

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

Evidenčné číslo: 105002/B/2020/36109009466843396

**VÝVOJ A TRENDY VO VYUŽÍVANÍ NEOBNOVITEĽNÝCH
ZDROJOV ENERGIE V USA A V ČÍNE**

Bakalárska práca

2020

Barnabás Szabó

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA MEDZINÁRODNÝCH VZŤAHOV

**VÝVOJ A TRENDY VO VYUŽÍVANÍ NEOBNOVITEĽNÝCH
ZDROJOV ENERGIE V USA A V ČÍNE**

Bakalárska práca

Študijný program: medzinárodné ekonomické vzťahy
Študijný odbor: ekonómia a manažment
Školiace pracovisko: Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a
hospodárskej diplomacie
Vedúci záverečnej práce: Ing. Mikuláš Černota, PhD.

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu s názvom: Vývoj a trendy vo využívaní neobnoviteľných zdrojov energie v USA a v Číne, vypracoval samostatne pod vedením svojho školiteľa: Ing. Mikuláš Černota, PhD. a že som uviedol všetku použitú literatúru.

19.5.2020

.....
(podpis študenta)

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Mikulášovi Černotovi, PhD. za prejavení ochotu a pomoc pri vypracovaní bakalárskej práce a cenné rady a pripomienky, ktoré mi pri písaní poskytol.

Abstrakt

SZABÓ, Barnabás: Vývoj a trendy vo využívaní neobnoviteľných zdrojov energie v USA a v Číne. – Ekonomická univerzita v Bratislave. – Vedúci záverečnej práce: Ing. Mikuláš Černota, PhD. – Bratislava Fakulta Medzinárodných Vzťahov, 2020, počet strán: 50

Hlavným cieľom práce je identifikácia súčasných trendov v oblasti produkcie a využívania fosílnych zdrojov energie. Práca skúma trendy v dvoch najväčších ekonomikách sveta, čiže v Spojených štátoch amerických a v Čínskej ľudovej republike. Práca je rozdelená do štyroch kapitol. Prvá kapitola sa zaoberá množstvom ložísk, súčasnou produkciou a spotrebou najvýznamnejších neobnoviteľných zdrojov energie. Druhá kapitola vysvetľuje fungovanie zariadení hydraulického štiepenia a vymenúva výhody a nevýhody tejto technológie. Tretia kapitola opisuje čínske uhoľné elektrárne ako najvýznamnejší zdroj vyprodukovaných emisií do ovzdušia. Štvrtá kapitola nám ponúka technológie, ktoré majú najväčšiu perspektívu v oblasti znižovania množstva oxidu uhličitého, ktorého redukcia v ovzduší je primárnym cieľom kvôli zníženiu tempa globálneho otepľovania. Ďalej porovnáva predpoklady Parížskej zmluvy so súčasnými a plánovanými kapacitami zachytávania emisií, ktorá je najvýznamnejšia metóda v tejto oblasti a slúži na udržanie nárastu globálnych teplôt na dohodnutej úrovni.

Kľúčové slová:

Neobnoviteľné zdroje energie, hydraulické štiepenie, oxid uhličitý, CCS

Abstract

SZABÓ, Barnabás: Development and trends in the utilization of non-renewable energy resources in the USA and China – University of Economics in Bratislava – Supervisor: Ing. Mikuláš Černota, PhD. – Bratislava: FMV, 2020, pages: 50

The aim of this thesis is to identify current trends in the production and utilization of fossil energy sources. The thesis examines trends in the two largest economies in the world, so in the United States of America and the People's Republic of China. The thesis is composed of four chapters. The first chapter deals with the number of deposits, current production and consumption of the most important non-renewable energy sources. The second chapter explains the operation of hydraulic fracturing equipment and lists the advantages and disadvantages of this technology. The third chapter describes China's coal-fired power plants as the most important source of air emissions. The fourth chapter offers us the technologies that have the greatest perspective in the field of reducing the amount of carbon dioxide, the reduction of which in the air is the primary goal to reduce the pace of global warming. It also compares the assumptions of the Paris Treaty with current and planned emission capture capacities, which is the most important method in this area and serves to keep global temperature growth at the agreed level.

Key words:

Non-renewable energy sources, hydraulic fracturing, carbon dioxide, CCS

Obsah

Úvod.....	9
I. Cieľ a metodika	11
1 Aktuálna situácia vo využívaní energetických zdrojov a najvyužívanejšie neobnoviteľné zdroje energie vo svetovom hospodárstve.....	13
1.1 Ropa	14
1.2 Uhlie	17
1.3 Zemný plyn	18
2 Metóda hydraulického štiepenia	19
2.1 Horizontálne a vertikálne vrty v USA.....	20
2.2 Vplyv hydraulického štiepenia na životné prostredie	22
2.2.1 Vplyv hydraulického štiepenia na osídlené oblasti	23
2.2.2 Vplyv hydraulického štiepenia na biosféru	23
2.2.3 Vplyv hydraulického štiepenia na atmosféru	24
2.2.4 Vplyv hydraulického štiepenia na litosféru	24
2.3 Konzistencia a riziká kvapalín hydraulického štiepenia	25
2.4 Ekonomické vplyvy hydraulického štiepenia	26
3 Uhoľné elektrárne v ČĽR	28
3.1 Emisie NO _x v uhoľných elektrárnach	29
3.2 Normy kvality ovzdušia	30
3.3 Pevné častice	32
4 Trendy v oblasti znižovania emisií	32
4.1 Metóda zachytávania a ukladania oxidu uhličitého	32
4.1.1 Ukladanie zachytených emisií oxidu uhličitého	33
4.1.2 ČĽR a systém CCS	34
4.1.3 Metódy aplikácie technológií CCS.....	37
4.1.4 Parížska dohoda a technológia CCS.....	37
4.1.5 Inštalácia zariadení CCS	38
4.1.6 Biomasa a technológia CCS.....	39
4.2 Prechod čínskych elektrární z uhlia na plyn.....	40
4.2.1 Pozitíva a negatíva prechodu z uhlia na zemný plyn	41
Záver.....	44
Zoznam použitej literatúry.....	46

Zoznam grafov a použitých skratiek

Grafy:

Graf 1 Podiel energetických zdrojov na tvorbe primárnej energie.....	14
Graf 2 Svetové zásoby ropy z geografického hľadiska	16
Graf 3 Svetové zásoby uhlia z geografického hľadiska.....	18
Graf 4 Svetové zásoby zemného plynu z geografického hľadiska	19
Graf 5 Predpokladané množstvo zachytených a uložených emisií CO ₂ podľa K2°C a K1,5°C.....	39
Graf 6 Vývoj spotreby, produkcie a dovozu zemného plynu v ČĽR v rokoch 2014 a 2018....	43

Použité skratky:

ČĽR – Čínska ľudová republika

USA – Spojené štáty americké

SCR – selektívna katalytická redukcia

CCS – zachytávanie a ukladanie oxidu uhličitého

CCUS – zachytávanie, využívanie a ukladanie oxidu uhličitého

CCU – zachytávanie a využívanie oxidu uhličitého

MAE – Medzinárodnej agentúry pre energetiku

WHO – Svetová zdravotnícka organizácia

K1,5°C – koncept maximálneho nárastu priemerných globálnych teplôt pod 1,5°C

K2°C – koncept maximálneho nárastu priemerných globálnych teplôt pod 2°C

bbl – sud

bbl/d – sud za deň

Gt – Gigatona

Úvod

Energetické zdroje tvoria veľmi dôležitú časť v hospodárstve každej krajiny. Napriek zvyšujúcej hrozbe globálneho otepľovania, ktorý je dôsledkom emisií, pochádzajúcich primárne zo sektora energetiky, väčšina krajín sveta stále využíva neobnoviteľné zdroje energie, ktoré vo významnej miere prispievajú k znečisteniu ovzdušia. Motivácia každej krajiny každoročne zvyšovať hospodársky rast, vedie k nadmernému využívaniu týchto fosílnych palív. Výsledkom týchto procesov je skleníkový efekt, ktorého dôsledkom je nárast priemerných globálnych teplôt.

Vďaka technologickému pokroku sa vyvíjajú nové metódy v oblasti ťažby energetických zdrojov a redukcie skleníkových plynov. Jednou z metód je ťažba nekonvenčných zásob ropy alebo zemného plynu pomocou hydraulického štiepenia, na druhej strane na redukcii emisií sa využívajú viaceré metódy, ale najvýznamnejšou z nich je metóda zachytávania a ukladania emisií do podzemných geologických formácií, ktorá je zameraná na znižovanie množstva oxidu uhličitého v ovzduší.

V prvej kapitole okrem krátkej charakteristiky neobnoviteľných zdrojov, sa zameriame na stav globálneho hospodárstva a porovnávame spotrebu a produkciu jednotlivých krajín alebo regiónov za rok 2018 na základe relevantných štatistických údajov.

V druhej kapitole sa zaoberáme metódou hydraulického štiepenia, a skúmame jeho vplyv na životné prostredie a ekonomiku krajín. V tejto kapitole sa oboznámime s obsahom hydraulických kvapalín, procesom hydraulického štiepenia a spôsobom horizontálneho vŕtania.

V tretej kapitole sa venujeme čínskym uhoľným elektrárnám. Zamerali sme sa na emisie, ktoré sa produkujú počas spaľovania uhlia, normy kvality ovzdušia a v poslednej podkapitole charakterizujeme pevné častice ako potenciálnu hrozbu na zdravie ľudí.

V poslednej kapitole, ktorá je obsahovo najrozsiahlejšia sa zaoberáme metódami a technológiami, ktoré slúžia na redukcii oxidu uhličitého v ovzduší. Charakterizujeme metódu zachytávania a ukladania do podzemných úložísk a ďalšie možné alternatívy využívania zachyteného oxidu uhličitého. Predstavíme ďalší proces, pomocou ktorého sa dá znížiť množstvo tejto znečisťujúcej látky v atmosfére. Oboznámime sa s aktuálnou situáciou

v tomto sektore a porovnáme získané údaje s predpokladanými hodnotami Parížskej zmluvy o množstve zachytených emisií, potrebných na dosiahnutie jej cieľov.

