (její výkon se nejčastěji překrývá s dobou kdy je klimatizovat potřeba), při společném použití (klimatizace a solárních panelů) lze významně ušetřit společenské environmentální i osobní ekonomické náklady.

Důležitou součástí celkového trendu spotřeby elektrické energie je také chování spotřebitelů. V grafu 3, sektor rezidenční v USA, zabírají sušičky 4,1 % celkové energie spotřebované domácnostmi. Mnoho z těchto spotřebičů by se snadno dalo vynechat sušením prádla bez elektrické energie na balkónech či zahradách. Obdobně jako u klimatizací, s rostoucí ekonomikou rozvojových zemí autor předpokládá i nárůst zbytných typů spotřebičů (nikoliv pouze sušiček) a tím zvýšenou spotřebu elektrické energie.

V USA bylo v roce 2014, 89 milionů sušiček v domácnostech (75 % elektrických). Za pouhého předpokladu nahrazení efektivnějšími modely by USA ušetřilo elektřinu v hodnotě 4 miliardy dolarů (NRDC, 2014). Chování spotřebitelů v USA (s vysokým podílem sušiček v domácnostech) mezi roky 2006 a 2010 z průzkumů veřejného mínění ukázalo, že o 24 % lidí (z 83 % na 59 %) méně považuje sušičku za nezbytnou. Což ukazuje na pozitivní trend postupného upouštění sušiček (Green America 2020)

## 5. Světová urbanizace

Urbanizace je proces rozvoje městského způsobu života. V průběhu 20. století došlo k nárůstu městského obyvatelstva a po roce 2007 již ve městech žije většina světové populace viz graf 6.



Graf 6: Světová urbanizace 1960–2018, Zdroj: vytvořeno autorem z dat WB, 2018

V první polovině 20. století docházelo k urbanizaci zejména u rozvinutých států s vysokými příjmy. Změna nastala v 50. letech 20. století, kdy urbanizace pokročila i do zemí se středním a nízkým příjmem a došlo k nárůstu počtu městského obyvatelstva. Organizace spojených národů (OSN, angl. UN) očekává pro rok 2050 že, 68 % světové populace bude žít ve městech. Necelých 90 % tohoto nárůstu (oproti roku 2018) bude v Asii a Africe (UN 2018). Čína eviduje růst měst o 20 mil. lidí ročně (Calthorpe et al. 2018). Mnoho regionů zvýší nejen městskou populaci, ale také počet nových měst z původních venkovských oblastí. Udržitelný rozvoj měst záleží na schopnosti strategického plánování při jejich rozšiřování. Zejména u nízko-příjmových (z angl. low-income) a nízko-středně-příjmových (z angl. lower-middle-income) zemí kde OSN očekává nejrychlejší přírůstek městského obyvatelstva.

Urbanizace je obecně pozitivní jev, vedoucí k ekonomickému rozvoji, redukcí chudoby a lidskému rozvoji (UN 2018). Města jsou místem vývoje a technologického pokroku společnosti a jsou významně elektrifikovanější ve srovnání s venkovskými oblastmi. (viz str. 17)

### 5.1. Sídelní kaše

Sídelní kaše (z angl. urban sprawl) je označení pro rychlou geografickou expanzi měst. Tento fenomén zvyšuje dopravní zatížení a spotřebu energie. S rychlou expanzí vznikají související problémy nedostatečné infrastruktury, nekompletní veřejné dopravy, nedostupnosti vody, společenské segregace, zástavba orné půdy atd. Nedostatečné městské plánování a použití sterilních (např. předměstí v USA) městských prostředí vede k rozšiřování sídelní kaše. Sídelní kaše probíhá zejména v nízké ale i vysoké hustotě zalidnění (Britannica 2019).



## 6. Regulace v elektrické síti s vysokým podílem obnovitelných zdrojů:

### 6.1. Decentralizace sítě

Oblasti s větším spektrem potenciálních zdrojů obnovitelné energie mají více možností, jak dosáhnout vysokého procentuálního zastoupení obnovitelné energie v síti. Tím ovšem nezaniká potřeba regulovat energetickou síť vzhledem k nestálému výkonu obnovitelných zdrojů. Tato regulace je důležitější v oblastech, kde je procento obnovitelných zdrojů vysoké a pochází z nediverzifikovaného portfolia výroby a geograficky malé oblasti (Scientific American 2015).

Dle studie provedené v Texasu je teoretické, optimální, procentuální zastoupení obnovitelných zdrojů pro modelovou oblast Texasu 80 %. Při nižším procentuálním zastoupením je méně časových úseků, při kterých poklesne produkce pod minimální možnou hranici a je nutné zapnout záložní zdroje. Naopak při vyšším než 80% zastoupení je nutné výrazně posílit ukládání energie v síti pro překonání doby maximální poptávky a snížené produkce (Johnson et al. 2019).

Využitím regulovatelné obnovitelné energie (biomasa, vodní elektrárny, geotermální) a větších geografických oblastí (s vyšším počtem solárních a větrných elektráren) zastoupené v jedné síti, se snižuje potřeba ukládat energii, protože je jednodušší management zdrojů a síť se celkově chová předvídatelněji (Scientific American 2015).

S rozvojem technologií a postupným zlevňováním zejména solárních a větrných elektráren se zvyšuje poptávka u domů či firem po decentralizovaném, a i levnějším řešení v porovnání s centrálně generovanou elektřinou (v závislosti na geografické oblasti). Tento trend mění samotnou operační podstatu elektrické sítě jako distribuční sítě od zdroje k odběratelům a vytváří diverzifikovanější portfolio (samo)výrobců i spotřebitelů (Scientific American 2015).

### 6.2. Mikro sítě

Ve spojení s decentralizací zdrojů fungují i tzv. mikro sítě. Jedná se o malou síť, typicky s nízkým napětím s vlastním zdrojem energie (např. dům se solárními panely pro vlastní spotřebu). Napojením mikro sítě na veřejnou elektrickou síť umožňuje dodávat energii do sítě či odebírat v případě nedostatku. Mikro sítě nejsou na vnějších zdrojích elektrické energie zcela závislé, což jim dává výhodu (nejenom) v případném výpadku sítě. V normálním případě mikro sítě pokrývají veškerou nebo většinovou spotřebu. V případě poruchy v síti se mikro síť oddělí od veřejné sítě a garantuje dodávky energie alespoň v krátkodobém časovém horizontu. Spolehlivost v dodávkách energie je tímto způsobem zvýšena (USDOE 2014).

#### 6.2.1. Tesla microgrid technology

Firma Tesla, miliardáře Elona Muska, přišla s rozšířeným řešením mikro sítí na malé ostrovy a jinak izolované části světa. Za pomoci solárních panelů a baterií zajišťují prakticky neustále dodávky elektrické energie ostrovům, například Puerto Rico, či Americká Samo (ostrov Ta'u). Zásoba energie v bateriích je na ostrově Ta'u na 3 dny (Business Insider 2017).

### 6.3. Ukládání energie v síti

Systémy k ukládání energie v elektrické síti jsou dnes primárně v přečerpávacích elektrárnách. Zajišťují vyvážení mezi poptávkou a výrobou energie v každém časovém bodě. V decentralizované síti s výrazným zastoupením neregulovatelné obnovitelné energie poroste poptávka po uložení energie v krátkodobém a střednědobém horizontu (Sauer et al. 2008).

Uložení energie je důležité pro předcházení přebytku v síti a doplnění nedostatku. Mechanismy pro uložení energie (např. baterie různých druhů, přečerpávací elektrárny, setrvačníky [z angl. flywheel] atd.) se liší dle kapacity, rychlosti vybití, maximálního odběru/výkonu, cenou za uloženou kWh atp. (Sauer et al. 2008).

Citlivé výrobní procesy v průmyslu, či komunikační technologie jsou ohroženy na provozní funkci i při malém výkyvu v elektrické síti. Pro předejití ztrát či poškození vlivem přepětí či výpadku je nutným opatřením, oddělit klíčové procesy (přístroje v nemocnicích, telekomunikační antény, krizové linky atd.) od přímého vlivu rušení v síti. Například počítače jsou v ohrožení provozu již po výpadku na 10 ms. Toto opatření bývá zajištěno jednotkou UPS (z angl. uninterruptible power supply), tyto jednotky jsou schopné zajistit okamžitou energii na krátký čas a umožní v případě velkého výpadku bezpečně vypnout citlivé zařízení a předejít tím ekonomickým ztrátám nebo v mezičase zapnout záložní zdroje jako např. diesel generátory (Sauer et al. 2008).

### 6.3.1. Gravitační baterie



Obrázek 3: Gravitační baterie navržená firmou Vault Energy (vlevo nabitá, vpravo vybitá). Zdroj: New atlas, 2018

Švýcarská společnost Vault Energy představila koncept ukládání elektrické energie v síti pomocí gravitační baterie viz obr. 3. Jedná se o věž z betonových bloků, které by měli fungovat jako voda v přečerpávací elektrárně. Proměna potenciální energie v kinetickou může generovat elektrinu bez nutnosti použití chemikálií jako v případě baterií pro uskladnění energie. Podle Vault Energy může být kapacita až 35MWh a maximální výkon 4MW v závislosti na výšce systému. Efektivita tohoto systému může dle výrobce být až 90 %. K nastartování stačí pouhých 2,9 sekundy. Životnost se odhaduje na 30 až 40 let (New atlas 2018).

### 6.3.2. Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)

Přečerpávací elektrárny jsou formou vodní elektrárny, která umožňuje akumulovat energii v době a přebytku a vyrábět ji v době vysoké poptávky. Jejich význam vzrostl v době staveb jaderných elektráren vzhledem k jejich stabilnímu a krátkodobě neregulovatelnému výkonu.

Přečerpávací vodní elektrárny lze stavět také na pobřeží a využívat mořskou vodu.

Výhodou PVE je rychlá reakční doba na výkyvy v síti ale také dlouhá životnost, a nízké ekologické zatížení ve srovnání s uchováním v bateriích. Nevýhodou je náročnost stavby, ale také možnost stavby jen ve vhodném terénu (Přečerpávací vodní elektrárna 2020).

### 6.3.3. Virtuální měna a obnovitelná energie

Virtuální měna je koncept digitální měny či elektronických peněz, které se opírají o asymetrickou kryptografii<sup>1</sup> a řetězení digitálních podpisů, peer to peer sítě<sup>2</sup> a decentralizaci. Hlavní výhodou tohoto konceptu je rychlá decentralizovaná platba bez ohledu na hranice států či mezinárodní omezení. Koncept kryptoměn, ačkoliv je virtuální, je závislý zejména na komoditě elektřiny. Pomocí tzv. těžby kryptoměny<sup>3</sup> mohou lidé za pomoci specializovaných počítačů vytvářet právě virtuální měnu čistě z energie (Abjiboye et al. 2019).

Procesem těžby lze využít přebytečnou energii a vytvořit z ní finanční hodnotu. Výhodou je, že lze využít přebytečnou energii generovanou decentralizovaným systémem obnovitelné energie (např. solární panely v době přebytku).

Tento pomyslný koloběh může znamenat revoluci v obnovitelné energii. Těžaři kryptoměn budou chtít pro těžbu nejlevnější možnou energii, tudíž nevyšší možný zisk. Výnosy tohoto systému lze investovat zpět do dalšího rozvoje obnovitelné energie a tím vytvořit cirkulární ekonomiku v sektoru obnovitelné výroby elektřiny (Vox 2019).

### 6.3.4. Vodíkové uložení

Mezi způsoby uchování energie na delší časové období patří také elektrolýzou vyrobený vodík. Takto vyrobený vodík lze znovu spálit a vytvořit zpět elektřinu. Výhodou použití vodíku je nízké environmentální zatížení, voda se nejprve rozloží na vodík a kyslík, při spalování vzniká znovu voda. Současná efektivita výroby vodíku je 65–70 %. Použitím technologií ve vývoji lze teoreticky dosáhnout až 90 %. Při spalování je efektivita 50–60 % (ESA 2020)

Metodu lze použít v malých tlakových nádobách, ale také ve velkých podzemních solných jeskyních (až 500 000 m<sup>3</sup>). Množství uchované energie v jeskyni takových rozměrů je cca. 100 GWh (ESA 2020).

## 6.4. Výroba elektrické energie v městském prostředí

Podle analýzy BloombergNEF je nejlevnější energie větrná a solární v porovnání s většinou konvenčních elektráren, a to i v Indii a Číně, které byly doposud závislé zejména na uhlí (BNEF, 2019). Pro srovnání dle IRENA, Global levelized cost of generation je pro rok 2019 průměrná cena větrné energie 56 USD/MWh a solární energie 85 USD/MWh (IRENA 2019).

Pro srovnání podle Lazard je pro nové uhelné elektrárny cena 143 USD/MWh a pro stávající 27–45 USD/MWh. Pro zemní plyn je cena 27 USD/MWh pro stávající elektrárny. Pro nově vystavěné elektrárny je cena 74 USD/MWh (Lazard 2018).

## 6.5. Solární panely

Solární energie z fotovoltaických panelů je ze všech obnovitelných zdrojů energie nejlépe aplikovatelná v městském prostředí. Lze instalovat ve velkém i malém měřítku. Se snižující se cenou výstavby se stává stále dostupnější a konkurenceschopnější. Solární panely zlevnili o 89 % od roku 2010, a jejich cena bude nadále klesat (BNEF 2019).

---

<sup>1</sup> Také kryptografie s veřejným klíčem, je skupina metod šifrování s použitím veřejného a privátního klíče. Metoda zajišťuje důvěryhodnost, autenticitu a nepopiratelnost informací.

<sup>2</sup> Je typ sítě, ve které spolu komunikují přímo koncoví klienti bez centrálního serveru.

<sup>3</sup> Procesu, při kterém pracuje výkon PC tak aby dešifroval kód, který odemkne odměnu ve formě další virtuální mince.

Díky dokonalejším technologiím dosahují solární panely i vyšší účinnosti, než tomu bylo na počátku 21. století. Některé komerčně dostupné solární moduly dosahují již efektivity i 24 % (nicméně běžně dostupné se pohybují okolo 17-19 %). Experimentální solární moduly přesahují hranici efektivity i 40 % (Fu et al. 2018).