I. Cieľ a metodika

Hlavným cieľom práce je identifikácia súčasných trendov v oblasti produkcie a využívania fosílnych zdrojov energie. Práca skúma trendy a ich ekonomicko-technickú realizáciu v dvoch najväčších ekonomikách sveta, čiže v Spojených štátoch amerických a v Čínskej ľudovej republike. Parciálnymi cieľmi bakalárskej práce sú: objasniť vplyvy získavania fosílnych palív pomocou metódy hydraulického štiepenia na ekonomiku a životné prostredie a poukázať na súčasné trendy v oblasti redukovania emisií v atmosfére, kde hlavnou znečisťujúcou látkou je oxid uhličitý, ktorého redukcia v ovzduší je primárnym cieľom kvôli zníženiu tempa globálneho otepľovania. Pri stanovení cieľov sme si určili vedeckú otázku: „Prispieje technológia CCS vo významnej miere k dosiahnutiu cieľov Parížskej dohody?“

Z metodologického hľadiska je práca členená do štyroch kapitol. V práci využívame štatistické zdroje spoločnosti BP. Ďalej čerpáme z relevantných tuzemských zdrojov alebo zo zahraničných odborných článkov, štúdií a časopisov ako napríklad Energy Economics, Ecological Economics alebo Energy Policy.

V prvej kapitole okrem krátkeho zhodnotenia aktuálnej situácie globálnej ekonomiky, pomocou analýzy a syntézy relevantných štatistických údajov identifikujeme hlavné neobnoviteľné energetické zdroje vo svetovom hospodárstve a takisto určíme, ktoré štáty alebo regióny disponujú s najväčšími zásobami. Na základe komparácie identifikujeme krajiny, ktoré produkujú a spotrebúvajú najväčšie množstvo fosílnych zdrojov na svete.

V druhej kapitole sa zaoberáme metódou hydraulického štiepenia, ktorá začala využívať okrem vertikálnych, aj horizontálne vrty. Zistíme, ako táto zmena ovplyvnila produkciu v Spojených štátoch amerických a objasníme vplyvy hydraulického štiepenia na životné prostredie a ekonomiku.

V tretej kapitole sa venujeme čínskym uhoľným elektrárnam. V tejto časti bakalárskej práce sa zameriavame hlavne na množstvo a druh emisií, ktoré vznikajú pri spaľovaní uhlia. Takisto sa v tejto kapitole opisuje regulácia vyprodukovaných emisií a predstavíme technológiu na redukcii niektorých druhov vyprodukovaných emisií do ovzdušia.

V poslednej, štvrtej kapitole, ktorá je zároveň obsahovo najrozsiahlejšia sa zaoberáme metódami a technológiami, ktoré redukujú množstvo oxidu uhličitého ovzduší. Objasníme si proces zachytávania a ukladania znečisťujúcich látok do podzemných úložísk a ďalšie možné

alternatívy využívania zachyteného oxidu uhličitého. Oboznámime sa s aktuálnou situáciou v tomto sektore a porovnáme získané údaje s predpokladanými hodnotami Parížskej zmluvy o množstve zachytených emisií, potrebných na dosiahnutie negatívnych emisií alebo uhlíkovej neutrality. Na základe dedukcie určíme predpoklady pre dosiahnutie týchto cieľov. Čiže skúmame v akej miere môže táto technológia znížiť vplyvy globálneho otepľovania.

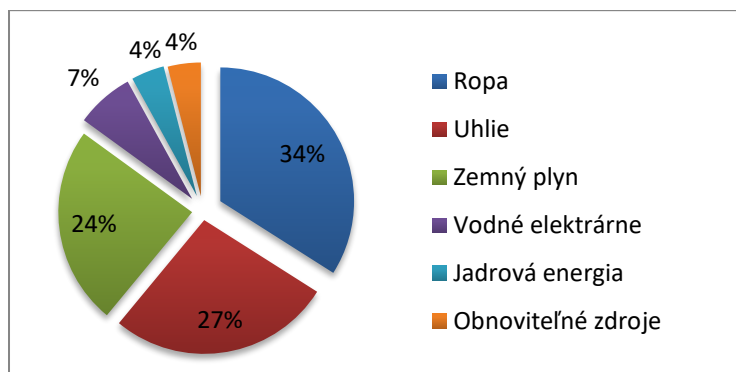
1 Aktuálna situácia vo využívaní energetických zdrojov a najvyužívanejšie neobnoviteľné zdroje energie vo svetovom hospodárstve

Rastom ekonomík, počtu obyvateľstva a postupne väčšími požiadavkami ľudstva sa zvyšuje spotreba a hlavne dopyt po energii. Hlavnými príčinami v roku 2018 boli, už viditeľne sa meniace klimatické podmienky v jednotlivých regiónoch na celom svete, práve kvôli tomu zvýšili podniky a domácnosti svoj dopyt po elektrickej energii. Dôvodom bolo chladenie a vykurovanie obytných či pracovných priestorov. Bola to reakcia na nezvyčajne veľký počet chladných a teplých dní v tomto roku. Napriek tomu, že tieto výkyvy počasia môžu byť krátkodobé, tempo rastu emisií v ovzduší čoraz viac sa vzdďaľuje od dohodnutých cieľov na Parížskej konferencii o zmene klímy z roku 2015. Na druhej strane dobrou správou je, že množstvo elektrickej energie získavanej z obnoviteľných zdrojov tiež rastie. Hlavný podiel na tomto raste majú veterné a slnečné elektrárne, ktorých množstvo vyrobenej elektrickej energie rastie najrýchlejšie zo všetkých obnoviteľných zdrojov energie. Dôsledkom neustáleho rastu emisií v ovzduší, ktoré pochádzajú práve z energetických sektorov je, že najdôležitejšou otázkou v tejto sfére sa stala dekarbonizácia týchto sektorov. Na dosiahnutie tohto cieľa slúžia predovšetkým obnoviteľné zdroje energie, ale existuje iba veľmi malá pravdepodobnosť, že ich výlučným používaním sa dá pokryť celosvetový dopyt po energii, ktorý neustále rastie. Okrem dekarbonizácie poznáme aj ďalšie spôsoby, ktoré by mohli znížiť množstvo molekúl uhlíka vo vzduchu a tak spomaliť globálne otepľovanie. Celosvetovo je známa metóda zachytávania molekúl uhlíka alebo proces prechodu z uhlia na zemný plyn, pri ktorého spaľovaní sa nedostáva také veľké množstvo nebezpečných látok do životného prostredia ako pri ostatných minerálnych zdrojoch.

Tri najvýznamnejšie fosílné palivá, ktoré sú zdrojmi primárnej energie sú uhlie, ropa a zemný plyn. Nazývame ich aj minerálne zdroje. Globálny dopyt po primárnej energii vzrástol v roku 2018 o 2,9%, ide o najrýchlejší rast zaznamenaný od roku 2010. Najväčší podiel na raste dopytu po primárnej energii má sektor elektrickej energie, ktorej sa pripisuje približne polovica celkového nárastu dopytu a polovica nárastu uhlíkových emisií, ktoré tiež vzrástli o 2,0%, čo je najrýchlejší rast zaznamenaný za posledných sedem rokov. Najväčší dopyt po minerálnych zdrojoch má Čínska ľudová republika (ďalej len „ČĽR“), Spojené štáty americké (ďalej len „USA“) a India, ktoré spolu tvorili viac ako dve tretiny globálneho nárastu dopytu po energii, ktorého značná časť sa vyrába z neobnoviteľných zdrojov.

Spotreba USA sa za posledných 30 rokov rozrastá najrýchlejšie pomedzi všetkých krajín sveta. V minulom roku dosiahli jedinečný dvojnásobok, najvyšším ročným nárastom produkcie ropy a zemného plynu.¹

Graf 1 Podiel energetických zdrojov na tvorbe primárnej energie



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. Shares of global primary energy consumption by fuel. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 11.

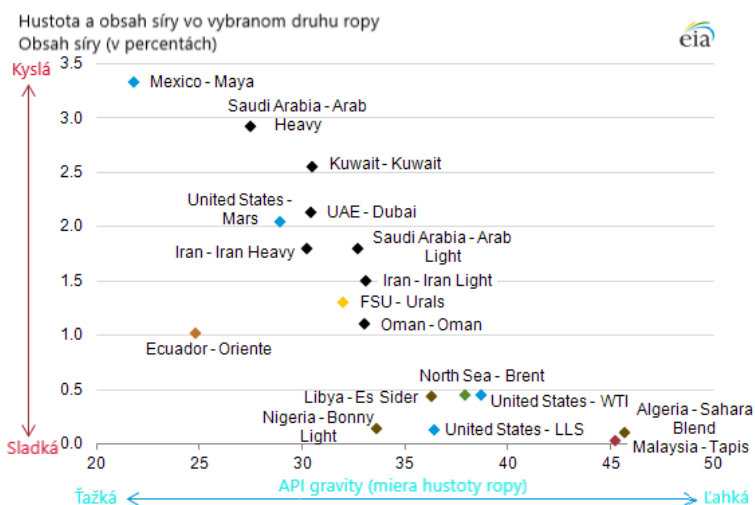
1.1 Ropa

Je najvyužívanejšia nerastná surovina, ktorá je základnou surovinou petrochemického priemyslu. Obrázok 1 znázorňuje rozdelenie ropy podľa hustoty do 3 skupín: ľahká ropa, stredne ťažká a ťažká. Rozdeľuje sa tiež podľa obsahu síry na sladkú, ktorá obsahuje malé množstvo síry a kyslú, ktorá obsahuje viac ako 0.5% a tým pádom je náročnejšia na spracovanie.² Za najkvalitnejší druh ropy sa považuje ľahká a sladká ropa.

¹BP. 2019. Energy economics BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 2-7.