Solární panely jsou až z 96 % recyklovatelné v závislosti na použité technologii. (Green Match 2020)

Dle Bloomberg lze očekávat nárůst ve světovém energetickém mixu z dnešních 2 % na 22 % do roku 2050, to souvisí i se změnou ceny za MWh této technologie, která se dle předpokladů v roce 2050 bude pohybovat okolo 25 USD/MWh (BNEF 2019)

## 6.6. Příklady využití zbytkového tepla a tlaku vodovodního

### 6.6.1. Kanalizace

Kanalizace ve městech kumulují velké množství vody, kterou je možné využít jako zdroj tepla, potažmo energie. Příklad takového projektu již existuje ve městě Aachen (česky Cáchy) v německém Porýní-Vestfálsku, kde kanalizace vytápí v zimě přes 300 domácností. Toto technologické a nízko emisní řešení vyrábí 800 000 kWh tepla (nikoliv elektřiny) každý rok. Tento technologický typ řešení je možné aplikovat prakticky v každé městské kanalizační infrastruktuře (EU-GUGLE, 2017). Využít lze ve velkém ale i malém měřítku při zachování dostatečného průtoku a teploty vody v kanalizaci (alespoň 10 l/s, teplota 10-20 °C),(Europages, 2019). Projekt stál 780 000 EUR

### 6.6.2. Datové centra

Jako rozšiřující se odvětví spotřebují datová centra 3% světové elektřiny, přitom systémy na chlazení těchto počítačových systémů sami spotřebovávají energii. Energetická efektivita může být zdokonalena tepelnou rekuperací. Lze tak využít teplo vyrobené datovým centrem k dalšímu vytápění. Strategické lokality těchto zařízení jsou tedy důležité pro další využití tepelného zdroje (Luo et al. , 2019).

### 6.6.3. Vodovody jako zdroj elektřiny

Francouzská firma Lucid Energy přišla s myšlenkou turbín ve vodovodním potrubí. Systém oproti tradičním vodním elektrárnám neohrožuje vodní život. Aplikace je vhodná do velkých městských vodovodů. Vyrábí elektřinu nepřetržitě, v závislosti na průtoku. Množství vyrobené energie zásobuje v pilotním projektu v Oregonu pouze 100 domácností. S masivní výrobou a instalací v infrastruktuře by pravděpodobně šlo dosáhnout vyššího výkonu. (Yale 2017).

## 7. Certifikáty budov a zboží

Certifikace budov umožňují obecné veřejnosti přehledněji posoudit, jak efektivně jednotlivé budovy fungují. Autor vybral certifikáty LEED a ENERGY STAR.

### 7.1. LEED Certifikace Budov

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certifikace je ekologická certifikace budov používaná celosvětově. Vyvinuta byla nízkonákladovou organizací USGBC (United States Green Building Council). Vyřízení certifikátu je dobrovolné, založené na konsenzu a tržní soutěživosti (z ang. market-driven) (USGBC 2012)

Obsahuje systém hodnocení designu, konstrukce a provoz ekologické budovy, domu nebo čtvrtě. Hodnotí se budovy komerční, rezidenční i institucionální. LEED certifikace cílí na environmentální zodpovědnost. LEED se vyvíjí již od roku 1998, nejnovější verzí je ta z roku 2014. Certifikace LEED v4. funguje lehce odlišně od předchozí verze tzv. LEED v3. z roku 2009 (Belden 2018).

Dle publikace z roku 2008 (Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but...) budovy s certifikací v průměru spotřebují o 18–39 % méně elektřiny na plochu v porovnání s necertifikovanými. Nebylo prokázáno, že by lépe hodnocené budovy (viz tabulka 2) dosahovali lepších výsledků (Pranab et al. 2009). Studie poukazuje na nutnost dalšího výzkumu v této oblasti v souvislosti s novým typem certifikace v4. (viz. LEED v4, str. 30)

#### 7.1.1. LEED 2009 (v3.)

Certifikace LEED v3. rozděluje 100 možných bodů napříč 5+1 kategoriemi (Udržitelný koncept, vodovodní efektivita, energie a atmosféra, materiály a zdroje, vnitřní environmentální kvalita, inovace v designu). Certifikace udává až 4 bonusové regionální body. Budovy mohou získat 4 stupně certifikace viz tabulka 2.

Kategorie	Body (0-100)
Platinová (Platinum)	80-100
Zlatá (Gold)	60-79
Stříbrná (Silver)	50-59
Základní (Certified)	40-49

Tabulka 2: Kategorie LEED certifikací a jejich bodové ohodnocení. Zdroj: Vytvořeno autorem z dat USGBC, 2012

Budovy, jež dosáhnou některé z výše zmíněných úrovní obdrží od USGBC oficiální certifikaci. Budovy s certifikací musí (mimo jiné základní požadavky) sdílet svou spotřebu vody a energie, a to po dobu minimálně 5 let (USGBC 2011)

V kategorii Energie a atmosféra (celkem 35 bodů ze 100) je několik základních podmínek pro splnění kategorie. Například minimální energetický příkon a maximální účinnost či dokumentace budovy v souladu se stavbou. Z hodnocených podkategorií je bodově nejvýznamnější optimalizace energetického potenciálu.

V této podkategorii lze získat až 19 bodů za energetickou úsporu 48 % (u novostaveb), resp. 44 % (u rekonstrukcí). Hodnocení probíhá na základě počítačových modelů ve srovnání s předpokládanou spotřebou budovy stejného typu. Model pro srovnání je upraven v každé zemi na světě dle lokální právní úpravy (USGBC 2012).

Další body<sup>4</sup> lze získat:

- výrobou obnovitelné energie v dané budově (1 až 7). Maximální bodové hranice lze dosáhnout při 13 % výkonu lokální výroby elektřiny.
- měřením a verifikací dat (3 body) v průběhu času. Lze tak lépe sledovat dlouhodobý (nejen) energetický výkon budovy v porovnání s původními daty při projektování.
- alespoň 2letý kontrakt na alespoň 35% pokrytí své spotřeby obnovitelnou energií s dodavateli elektrické energie získají 2 body (USGBC 2012).

#### 7.1.2. LEED 2014 (v4.)

Certifikace LEED v4. se oproti LEED v3. rozlišují podle typu stavby. Základních je 5 kategorií

- Design budovy a konstrukce (Building Design & Construction)
- Vnitřní design a konstrukce (Interior Design & Construction)
- Již postavené budovy, údržby a provoz (Existing buildings: Operations & Maintenance)
- Rozvoj sousedství (Neighborhood Development)
- Domy (Homes)

Certifikáty 4. generace také přidávají kategorii: Lokalita a doprava, která zdůrazňuje jednu z hlavních příčin globálního oteplování a to dopravu. Kategorie zahrnuje strategie pro redukci nákladů a znečištění ve spojení s dopravou.

LEED v4. používá integrativní proces pro lepší spolupráci při plánování a konstrukci pro dosažení nejlepšího způsobu, jak redukovat náklady na materiály a minimalizovat environmentální dopady budovy. Např. použití jasnějších barev v interiéru a současně méně světelných zdrojů při zachování dostatečné úrovně osvětlení. Integrativní postupy tak napomáhají důmyslnějšímu propracování oproti tradičním postupům výstavby. Dle příkladu výše by za standardní situace byla volba barvy interiéru zvolena (pravděpodobně) až poté, co by světelný systém byl naprojektován a namontován (Belden 2018).

Dalším rozdílem novějšího typu LEED certifikace je systémové myšlení, které sleduje princip, že skutečná udržitelnost je uzavřený systém. Zdroje jako např. voda proudící do budovy a odpadní voda odtékající z budovy. LEED certifikace se snaží dosáhnout co nejuzavřenějšího systému, pro přiblížení se ideálu skutečně udržitelné budovy.

Posledním rozdílem je využití pákových bodů. Uplatnění tohoto konceptu spočívá v měření vstupní energie vody a dalších spotřebních materiálů a sdílení těchto informací s lidmi v budově. Mnoho z nich



Obrázek 4: Logo ENERGY STAR,  
Zdroj: Energy star, 2019

může díky přístupu k těmto informacím změnit své původní chování vůči zdrojům, a ještě více snížit spotřebu i za hranici původního designu budovy (Belden 2018).

#### 7.1.3. Energy Star

Energy Star je americký program provozovaný EPA (Environmental Protection Agency) a DOE (U.S. Department of Energy) založený v roce 1992. Program poskytuje informace na energetickou spotřebu produktů a zařízení použitím různých standardizovaných metod. Logo Energy Star

<sup>4</sup> Zbylé body, které zde nejsou jmenovitě uvedeny z kategorie Energie a Atmosféra se netýkají energetiky, a proto byli vynechány.

(viz. obr. 4) se používá i za hranicemi USA také v Evropě, Kanadě, Japonsku či Taiwanu (Energy star 2019).

Produkty certifikované tímto programem jsou mimo jiné počítače, žárovky, klimatizace, trouby a pece, vodní pumpy, boilers na vodu, televize, ledničky, pračky a další domácí i průmyslová elektronika. Energy Star také certifikuje budovy a industriální komplexy (již existující) obdobně jako výše zmíněný LEED certifikát, a to výhradně se zaměřením na energetickou efektivitu. Energy Star rating hodnotí budovy na škále od 1–100. Pokud budova obdrží alespoň 75 bodů, může získat certifikát. Hodnocení se provádí evaluací energetického výkonu v porovnání s jinými podobnými budovami (Energy star 2019).

Typy budov v portfoliu zahrnují domy, bankovní a finanční instituce, soudy, nemocnice, hotely a motely, kanceláře, supermarkety, sklady (chlazené i nechlazené), data centra, domovy důchodců, čističky odpadních vod atp. (Energy star 2019).



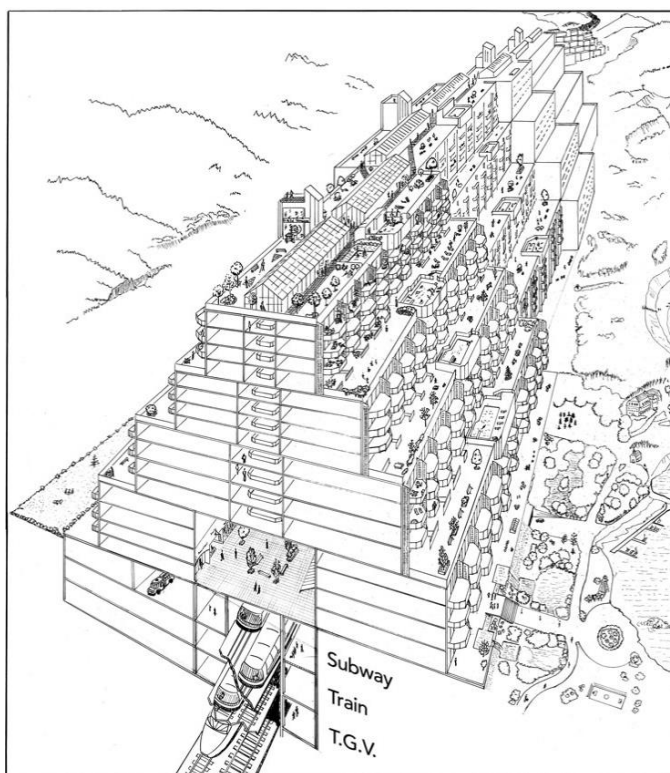
## 8. Kritéria pro energetickou efektivitu v městském prostředí

### 8.1. Města a energie

Hlavní spotřebitel energie (skrže paliva) v urbánním prostředí je doprava<sup>5</sup>. Klíčové je prostorové rozložení ekonomických aktivit po městě, které vede k poptávce a nutnosti použití dopravních prostředků. Ačkoliv není doprava závislá na dodávce elektrické energie, [do doby významného rozšíření elektromobility] spotřebovává paliva např. benzín, naftu atd. Tyto paliva lze považovat za energii. Výzkumů věnujících se dopravní problematice městského prostředí je více než výzkumů energetické spotřeby budov samotných (Safirova 2007).

Energetická spotřeba budov je významnou složkou spotřeby energie. Například v USA tvoří 36 % veškeré spotřebované energie, 41 % v evropské unii a více než 50 % ve Velké Británii (Safirova 2007). Porovnávat jednotlivá města v tomto ohledu není vypovídající vzhledem k rozdílným faktorům jako např. geografická lokalita, populační zvyklosti, průměrné stáří budov atp. proto od toho autor upustil.

V literatuře (Steadman 1979) dochází autor k závěru, že vysoce koncentrované městské prostředí je energeticky efektivnější jako lineární struktura viz obr. 5, která může snadno sdílet infrastrukturu i termoregulační výhody. Utopistická myšlenka minimalizuje křižovatky a předchází dopravním zácpám (z ang. grid lock) měst. Někteří autoři (Holden a Norland 2005) navrhují zvyšování výšky budov s argumentem snížení spotřeby energie díky snížení nutnosti přepravy.



Obrázek 5: Linerání město. Zdroj: Gauthier 1994

Prokázat úsporu nebo naopak plýtvání je velice kontextuální a záleží na širokém spektru dalších faktorů (Safirova 2007).

Důležitou otázkou je, zdali odlišná městská struktura může vést k významnému rozdílu ve spotřebě energie. Dle konsenzu autorů ano. Mezi důvody patří: použité stavební materiály, tepelná izolace, živostnost, výška a technologická úroveň budov, dopravní infrastruktura, dojezdové vzdálenosti atp. (Safirova 2007).

### 8.2. Stavební materiály

Materiálů pro stavby je velké množství, mimo ocel, beton a dřevo (viz níže) se používá i řada dalších (např. cihly, sklo, PVC (polyvinylchlorid), hliník, železo, měď, sádkokarton, kámen atd.). Autor vybral materiály nejčastěji významné pro urbánní rozvoj.

Ocel je slitina železa, uhlíku a dalších prvků, nízké hmotnosti. Používá se jako nosná konstrukce staveb, průmyslových hal mostů, mrakodrapů atp. Využívá se také jako spojový materiál mezi dřevěnou či skleněnou konstrukcí. Ocel lze využít také při rekonstrukcích či zesílení struktury. Materiál je plně recyklovatelný, což je levnější oproti nové výrobě. (Bugayev a Tretyakov 2001).

<sup>5</sup> Autor nezahrnuje v této práci dopravní faktor a věnuje se elektrické energii budov, stavebních materiálů atd.



Beton je nejpoužívanější stavební materiál na světě. Je to pevný, levný, libovolně tvarovatelný materiál s dlouhou životností. Beton je velmi odolný vůči tlaku ale málo odolný proti tahu. Z tohoto důvodu se k vyztužení betonu používá ocel či železo, které mají vysokou tažnou pevnost. Betonu existuje mnoho druhů např. pórobeton, železobeton, drátkobeton, sklobeton atp. Mezi nedostatky je tvorba trhlin v betonu, které se vytváří zatížením a časem. Biobeton je materiál který používá bakteriální spory, přidávané do betonové směsi. Přijde-li spora do kontaktu s vodou (deštěm) aktivuje se a zacelí prasklinu a obnoví pevnost betonu. S tímto vylepšením betonu může betonová struktura vydržet déle a s nižšími náklady na údržbu (Designing Buildings Wiki 2020).

Cross-laminated timber (CLT) je typ materiálu vyrobený ze dřevěných prken lepených ve vrstvách na sebe pod 90° úhlem. Tento materiál lze použít na zdi, podlahy i stropy budov. Lze snadno zesílit (použitím více vrstev), je ekologický a obnovitelný (za předpokladu těžby a následného obnovení lesního porostu). Lze prefabrikovat a zrychlit tím čas stavby, poskytuje termoizolaci a je lehký. CLT je také velmi dobře odolný proti ohni. V závislosti na typu CLT odolá požáru až 90 minut bez ztráty pevnosti materiálu.