²U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: Today in Energy: Crude oils have different quality characteristics. [online]. 2012. [citované 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7110>>

Obrázok 1 Kvalita ropy



Zdroj: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: Today in Energy: Crude oils have different quality characteristics. [online].2012. [citované 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7110>>

Ropa podľa typu ťažby primárne delíme na konvenčnú a nekonvenčnú. Konvenčná ropa je tekutá a vyskytuje sa vo vrchných vrstvách zemskej kôry, ťaží sa pomocou vrtov, či už to je suchozemský alebo morský spôsob jej ťažby. Proces ťažby konvenčnej ropy závisí od jej typu, množstva a miesta, kde sa daný vrt nachádza. V súčasnosti miera vyčerpania ropného ložiska sa pohybuje medzi 30-40%, čo hovorí o tom, že napriek dostatočnému technickému vybaveniu minimálne 60% ropy ostáva nevyťaženej v ložisku. Dôvodom je, že extrakcia tejto ropy je príliš nákladná. Primárna ťažba nastáva pomocou prírodného tlaku. V ropných vrtoch sa nachádza tlak, ktorý vzniká v dôsledku prítomnosti zemného plynu, vody alebo plynu rozpusteného v rope. Počas ťažby sa tlak vo vrte postupne redukuje a nastáva sekundárna fáza, kedy exploatacia ropy prebieha pomocou čerpadla alebo mechanickej pumpy alebo tlaku, ktorý sa v ložisku podporí injektážou vody alebo plynu. Zjednodušene ide o udržiavanie ložiskového tlaku alebo zapojenie strojov.³ Počas terciárnej fázy ide o zníženie viskozity zvyšnej ropy v ložisku zvyšovaním jej teploty. Nekonenčná ropa, na rozdiel od konvenčnej ropy sa nezávisle tradičnou ťažobnou metódou. Jej ťažba je finančne i ekologicky náročná.

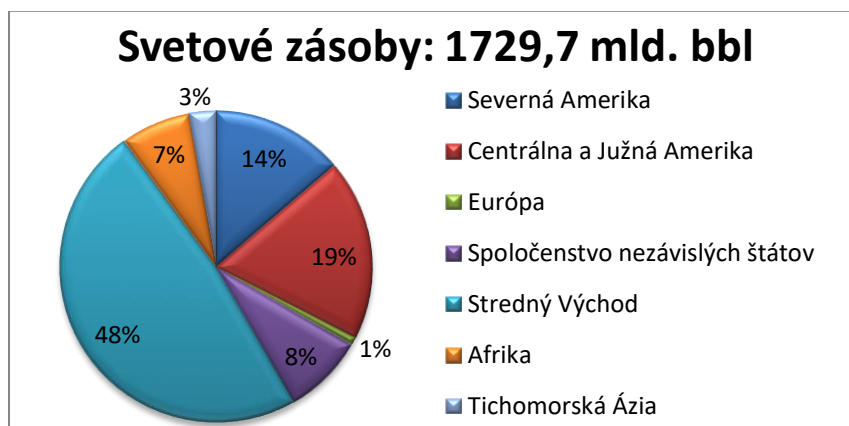
Základné rozdelenie zásob ropy sa určuje podľa jej vyťažiteľnosti. Poznáme dokázané rezervy, ktoré je možné ťažiť pri aktuálnych cenách na trhu a pri aktuálnej úrovni techniky používanej na ťažbu. Na označenie prvej skupiny sa používa pojem 1P alebo P90, to znamená 90%-nú pravdepodobnosť ich ťažby. Pravdepodobné rezervy sa pravdepodobne dajú ťažiť pri

³ LIPKOVÁ, Ľudmila a kol. Medzinárodné hospodárske vzťahy. Prvé vyd. Bratislava : Sprint dva, 2011. 433 s. ISBN: 978-80-89393-37-4. str. 121-122.

súčasnej cene a pri súčasnej technickej vybavenosti. Označujú sa ako 2P (dokázané + pravdepodobné) alebo P50, t.j. v súčasnosti je 50%-ná pravdepodobnosť na ich ťažbu. Potenciálne rezervy, pre ktorých v súčasnosti neexistujú vhodné podmienky na ťažbu. Označujú sa ako 3P (dokázané + pravdepodobné + potenciálne) alebo P10, ktorá predpokladá 10%-nú šancu exploatacie.⁴

Najväčšími zásobami ropy disponujú krajiny Venezuela (303,3 miliárd bbl), Saudská Arábia (297,7 miliárd bbl) a Kanada (167,8 miliárd bbl). Najväčšími producentmi ropy sú USA (15 311 000 bbl/d) na druhom mieste sa nachádza Saudská Arábia (12 287 000 bbl/d) a na tretí najviac produkujúci štát je Ruská federácia (11 438 000 bbl/d). Na druhej strane najväčšími spotrebiteľmi ropy sú USA (20 456 000 bbl/d), ktoré so svojim dopytom prevyšujú vlastnú ponuku po rope a ČĽR (13 525 000 bbl/d). Medziročne v roku 2018 svetová produkcia ropy vzrástla o 2,4% (2,2 milióna bbl/d). Krajiny, ktoré svoju produkciu zvýšili sú USA o 16,6% (2,2 milióna bbl/d), Kanada o 8,5% (410 000 bbl/d) a Saudská Arábia o 3,3% (390 000 bbl/d). Naopak, krajiny, ktoré obmedzili ťažbu boli: Venezuela o 27,8% (580 000 bbl/d) a Irán o 6,1% (310 000 bbl/d). Spotreba ropy sa medziročne zvýšila tiež. Celosvetovo približne o 1,5% (1,4 milióna bbl/d), najväčšie medziročné rozdiely nastali v ČĽR (680 000 bbl/d) a v USA (500 000 bbl/d).⁵

Graf 2 Svetové zásoby ropy z geografického hľadiska



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 14.

⁴ Dudáš, Tomáš a kol. Svetová ekonomika. Prvé vyd. Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM, 2017. 268 s. ISBN: 978-80-225-4352-1. str. 112.

⁵BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 14-20.

1.2 Uhlie

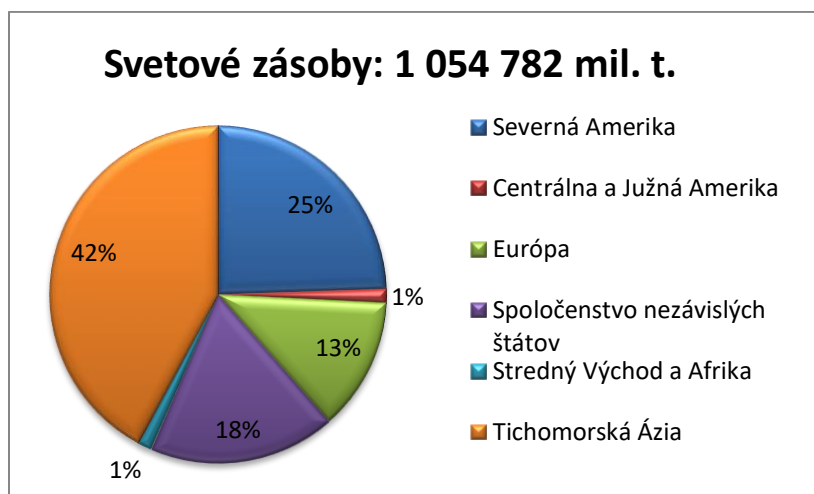
Spomedzi neobnoviteľných zdrojov energie najväčšie zásoby sú zásoby uhlia. Rozlišujeme viacero druhov uhlia. Poznáme lignit (hnedé uhlie), subbitúmenové uhlie, bitúmenové uhlie a antracit (čierne uhlie).⁶ Jednotlivé druhy uhlia sa využívajú podľa vlastností na vykurovanie domácností alebo výrobu elektrickej energie. Je najviac využívaná v rozvojových štátoch. Vo väčšine rozvinutých krajín sa snažia obmedziť tento zdroj, kvôli vysokému množstvu škodlivých látok a skleníkových plynov, ktoré vznikajú pri jeho spaľovaní.

Najväčšími svetovými zásobami uhlia disponujú krajiny ako USA (23,7%) , Ruská federácia (15,2%), Austrália (14%) a ČĽR (13,2%). Globálna produkcia sa zvýšila v roku 2018 o 4,3%. Celosvetovo najväčším producentom uhlia je ČĽR, ktorá produkuje približne polovicu svetovej produkcie uhlia (46,7%) t.j. 2612,57 milióna ton. Na druhom a treťom mieste sa nachádzajú USA a Ruská federácia. Spotreba uhlia v roku 2018 vzrástla o 1,4%, čo je dvojnásobok priemerného rastu za posledných 10 rokov. Najviac využívajúcou krajinou uhlia je tiež ČĽR, ktorá ročne spotrebuje 2723,86 milióna ton uhlia. Okrem toho, že sa tam spotrebúva viac ako polovica (50,5%) celkovej svetovej spotreby, ČĽR spolu s Indiou patria medzi krajiny, ktoré ročne spotrebujú viac uhlia ako vyprodukujú. V roku 2018 najväčšími importérmi uhlia boli Európa (213,71 milióna ton) a Čína (209,14 milióna ton). Najväčší dopyt po uhlí okrem ČĽR je v Indii, USA, Japonsku. V Indii medziročne vzrástol dovoz o 25,5%. Na druhej strane najväčším vývozcom uhlia sú v súčasnosti štáty ako Austrália (356,28 milióna ton) a Indonézia (314,71 milióna ton).⁷

⁶Dudáš, Tomáš a kol. Svetová ekonomika. Prvé vyd. Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM, 2017. 268 s. ISBN: 978-80-225-4352-1. str. 107.

⁷BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 42-45.

Graf 3 Svetové zásoby uhlia z geografického hľadiska



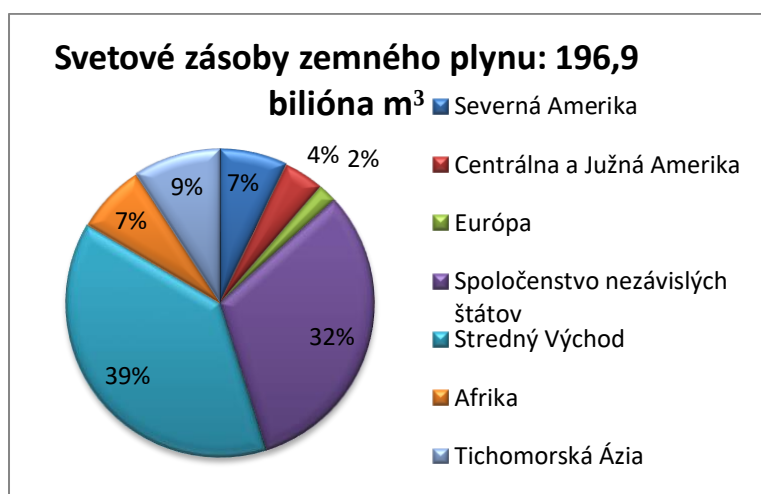
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 42.