Mezi nevýhody materiálu patří vysoká cena (především kvůli nedostatku konkurence u výrobců a krátká historie použití) a slabá zvuková izolace stěn. Pro dosažení standardů zvukové izolace se panely zesilují na 2 více vrstev (Designing Buildings Wiki 2019).

Problémem při stavbě vysoké struktury je nutnost použití velkého množství stavebních (např. betonu) a energeticky náročných materiálů jako je ocel, hliník atp. Použitím specifických designů lze dosáhnout u mrakodrapů mezi 150–250 metry úspory 17 až 33 % na betonu a 28 až 41 % na oceli. Vzniká tak úspora energie při výrobě na m<sup>2</sup> a budova je dokončena rychleji (Curbed 2020).

### 8.3. Mrakodrapy

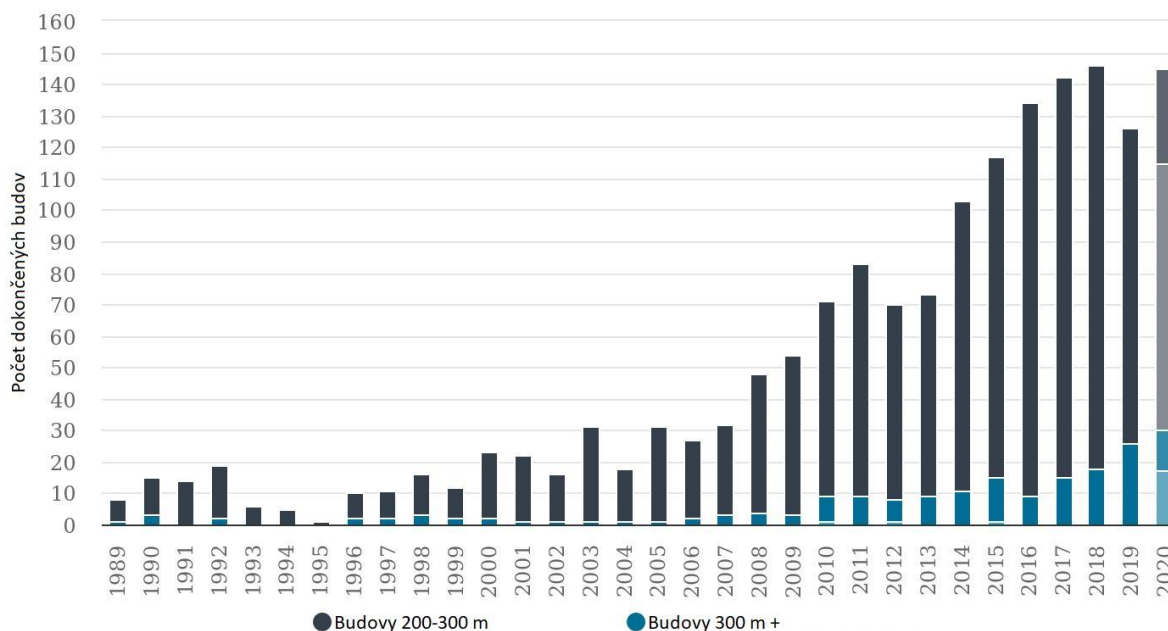
Mrakodrap je označení pro vysokou obyvatelnou budovu (konkrétní výška pro splnění označení, závisí na místní legislativě). Termín se začal používat v USA v 2. polovině 19. století. Raný rozvoj mrakodrapů je spojený s poptávkou po kancelářích a bytech v centrech měst a s instalací osobních výtahů, které zatraaktivily vyšší patra. První mrakodrapy byly založeny na extrémně širokých zdech v přízemním podlaží, z důvodů nosnosti konstrukce. Pozdější (a významně vyšší) výstavba již byla založena na železobetonu (Britannica 2011).

Mrakodrap nacházející se v poušti (jako například v Dubaji či Abú Dhabí) je moderní ukázka architektury a inženýrství, ale jeho ekonomická i energetická náročnost na provoz je méně výhodná (vzhledem k nutnosti použití vzduchotechniky uvnitř budovy), než jiný typ architektonické struktury vhodný do pouštního klimatu (viz Masdar str. 42). V New Yorku, který je klimaticky chladnější je energetické využití výhodnější. Významným faktorem je také cena pozemků, která např. na Manhattanu nutí developery stavět do výšky (Curbed 2020).

Využití super vysoké struktury je za určitých podmínek energeticky výhodné, nicméně empirický výzkum a data pro potvrzení tohoto tvrzení není možné doložit. Klíčový kontext je umístění budovy. Pro vysoké budovy je výhodná poloha poblíž dopravního uzlu (z angl. hub) nebo centra, kde se lidé mohou pohybovat pěšky. Výhodná poloha umožní snížit průměrnou dojezdovou vzdálenost a ušetří energii (nikoliv pouze v kontextu el. energie). Výšková konstrukce vzdálenější infrastrukturním uzlům bude mnohem více energeticky i environmentálně zatížená. (Curbed 2020)

V roce 2018 bylo dokončeno 18 super vysokých budov (300 m a vyšší) a v roce 2019 jich bylo dokončeno 26, viz graf 7. Tento typ struktur vzniká v mnoha lokalitách světa (zejména v Asii a severní Americe). Dle statistiky se 6 z 10 měst s nejvyšším počtem mrakodrapů nachází v Číně a lze předpokládat (na základě grafu 7 a rostoucí míry urbanizace str. 24), že výškových budov bude přibývat (Curbed 2020).

Časová osa dokončení mrakodrapů dle výšky



Graf 8: Časová osa dokončení mrakodrapů dle výšky. Zdroj: CTBUH, 2019, upraveno autorem.

Architekt Adrian Smith, který navrhl Burj Khalifu v Dubaji věří, že mrakodrapy mohou dosáhnout skutečné udržitelnosti. Chicagský dekarbonizační plán to rozporuje a tvrdí, že nejefektivnější jsou budovy do výšky 3 podlaží. Smith argumentuje ve prospěch mrakodrapů například kvůli úspoře zastavěné půdy, či zvýšení ceny a atraktivity okolních pozemků. Mimo to, v případě rozdělení vysoké budovy na více menších, vzniká větší plocha vystavená vnějšímu prostředí, tedy větší plocha pro nežádoucí přenos tepelné energie z/do budovy (v závislosti na okolní teplotě, viz tepelné ostrovy str. 41). Významným negativním faktorem mrakodrapů je uložená energie (z angl. embodied energy), vlivem rozsáhlé struktury, kterou vyplňuje ocel a beton (viz. stavební materiály, str. 32) (Curbed 2016a).

Zjistit, zda mohou být mrakodrapy energeticky udržitelné, či výhodné je podle Daniela Safarika, editora v CTBUH složité, zejména kvůli nedostatku dat. Většina provozovatelů, konstruktérů ani vlastníků nesdílí data o vstupních materiálech nebo provozních nákladech a statistikách budov (Curbed 2020).

#### 8.4. Uložená energie v materiálu

Uložená energie (z angl. embodied energy) je koncept kvantitativní analýzy energie, která byla spotřebována k vytvoření komodity nebo služby ilustrovaná tabulkou 3. Pro komplexní analýzu je nutné zahrnout mimo přímou spotřebu paliva/energie v produkčním řetězci, také množství paliva/energie pro získání surového materiálu použitého ve výrobním procesu. Koncept zahrnuje i energii na dopravu ve všech stupních produkčního řetězce. Celkové množství energie nelze obecně vyjádřit, vzhledem k množství proměnných hodnot. Například geografická vzdálenost mezi jednotlivými stupni produkce, kvalita primární suroviny, efektivita zpracovatelského průmyslu atp. (UNCHS 1991).

Úrovně 3 a 4 v tabulce 3. lze pro zjednodušení ignorovat vzhledem k jejich minimálnímu vlivu. Je nepravděpodobné, že se na celkové spotřebě podílely z více než 10 %. Významnou částí je energetické zpracování materiálů (úroveň 2), zejména těch, které musejí projít pecemi o vysoké teplotě (obecně kovy). Výpočet pro úroveň 2 je dostatečně významný pro generalizaci na celkový projekt. Dopravní energie je individuální a vzhledem k neexistujícím datům nelze specifikovat, nicméně může být významná (UNCHS 1991).

#### 8.4.1. Burj Khalifa, Dubaj, Spojené Arabské Emiráty

Příkladem mrakodrapem pro výpočet uložené energie v materiálu je Burj Khalifa v Dubaji dostavěná v roce 2009, nejvyšší budova na světě (v roce 2020) s výškou 828 m. Autor vybral tuto stavbu z důvodu extrémní výšky a množství použitých materiálů a unikátních postupů při výstavbě (At the top Burj Khalifa 2010).

úroveň 1	úroveň 2	úroveň 3	úroveň 4
Přímá energie	Přímá energie	Přímá energie	Přímá energie
	Materiály	Surové materiály	Stroje na produkci strojů
		Stroje	
	Doprava	Doprava	Doprava
< 50 %	> 90%	< 10 %	< 5 %

Tabulka 3: Schéma úrovně uložené energie v materiálu. Úroveň 1 přímá energie při stavbě, úroveň 2 energie v materiálech, úroveň 3 energie spotřebovaná pro těžbu a výrobu strojů na těžbu, úroveň 4 energie spotřebovaná při výrobě strojů. Zdroj: UNCHS, 1991 upraveno autorem.

Budova obsahuje řadu technologických úprav pro maximalizaci udržitelnosti (Guardian Industries 2010) např.:

- Skla použitá na plášť budovy mají termoizolaci proti slunci.
- Vzduch je do budovy přiváděn z nejvyšších pater, kde je přirozeně chladnější, nižší hustoty a nižší relativní vlhkosti. Tím šetří energii za klimatizování, ventilaci a úpravu vlhkosti.
- Budova využívá vodu vzniklou při kondenzaci klimatizací pro vlastní potřebu. Roční odhady jsou 14 olympijských bazénů.
- Elektrické rozvody použité pro přívod do budovy používají vysoké napětí pro snížení ztrátovosti. Viz transformace elektřiny str. 15.
- Budova používá management systém (mj. monitorující energetickou spotřebu), který pomáhá snižovat spotřebu energie a vody a udržovat nízkoenergetický profil budovy.

#### Výpočet uložené energie v Burj Khalifa <sup>6</sup>

Při její konstrukci se spotřebovalo 330 000 m<sup>3</sup> betonu (+ 45 000 m<sup>3</sup> betonu na základy/Geoplast 2017), 39 000 tun oceli, 103 000 m<sup>2</sup> skla (+ 15 500 m<sup>2</sup> nerezové oceli, nezahrnuto ve výpočtech). Celková váha budovy je 500 000 tun.

Celková plocha činí cca. 530 000 m<sup>2</sup> z toho cca. 170 000 m<sup>2</sup> obytného prostoru a cca. 30 000 m<sup>2</sup> kanceláří.

<sup>6</sup> Výpočet nemá za cíl reprezentovat výškové budovy, ale poukázat na množství energie v konkrétní stavbě uložené.

Budova má denní spotřebu vody cca. 950 000 litrů, a v době maximální spotřeby vyžaduje příkon 36MW. Konkrétní data na elektrickou spotřebu nejsou k dispozici (At the top Burj Khalifa 2010).

Typ materiálu	Spotřeba materiálu při stavbě (m <sup>3</sup> )	Spotřeba energie při výrobě (MJ)	Uložená energie v Burj Khalifě při minimu MJ/m <sup>3</sup>	Uložená energie v Burj Khalifě při maximu MJ/m <sup>3</sup>	Uložená energie v Burj Khalifě Ø v kWh
Beton	375 000	1600–2775	600 000 000	1 040 000 000	230 mil. kWh
Ocel	5 000 <sup>7</sup>	235 000–510 000	1 175 000 000	2 550 000 000	520 mil. kWh
Sklo <sup>8</sup>	1 751	30 480–75 600	53 400 000	132 375 000	26 mil. kWh

Tabulka 5: Odhadovaná spotřeba energie vybraných materiálu v budově Burj Khalifa. Zdroj: Vytvořeno autorem, data spotřeby energie na m<sup>3</sup> jsou z UNCHS, 1991

Při přepočtu spotřebovaných materiálů na GWh<sup>9</sup> energie budova spotřebovala v materiálu dle odhadu cca. 776 GWh (± cca. 270 GWh). Klíčové materiály s konstrukčního i energetického hlediska jsou ocel a beton viz tabulka 4. Data pro další energeticky významné materiály jako hliník (260–270 GJ/t), měď (115 GJ/t), nejsou k dispozici. Autor předpokládá (vzhledem k náročnosti na tunu) desítky až stovky GWh (UNCHS 1991).

Vzhledem k náročným stavebním technikám, jako například pumpování betonu do vysokých pater překonán světový rekord 606 m (Cahaba 2015), použití množství stavební techniky, vzdálenosti od místa výroby k místu stavby atp. bude celková energie spotřebovaná při stavbě vyšší. Konkrétní data nejsou k dispozici. Odhad dle tabulky 3. v úrovni 1, lze připočítat až 50 % (v případě inovativních postupů u nejvyšší budovy světa lze předpokládat i více) při samotné konstrukci spotřebované energie. Přesnější odhad je tedy v rozsahu 776 GWh (úroveň 2) + 388 GWh (úroveň 1) = 1 164 GWh<sup>10</sup> (± cca. 270 GWh).

Burj Khalifa má maximální odběr elektriny 36MW, v uložené energii je cca. 2,5 – 5 let provozu při maximálním vytížení.

## 8.5. Kategorizace budov a příklady ekologických novostaveb.

Dosažení energetických a environmentálních standardů se v EU používá EPB (Energy performance building). Tato kategorizace budov pomáhá při pronájmu a prodeji rozlišit, jak je daná nemovitost energeticky náročná. Ekvivalent této kategorizace se používá také v USA, Austrálii atp. Cílem kategorizace je evaluovat energetické nároky a usnadnit spotřebitelům na trhu s nemovitostmi přehled. Nároky na vytápění, ohřev vody (hlavní energetické spotřebitele v rezidenčním sektoru, viz použití a spotřeba elektrické energie v sektorech str. 20), a celkovou spotřebu v kWh/m<sup>2</sup>.a<sup>11</sup> je detailně v tabulce níže (Katunsky a Fararik, 2019).

<sup>7</sup> Při zvážení hustoty oceli 7850 kg/m<sup>3</sup>, zaokrouhleno

<sup>8</sup> Použité sklo pro vnější plášť je SunGuard Solar Silver 20, 2 vrstvy (10 + 4-10 mm), uvažovaná tloušťka je 17 mm. (Guardian Industries, 2010)

<sup>9</sup> 1 GWh = 1 000 000 kWh = 3 600 000 MJ

<sup>10</sup> Odhad autora nezahrnuje velké množství proměnných (např. dopravu, další stavební materiály) atp. a jeho vypovídající hodnota je limitující a pravděpodobně podhodnocená.

<sup>11</sup> Kilowatthodina na metr čtvereční za rok

Písmeno energetické třídy	A	B	C	D	E	F	G
Vytápění kWh/(m <sup>2</sup> .a)	≤42	43-86	87-129	130-172	173-215	216-258	>258
Ohřev vody kWh/(m <sup>2</sup> .a)	≤12	13-24	25-36	37-48	49-60	31-72	>72
Celkový indikátor – primární energie v kWh/(m <sup>2</sup> .a)	A1 (≤54) A2 (55-108)	109-216	217-324	325-432	433-540	541-648	>648

Tabulka 6: Kategorie budov, dle spotřeby při vytápění a ohřevu vody na metr čtvereční ročně, Zdroj: Katunsky a Fararik, 2019, přeloženo autorem.

Spotřeba energie budovách třídy A. V české a evropské legislativě rozdělujeme několik typů nízkoenergetických budov dle energie na vytápění ročně (kWh/(m<sup>2</sup>.a)) (Narrative Media 2010):

- Nízkoenergetické domy (do 50 kWh/m<sup>2</sup>.a)
- Pasivní domy (do 15 kWh/m<sup>2</sup>.a)
- Nulové domy, (do 5 kWh/m<sup>2</sup>.a)
- Aktivní domy, obdobně jako pasivní nebo nulové domy s vlastními zdroji energie na pokrytí své spotřeby a tvorba přebytku.
- Srovnání novostavby v ČR r. 2010 cca. 80–140 kWh/m<sup>2</sup>.a

### 8.5.1. Pozitivní příklady budov

První aktivní dům byl postaven v Dánsku v roce 2009 za cca 15 mil. CZK. Dům má instalované solární kolektory o rozloze 6,7 m<sup>2</sup> a vyrobí dostatek tepla pro vytápění (4 200 kWh energie ročně) i ohřev vody (2 100 kWh energie ročně). Fotovoltaické panely jsou instalovány na ploše 50 m<sup>2</sup> s ročním výkonem 5000 kWh. Klimatické podmínky umožňují vyrábět přebytek 8 měsíců v roce.

Dům je více prosvětlený, plocha oken odpovídá 40 % plochy podlahy. Trojitě sklo vyniká velmi dobrou izolací. Důležitou úspornou součástí stavby jsou nízkoenergetické spotřebiče, počítač pro regulaci vnitřního klimatu a rekuperační tepelný výměník<sup>12</sup> (Narrative Media 2010).



Obrázek 6: T3 dřevěná budova, Minneapolis USA. Zdroj: Arch daily, 2017

Společný projekt dřevěného (částečně, nikoliv výhradně) mrakodrapu (ang. Plyscrapper) v Chicagu Cambridge University, Perkins + Will, and Thornton Tomasetti. S použitím speciální úpravy dřeva tzv. Cross-laminated timber (CLT) (viz stavební materiály str. 32) je podle autorů projektu možné dostáhnout i 80 podlažní budovy. Použití takového materiálů pro takto vysokou strukturu je

<sup>12</sup> Rekuperace je proces zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu či vody. Účinnost je 30–90 %.



bezprecedentní (Curbed 2017). CLT je již použito pro budovy například v USA, Kanadě, Norsku, Rakousku.

Mezi příklady patří. 6 patrová dřevěná budova v Mineapolis (viz obr. 6), SHoP NYC Wooden Condo, budova na Manhattanu čítající 10 podlaží a první budova svého typu v NYC, sponzorována USDA (United States Department of Agriculture). Další budovy jsou v plánu ve Vídni (24 pater) či Stockholmu (34 pater) (Curbed 2016b).

## 8.6. Rekonstrukce a izolace

Primárním cílem při hledání energetické úspory městských struktur musí být již existující budovy. Snižováním spotřeby energie u stávajících 15–20 % budov o 15–20 % bude mít celkově významnější vliv na celkovou spotřebu než snaha nových budov ušetřit 60–70 % oproti nynějším novostavbám. Úspora z rekonstrukcí je v rozsahu 4–46 % ve srovnání s nově konstruovanou budovou. (BDC 2012).

Noční satelitní snímky z Berlína (viz obr. 7.) symbolicky barevným spektrem ukazují, jak se veřejná infrastruktura osvětluje (spotřebitel energie s vysokými rozdíly v použité technologii). Hranice mezi západním a východním Berlínem (dříve fyzicky oddělené berlínskou zdí a politickým režimem) stále existují u technologie veřejného osvětlení. Tento příklad ukazuje, jak zdoluhavá je obnova infrastruktury (i budov samotných).



Obrázek 7: Noční Berlín, kontrast světla veřejného osvětlení ve východním a západním Berlíně. Zdroj: ESA, 2012

Americká agentura (U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Lab, in Golden, Colorado, USA) dokázala, že je finančně možné (použitím dnešní dostupné obnovitelné technologie), dosáhnout snížení energetické spotřeby významně při srovnání s LEED Platinum certifikací. Dle studie EPA (U.S. Environmental Protection Agency) z roku 1998, tvrdí že USA nemá dostatek dat k dispozici k určení množství budov, které jsou ročně strženy. Nelze tak konstatovat, jak se průměrná životnost budov v USA vyvíjí. Není možné zachovat každou budovu a některé mohou být poškozeny či zničeny při živelných katastrofách atp. Data z EU uvádí 500 mil. tun sutě a stavebního odpadu ročně. Dle NTHP (National Trust for Historic Preservation) může nahrazení stávajících budov energeticky efektivnějšími trvat 10 až 80 let. Pro dosažení energetické efektivity stávajících budov v konkurenci nových, není nutné dosáhnout fakticky stejné hodnoty spotřeby. Rekonstrukce a reurbanizace brownfieldů využije již investovanou energii do struktury budovy a za použití méně materiálu (např. izolačního) dosáhne velmi efektivních hodnot (BDC 2012).

Některé státy a jejich byrokratické aparáty mohou v působit kontraproduktivně. V USA (dle FEMA, Federal Emergency Management Agency) federální pojištění proti povodním (tržně nepojišitelných domů z důvodu vysokého rizika, často v záplavových oblastech) z roku 1968, zajišťuje financování zaplavených domů a jejich přestavbu či demolici a znovupostavení. Pojišťovny nejsou zodpovědné za riziko, plně to hradí federální vláda. Prakticky to tedy znamená: „Čím větší povodeň<sup>13</sup>, tím více zisku pro pojišťovny.“ Lidé nadále osidlují riziková místa a vláda plýtvá finanční prostředky. S tímto modelem se majitelům nevyplatí investovat do kvalitnějšího a nízkoenergetického domu s dražšími integrovanými funkcemi. Některé domy byly přestavěny i 40x při jejich opakovaných rekonstrukcích byla celková původní hodnota domu přeplacena až 8násobně. Celková ztráta na program je 25 mld.

<sup>13</sup> Povodně jsou uvedeny u 90 % případů (USA) poškození nemovitostí živelnou katastrofou

USD. Program umožňuje odkoupení nemovitostí (proces odkoupení je extrémně zdlouhavý). Velké množství lidí je tak uvězněno v periodicky zaplavovaných domech (Last Week Tonight 2017).

Klíčová je identifikace nejvýznamnějších energetických úniků a jejich sanace. Dle PlaNYC (environmentálního plánu pro New York), pouhé 2 procenta budov o ploše větší než 4645 m<sup>2</sup> spotřebují 45 % veškeré spotřeby energie města. Nutností pro redukci spotřebované energie v NYC je zaměřit se na již existující mrakodrapy (aj. energeticky neefektivní budovy) a zvýšit jejich izolaci (Scientific American, 2010). Tímto krokem lze významně uspořit energii v New Yorku.

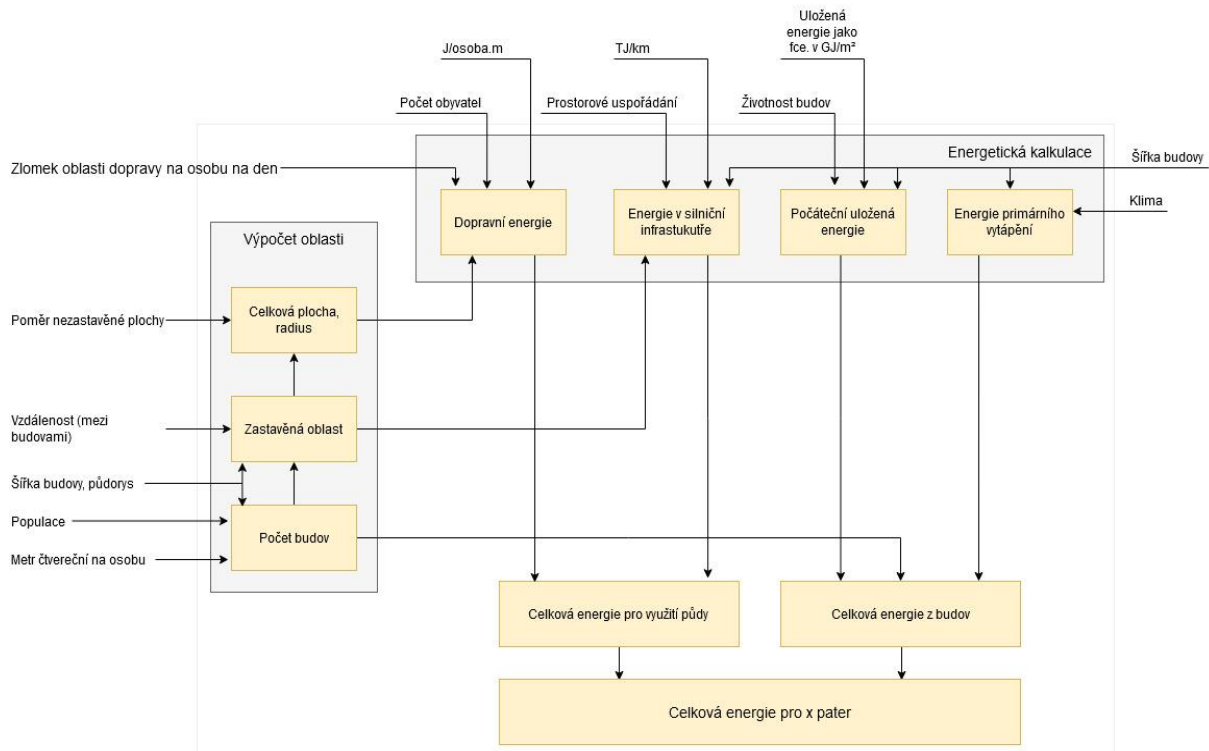
Úprava budovy New York's Empire State Building v roce 2009–2010 pomohla redukovat spotřebu o 38 %. Budova tímto získala certifikát LEED gold (viz LEED certifikace, str. 29) a v roce 2010 to byla nejvyšší budova v USA s tímto certifikátem (Scientific American 2010).

Situace na trhu s nemovitostmi a chování majitelů či pronajímatelů staví prioritu úspor z nemovitostí na nízkou úroveň. Drobní podnikatelé nemají často k dispozici kapitál na rekonstrukci, nebo jsou v nájmu. Velké firmy (s rozsáhlou prodejní a/nebo výrobní plochou) mají potenciál úspory při rekonstrukci svých nemovitostí. Ostatní provozní náklady (mzdy zaměstnancům, nákup materiálu atp.) jsou nicméně významnější oproti spotřebě elektrické energie a proto nejsou rekonstrukce, izolace a modernizace prioritou. Popularita rekonstrukcí a znovuvyužití (z angl. retrofitting) zůstane bez finanční motivace státu sektorům nízká. Zpráva Rockefeller Foundation and Deutsche bank uvádí, že pouze v USA je příležitost pro investování do vyšší energetické úspory budov cca. 279 mld. USD. Potenciální úspory v časovém horizontu 10 let cca. 1 bilion USD (BCD 2012).

## 8.7. Matematický model výšky budov na spotřebu energie

Matematický model zpracovaný v roce 2016 o vlivu výšky budovy na energetickou spotřebu ukazuje řadu faktorů na nichž je spotřeba energie v různě vysokých stavbách závislá. Při hledání nejmenší možné spotřeby energie na osobu v urbáním prostředí jsou faktory, které publikace (Resch et al. 2016) uvádí jsou následující (graficky znázorněno v obrázku 8):

- čtvereční metry obytné plochy na osobu (FAPC)
- šířka budov (půdorysové rozměry za předpokladu čtvercových základů)
- vzdálenosti mezi budovami
- energie uložená v materiálu a spotřebovaná stavebním procesem
- poměr zastavěné plochy k nezastavěné ploše
- průměrná životnost budov
- klima ve kterém se město nachází
- počet obyvatel
- a dopravní energie (skrze dílčí parametry jako rádius dojezdové vzdálenosti, spotřeba paliva/energie v dopravě jako celku a energie dopravní infrastruktury)



Obrázek 8: Schéma vstupních faktorů pro výpočet energie v budovách na výšku  $x$  pater. Zdroj: Vytvořeno autorem dle Resch et al. 2016

Autoři matematického modelu (Resch et al. 2016) dochází k řadě důležitých poznatků<sup>14</sup>:

- V **teplejších** klimatech je z ekonomického a energetického hlediska výhodnější stavět **nižší budovy** vzhledem k relativně nízké spotřebě energie k vytápění v poměru k energii uložené ve stavebním materiálu a stavby budovy samotné.
- V matematickém modelu vychází pro **španělské** středozevní klima ideální počet pater **10**. Ve srovnání s **norským** klimatem, kde je ideální počet pater **15**. Tyto modely počítají s počtem obyvatel 1 milión. Nicméně množství proměnných, které pouze usuzuje tento model a nelze je jednoznačně interpretovat či kvantifikovat je značné (zejména: šířka budov, FAPC, životnost a další zmíněné faktory jsou pro matematický model fixní (dle scénáře).
- Při kalkulaci počtu obyvatel 10 milionů se výška budov pohybuje v rozmezí **16–20** podlaží
- U menších sídel (10 000 obyvatel) se rozpětí pohybuje od **7–13** podlaží.
- Zateplení budov ve spojení s novými materiály (viz kapitola stavební materiály str. 32) zmenší procentuální energetickou zátěž na vytápění a z pohledu matematického modelu sníží celkovou výšku budov pro dosažení ekvilibria. Nicméně stejně vysoké budovy s použitím nových materiálů a technologií, mohou ještě více ušetřit na tepelných ztrátách při zachování výšky. Nejdůležitější proměnnou se v takovém případě stává uložená energie.
- Tento model zpracovává pouze energii k vytápění nikoliv k chlazení, nicméně vzor v tepelných ztrátách by byl podle autorů modelu obdobný.
- Za relativně nejdůležitější parametry z již zmíněných na počet podlaží, považují autoři zejména FAPC a životnost budovy. U proměnné životnosti lze pozorovat nárůst počtu podlaží s rostoucí životností budovy: 40 let životnosti a nízké populaci (10 000) vychází počet pater na **7**, na rozdíl od 10 milionové populace a životnosti 140 let kde vychází počet pater na **26**. Při vyšší hustotě

<sup>14</sup> Je nutné brát výsledky modelu s rezervou vzhledem k reálné variabilitě definovaných proměnných.



obyvatel a větší aglomeraci v kombinaci s delší životností je výhodnější vyšší budova která lépe rozloží uloženou energii v průběhu času.