1.3 Zemný plyn

Najväčšie zásoby zemného plynu sa nachádzajú v Ruskej federácii 19,8% (38,9 miliarda m³), v Iráne 16,2% (31,9 miliarda m³) a v Katare 12,5% (24,7 miliarda m³) z celosvetových zásob. Produkcia zemného plynu v roku 2018 narástla o 5,2%, najviac vyprodukovali USA 831,8 miliárd m³, ktoré si medziročne zvýšili svoju produkciu o 11,5%, čo je historický rekord medzi všetkými štátmi sveta. Nasleduje ich Ruská federácia s 669,5 miliárd m³ a Irán s 239,5 miliárd m³. Najväčšími spotrebiteľmi zemného plynu sú USA (817,1 miliárd m³), ich spotreba vzrástla podobne o 10,5% ako aj produkcia a Ruská federácia (454,5 miliárd m³). Konzumpcia plynu sa zvýšila v Číne o 17,7% a v Iráne o 7,5%. Tieto štyri štáty zodpovedajú za 80% celkového rastu dopytu po zemnom plyne.⁸

⁸BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 30-34.

Graf 4 Svetové zásoby zemného plynu z geografického hľadiska



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 42.

2 Metóda hydraulického štiepenia

Technika produkcie ropy známa ako hydraulické štiepenie alebo frakovanie sa používa na ťažbu ropy a zemného plynu z bridlicových formácií a iných tesných geologických útvarov. Táto technika, je často používaná v kombinácii s horizontálnym vrtaním, ktorá umožnila mnohým krajinám, ale predovšetkým USA výrazne zvýšiť domácu produkciu ropy a zemného plynu najrýchlejšie ako kedykoľvek v histórii a znížiť ich dovozy do USA.⁹

Hydraulické štiepenie zahŕňa nástrek kvapaliny, predovšetkým vody pod vysokým tlakom cez vrt na horninu až do jej zlomenia. Táto vstreknutá tekutina obsahuje propant alebo malé tvrdé častice zvyčajne oxidu kremičitého, oxidu hlinitého alebo umelú nestlačiteľnú látku podobnej veľkosti, ktorá vyplňa expandujúcu fraktúru. Tieto zlomeniny sa môžu rozprestierať niekoľko sto metrov od vertikálneho alebo horizontálneho vrtu. Keď sa vstrekovanie zastaví a zníži sa vysoký tlak, formácia sa pokúsi usadiť späť do svojej pôvodnej formy, ale propant udržiava zlomeninu otvorenú. Tento jav umožňuje, aby uhl'ovodíky, ako napríklad ropa a zemný plyn, prúdili z horninového útvaru do vrtu a potom na povrch.¹⁰ Po ukončení procesu vstrekovania, vnútorný tlak horniny spôsobuje, že sa tekutina vracia na

⁹U.S. Energy Information Administration. Oil: crude and petroleum products explained Oil and the environment. [citované 5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>>

¹⁰U.S. Energy Information Administration. Today in Energy. Hydraulic fracturing accounts for about half of current U.S. crude oil production. [citované: 5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372>>

povrch cez vrt. Táto tekutina je známa ako „spätný tok“ a môže obsahovať vstrekané chemikálie a prirodzene sa vyskytujúce materiály, ako sú kovy, rádioaktívne nuklidy a uhl'ovodíky. Vyprodukovaná voda sa zvyčajne skladuje pred spracovaním, zneškodnením alebo recykláciou na mieste v nádržiach alebo jamách. Z dôvodu množstva použitej vody a zložitosti úpravy niektorých zložiek odpadových vôd je čistenie a likvidácia dôležitou a náročnou otázkou. V mnohých prípadoch sa vstrekuje do podzemia do hlbokých vrtov na zneškodnenie. Vstrekovanie odpadovej vody môže ale spôsobiť zemetrasenia, ktoré môžu spôsobiť veľké škody. V oblastiach, kde nie je možné odpadovú vodu vstreknúť späť do vrtu, sa môžu nachádzať zariadenia na čistenie a opätovné použitie alebo po zneškodnení chemikálií sa vypustia do povrchových vôd.¹¹ Tým sa môže znížiť množstvo znečistenej vody, vypustenej do prírody a taktiež sa znižuje vodná náročnosť tejto metódy ťažby nekonvenčných zásob.

Hydraulické štiepenie má vplyv aj na životné prostredie. Zlomenie horniny vyžaduje veľké množstvo vody a na uvoľňovanie ropy a zemného plynu z vrstiev hornín sa využívajú nebezpečné chemikálie. V niektorých oblastiach krajiny môže využívanie vody na výrobu ropy ovplyvniť dostupnosť vody na iné účely alebo aj ovplyvniť vodné biotopy. Nesprávna konštrukcia vrtu alebo nesprávna manipulácia môžu viesť k úniku a rozliatiu tekutín, ktoré môžu obsahovať nebezpečné chemikálie.¹² Pravdepodobne by to viedlo k zníženiu úrodnosti pôdy alebo k znečisteniu zásob pitnej vody.

2.1 Horizontálne a vertikálne vrty v USA

Začiatkom 60. rokov 19. storočia sa štiepenie používalo na formovanie skalných útvarov v Pensylvánii, New Yorku, Kentucky a Západnej Virgínii. Rozširovali sa vrty a tak sa zväčšil vychádzajúci tok, čo viedlo k zvyšovaniu efektívnosti ťažby ropy. V týchto rokoch na tieto účely používali tekutý alebo stužený nitroglycerín. Pokusy s nevýbušnými tekutinami boli prvýkrát vykonané v 30. rokoch 20. storočia. Koncepcia (hydraulického) štiepenia tlakom namiesto výbušnín začala rásť a následne bola komerčne použitá prvýkrát v roku 1949

¹¹United States Environmental Protection Agency. The Process of Unconventional Natural Gas Production. Hydraulic Fracturing. [citované: 5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.epa.gov/uog/process-unconventional-natural-gas-production>>

¹²U.S. Energy Information Administration. Oil: crude and petroleum products explained Oil and the environment. [citované 6.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>>

spoločnosťou Halliburton Oil Well Cementing Company s licenciou spoločnosti Stanolind Oil and Gas Corporation. Tento trend trvá od druhej polovice 19. storočia až dodnes.¹³

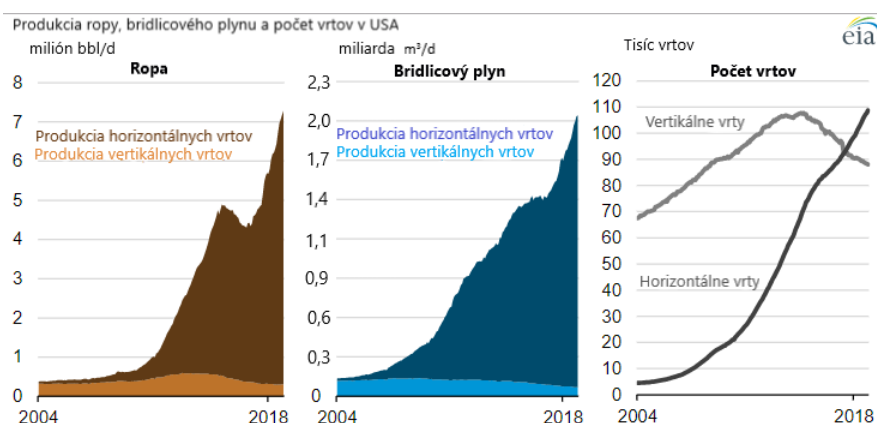
Horizontálne vrtanie do ropných a plynových bridlicových formácií je zodpovedné za zvýšenie výroby ropy a zemného plynu v USA. V roku 2004 tvorili horizontálne vrty asi 15% výroby ropy v USA v tesných ropných formáciách. Do konca roku 2018 sa toto percento zvýšilo na 96%. Podobne aj horizontálne vrty predstavovali asi 14% výroby zemného plynu v USA v bridlicových formáciách v roku 2004 a zvýšili sa na 97% do roku 2018. Aj keď horizontálne vrty boli od roku 2008 a 2010 dominantným zdrojom výroby bridlicového plynu v USA a ťažkých ropných ložísk, počet horizontálnych vrtov nepresahoval počet vertikálnych vrtov vyvrtaných v týchto ložiskách až do roku 2017. Asi cez 88 000 vertikálnych vrtov v ťažkých ropných a bridlicových plynových ložiskách v USA sa produkovala ropa alebo zemný plyn koncom roka 2018, ale objem vyprodukovaný týmito vrtmi bol malý v porovnaní s objemom produkovaným horizontálnymi vrtmi. Mnohé z týchto zostávajúcich vertikálnych vrtov sa považujú za okrajové studne, ktoré budú naďalej produkovať malé objemy, až kým nebudú neekonomické.¹⁴ Hlavnou príčinou pokračujúceho trendu hydraulického štiepenia je globálny rast populácie, ktorá bude v nasledujúcich rokoch kľúčovou hybnou silou hospodárskej expanzie na celom svete, v dôsledku čoho sa bude aj naďalej zvyšovať svetový dopyt po potravinách, tovare a službách. Tým sa zvyšuje aj dopyt po surovinách a energii. Podľa týchto údajov sa predpokladá, že svetová spotreba energie vzrastie o 50% medzi rokmi 2018 a 2050.¹⁵ Predpokladaný pokles využívania uhlia zároveň zvyšuje dopyt po ťažbe iných prírodných zdrojov t.j. zemného plynu a ropy.