## 8.8. Multifunkční prostředí

Multifunkční prostředí (z angl. mix use environment) označuje typ městské struktury, která kombinuje rezidenční, komerční, institucionální, kulturní a další typy prostředí dohromady tak, aby vzájemně interagovaly a poskytovaly smíšené benefity v daném prostoru. Tento typ prostředí podporuje vznik nových pracovních míst v místech bydliště, zkracuje vzdálenosti mezi zákazníky a službami a snižuje tím objem přepravy obyvatel dopravními prostředky. Lidé lépe využijí své okolí pěšky (Calthorpe 2017).

Peter Calthorpe, architekt a městský projektant tvrdí, že spojení multifunkčního prostředí s malými bloky a dopravně orientovaným rozvojem, je jeden ze základních pilířů udržitelných měst např. v Číně již považován na vládní úrovni za normu (Calthorpe 2017). Dle Emerald Cities (Calthorpe Associates et al. 2018), multifunkční prostředí optimalizuje energetickou spotřebu (i poptávku) a redukuje bod maximální spotřeby (z angl. peak load).

## 8.9. Tepelný ostrov

Tepelný ostrov (z angl. heat island) je označení jevu, kdy městské prostředí je teplejší než venkovské okolní prostředí. Teplotní rozdíl může být i 2,5 °C (teplota vzduchu dle U.S. EPA (Environmental Protection Agency) až 6 °C, (NASA Earth observatory, 2006). Elektrická spotřeba města roste o 2 – 4 % za každý 1°C denní maximální teploty nad 15 – 20°C. Tento je vlivem globálního oteplování více posilován (Akbari et al. 1998).

Důvodů vzniku tepelných ostrovů je více. Např.:

- Tepelná energie z dopravy/průmyslu a další lidské činnosti.
- Materiály použité ve městech (asfalt, beton, kovy) velmi dobře kumulují teplo, zejména ze slunce
- Nedostatek pasivně ochlazovacích prvků (zeleň, vodní plochy, půda), které odpařují vodu a ochlazují vzduch.
- Použití klimatizace
- Albedo (odrazivost) povrchů na které dopadá sluneční záření je nízké. Např. použití černého/ tmavého povrchu zvyšuje množství přijaté energie ze slunce

Systematickým pasivním opatřením (např. zelené střechy, bílý povrch, atd.) proti tepelným ostrovům lze ušetřit značné množství (Los Angeles např. 1 až 1,5 GW ročně) energie na chlazení vnitřních prostor (Akbari et al. 1998).

## 8.10. Chování spotřebitelů energie

Spotřeba energie dané budovy se také odvíjí od životního standardu lidí, kteří v ní žijí. Studie provedená CTBUH v roce 2017 porovnávala vysoké obytné budovy v Chicagu ze suburbálním předměstím v Oak Park, zjistila, že obyvatelé z centra mají o 27 % větší spotřebu energie na osobu než lidé žijící na předměstí. Odlišné sociální skupiny žijící v těchto lokalitách mají také odlišné trendy ve spotřebě, které nesouvisí pouze s typem budovy v jakém žijí ale také např. sociální vrstvou (Curbed 2020).

## 9. Charakteristika vybraných regionů

### 9.1. Masdar/Abú Dhabí, Spojené arabské emiráty (SAE)

Abú Dhabí je hlavní město a současně největší emirát ze 7 spojených arabských emirátů. Město prošlo rychlým vývojem a počet obyvatel je cca. 1,5 mil (metropolitní oblast). Emirát Abú Dhabí je nejbohatší v SAE. Na území emirátu se nachází 95 % potvrzených ropných zásob a 92 % potvrzených zásob zemního plynu všech emirátů (Dubai Media 2010). Emirát nepodlehł holandské nemoci a vybudoval silný turistický ruch i filmový průmysl. I přes „konkurenci“ nedalekého Dubaje, roste i kapacita letiště. (cca. 70 % HDP nepochází z ropného průmyslu, 2016/The Guardian 2016).

Město má pouštní klima s horkými léty (cca. 30 až 40 °C) a mírné zimy (cca. 15 až 24 °C) Roční úhrn srážek je 50 mm (Techspo Dubai 2020). Abú Dhabí má rozlohu 972 km<sup>2</sup>(Masdar 6 km<sup>2</sup>). Součástí města je první bezuhlíkové město na světě a současně největší skupina (z angl. cluster) nízkoemisních budov na světě Masdar city.

Abú Dhabí spotřebuje cca. 60 % elektřiny vyrobené pro emirát Abú Dhabí, ročně 35,7 TWh. Průměrná spotřeba na osobu je 20,8 MWh ročně. Nárůst spotřeby od roku 2010 do roku 2017 je cca. 72 %. Většina elektřiny pochází ze zemního plynu. Solární kapacita (z roku 2017) je 271 000 MWh (Abú Dhabí Statistic Centre 2017)

#### 9.1.1. Masdar city

Město Masdar se nachází, západně od Mezinárodního letiště Abú a jedná se o moderní centrum (z angl. hub) čistých technologií a udržitelné architektury v prostředí Arabské pouště. Masdar je unikátní v několika oblastech, jedná se o velmi udržitelnou městskou výstavbu, s nízkou uhlíkovou stopou, s rostoucím odvětvím čistých technologií, a s multifunkčním prostředím (z angl. mix-use development). Město je vystaveno pro 40 000 rezidentů a 50 000 denně dojíždějících pracovníků (The Guardian 2016).

Masdar Institute of Science and Technology je významnou součástí města, výzkumné středisko se zabývá alternativními zdroji elektrické energie, environmentální udržitelností a čistými technologiemi. Důvodem pro výstavbu toho projektu byla mimo jiné dlouhodobá diverzifikace jinak významně ropné exportní ekonomiky (nikoliv výhradně), příprava pro přechod na obnovitelné zdroje energie, transformace ropného bohatství v pokročilé technologie a výzkum.

Sídlí zde firma Siemens a mezinárodní organizace: International Renewable Energy Agency (IRENA). IRENA je první globální organizace se sídlem na středním východě. Abú Dhabí nabídlo organizaci prostory zcela zdarma a podpořilo finančně jejich aktivity. Město Masdar je volnou obchodní zónou bez zdanění a dovozního cla (Masdar city 2020).

Budovy v Masdar city mají certifikaci LEED Platinum za použití udržitelných a energeticky efektivních technik při výstavbě. Masdar city je napájený 22 hektary solárních panelů (87 780 kusů) které vytvářejí 17 500 MWh čisté energie ročně. Velké množství solárních panelů zajišťuje, že město plně energeticky nezávislé, přebytky se dodávají do sítě. Město není dokončeno, nedostatek financí spojený se světovou ekonomickou krizí v roce 2008 zpomalili výstavbu (Masdar city 2020).

Dnes je Masdar vzorem pro další místa středního východu, ale i severní Afriky a dalších pouštních regionů na světě. Ukazuje, jakým způsobem se dá vytvořit obyvatelné prostředí v těchto klimatických podmínkách a mění zavedené paradigma z měst pro auta (např. Detroit a jeho závislost na automobilovém průmyslu a automobilech/Streets Blog USA 2020) na města pro „lidi“. Absence aut na ulicích (automobilová doprava v Masdaru není) a vzdálenosti k místům veřejné dopravy (max. 200 m) vytváří přátelské prostředí pro pěší a cyklisty (Foster and partners 2020). Město používá systém

pasivního chlazení <sup>15</sup>(díky architektonickým prvkům) a je o 15 až 20 °C chladnější než okolní poušť (Foster and partners 2015). Vyrovnává tak úspěšně extrémní výkyvy teplot a počasí obvyklé v regionu.

#### Solární potenciál

Lokalita SAE má velký solární potenciál. Malá solární elektrárna o instalované kapacitě 1kWp (jeden panel má cca 30–330 Wp) vyrobí ročně 1,75 MWh. Na m<sup>2</sup> je zisk 2326 kWh za rok (Solargis 2020).

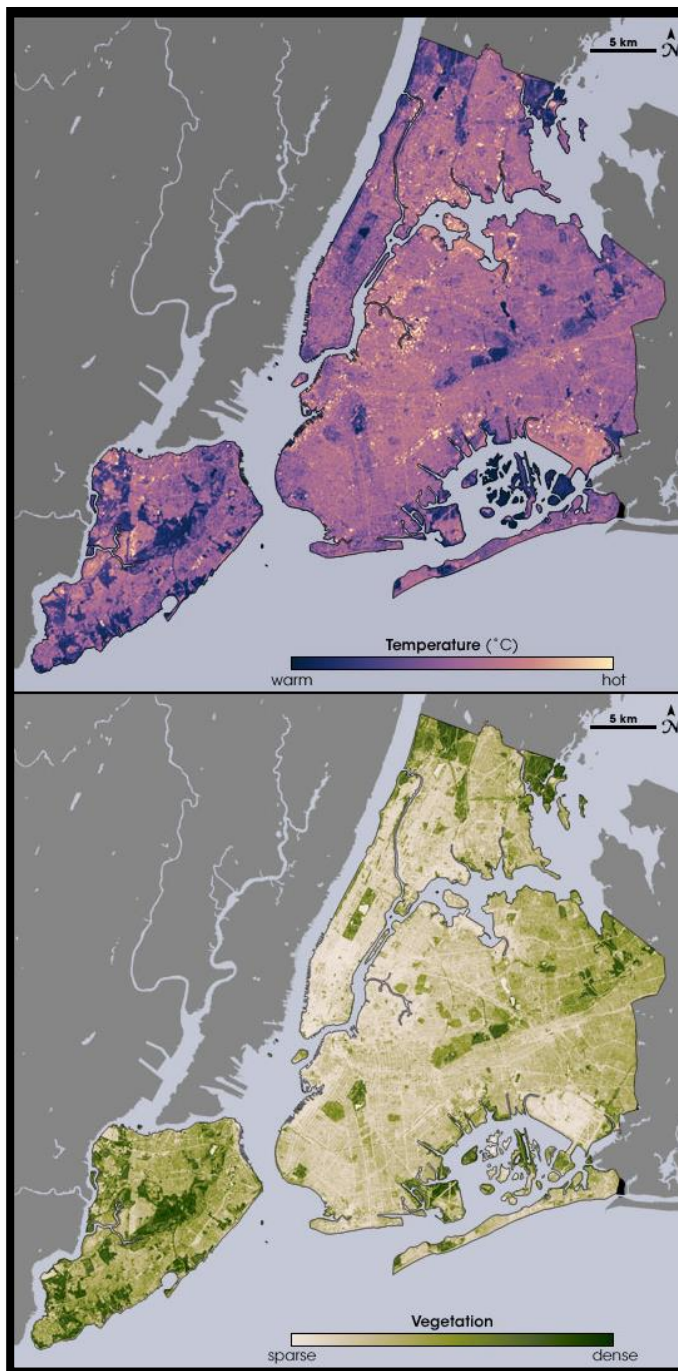
## 9.2. New York (NYC), Spojené státy americké

Město New York (rozloha města 783 km<sup>2</sup>), se nachází při východním pobřeží Atlantického oceánu, v deltě řeky Hudson. Město má vlhké subtropické klima, se studenou zimou (cca. -5 až 2 °C, průměrné denní minimum až maximum) a teplým (20 až 28 °C, průměrné denní minimum až maximum) a vlhkým létem. Roční úhrn srážek je 1144 mm (Climate data (a)).

New York je součástí jedné z největších metropolitních oblastí na světě o rozloze 11 800 km<sup>2</sup> s více než 20 miliony (New York 2020) obyvateli a hrubým metropolitním produktem (GMP) více než 2 bilióny (Statista 2020) amerických dolarů se jedná o klíčové průmyslové, finanční i kulturní místo světa.

Jako rozpínající se metropole New York (současná měsíční výroba cca. 11 400 000 MWh, ročně 136,8 TWh data pro stát NYC<sup>16</sup> (EIA 2019b) čelí mnoha výzvám vzhledem k udržení kvality života zejména v odvětví energetiky, správy vodovodní sítě, znečištění ovzduší, či dopravy.

Podle PlaNYC z roku 2010 vzroste do roku 2030 spotřeba energie ve městě o 44 %, dle této iniciativy je nutné mimo jiné maximalizovat efektivitu nákladů (z anglického cost-efficiency), a najít nové zdroje energie které nahradí stávající stárnoucí elektrárny. S tím související také zdokonalení rozvodné



Obrázek 9: Tepelná mapa NYC (nahore), mapa vegetace (dole).  
Zdroj: NASA Earth observatory, 2006

<sup>15</sup> Pasivní chlazení je architektonický prvek, který upravuje strukturu budov pro minimalizaci tepla přijatého ze slunce. Např. úzké ulice, stínění přímého slunce do oken, vyšší albedo povrchů atp.

<sup>16</sup> Data pro město/metropolitní oblast New York nebyla nalezena. Data únor 2020 stát NY.

infrastruktury a posílení požadavků na energetickou náročnost budov (New York City Mayor's Office, 2010).

Pro dosažení cílů obnovitelné výroby energie (v současnosti se uhlíková intenzita pohybuje okolo 0,2 CO<sub>2</sub>/kWh, data z 9. 2. 2020 pro oblast státu New York (Tomorrow 2020) musí New York výrazně posílit obnovitelnou výrobu energie a současně adresovat své problémy zejména redukcí spotřeby stávajících budov. Podle PlaNYC (City of New York 2007) bude 85% spotřebované energie v roce 2030 pocházet z budov které již existují v roce 2007. Proto je nutné je primárně zdokonalovat. V roce 2020 využívá stát New York asi 30–35 % zdrojů obnovitelné energie (Tomorrow 2020). Neoptimističtější odhady o situaci v obnovitelné energetice předpokládají 51 % (včetně cca. 9 procent atomové energie) a to pouze za předpokladu, že se podaří dokončit pobřežní větrné elektrárny o instalované kapacitě 1200 MW, solární instalované kapacitě ve městě o výkonu 1000 MW, a kanadských vodních elektráren na severozápadě o kapacitě 1000 MW (Mayor's Office of Sustainability 2018).

### 9.2.1. Vliv tepelného ostrova na NYC

New York City je vhodným příkladem tepelného ostrova (viz tepelné ostrovy str. 41). Ze satelitních snímků NASA (obr. 9) lze vidět jednoznačný vliv vegetace na snížení teploty města. Dle modelové studie Gaffin a spol. lze v NYC dosáhnout snížení teploty o 0,67 °C použitím světlejších materiálů a střešních zahrad. V nejteplejší dny lze teoreticky dosáhnout snížení i o 0,89 °C. Dle studie existuje silná korelace mezi teplotou a spotřebou energie. Data pro NYC naznačují výrazný nárůst spotřeby při teplotách nad 15°C. Vlivem tmavého a teplo kumulujícího materiálu se střechy mohou v létě zahřívat i na více než 70 °C. Vliv světlejších barev a vyššího albeda může být dle studie nejvýznamnějším faktorem (NASA Earth observatory 2006).