¹³ Kreipl, M., Kreipl, A., Hydraulic fracturing fluids and their environmental impact: then, today, and tomorrow, Environmental Earth Sciences, 2017, str.1-16 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1866-6280 [citované: 28.11.2019]. Dostupné na internete: <https://link-1springer-1com-183lie3550cf1.hanproxy.cvtisr.sk/article/10.1007%2Fs12665-017-6480-5>

¹⁴U.S. Energy Information Administration. Today in Energy: Horizontally drilled wells dominate U.S. tight formation production. [online]. 2019. [citované:5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39752>>

¹⁵ Kreipl, M., Kreipl, A., Hydraulic fracturing fluids and their environmental impact: then, today, and tomorrow, Environmental Earth Sciences, 2017, str.1-16 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1866-6280 [citované: 29.11.2019]. Dostupné na internete: <https://link-1springer-1com-183lie3550cf1.hanproxy.cvtisr.sk/article/10.1007%2Fs12665-017-6480-5>

Obrázok 2 Produkcia horizontálnych a vertikálnych vrtov podľa rokov v USA



Zdroj: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: Today in Energy: Horizontally drilled wells dominate U.S. tight formation production. [online]. 2019. [citované:5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39752>>

2.2 Vplyv hydraulického štiepenia na životné prostredie

Napriek tomu, že sa koncepcia frakovania rozšírila na celom svete, táto technológia čelí obavám týkajúcim sa mikroseizmológie, emisií do ovzdušia, spotreby vody a ohrozenia podzemnej vody v dôsledku rizika perforácie ochranných vrstiev a úniku chemikálií cez vrtov. Okrem toho, že chemické zlúčeniny predstavujú vážne riziká pre životné prostredie, sú z hľadiska ekologickej toxicity nebezpečné aj bez toho, aby sa dostali do podzemných vôd.

Riziko perforácie ochranných vrstiev, ktoré zabráňujú vniknutiu chemikálií do podzemných vôd, súvisí hlavne s hĺbkou vrtu, štruktúrou pôdy, hrúbkou ochranných vrstiev a dĺžkou zlomenín. Riziko je možné znížiť nariadeniami alebo opatreniami. Napríklad povolením hydraulického štiepenia iba vo vrtoch s určitou hĺbkou. To isté platí pre pokrytie chemikálií nejakým povrchom, napr. požiadaním o hrubšiu ochrannú (betónovú) vrstvu, ktorá pokrýva oblasť okolo vrtu. S ekologickou toxicitou v studni je to iné. Jediným spôsobom, ako vyriešiť tento problém, je použitie tekutín a prísad bez environmentálne nebezpečných chemikálií, ktoré ešte nie sú na trhu k dispozícii, napríklad moderné technológie hydraulického štiepenia so zameraním na vodné systémy alebo nový hydrogél. Tieto hydrogély rozdeľujeme na: kvapaliny na vodnej báze (tekutiny na báze peny), kvapaliny na báze kyselín a kvapaliny na báze nafty alebo petroleja. Najvyužívanejšou z nich sú kvapaliny na vodnej báze.¹⁶

¹⁶ Kreipl, M., Kreipl, A., Hydraulic fracturing fluids and their environmental impact: then, today, and tomorrow, Environmental Earth Sciences, 2017, str.1-16 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1866-6280 [citované: 28.11.2019]. Dostupné na internete: <https://link-1springer-1com-183lie3550cf1.hanproxy.cvtisr.sk/article/10.1007%2Fs12665-017-6480-5>

2.2.1 Vplyv hydraulického štiepenia na osídlené oblasti

Hydraulické štiepenie mení osídlené územia v dôsledku odstránenia pôvodných typov krajiny pokrývky, vytvorenia veľkých betónových blokov v oblasti vrtu a rozvoja nových dopravných sietí. Hydraulické štiepenie sa stalo bežnou súčasťou krajiny v oblastiach, kde sa ťaží bridlicová ropa alebo bridlicový plyn. V súčasnosti bežné vrtné miesto konvenčnej ropy alebo plynu často nezaberá viac ako 1,5 hektárov, ale na miestach, kde prebieha hydraulické štiepenie sa zvyčajne devastuje približne 2,5 hektárov prírody. Tieto ťažobné miesta zasahujú do pôvodnej mestskej, vidieckej alebo lesnej štruktúry krajiny, pretože sú prepojené novovytvorenými dopravnými sieťami. Ľudia pracujúci na pracoviskách sa často presúvajú a zhromažďujú v neďalekom meste, v ktorom ovplyvňujú a menia pôvodné komunity. Pracovníci po dokončení vrtania a štiepania sa väčšinou presúvajú na iné pracoviská kde vykonávajú nové štiepiace úlohy.¹⁷

2.2.2 Vplyv hydraulického štiepenia na biosféru

Územia hydraulického štiepenia často zasahujú do lesných, poľnohospodárskych a trávnatých plôch. Okolie každého vrtu je zasypané tonami štrku a obývané desiatkami obrovských nástrojov a zariadení. Okrem betónových blokov, ktoré označujú miesta vrtov sú tam tiež nádrže, ktoré obsahujú odpadovú vodu z vrtania. Odlesňovanie alebo deštrukcia trávnatých plôch, kvôli príprave územia na ťažbu má významné účinky na životné prostredie, napríklad stratu živočíšnych a rastlinných biotopov a môže byť faktorom, ktorý vedie k zmene regionálnej klímy. Pôdy v lesoch sú zvyčajne vlhké, ale po vyčistení sa rýchlo vysychajú a stávajú sa suchými púšťami. Po odlesňovaní slnečné lúče počas dňa nie sú blokované a povrch pôdy sa počas dní rýchlo zahrieva a v noci ochladzuje. Toto narušenie v oblasti môže viesť k extrémnym lokálnym zmenám teplôt, čo môže poškodiť mikroorganizmy, rastliny, zvieratá a dokonca aj ľudí.¹⁸ Zmenou biotopov, môžu sa tu objaviť nové druhy zvierat, čo ďalej ovplyvňuje život jednotlivých druhov zvierat a rastlín alebo aj človeka.

¹⁷ Meng, Qingmin, The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm, Science of the Total Environment, 2017, str.953-957 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0048-9697. [citované: 1.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1xrx9za550f4a.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0048969716327322>

¹⁸ Meng, Qingmin, The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm, Science of the Total Environment, 2017, str.953-957 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0048-9697. [citované: 1.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1xrx9za550f4a.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0048969716327322>

2.2.3 Vplyv hydraulického štiepenia na atmosféru

Hydraulické štiepenie má vplyv na atmosféru z dvoch hľadísk. Po prvé, odlesňovaním sa znižuje rozloha lesov, ako je vyššie uvedené, a tým sa znižuje reprodukcia kyslíka. Po druhé, sú to emisie metánu z hydraulického štiepenia. Metán je druhým najrozšírenejším skleníkovým plynom, je účinnejší ako oxid uhličitý pri zachytávaní žiarenia, aj keď jeho životnosť je oveľa kratšia ako životnosť oxidu uhličitého v atmosfére. Medzivládny panel pre zmenu podnebia uvádza, že metán je oveľa nebezpečnejším skleníkovým plynom, ako vedci predtým tvrdili. Podľa americkej agentúry pre ochranu životného prostredia produkcia elektrickej energie produkuje približne 30% emisií skleníkových plynov v USA. Taktiež tvrdí, že výroba elektriny zo zemného plynu v elektrárňach produkuje približne iba 50% emisií skleníkových plynov v porovnaní s uhoľnou elektrárnou.¹⁹ Tento fakt potvrdzuje skutočnú potrebu prechodu z uhoľných elektrární na metódy výroby elektrickej energie z obnoviteľných alebo menej škodlivých zdrojov ako napríklad zemný plyn, ktorý sa považuje za prechodné palivo z neobnoviteľných na obnoviteľné zdroje v oblasti energetiky a môže sa získavať hydraulickým štiepením z podzemných geologických štruktúr.

2.2.4 Vplyv hydraulického štiepenia na litosféru

Hydraulické štiepenie ovplyvňuje litosféru priamo a nepriamo. Územia, kde prebieha hydraulické štiepenie či už v horských polohách, na poľnohospodárskej pôde alebo na pastvinách sú ovplyvnené procesmi štiepenia. Menia tak formu a geomorfologické vlastnosti pôdy. Fyzické a chemické zloženie pôdy a organická aktivita v pôde sa môže výrazne zmeniť v dôsledku odlesňovania alebo premeny poľnohospodárskych pôd alebo pastvín na ťažobné miesta. Typický proces veľkoobjemového horizontálneho hydraulického štiepenia s tlakom približne 70 – 140 MPa môže spôsobiť zmeny seizmických vĺn a vyvolať malé zemetrasenia. Vstrekovanie tekutiny do hlbokých vrtov tiež súvisí so seizmicitou. Spravidla sa do nepriepustných hornín vstrekuje približne 76 000 – 760 000 hektolitrov vody (záleží od veľkosti vrtu), propantov, piesku a chemikálií, ktorých väčšina zostáva v horninách a proces štiepenia tak môže zmeniť chemické zloženie a fyzikálnu štruktúru hornín.²⁰ Táto

¹⁹ Meng, Qingmin, The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm, Science of the Total Environment, 2017, str.953-957 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0048-9697. [citované: 1.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1rx9za550f4a.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0048969716327322>

²⁰ Meng, Qingmin, The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm, Science of the Total Environment, 2017, str.953-957 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0048-9697. [citované: 1.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1rx9za550f4a.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0048969716327322>

zmena v štruktúre hornín sa môže prejavíť v podobe zemetrasení v priebehu niekoľkých rokov alebo až desaťročí.