#### *Solární potenciál*

Lokalita NYC je v porovnání s SAE cca. od 25 % nižší. Malá solární elektrárna o kapacitě 1kWp vyrobí ročně 1,37 MWh. Na m<sup>2</sup> je zisk 1692 kWh za rok (Solargis 2020). Plocha střech v NYC tvoří cca 14 % rozlohy (NASA Earth observatory 2006), cca. 109 km<sup>2</sup>. Z této plochy by teoretický (přepočten zisk z m<sup>2</sup>) roční zisk energie činil 185 GWh (průměrně cca. 500 MW denně)

### 9.3. Singapur, Stát Singapur

Singapur je městský stát o rozloze 725 km<sup>2</sup> s počtem obyvatel přes 5,5 mil. (Singapore 2020) nacházející se na ostrovech při jižní části Malajského poloostrova. Vzhledem k jeho poloze blízko rovníku je klima Singapuru teplé (celoroční průměrné minimum až maximum je 23 až 32 °C) s vysokou vlhkostí. Díky monzunům je v oblasti také cca. 2500 mm srážek ročně, nejdeštivější je listopad až leden (Climate data (b)).

Singapur patří mezi nejvyspělejší ekonomiky světa, a důležitým finančním, obchodním, a dopravním centrem jihovýchodní Asie. Podle časopisu The Economist je dokonce místem s nejlepší životní úrovní na světě (The Economist Intelligence Unit 2012).

Hlavním zdrojem elektrické energie je pro město zemní plyn, tvoří 97 % elektrické energie pro město. Je zde tedy zřejmá závislost na importu energetických surovin. Ačkoliv je výroba elektrické energie z fosilních paliv díky moderním technologiím se daří udržet množství CO<sub>2</sub>/kWh poměrně konstantní a to 0,4192 kg CO<sub>2</sub>/kWh (2017) to zejména díky přechodu od uhlí k zemnímu plynu který je výrazně ekologičtější (pro srovnání v sousední Malajsií je uhlíková intenzita cca. 0,7 kg CO<sub>2</sub>/kWh (Tomorrow 2020)).

Město rozvíjí solární zdroje energie, a i přes nižší výnosy (zejména způsobené nedostatkem slunečných dní) pro tento region (v porovnání s výše zmíněnými regiony zejména, nikoliv však výhradně) od roku 2012 do roku 2016 bylo nainstalováno cca. 90 MWac<sup>17</sup> v solární energii, a nadále je tento sektor rozvíjen. Předpokládá se dosažení 350 MWp do roku 2020 (EMA 2018).

Elektrická energie tedy v této zemi nepochází z udržitelných zdrojů, což je paradoxní vzhledem k velmi vysoké kvalitě života. Obnovitelná energetika bude pro Singapur náročná k implementaci. Struktura městského státu s omezeným životním prostorem neumožňuje velkou instalaci rozlohou náročných obnovitelných typů energie. Využití mořskou hladinu je také nepraktické až nemožné, vzhledem k velké hustotě námořní dopravy v Malackém průlivu (cca. 80 000 lodí ročně/Vessel Finder, 2016). Funkční koncept je využití podmořských vodních turbín využívajících mořské proudy. Nedojde současně k omezení námořní dopravy významné pro tento region. Komplexní řešení obnovitelné energetiky pro Singapur bude pravděpodobně vyžadovat spolupráci se sousední Malajsií nebo/a dokonalejší technologické procesy výroby elektřiny.

Nicméně již jeho současná struktura ukazuje několik zajímavých trendů. Například v roce 2017 pocházelo 7,6 % elektrické energie z vedlejších zdrojů, tedy vyrobeny nikoliv jako primární účel ale jako zbytkový produkt u jiné produkce. Tento trend se navíc v Singapuru posiluje a z 2,5 % v roce 2008 na dnešních 7,6 % (EMA 2018).

Co do objemu vyrobené elektřiny v roce 2017 to bylo 52,2 TWh, a meziročně se jednalo asi o 1,2 procenta více než v roce 2016 (EMA 2018). Na osobu je to tedy 8 844 kWh ročně. Což je výrazně více oproti světovému průměru 3 132 kWh (World Bank 2014b). Tato hodnota je zkrslena typem státu (městský stát) a významnou spotřebou průmyslu.

Městský stát Singapur je a v blízké budoucnosti pravděpodobně bude závislý na dovozu energetických surovin (zejména zemního plynu). Aktivity Singapuru jsou pro vyšší udržitelnost nadprůměrné ve všech oblastech. Dle green city index nejlepší z 22 hodnocených měst Asie. Iniciativy tvořené vládou velmi efektivně podporují snižování emisí, snižují spotřebu energie v budovách, nastavují přísná kritéria pro výstavbu nových budov atp. Město generuje málo odpadu (307 kg/osobu) v poměru k ostatním hodnoceným v green city indexu (380 kg/osobu), z bioodpadu se vytváří elektřina (cca. 2 %) (The Economist Intelligence Unit 2011).

Velmi kvalitní je i vodovodní infrastruktura s pouze 5 % unikem vody. Podporují se iniciativy na zachytávání dešťové vody i odsolování, vzhledem k nedostupnosti podzemních zdrojů vody. Nadprůměrná je i travnatá plocha na obyvatele (66,2 m<sup>2</sup>/obv.) při srovnání s průměrem měst z green city indexu (38,6 m<sup>2</sup>/obv.), cílem Singapuru je tuto hodnotu ještě zvýšit. Hromadná doprava Singapuru je vysoce efektivní. V roce 2008 cestovalo hromadnou dopravou 59 % lidí v ranní špičce. Cíl roku 2020 je 70 %. Město podporuje elektromobilitu, hybridní auta, či auta na LPG (The Economist Intelligence Unit 2011).

#### *Solární potenciál*

Solární potenciál pro Singapur je obdobný s NYC. Kapacita 1kWp má průměrný roční výkon 1,25 MWh, na m<sup>2</sup> připadá 1622 kWh na rok (Solargis 2020).

## 9.4. Shrnutí vybraných regionů

Vybrané regiony reprezentují geograficky různorodou skupinu milionových metropolí. Každá z těchto oblastí vyžaduje jiný přístup při hledání energetické soběstačnosti a udržitelnosti. Autor poukazuje na

---

<sup>17</sup> MWac uvádí energii transformovanou z hodnot pro solární panely (Wp) na hodnotu běžnou pro elektrickou síť (230 V).

rozdíly ve výrobě a nakládání s energií v jednotlivých regionech a jakých obecných i specifikovaných postupů lze využít v jednotlivých oblastech k dosažení cílů udržitelného rozvoje pro oblast energetiky (nikoliv výhradně).

Klíčovými technologiemi bude solární energie, díky její snadné aplikaci v již existujících městských systémech, úspora v již existujících budovách a hledání vyrovnaného konceptu pro danou lokalitu.

Další zdroje elektrické energie jako větrná a vodní, jsou prakticky využitelné, ale ve vztahu k solární nepoužitelné v samotné městské struktuře.

## 10. Diskuze výsledků

Rozpínající se města přinášejí řadu výzev, se kterými je třeba se vyrovnat. Každá městská struktura má své specifika a energetické hledisko není jediné důležité při posuzování konceptu města. Každá oblast má specifické podmínky i příležitosti. V pouštních a polopouštních oblastech je nutné hledat způsoby, jak zásobovat město vodou. U pobřežních měst je velké ohrožení rostoucí hladina světového oceánu. Některá města bojují se smogem či naprosto nedostatečnou infrastrukturou způsobující extrémní dopravní komplikace.

Pro změnu paradigmatu výstavby měst (nejen z energetického hlediska) autor doporučuje:

- Vytvořit města přátelštější k pěším, cyklistům a jiné formě osobní přepravy ve formě mikro mobility. Tento způsob pomůže městům ke zdravějšímu ovzduší, a i rychlejší a efektivnější dopravě. Pozitivním příkladem mohou být vlny zákazů vjezdu aut do center měst. Je nutné významně posílit městskou hromadnou dopravu a odlehčit přeplněným obchvatům.
- Podpořit (např. daňovými úlevami, dotacemi) podniky a majitele domů k přechodu na obnovitelné zdroje (s bateriemi pro vyšší stabilitu) a odlehčit tak zatížení sítě. Tímto způsobem lze omezit stavbu nových elektráren a zpomalit či zastavit trend nárustu spotřeby ze sítě.
- Upravovat městskou strukturu geografickému prostředí. Například zadržování vody městy, zabraňování půdní eroze atd. Ochrana měst a obyvatel proti extrémním typům počasí (hurikány, tornáda, extrémní vedra atp.). Respektovat záplavové a další oblasti nevhodné pro výstavbu.
- Maximální ochrana záboru nové úrodné půdy. Prioritou by mělo vždy být znovuvyužití či rekonstrukce. Rychlý rozvoj měst do okolí vytváří řadu ekonomických i environmentálních problémů. Zabránit nekontrolovanému rozpínání měst a sídelní kaši (prokazatelně zvyšuje spotřebu energie).
- Přednostně rekonstruovat a zateplovat nejméně efektivní budovy. Zejména v oblastech s vysokým rozdílem teplot (extrémní zimy či vedra) oproti ideální pokojové teplotě.
- Využívat nové technologie (na výrobu energie, výstavbu, management atp.) a tím podporovat jejich další zlevňování. Podpořit výstavbu budov z odpadních materiálů (použité pneumatiky, PET lahve atp.)
- Využívat více možnosti stavby do země jako zemědrapy<sup>18</sup>, či budovy částečně skryté v zemi. Z důvodu lepší izolace a zachování zeleně na povrchu.
- Zvyšovat albedo měst (zejména v oblastech z horkými léty) a vytvářet povrchy pro pasivní příjem slunečního tepla (parky se stromy, travnatou plochu, střešní zahrady, vodní plochy)
- Transformovat cenovou politiku energie na výhodnější denní kurz při vyšším zastoupení solární energie. Vytvořit centrální informační energetický systém pro regulaci energetické sítě skrze odběratele a flexibilní cenové politiky v průběhu dne v závislosti na momentálním přebytku/nedostatku energie.

---

<sup>18</sup> Z angl. earthscrapers. Koncept stavby hluboko do země, opak mrakodrapu.

## 10.1. Doporučení pro města pouštních a polopouštních oblastí<sup>19</sup>

Autor souhlasí s paradigmatem výstavby prezentované městem Masdar. Konkrétně tedy úzké ulice s místem pro pěší či cyklisty bez automobilů. Doprava zejména pod zemí, a to zboží i osob na velké vzdálenosti. Výška budov bez významných rozdílů pro vyšší stínění. Nepravidelná síť ulic pro vytvoření různých uhlů dopadů slunce na povrch. Jako vylepšení autor navrhuje možnost umělého zastřešení v úzkých ulicích či náměstích pro ještě více stínu na ulicích. Možnost uzavřít město např. před pouštní bouří může být pro město cenná. Vzhledem k pouštnímu charakteru autor doporučuje energetickou koncepci zaměřenou většinou na solární energii s možným doplněním větru či podmořských turbín (jsou-li aplikovatelné). V kontextu velmi výnosné solární energie je efektivní finančně upřednostňovat denní spotřebu před noční úpravou cen energie. Systémy uložení energie lze decentralizovat pro jednotlivé části města, případně využít gravitačních baterii (jakmile budou dostupné ke komerčnímu použití).

V ostatních oblastech mimo energetiku je nutné především efektivně spravovat vodu jako zdroj v tomto prostředí nejcennější. Udržovat množství zeleně na ulicích i na střeších. Vzhledem k rozloze a hustotě zalidnění většiny pouštních oblastí není nezbytné nutně umístit solární panely na střechy a raději je využít ke střešním zahradám a tím minimalizovat tepelný ostrov města. Solární parky lze stavět mimo město, bez problému zabránit jinak využívané půdy.

Možnost zachytávat dešťovou vodu je důležitá, nicméně vzhledem k velmi nízkým srážkám se nemusí technologické postupy vyplatit. Odsolování mořské vody (případně zkapaňování vzdušné vlhkosti) je tak klíčové pro pouštní a polopouštní krajinu. I tento proces náročný na energii lze preferovat přes den kdy je přebytek solární energie a tím minimalizovat potřebu energii skladovat.

Využití lokálních stavebních materiálů a kombinací moderní technologie a originální architektury může tyto regiony významně posunout k udržitelnému způsobu života. Autor obecně nedoporučuje výstavbu mrakodrapů ve velkém měřítku, ačkoliv technologické vlastnosti materiálů významně posilují udržitelnost těchto struktur (např. při klimatizování) ve srovnání s dostupnou plochou prakticky nevyužitelného pouštního povrchu je dle autora vhodnější vytvářet nízké stinné struktury s pasivním chlazením.

## 10.2. Doporučení pro města mírných oblastí<sup>20</sup>

Autor doporučuje u měst mírného pásu renovovat současné budovy k vyšší efektivitě spotřebované energie a důsledně zvážit, zda je v dané lokalitě třeba stavět extrémně vysoké budovy (200–300 m a vyšší) a pokud ano zvážit technologické možnosti pro úsporu (nejen) energie a minimalizovat množství vstupních materiálů (a preferovat nízkoemisní stavební materiály).

Struktura měst jako celku by měla být více decentralizovaná a propojená kvalitní vysokorychlostní a velkokapacitní městskou hromadnou dopravou. Při rozmachu města v megapoli je třeba zvážit množství zabrané půdy a charakter území městské výstavby. V celkovém plánu raději rozdělit na několik urbánních center s dostupností parků a množstvím vodních ploch pro přirozené ochlazení. Podporovat multifunkční využití veřejného prostoru a eliminovat rozmach sterilního prostředí (typické předměstí v USA)

Velké metropole jako NYC pocítují významný dopad tepelných ostrovů a je energeticky i ekonomicky výhodné proti nim podniknout opatření. Autor obecně nedoporučuje přesahovat v městech 10 mil. obyvatel a raději podpořit urbánní výstavbu v určité vzdálenosti (cca. 100 km) od hranice města a

---

<sup>19</sup> Autor připouští, že uvedené doporučení se týkají zejména horkých pouštních oblastí. Studené pouštní prostředí bude mít pravděpodobně odlišné potřeby a výzvy.

<sup>20</sup> Oficiální členění New Yorku, ze kterého toto doporučení vychází řadí NYC jako vlhké subtropické klima, nicméně části této metropole leží také na vlhkém kontinentálním klimatu Autor doporučení zobecňuje.



propojit vzniklé struktury železniční dopravou (např. konurbace Boston – Washington). V již vzniklých megalopolích autor doporučuje zvýšit podíl otevřeného prostoru a aktivně podporovat vznik parků i samostatných stromů a jiných typů zeleně.