2.3 Konzistencia a riziká kvapalín hydraulického štiepenia

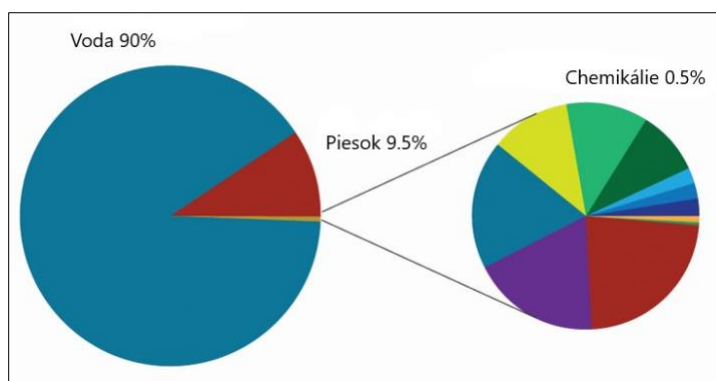
Pokroky v horizontálnom vŕtaní umožnili, aby sa hydraulické štiepenie stalo bežnou metódou získavania ropy a zemného plynu z bridlicových formácií. V posledných rokoch možné nepriaznivé environmentálne vplyvy tejto technológie na podzemné a povrchové vody a nepriaznivé vplyvy na zdravie pracovníkov vyvolali obavy mnohých inžinierov a vedcov. Tekutiny, známe ako kvapaliny na hydraulické štiepenie, sa zvyčajne skladajú z vody 98% - 99,5%, propantov (piesok, keramické látky) a chemických prísad, ktoré sú zodpovedné za udržiavanie rovnováhy vo vrte. Propanty sa vstrekujú do formácie, aby udržali nové zlomeniny otvorené, pričom sa zachová priepustnosť. Chemické prísady sa používajú na zníženie trenia a rastu baktérií, ako aj na potlačenie tvorby vodného kameňa a korózie vo vnútri vrtu. Jednou z obáv je návrat vstrekaných hydraulických štiepiacich kvapalín na povrch po uvoľnení tlaku. Táto tekutina sa všeobecne označuje ako spätný tok alebo vyprodukovaná voda. Označenie spätný tok sa bežne týka hydraulických štiepiacich tekutín, ktoré sa vracajú na povrch bezprostredne po štiepení alebo pred ťažbou, zatiaľ čo vyprodukovaná voda sa týka hydraulických štiepiacich tekutín, ktoré sa vracajú na povrch počas ťažby ropy a zemného plynu. Zloženie hydraulických štiepiacich tekutín sa líši. Množstvo a druh chemických prísad používaných v hydraulických štiepiacich tekutinách súvisí s geologickou charakteristikou pôdy, kde sa nachádzajú vrty, do ktorých sa vstrekujú tekutiny. Taktiež záleží na chemických vlastnostiach čistej vody. Z dôvodu rozdielov a možnosti, že chemické prísady sú toxické alebo prispievajú k tvorbe toxických vedľajších produktov, je pri spracovaní a riadení frakčných kvapalín potrebné starostlivé a systematické skúmanie chemikálií pridávaných do kvapalín na hydraulické štiepenie, aby sa zabránilo ekologickému poškodeniu.²¹

Proces hydraulického štiepenia pozostáva z troch krokov: 1. vstrekovanie vody, propantu a chemikálií (tieto prísady tvoria štiepiacu kvapalinu) do vrtu pod vysokým tlakom, aby sa rozbila horninová formácia, 2. ťažba ropy a zemného plynu uvoľneného z formácie cez vrt a 3. Spracovanie a zneškodnenie vyprodukovanej vody, ktorá sa použila na rozbitie horniny a pri exploatacii fosílnych zdrojov.

²¹ Chen, Huan., Carter, Kimberly E, Characterization of the chemicals used in hydraulic fracturing fluids for wells located in the Marcellus Shale Play, Journal of Environmental Management, 2017, str.312-324 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4797. [citované: 30.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-12d3snb550f36.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S030147971730542X>

Chemikálie pridávané do vstrekovaných kvapalín sa líšia od viacerých faktorov a každá z nich plní určitú funkciu. Medzi hlavné prísady patria gély, ktoré roznášajú propanty do fraktúr. Látky na redukciiu trenia medzi tekutinou a povrchom potrubia. Rôzne kyseliny na čistenie vrtov a na rozpustenie škodlivých minerálov, rozpustením jednotlivých minerálov sa otvoria ďalšie cesty tokov zemného plynu alebo ropy a môžu sa tak dostať do vrtu, čím sa zvýši produkcia vrtu. Ďalej sú to látky na prevenciu korózie, ktorá vzniká používaním kyselín a solí. Zlúčeniny na prevenciu vodného kameňa. Látky upravujúce pH vody. Zlúčeniny na reguláciu množstva železa počas procesu štiepenia, niektoré bridlicové útvary majú vysoký obsah železa ktorý blokuje prietoky ropy alebo zemného plynu. Veľký význam majú stabilizátory ílu, ktoré zabraňujú opuchu ílov nachádzajúcich sa v bridlicových formáciách. Zväčšenie ílu môže znížiť priepustnosť až o 90%, a tým znížiť produktivitu vrtov. Biocídy na dezinfekciu a zníženie koncentrácie baktérií vo vode, povrchovo aktívne látky a ďalšie.²² Každá chemikália sa dávkuje v určitom množstve, toto množstvo závisí od kvality vody alebo podzemnej štruktúry z ktorej sa získavajú nekonvenčné zásoby neobnoviteľných zdrojov energie.

Obrázok 3 Konzistencia kvapalín hydraulického štiepenia



Zdroj: Government of Western Australia, Department of Mines, Industry Regulation and Safety: Hydraulic fracture stimulation. [online]. [citované:7.5.2020]. Dostupné na internete: <<https://www.dmp.wa.gov.au/Petroleum/Hydraulic-fracture-stimulation-20018.aspx>>

2.4 Ekonomické vplyvy hydraulického štiepenia

Kombinácia hydraulického štiepenia s horizontálnym vŕtaním umožnila získavanie ropy a zemného plynu z niektorých typov geologických formácií, ktoré boli dovtedy nevýznamné z hľadiska ťažby z dôvodu neexistencie vhodných technológií na ťažbu

²² Ferrer, Imma., Thurman, E. Michael, Chemical constituents and analytical approaches for hydraulic fracturing waters, Trends in Environmental Analytical Chemistry, February 2015, str.18-25 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 2214-1588. [citované: 6.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1yjs66l551652.hanproxy.cvtsir.sk/science/article/pii/S2214158815000045>

nerastných zdrojov. Vďaka horizontálnym vrtom sa zvýšili dostupné energetické zdroje v USA a v niektorých oblastiach tejto krajiny došlo k rozvinutiu ťažobného priemyslu. V niektorých štátoch USA sa od roku 2011 do 2015 percento zemného plynu vyťaženého pomocou hydraulického štiepenia zvýšilo z 23% na najmenej 50% a do roku 2016 až na dve tretiny. Najväčšou výhodou pre štáty, v ktorých najväčšia časť ťažby ropy a zemného plynu prebieha pomocou metódy hydraulického štiepenia je prínos pre ekonomiku, ktorý ale prichádza s environmentálnymi nákladmi. Okrem negatívnych vplyvov, môže mať aj pozitívne účinky na životné prostredie. Najväčším prínosom tejto novej technológie je prebytok spotrebiteľov z nižších cien zemného plynu pre domácnosti alebo priemyselných spotrebiteľov, ktoré znamenajú dodatočné úspory pre fyzické alebo právnické osoby. Environmentálnym prínosom je napríklad prechod niektorých energetických spoločností z uhlia na zemný plyn, práve kvôli jeho nižším cenám. Environmentálne náklady zahŕňajú škody na zdraví človeka alebo živočíchov v danej oblasti, ktoré sú spôsobené znečisteniami ovzdušia skleníkovými plynmi, studní a vodných biotopov alebo fragmentáciou dovtedy nedotknutých prírodných biotopov. V jednotlivých štátoch federácie vznikla otázka o environmentálnych vplyvoch a následná diskusia o zavedení metódy hydraulického štiepenia a horizontálnych vrtov do praxe. Išlo teda o výber medzi ekonomickými výhodami alebo udržaním kvality životného prostredia. Niektoré štáty otvorene prijali hydraulické štiepenie, zatiaľ čo iné štáty zakázali z dôvodu ochrany životného prostredia. V každej krajine existujú ľudia, ktorí získavajú z hydraulického štiepenia (spotrebiteľia zemného plynu a priemyselné odvetvia v celej krajine, pracovníci v ťažobnom priemysle, vlastníci nerastných surovín) a tí, ktorí znášajú následky (ľudia žijúci v okolí týchto vrtov). Nižšie ceny zemného plynu, ktoré sa pripisujú hydraulickému štiepeniu, priniesli nárast spotrebiteľského prebytku odberateľov zemného plynu, či už ide o vykurovanie domácností, priemyselných alebo komerčných užívateľov alebo výrobu elektrickej energie. Nižšie ceny zemného plynu okrem toho viedli k prechodu z uhlia na zemný plyn v oblasti výroby elektrickej energie, čo má priaznivé účinky na životné prostredie. Keďže územia využívané na hydraulické štiepenie sa postupne rozširujú, hrozby spojené s touto metódou prichádzajú aj do obývaných oblastí, takisto ako do blízkosti škôl alebo zdravotných centier. Tento trend ohrozuje občanov z hľadiska vyprodukovaných emisií, ale vplýva aj na hodnotu majetkov, napríklad na cenu nehnuteľností alebo pôdy. Cenu majetku môže ovplyvňovať dvomi spôsobmi. Na jednej strane umiestňovanie pracovnej sily potrebnej na hydraulické štiepenie vedie k zvýšenému dopytu po bývaní, ktoré môžu zvyšovať hodnoty bývania. Na druhej strane náklady na bývanie v menej priaznivom prostredí, sa musia kompenzovať nižšími cenami nehnuteľností,

pričom zníženie dopytu v týchto oblastiach môže byť spôsobené emisiami, nadmerným hlukom a zničenou alebo nevhodne vybudovanou infraštruktúrou.²³

3 Uhoľné elektrárne v ČĽR

ČĽR vďaka intenzívnemu hospodárskemu rozvoju za posledné desaťročia sa stala najväčším spotrebiteľom energie a krajinou, ktorá produkuje najviac emisií oxidu uhličitého (ďalej len "CO₂") na celom svete. Hlavný vplyv na zhoršovanie životného prostredia tejto krajiny má energetický priemysel, keďže v jej energetickom mixe zohráva významnú úlohu uhlie. Vo viacerých mestách je každodennou súčasťou silná hmla, ktorá vo veľkej miere poškodzuje zdravie obyvateľstva. Úmrtnosť pacientov na rakovinu pľúc v ČĽR sa za posledných 30 rokov zvýšila o 465%. Každoročne z celosvetovo evidovaných nových prípadov nádorových ochorení 20% pochádza z ČĽR. Z dôvodu rastúceho vplyvu mestského smogu, kyslých dažďov, poškodzovania ozónovej vrstvy a skleníkového efektu na životné prostredie sa v ČĽR zaviedla prísna kontrola uvoľňovania látok znečisťujúcich ovzdušie v uhoľných elektrárnach, ktoré sa zameriavali najmä na hodnoty SO₂ a NO_x (približne 95% NO a 5% NO₂), ktoré sú hlavnou zložkou smogu. Tieto molekuly zohrávajú významnú úlohu aj pri tvorbe kyslých dažďov. V krajine predstavuje odvetvie výroby energie z uhlia približne 50% celkovej spotreby uhlia a produkuje 40% emisií CO₂, 60% emisií SO₂ a 60% emisií NO_x celej krajiny.²⁴ Predpokladá sa, že je to jeden z najdôležitejších faktorov vedúcich k veľkému počtu smogových dní za rok v ČĽR, najmä v severných provinciách, kde sa nachádzajú zdroje uhlia a ťažký priemysel.