V problematice energetiky autor doporučuje využít střešní plochy k solární energii u nejvyšších budov lze také zvážit využití větru (nutná je však studie proveditelnosti a zvážení možných negativ). U nových budov vyžadovat přísnějších standardů energetické efektivity a požadovat částečnou výrobu energie přímo v/na budově (dle LEED certifikací až 13 % lokální spotřeby). Velkoměsta pravděpodobně nemohou být zcela energeticky soběstačné a z toho důvodu je nutné hledat v dostupném okolí (dle rozsahu transformační sítě) významnější zdroje obnovitelné energie (v případě NYC např. hydro-potenciál jezer na hranicích s Kanadou). Města také mohou spalovat metan jako produkt bioodpadu, pokud ho budou od obyvatel systematicky třídit. Ačkoliv je množství takto vyrobené energie procentuálně nízké je součástí možného obnovitelného řešení nejen v energetice, ale také v produkci odpadu.

V oblasti dopravy maximalizovat potenciál veřejné dopravy (zejména metro/nadzemka) a významně zdanit použití automobilů zejména se spalovacím motorem v centrech (v budoucnosti pravděpodobně i elektromobilů). Dopravní situace měst jako NYC s vysokou hustotou obyvatel (zejména v centru/centrech) vyžaduje restriktce parkovacích míst a celkové omezení ulic s automobilovou dopravou a tvorba pěších zón (cyklistických pruhů atp.). S nižším počtem automobilů bude město přepravně fungovat lépe a zlepší se také kvalita ovzduší.

Problematika dostupnosti pitné vody, ačkoliv nemusí být pro vlhká, deštivá místa prioritou je důležitá. Vybudování sítě dvojí kanalizace (povrchové a odpadní vody) pro efektivní čištění vody pomůže zodpovědně zacházet s tímto nepostradatelným přírodním zdrojem. Města mírného pásu s vyšší mírou dešťů by měli aktivně podporovat využití a sběr dešťové vody a tím omezit spotřebu vody z vodovodního řádu. Kontrola a renovace vodovodní infrastruktury pomůže omezit uniky a ušetřit zdroje i peníze veřejných rozpočtů.

Součástí komplexních řešení energetiky měst, (zejména v USA) je vyšší transparentnost jednotlivých budov města ke svým nájemcům a uživatelům v oblasti spotřeby na osobu/patro/kancelář atp. Ve Spojených státech je cca. 3x vyšší spotřeba energie na osobu proti světovému průměru. Ačkoliv je již trh nasycený a nepředpokládá se výraznější nárůst spotřeby, potenciál uspořit elektrickou energii změnou chování spotřebitelů může mít velký potenciál.

### 10.3. Doporučení pro města v tropických oblastech

Doporučení pro města v tropických oblastech v energetice nelze jednoznačně stanovit. Singapur jako leader v udržitelné výstavbě v tomto podnebném pásu ukazuje určité trendy nicméně, zatím není k dispozici komplexní řešení pouze obnovitelnými zdroji na tak malé rozloze. Investice do solární technologie je výhodná, ale její současná účinnost neumožní vyšší procentuální zastoupení v energetickém mixu i při maximalizaci rozsahu. Využití moře zejména pod hladinou je potenciální možnost, vyžadující další výzkum a studie proveditelnosti. Autor se však domnívá, že ani s maximálním potenciálem nebude Singapur schopný dosáhnout většinově obnovitelné energetiky (při použití současné technologie). Přejít na energii ze zemního plynu je v tomto ohledu vhodné řešení ve srovnání s uhlím. U Singapuru lze hledat nejvýznamnější energetické úspory v sektoru průmyslu a investic do nových výrobních technologií a procesů a efektivnější dopravě.

V oblasti výstavby nových budov je v Singapuru vhodnější stavět do výšky ve srovnání s předchozími regiony. Omezené množství půdy a její ochrana je kriticky důležitá a rozmach města do výšky pomůže ochránit životní prostor a úrodnou půdu. Vzhledem ke stabilním teplotám i vlhkosti v průběhu roku je nutné klimatizovat a vysušovat vnitřní prostory bez ohledu na výšku struktury. Vyšší budovy mohou odčerpávat vzduch pro vnitřní klima z vyšších výšek kde je nižší vlhkost a chladnější vzduch. Tak lze zefektivnit provozní náklady na vysušování a chlazení budov. Pokrytí vnějších fasád vertikálními

zahradami je užitečné a Singapur tyto praktiky již aplikuje. Výškovou výstavbu nelze obecně doporučit pro všechny města tropických oblastí.

Jiná města z tropického prostředí (včetně vnitrozemních) při snaze o přechodu na obnovitelnou energetiku budou pravděpodobně také odkázáni na solární nebo větrnou energii. Nelze zobecňovat energetické potenciály jednotlivých lokalit, avšak současný energetický trend směřuje dominantně k solární a větrné energii v závislosti na prostředí. Významný podíl obnovitelných zdrojů energie bude např. vodní energie v případě dostupnosti vhodného místa výstavby.

Mimo energetické hledisko bude pro města tropických oblastí mimořádně důležité zadržování dešťové vody, prevence bleskových povodní, které souvisí s přetížením kanalizační sítě. Materiály použité při stavbě v tropických oblastech by měly být odolnější vůči vodě a vlhkosti. Izolace budov od pronikání vlhkosti je důležitá, aby se netvořily plísňe.

## 11. Závěr

Tato bakalářská práce představuje technologické výzvy a jejich řešení pro dosažení vyššího podílu obnovitelných zdrojů v energetickém mixu. Autor identifikoval některé proměnné v městských systémech, které ovlivňují spotřebu měst a poukázal na možnou změnu paradigmatu ve výstavbě měst z hlediska energetického.

Úsilí současné generace architektů, projektantů, zákonodárců (i diktátorů) bude mít velký vliv na budoucí životy většiny obyvatel této planety, nikoliv jen těch žijících ve městech. Vliv průmyslu, spotřeby fosilních paliv, automobilů atd. bude i v budoucnu vycházet zejména z měst. Hledání komplexních řešení pro nové městské výstavby a úprava stávajících, je a bude klíčová pro úspěšnou transformaci a implementaci mezinárodních snah mitigace změn klimatu, která vychází (nikoliv výhradně) z Kjótského protokolu a později z Pařížské dohody. Také OSN adresuje jako jeden z cílů udržitelného rozvoje čistou energii i udržitelná města.

Autor věří, že množství pozitivních příkladů šetrného městského rozvoje je dostatek k tomu, aby se města začala přizpůsobovat novým výzvám a životnímu stylu mladé generace (která často nevlastní např. automobily). Významné jsou však i hrozby vysídlování některých měst, z důvodů nedostatku nezbytných přírodních zdrojů jako je voda. Autor se domnívá, že rozvojové země s významným (a často neregulovaným) nárůstem městského obyvatelstva budou významným problémem pro budoucí generace. Přejít ke způsobu života, který je „typický pro země západního kulturně-civilizačního okruhu“ je pro většinu z těchto zemí nerealizovatelný (a dlouhodobě neudržitelný) a snaha o něj, bude velmi pravděpodobně vykoupena trvalým poškozením životního prostředí. Města, symboly ekonomického růstu a blahobytu, nemohou v rozvojových zemích dosáhnout životních standardů, které prezentuje globální sever. Mnohá města Evropy či Ameriky bude nutné významně transformovat za účelem jejich lepšího fungování, a to nejen po energetické stránce.

Mimo energetické hledisko, je množství dalších, které jsou pro fungování měst důležité. Například dopravní faktor, dostupnost pitné vody i potravin.

## Seznam použitých zdrojů

### Monografie

AJIBOYE, Timi, Luis BUENAVENTURA, Alex GLADSTEIN, Lily LIU, Alexander LLOYD, Alejandro MACHADO, Jimmy SONG a Alena VRANOVA. *The little bitcoin book: Why Bitcoin Matters for Your Freedom, Finances and Future*. Redwood City: 21 Million Books, 2019. ISBN 978-1-64199-050-9.

AKBARI Hashem, ROSENFELD H. Arthur, ROMM J. Joseph a Melvin POMERANTZ. *Cool Communities* [online]. Washington DC, Berkeley 1998 [cit. 2020-05-04]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00063-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00063-7)

BUGAYEV, K. a E. TRETJAKOV. *Iron and Steel Production*. New York – Hong Kong: Books for Business, 2001. ISBN 0-89499-109-4.

FU Ran, FELDMAN David a Robert MARGOLIS. *U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2018* [online]. National Renewable Energy Laboratory, 2018 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf>

HAPPLE, Gabriel, Erik WILHELM, Jimeno FONSECA a Arno SCHLUETER. *Determining air-conditioning usage patterns in Singapore from distributed, portable sensors* [online]. Singapur, Švýcarsko, 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/5c7e4efdfd679316b454b001/t/5c96f3734785d3d5df3b53ac/1553396606808/No.+9+journal+Jimeno+Fonseca.pdf>

HOLDEN Erling, NORLAND Ingrid. *Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region* [online]. Norsko, 2005 [cit. 2020-01-15]. DOI: 10.1080/00420980500332064. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/248974140\\_Three\\_Challenges\\_for\\_the\\_Compact\\_City\\_as\\_a\\_Sustainable\\_Urban\\_Form\\_Household\\_Consumption\\_of\\_Energy\\_and\\_Transport\\_in\\_Eight\\_Residential\\_Areas\\_in\\_the\\_Greater\\_Oslo\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/248974140_Three_Challenges_for_the_Compact_City_as_a_Sustainable_Urban_Form_Household_Consumption_of_Energy_and_Transport_in_Eight_Residential_Areas_in_the_Greater_Oslo_Region)

JOHNSON, Samuel a Michael WEBBER. *Understanding the impact of non-synchronous wind and solar generation on grid stability and identifying mitigation pathways* [online]. USA, 2019. Walker Department of Mechanical Engineering, The University of Texas at Austin. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920300040?via%3Dihub#ak005>

KARALI, Nihan, Nihar SHAH, Won PARK, Nina KHANNA, Chao DING, Jiang LIN a Nan ZHOU. *Improving the energy efficiency of room air conditioners in China: Costs and benefits* [online]. USA, 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919317106>. Lawrence Berkeley National Laboratory.

KATUNSKY, Dusan a FARARIK. *COMPARISON OF ENERGY EFFICIENCY PROPERTIES OF CHOICE TYPES OF INDIVIDUAL HOUSES* [online]. Sofia: Surveying Geology & Mining Ecology Management, 2019, 19(6.2), 425-432 [cit. 2020-05-03]. ISSN 13142704. DOI:10.5593/sgem2019/6.2. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2326849917?accountid=16730>

LUO Yang, ANDERSON John, CLARKE Henry a Mercedes MAROTO-VALER. *A decision support system for waste heat recovery and energy efficiency improvement in data centres* [online]. Velká Británie, Malajsie, 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919308827>

NEWSHAM Guy, MANCINI Sandra., BIRT Benjamin. *Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but...* [online]. National Research Council Canada, 2009 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=367e8a94-0f06-49e1-ab61-f76a968063df>

PRANAB K. Roy Chowdhury, Jeanette E. WEAVER, Eric M. WEBER, Dalton LUNGA, St. Thomas M. LEDOUX, Amy N. ROSE A Budhendra L. BHADURI. *Electricity consumption patterns within cities: application of a data-driven settlement characterization method* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2018.1556355#>

REJZEK, Jiří. *Český etymologický slovník*. Třetí vydání (druhé přepracované a rozšířené vydání). Praha: Leda, 2015. ISBN 978-80-7335-393-3.

RESCH, Eirik, Rolf André BOHNE, Trond KVAMSDAL a Jardal LOHNE. *Impact of Urban Density and Building Height on Energy Use in Cities* [online]. Trondheim, 2016 [cit. 2020-05-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.142>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307810>. Norwegian University of Science and Technology.

SAUER Dirk, Uwe Julia KOWAL a Dirk MAGNOR. *Energy storage technologies for grids with high penetration of renewable energies and for grid connected PV systems* [online]. Španělsko, 2008 [cit. 2020-05-01]. DOI: 10.4229/23rdEUPVSEC2008-4EP.1.4. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/304079604\\_ENERGY\\_STORAGE\\_TECHNOLOGIES\\_FOR\\_GRIDS\\_WITH\\_HIGH\\_PENETRATION\\_OF\\_RENEWABLE\\_ENERGIES\\_AND\\_FOR\\_GRID\\_CONNECTED\\_PV\\_SYSTEMS/link/5765a46e08ae421c4489d408/download](https://www.researchgate.net/publication/304079604_ENERGY_STORAGE_TECHNOLOGIES_FOR_GRIDS_WITH_HIGH_PENETRATION_OF_RENEWABLE_ENERGIES_AND_FOR_GRID_CONNECTED_PV_SYSTEMS/link/5765a46e08ae421c4489d408/download)

STEADMAN, J.P. *Energy and Patterns of Land Use*. New York: McGraw-Hill, 1979.

United Nation Centre for Human Settlements (UNCHS), *Energy for Building*. Nairobi: UNCHS, 1991. ISBN 92-1-131 174-8.