Palivom priemyslu ČĽR je už dlhé roky uhlie. Pred rokom 2011 bol podiel výroby tepelnej energie, kde dominujú uhoľné elektrárne, na celkovom národnom trhu približne 85%, v roku 2011 sa tento podiel znížil v dôsledku rozvoja sektoru obnoviteľnej energie a obmedzenia spotreby uhlia v krajine, ale v roku 2014 bol ešte stále približne na úrovni 75%. Tento vysoký podiel výroby tepelnej energie z uhlia vedie k nadmernému environmentálnemu zaťaženiu. Podľa výročnej správy o životnom prostredí ČĽR (2006 - 2014) tvorili emisie

²³ Loomis, John ; Haefele, Michelle, Quantifying Market and Non-market Benefits and Costs of Hydraulic Fracturing in the United States: A Summary of the Literature, Ecological Economics, August 2017, str.160-167 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0921-8009. [citované: 6.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1cp3w52sz0cc5.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S092180091631285X>

²⁴ Zhao, Xiaoli a kol., Economic evaluation of environmental externalities in China's coal-fired power generation, Energy Policy, March 2017, str. 307-317 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 6.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1ldmwojsz100c.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0301421516306942>

NO_x, SO₂ a dymový prach z tepelnej energetiky 55,74%, 39,30% a 16,17% z celkových emisií čínskych priemyselných odvetví. Emisie SO₂ a dymového prachu majú v čínskom tepelnom energetickom priemysle od roku 2006 klesajúcu tendenciu. Je to dôsledkom prísnejších regulačných noriem. ČĽR prvýkrát uverejnila v roku 1991 Normy pre Vypúšťanie Znečisťujúcich Látok do Ovzdušia z tepelných elektrární (ďalej len „Normy pre znečisťujúce látky“). Norma sa dopĺňovala v rokoch 1996, 2003 a 2011. Vďaka stále prísnejším normám je čínsky sektor tepelnej energie čoraz čistejší. Na rozdiel od neustále sa znižujúceho trendu emisií SO₂ a pevných častíc, emisie NO_x sa najprv zvyšovali a potom začali klesať až v roku 2012. Tento jav bol pravdepodobne spôsobený skutočnosťou, že vláda ČĽR venovala regulácii SO₂ a dymovému prachu pred rokom 2011 viac pozornosti ako NO_x. Doplnenie Noriem pre znečisťujúce látky v roku 2011 bolo oveľa prísnejšie ako z roku 2003, kedy hornú hranicu NO_x z uhoľných elektrární výrazne znížili zo 45-1500 mg/ m³ na 100 mg /m³. Okrem lokálneho dopadu emisií SO₂, dymového prachu, NO_x a CO₂, tieto látky majú aj globálny dopad na životné prostredie. Emisie CO₂ v Číne predstavovali v roku 2014 približne 30% celkovej svetovej hodnoty, z ktorých približne 40% pochádzalo z tepelnej energetiky. Emisie CO₂ v tepelnej energetike ČĽR sa od roku 2000 zvyšovali, najmä kvôli tomu, že vláda krajiny venovala oveľa menšiu pozornosť CO₂, ako iným znečisťovateľom ovzdušia. Dôkazom je, že Normy pre znečisťujúce látky neobsahujú vôbec žiadne obmedzenia pre CO₂. Na stanovenie týchto noriem, výber vhodných regulačných politík na zníženie množstva znečisťujúcich látok a skleníkových plynov v ovzduší sa používajú hodnoty environmentálnych nákladov.²⁵

3.1 Emisie NO_x v uhoľných elektrárnach

Spaľovanie uhlia v uhoľných elektrárnach je jedným z najdôležitejších zdrojov NO_x, nielen v ČĽR, ale aj na celom svete. Mnoho politík a metód zameraných na zníženie znečisťujúcich látok, ako je zvýšenie inštalovanej kapacity elektrárne alebo inštalácia zariadenia selektívnej katalytickej redukcie (ďalej len „SCR“), ktorá slúži na kontrolu znečistenia v ovzduší a má úlohu znižovať koncentrácie NO_x v ovzduší. Rôzne kotly produkujú rôzne množstvá a druhy emisií, záleží na modeli, kapacite, zaťažení kotla. Významnú úlohu hrá aj palivo, čiže druh uhlia, ktorý sa používa v danej elektrárni. Všeobecne je známe, že uhoľné elektrárne s väčšou kapacitou produkujú menej NO_x ako elektrárne s menšou kapacitou. Taktiež spaľovanie lignitu generuje menej NO_x ako

²⁵ Zhao, Xiaoli a kol., Economic evaluation of environmental externalities in China's coal-fired power generation, Energy Policy, March 2017, str. 307-317 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 6.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1ldmwojsz100c.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0301421516306942>

spaľovanie antracitu a nové zariadenia menej zaťažujú životné prostredie ako staršie. Práve preto sprísňuje vláda jednotlivé zákony v oblasti energetiky. Väčšina zariadení s inštalovanou kapacitou do 50 MW bola uzavretá pred rokom 2003 a ďalšie s kapacitami do 200 MW sa začali uzatvárať v roku 2007, kedy požadovaná minimálna kapacita novopostavených zariadení bola 300 MW. V dôsledku týchto zmien sa počet zariadení s kapacitami 300 MW a 600 MW zvýšil veľmi rýchlo, čo predstavovalo 49,3% z celkového množstva uhoľných elektrární v roku 2010. V tom istom roku sa počet zariadení s výkonom 1 000 MW zvýšil na 6%. Okrem toho vo väčšine uhoľných elektrární boli v posledných dvoch desaťročiach nainštalované aj zariadenia na reguláciu znečisťovania ovzdušia. Od konca roka 2012 boli do 80% uhoľných elektrární nainštalované zariadenia SCR, ktoré majú zmeniť množstvo emisií NO_x vo veľkej miere. Potvrdzujú to merania z uhoľných elektrární ČLR, ktoré merali hodnoty NO_x pred vstupom do zariadenia SCR a po výstupe z neho. Pomocou tejto technológie sa dá zredukovať 78 až 94% emisií plynov NO_x na dusík (N_2), ktorá je nereakčná molekula bez farby a zápachu, ale na druhej strane sa zvýšil podiel NO_2 z NO_x . Ide ale o minimálne zvýšenie, keďže podiel NO_2 stále neprekročil hranicu 5%.²⁶ Najvyužívanejšou metódou, ktorá redukuje množstvo vyprodukovaných NO_x vo sfére uhoľných elektrární, je metóda SCR. Tento proces prebieha na základe dvoch primárnych reakcií, kde vstupnými látkami sú molekuly NO_x , amoniaku (NH_3) a kyslík (O_2) a prechodom cez katalyzátor vznikajú molekuly dusíka (N_2) a vody (H_2O). Najväčšou výzvou v tomto procese je dávkovanie amoniaku. Optimálna miera dávkovania, záleží na množstve NO_x v zariadení, teoreticky na zníženie jedného kilogramu NO_x je potrebné 0,338 kilogramov amoniaku.²⁷

3.2 Normy kvality ovzdušia

Norma kvality ovzdušia je limitom množstva danej znečisťujúcej látky vo vzduchu. Tieto normy sú zvyčajne zakotvené vo vnútroštátnom práve a sú právne záväzné. Normy sú navrhnuté tak, aby chránili zdravie ľudí. Po celom svete tieto normy sa vzťahujú na niekoľko kľúčových látok medzi ktoré patria: oxid dusičitý (NO_2), ozón (O_3), oxid siričitý (SO_2), oxid uhoľnatý (CO), olovo (Pb) a pevné častice (PM), z ktorých sú najvýznamnejšie častice PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$. Štyri z týchto znečisťujúcich látok: NO_2 , SO_2 , CO a olovo, sú primárne výsledkom

²⁶ Ma, Zizhen a kol., Characteristics of NO_x emission from Chinese coal-fired power plants equipped with new technologies, Atmospheric Environment, April 2016, str. 164-170 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1352-2310. [citované: 20.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1ypxv93sz1964.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S135223101630111X?via%3Dihub>

²⁷ Zhang, Kangkang ; Zhao, Jun ; Zhu, Yucai, MPC case study on a selective catalytic reduction in a power plant, Journal of Process Control, February 2018, str. 1-10 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0959-1524. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1sgygdgb20f88.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0959152417302202?via%3Dihub>

priamych emisií z rôznych zdrojov. Tuhé častice sú výsledkom priamych emisií, ale bežne sa tvoria aj pri reakcii oxidov v atmosfére. Ozón sa priamo nevytvára, ale vzniká, keď oxidy dusíka a prchavé organické zlúčeniny reagujú v prítomnosti slnečného svetla.²⁸ Na zlepšenie kvality ovzdušia je potrebné regulovať emisie z energetického priemyslu.