## Elektronické zdroje

Abú Dhabí Statistic Centre. *Energy and Water Statistics* [online]. 2017 [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: <https://www.scad.gov.abudhabi/Release%20Documents/Energy%20and%20Water%202017%20EN.pdf>

Arch daily. *T3 / Michael Green Architecture + DLR Group* [online]. 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture>

At the top Burj Khalifa. *Fact sheet* [online]. 2010 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.burjkhalifa.ae/en/assets/FACT-SHEET.pdf>

Belden. *LEED v4 vs. LEED 2009: The Major Differences* [online]. 2018 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.belden.com/blog/smart-building/leed-v4-vs.-leed-2009-the-major-differences>

Bloomberg NEF (BNEF). *New Energy Outlook 2019* [online]. 2019 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://bnef.turtl.co/story/neo2019/>

Britannica. *Skyscraper* [online]. 2011 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/skyscraper>

Britannica. *Urban sprawl* [online]. 2019 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/urban-sprawl>

- Building Design and Construction (BDC). *HIGH-PERFORMANCE RECONSTRUCTED BUILDINGS: THE 99% SOLUTION* [online]. 2012 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: [http://www.bdcnetwork.com/sites/bdc/files/Ch1WP\\_BDC0512\\_low%20res.pdf](http://www.bdcnetwork.com/sites/bdc/files/Ch1WP_BDC0512_low%20res.pdf)
- Business Insider, *Here's how Tesla uses its giant batteries to power small islands* [online]. 2017 [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/how-tesla-powerpack-batteries-islands-work-2017-10>
- Cahaba. *Concrete Pumps Reach Record-Breaking Heights at Burj Khalifa* [online]. 2015 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.pumpsandsystems.com/concrete-pumps-reach-record-breaking-heights-burj-khalifa>
- Calthorpe Associates, China Sustainable Transportation Center a Glumac. *Emerald Cities: Planning for Smart and Green China* [online]. 2018 [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <http://www.efchina.org/Attachments/Report/report-lccp-20171214/Emerald-Cities-Book-English-Final-Version.pdf>
- Calthorpe Peter. Na Youtube: *7 principles for building better cities / Peter Calthorpe* [online]. 31. 8. 2017 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=IFjD3NMv6Kw> Kanál uživatele: TED
- Carbon Brief. *Mapped: The world's coal power plants* [online]. 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.carbonbrief.org/mapped-worlds-coal-power-plants>
- CGTN. *The newly-completed world's first ±1100 kV ultra-high voltage power link in China.* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://news.cgtn.com/news/3d3d514f77516a4d78457a6333566d54/index.html>
- City of New York. *PlaNYC: a greener, greater New York* [online]. New York 2007 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: [http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/full\\_report\\_2007.pdf](http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/full_report_2007.pdf)
- Climate data (a). *New York climate* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://en.climate-data.org/north-america/united-states-of-america/new-york/new-york-1091/>
- Climate data (b). *Singapore climate* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://en.climate-data.org/asia/singapore-107/>
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH). *CTBUH Year in Review: Tall Trends of 2019* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.skyscrapercenter.com/year-in-review/2019/data>
- Curbed. *In the supertall era, is the sustainable skyscraper a myth?* [online]. 2020 [cit. 2020-05-01]. Vox Media. Dostupné z: <https://www.curbed.com/2020/1/10/21057077/sustainable-skyscraper-supertall-green-new-deal-tower>
- Curbed. *Proposed 80-story wooden skyscraper may be a preview of tall timber future* [online]. 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.curbed.com/2017/10/9/16449494/tall-timber-building-skyscraper>
- Curbed. *Supertalls and Sustainable Skyscrapers: Architect Adrian Smith on the Mile-High Building.* [online]. 2016a [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.curbed.com/2016/4/12/11416026/skyscraper-supertall-adrian-smith-burj-khalifa-jeddah-tower-architect>
- Curbed. *The Wooden High-Rises and Timber Towers Changing Construction, Mapped* [online]. 2016b [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.curbed.com/maps/tall-timber-construction-projects-in-the-works>

- Česká televize. *První veřejná elektrárna v českých zemích v provozu* [online]. 2009 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/archiv/1370073-prvni-verejna-elektrarna-v-ceskych-zemich-v-provozu>
- České stavby. *Z elektrárny až do vaší zásuvky* [online]. České Budějovice: Český internet, 2015 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/z-elektrarny-az-do-vasi-zasuvky-23883.html>
- Český rozhlas, Pardubice. *Chvaletická elektrárna bude tišší a škodliviny sníží na polovinu*. [online]. 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://pardubice.rozhlas.cz/chvaleticka-elektrarna-bude-tissi-a-skodliviny-snizi-na-polovinu-6039537>
- Designing Buildings Wiki. *Concrete* [online]. 2020 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Concrete>
- Designing Buildings Wiki. *Cross-laminated timber CLT* [online]. 2019 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cross-laminated\\_timber\\_CLT](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cross-laminated_timber_CLT)
- Dubai Media. *Abu Dhabi's oil reserves to last another 150 years* [online]. 2010 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150227104043/http://www.emirates247.com/eb247/economy/uae-economy/abu-dhabi-s-oil-reserves-to-last-another-150-years-2010-03-31-1.100837>
- Energy Market Authority (EMA). *Singapore Energy Statistics 2018* [online]. Singapore 2018 [cit. 2020-03-23]. ISSN 2251-2624. Dostupné z: [https://www.ema.gov.sg/cmsmedia/Publications\\_and\\_Statistics/Publications/SES18/Publication\\_Singapore\\_Energy\\_Statistics\\_2018.pdf](https://www.ema.gov.sg/cmsmedia/Publications_and_Statistics/Publications/SES18/Publication_Singapore_Energy_Statistics_2018.pdf)
- Energy Star. *ENERGY STAR Overview* [online]. 2019 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.energystar.gov/about>
- ESA. *Berlin at night*. [online]. 2012 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2012/05/Berlin\\_at\\_night](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2012/05/Berlin_at_night)
- EU-GUGLE. *Aachen flushes heat out of the sewage canal* [online]. 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://eu-gugle.eu/aachen-flushes-heat-out-of-the-sewage-canal/>
- EUROPAGES. *Utilisation of wastewater heat in the sewage canal, sewer* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.europages.co.uk/Utilisation-of-wastewater-heat-in-the-sewage-canal-sewer-KASAG-SWISS-AG/cpid-5741412.html>
- FERC. *Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations* [online]. 2004 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/reliability/blackout/ch1-3.pdf>
- Foster and partners. *Masdar city* [online]. 2020 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.fosterandpartners.com/projects/masdar-city/>
- Foster and partners. *Masdar institute* [online]. 2015 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.fosterandpartners.com/projects/masdar-institute/>
- GAUTHIER, Gilles. *Linear City: Environmental and Social Solution* [online]. 1994 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <http://linearcity.photographex.com/>
- Geoplast. *Energy consumption in production of concrete* [online]. Itálie 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.geoplastglobal.com/en/insights/energy-consumption-production-of-concrete/>



- Green America. *5 Reasons to Ditch your Dryer*. [online]. USA, 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.greenamerica.org/green-living/ditch-your-dryer>
- Green Match. *The Opportunities of Solar Panel Recycling* [online]. Velká Británie 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/10/the-opportunities-of-solar-panel-recycling>
- Guardian Industries. *Burj Dubai, the shining building: SunGuard in the façade of the tallest building in the world* [online]. 2010 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [http://023app01.guardian.com/cs/groups/sunguardeurope/documents/web\\_content/gi\\_016032.pdf](http://023app01.guardian.com/cs/groups/sunguardeurope/documents/web_content/gi_016032.pdf)
- IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2018* [online]. Abu Dhabi, 2019 [cit. 2020-05-01]. ISBN 978-92-9260-126-3. Dostupné z: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf)
- IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2017* [online]. 2017 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018\\_summary.pdf?a=en&hash=6A74B8D3F7931DEF00AB88BD3B339CAE180D11C3](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018_summary.pdf?a=en&hash=6A74B8D3F7931DEF00AB88BD3B339CAE180D11C3)
- Last Week Tonight. Na Youtube: *Floods: Last Week Tonight with John Oliver (HBO)* [online]. 29. 10. 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pf1t7cs9dkc>
- Lazard, *Lazard's levelized cost of energy analysis – version 12.0* [online]. 2018 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf>
- Masdar city. Masdar City Fact sheet [online]. 2020 [cit. 2020-02-14]. Dostupné z: <https://masdar.ae/en/about-us/management/about-masdar>
- Mayor's Office of Sustainability. *City of New York: Public Policy Transmission Needs Proposal* [online]. New York 2018 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: [https://www.nyiso.com/documents/20142/3746071/a\\_NYISO\\_PPTN\\_NYC\\_Nov2018.pdf/3c556c15-bb18-cf3d-551a-e3ae161a76c0](https://www.nyiso.com/documents/20142/3746071/a_NYISO_PPTN_NYC_Nov2018.pdf/3c556c15-bb18-cf3d-551a-e3ae161a76c0)
- Narrative Media. *Aktivní domy: Neplatíte za teplo a elektřinu* [online]. 2010 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/aktivni-domy-neplatite-za-teplo-a-elektřinu.aspx>
- NASA Earth observatory. *The Making (and Breaking) of an Urban Heat Island* [online]. 2006 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GreenRoof/greenroof2.php>
- National Geographic. *Urban heat island* [online]. 2011 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/urban-heat-island/>
- Natural Resources Defense Council (NRDC). *A Call to Action for More Efficient Clothes Dryers* [online]. USA 2014 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/efficient-clothes-dryers-IB.pdf>
- New York City Mayor's Office. *Best Practice: PlaNYC: NYC's Long-Term Sustainability Plan* [online]. 2010 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: [http://www.nyc.gov/html/unccp/gprb/downloads/pdf/NYC\\_Environment\\_PlaNYC.pdf](http://www.nyc.gov/html/unccp/gprb/downloads/pdf/NYC_Environment_PlaNYC.pdf)
- New atlas. *Energy Vault to build grid-level, gravity-fed battery from a tower of concrete blocks* [online]. 2018 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://newatlas.com/energy-vault-concrete-tower-battery/57164/>



New York. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_York\\_City](https://en.wikipedia.org/wiki/New_York_City)

OM Solutions. *Jaderná elektrárna Temelín – technický skvost z jižních Čech* [online]. Třebíč: OM Solutions, 2016, 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/jaderna-elektrarna-temelin-technicky-skvost-z-jiznich-cech>

Přečerpávací vodní elektrárna. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99e%C4%8Derp%C3%A1vac%C3%AD\\_vodn%C3%AD\\_elektr%C3%A1rna](https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99e%C4%8Derp%C3%A1vac%C3%AD_vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna)

SAFIROVA Elena, HOUDE Sébastien a Winston HARRINGTON. *Spatial Development and Energy Consumption* [online]. USA, 2007 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://media.rff.org/archive/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-07-51.pdf>

Scientific American. *Making the Big Apple Green Starts with the Empire State Building* [online]. 2010 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/making-big-apple-green/>

Scientific American. *Renewable Energy Intermittency Explained: Challenges, Solutions, and Opportunities* [online]. 2015 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://blogs.scientificamerican.com/plugged-in/renewable-energy-intermittency-explained-challenges-solutions-and-opportunities/>

Schneider Electric. *How big are Power line losses?* [online]. 2013 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://blog.se.com/energy-management-energy-efficiency/2013/03/25/how-big-are-power-line-losses/>

Singapore. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore>

Solargis, World Bank Group. *Global solar atlas* [online]. 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://globalsolaratlas.info/map>

Solargis. *Global solar atlas* [online]. 2020 [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://globalsolaratlas.info/map>

Statista. *Forecasted Gross Metropolitan Product (GMP) of the United States in 2020, by metropolitan area* [online]. 2020 [cit. 2020-04-16]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/183808/gmp-of-the-20-biggest-metro-areas/>

Statistic Centre Abú Dhabí (SCAD). *Energy and Water Statistics* [online]. Spojené Arabské Emiráty, 2017 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.scad.gov.abudhabi/Release%20Documents/Energy%20and%20Water%202017%20EN.pdf>

Streets Blog USA. *Car-Dependency Makes City Life Too Expensive* [online] 2020 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://usa.streetsblog.org/2020/01/15/car-dependency-makes-city-life-too-expensive/>

Techspo Dubai. *United Arab Emirates Climate* [online]. 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://techspodubai.ae/united-arab-emirates-climate/>

The Economist Intelligence Unit. *Asian Green City index* [online]. Siemens AG, Munich 2011 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/5064592/Asian\\_Green\\_City\\_Index\\_Contents](https://www.academia.edu/5064592/Asian_Green_City_Index_Contents)

The Economist Intelligence Unit. *Singapore ranks third overall in the index and is the highest-placed Asian city* [online]. 2012 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z:

<https://eiuperspectives.economist.com/economic-development/hot-spots/case-study/case-study/singapore-asias-most-competitive-city>

The Energy Market Authority (EMA). *Singapore energy statistics 2018* [online]. Singapore, 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:

[https://www.ema.gov.sg/cmsmedia/Publications and Statistics/Publications/SES18/Publication Singapore Energy Statistics 2018.pdf](https://www.ema.gov.sg/cmsmedia/Publications%20and%20Statistics/Publications/SES18/Publication%20Singapore%20Energy%20Statistics%202018.pdf)

The Guardian. *Masdar's zero-carbon dream could become world's first green ghost town* [online].

2016 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/16/masdars-zero-carbon-dream-could-become-worlds-first-green-ghost-town>

The Simple Dollar. *Is It Cost-Effective to Replace Your Refrigerator Today?* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:

<https://www.thesimpledollar.com/save-money/is-it-cost-effective-to-replace-your-refrigerator-today/>

ThoughtCo. *FAQ: What is Electricity?* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:

<https://www.thoughtco.com/what-is-electricity-4019643>

Tomorrow. *Electricity map live* [online]. Copenhagen 2020 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z:

<https://www.electricitymap.org/map>

U.S. Department of Energy (USDOE). *How Microgrids Work* [online]. USA, 2014 [cit. 2020-05-01].

Dostupné z: <https://www.energy.gov/articles/how-microgrids-work>

U.S. Energy Information Administration (EIA). *New York State Energy Profile* [online]. USA, 2017

[cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/state/print.php?sid=NY>

U.S. Energy Information Administration (EIA). *New York State Energy Profile* [online]. 2019b [cit.

2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/state/print.php?sid=NY>

U.S. Energy Information Administration. *Electricity explained* [online]. 2019a [cit. 2020-04-30].

Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/use-of-electricity.php>

U.S. Energy Information Administration. *International Energy Outlook 2016* [online]. 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:

[https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo16/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo16/pdf/0484(2016).pdf)

U.S. Energy Storage Association (ESA). *Hydrogen Energy Storage* [online]. 2020 [cit. 2020-05-01].

Dostupné z: <https://energystorage.org/why-energy-storage/technologies/hydrogen-energy-storage/>

U.S. Green Building Council (USGBC). *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System* [online]. USA, 2012 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z:

<https://web.archive.org/web/20140327061247/http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs8868.pdf>

U.S. Green Building Council (USGBC). *LEED 2009 Minimum Program Requirements* [online]. USA

2011 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z:

<https://web.archive.org/web/20111205123305/http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=6715>

United Nation (UN). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z:

<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>

Vessel Finder. *Indonesia, Singapore discuss shipping security at Malacca Strait* [online]. 2016 [cit.

2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.vesselfinder.com/news/7672-Indonesia-Singapore-discuss-shipping-security-at-Malacca-Strait>

- Vox. *Bitcoin is an energy hog. Where is all that electricity coming from?* [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.vox.com/2019/6/18/18642645/bitcoin-energy-price-renewable-china>
- World Atlas. *Countries With The Lowest Access To Electricity* [online]. 2017 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.worldatlas.com/articles/countries-with-the-lowest-access-to-electricity.html>
- World Bank. *Access to electricity, rural (% of rural population)* [online]. 2017a [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.RU.ZS>
- World Bank. *Access to electricity, urban (% of urban population)* [online]. 2017b [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.UR.ZS>
- World Bank. *Electric power consumption (kWh per capita)* [online]. 2014a [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- World Bank. *Electric power consumption (Kwh per capita) – Singapore, World* [online]. 2014b [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=SG-1W&view=chart>
- World bank. *Electricity production from coal sources (% of total)* [online]. 2014f [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.COAL.ZS>
- World bank. *Electricity production from hydroelectric sources (% of total)* [online]. 2014g [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS>
- World bank. *Electricity production from natural gas sources (% of total)* [online]. 2014h [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.NGAS.ZS>
- World bank. *Electricity production from nuclear sources (% of total)* [online]. 2014c [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.NUCL.ZS>
- World bank. *Electricity production from oil sources (% of total)* [online]. 2014d [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.PETR.ZS>
- World bank. *Electricity production from renewable sources, excluding hydroelectric (% of total)* [online]. 2014e [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.RNWX.ZS>
- World Bank. *Urban population (% of total population)* [online]. 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.in.zs>
- Yale Climate Connections. *Company turns piped water into electricity* [online]. 2017 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.yaleclimateconnections.org/2017/03/company-turns-piped-water-into-electricity/>