Napriek tomu, že krajiny majú normy pre rovnaké typy látok znečisťujúcich ovzdušie, samotné limity môžu byť dosť odlišné. Normy navrhnuté Svetovou zdravotníckou organizáciou sú prísnejšie ako normy stanovené vo väčšine krajín, ale tieto normy nie sú právne záväzné, slúžia iba ako usmernenie pre krajiny, ktoré ich môžu, ale nemusia prijať. Čínske normy sa od začiatku 21. storočia podrobili dôkladnému preskúmaniu a v porovnaní s ostatnými krajinami sú prísnejšie. V rôznych častiach sveta sa používajú rôzne spôsoby, akými sa vyjadruje množstvo daných emisií v ovzduší. V USA sa normy udávajú v milióntinách (ppm), v Európskej únii sa preferujú hodnoty vyjadrené v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V niektorých prípadoch sú limity uvádzané ako priemer za 1 hodinu, 8 hodín alebo dokonca 24 hodín. Táto rozmanitosť sťažuje vzájomné porovnávanie údajov jednotlivých štátov. Najčastejšie porovnávané normy kvality ovzdušia sú normy Európskej únie, USA a WHO. Systém noriem kvality ovzdušia môže stanoviť limit, t.j. hladina znečisťujúcej látky x nesmie prekročiť množstvo y , môže stanoviť cieľ, t.j. do roku z , hladina znečisťujúcej látky x nesmie prekročiť množstvo y a v niektorých prípadoch môže mať ich kombináciu. Tieto normy sa pravidelne prehodnocujú a limity alebo ciele sa môžu znížiť. Ako každý systém aj tento má svoje nedostatky. Vďaka vedeckým pokrokom sa dokazuje potreba neustáleho znižovania limit. Zavedenie čoraz nižších hodnôt má vplyv na ekonomiku, zamestnanosť a pokroky vo vede a výskume daného štátu. Veľkým problémom je, že nie sú súčasťou noriem prchavé organické zlúčeniny, ktoré tvoria veľmi veľkú skupinu chemikálií a obsahujú niektoré mimoriadne toxické látky. Ďalším nedostatkom v tejto sfére je nedostatočné pokrytie území štátov, miest alebo priemyselných parkov meracími zariadeniami a kvôli tomu jednotlivé údaje môžu byť nepresné alebo skreslené.²⁹ Doplnením iných druhov znečisťujúcich látok a ďalším hustejším pokrytím území štátov by sa mohla presnejšie zistiť koncentrácia jednotlivých emisií v atmosfére a následne konkrétnejšie určiť maximálne normy pre dané znečisťujúce látky.

²⁸ MILLER, Bruce G. Fossil Fuel Emissions Control Technologies: Stationary Heat and Power Systems. prvé vyd. : Butterworth-Heinemann. 2015. 514 s. ISBN: 978-0-12-801566-7. str. 106-121.

²⁹ AEROQUAL: International air quality standards: how do they compare?. [online]. 2015. [citované 14.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.aeroqual.com/air-quality-standards>

3.3 Pevné častice

Je to zmes voľne sa pohybujúcich tuhých častíc alebo kvapiek tekutín nachádzajúcich sa vo vzduchu. Niektoré častice ako prach sú dostatočne veľké, aby ich bolo možné vidieť voľným okom. Iné sú také malé, že ich nemožno vidieť iba pomocou elektrónového mikroskopu. Tieto častice rozdeľujeme do dvoch hlavných skupín: PM₁₀, ktoré majú priemer menší ako 10 mikrometrov a PM_{2.5} ktoré sú jemné častice s priemerom obvykle 2,5 mikrometra a menším. Tieto častice prichádzajú v mnohých veľkostiach a tvaroch a môžu sa skladať zo stoviek rôznych chemikálií. Niektoré vznikajú priamo zo zdroja, kedy zdrojmi môžu byť staveniská, komíny alebo požiare a iné nepriamo, tie sa vytvárajú v atmosfére prostredníctvom chemických reakcií oxidu siričitého a oxidov dusíka, ktoré pochádzajú z elektrární, priemyslu a automobilov. Niektoré častice sú mikroskopické a ľahko sa môžu vdýchnuť a spôsobiť vážne zdravotné problémy. Tieto častice s priemerom menším ako 10 mikrometrov sa môžu dostať hlboko do pľúc a iné sa dokonca môžu dostať aj do krvného obehu. Čím menšie sú pevné častice, tým majú väčšiu prenikavosť a tým viac ohrozujú zdravie ľudí. Do ohrozených skupín patria najmä deti, starší a obyvatelia so srdcovými alebo pľúcnymi ochoreniami. Častice známe ako jemné častice alebo PM_{2.5} predstavujú najväčšie riziko pre zdravie a sú tiež hlavnou príčinou zníženej viditeľnosti, čiže smogu.³⁰ V niektorých krajinách sveta je výskumami potvrdený vplyv pevných častíc aj na kognitívne funkcie starších občanov.

4 Trendy v oblasti znižovania emisií

4.1 Metóda zachytávania a ukladania oxidu uhličitého

Vo väčšine krajín sveta energia potrebná na každodenné fungovanie domácností alebo na vykonávanie pracovných povinností sa získava z neobnoviteľných zdrojov. Hlavným negatívnym dôsledkom spaľovania, ktoré je základom získavania energie z fosílnych palív, je obrovské množstvo vyprodukovaných emisií do ovzdušia. Najrozšírenejším plynom, ktorý vzniká pri spaľovaní je oxid uhličitý. Zvýšená koncentrácia oxidu uhličitého môže spôsobiť vážne ekologické problémy a práve preto je potrebné čo najväčšej miere znižovať množstvo tohto plynu v ovzduší. Na druhej strane je to plyn ktorý je nevyhnutný pre život, keďže je potrebný na vytváranie potravy pre rastlín v procese fotosyntézy a má taktiež veľké využitie

³⁰ United States Environmental Protection Agency: Criteria Air Pollutants. [online]. [citované 14.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.epa.gov/pm-pollution>

v potravinárstve, kde sa používa na urýchlenie rastu rastlín alebo produkciu sýtených minerálnych vôd.

Proces zachytávania a ukladania oxidu uhličitého (ďalej len “CCS“) je postup zachytávania odpadového oxidu uhličitého z bodových zdrojov, ktoré môžu byť napríklad tepelné elektrárne, železiarne atď. takisto zahŕňa transport plynu na miesto ukladania a ukladanie bez toho, aby unikol do atmosféry. Tento proces má dva druhy. Molekuly uhlíka je možné zachytávať pred spaľovaním, kedy sa odstraňuje uhlík zo zemného plynu a výsledkom je vodík a oxid uhličitý alebo po spaľovaní, kedy sa oxid uhličitý separuje od ostatných plynov v splodinách. Výsledkom procesov je CO₂, ktorý potom môže byť ďalej filtrovaný a takto získaný čistý oxid uhličitý sa dá využiť v rôznych odvetviach alebo uskladniť v podzemných štruktúrach. Geologickými štruktúrami môžu byť napríklad uhoľné sloje, ktoré sú buď príliš tenké alebo sa nachádzajú v takej hĺbke, že ich ťažba je ekonomicky neefektívna. Väčšinou tieto náleziská obsahujú metán, ktorý je prilepený k uhlíu. Postupným stláčaním CO₂ do uhoľného sloja, ktorý sa v konečnom dôsledku silnejšie prilepuje na uhlie, sa vytlačí metán. Takto získaný metán je ďalej ekonomicky využiteľný. Bezpečnosť týchto úložísk je vysoká, za predpokladu, že po milióny rokov zadržovali banský plyn. Slané akvifery, ktoré vďaka svojej obrovskej rozlohe majú najväčšiu úložnú kapacitu spomedzi všetkých úložných štruktúr. Vyťažené ložiská ropy alebo zemného plynu, ktoré sú tiež považované za bezpečné úložisko a takisto sú dobre preskúmané. Navyše injektážou CO₂ sa zvýši vnútorný tlak vo vrte a tak sa umožní dodatočná ťažba ropy alebo zemného plynu z ložiska, tento postup sa nazýva druhotná metóda intenzifikácie ťažby ropy alebo zemného plynu a využíva sa už desiatky rokov v USA. Zisky z druhotnej ťažby často kompenzujú alebo dokonca aj zakryjú náklady na zachytávanie, transport alebo ukladanie oxidu uhličitého.³¹

4.1.1 Ukladanie zachytených emisií oxidu uhličitého

Každá krajina disponuje rôznymi priemyselnými alebo poľnohospodárskymi odvetviami a taktiež rôznou geografickou a geologickou štruktúrou, a preto výber vhodného odvetvia na využívanie alebo uskladnenie CO₂ v podzemných formáciách si vyžaduje prieskum. Vhodné miesta na ukladanie a odvetvia na využívanie plynu sa určia podľa

³¹ Martinský, L. Geologické riešenie klimatických zmien. [online]. Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra. 2007. [citované 25.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.geology.sk/co2neteast/documents/co2net2-info-letak.pdf>

výsledkov výskumov. Výber vhodného úložiska je dlhodobý proces, počas ktorého sa rozhoduje podľa vlastností daného miesta. Základné faktory pri výbere úložiska CO₂ je hustota porúch, priemerná hrúbka nepriepustnej horniny, typ, hĺbka, kapacita, teplota a tlak, ktorý sa nachádza vo vnútri úložiska. Vedľajšie faktory súvisia s typom úložiska. Pri vstrekaní plynu do uholných slojov je to typ uhlia, koncentrácia popola a metánu v ložisku. V prípade ložísk ropy sa skúma hustota a viskozita ropy. V prípade slaných akviferov vedľajším faktorom môže byť salinita vody.

Pri ukladaní emisií do podzemných úložísk rozlišujeme dva procesy. Fyzická úschova, ktorá prebehne bezprostredne (okrem zostatkového ukladania) a chemická úschova emisií, ktorá môže trvať niekoľko storočí. Fyzická sa ďalej rozdeľuje na štruktúrnú, zostatkovú a absorpčnú úschovu. Počas štruktúrnej úschovy sa emisie usádzajú v štruktúre horniny. Je okamžitý a je limitovaný kompresiou a množstvom hornín v úložisku. Pri zostatkovej úschove vstrekaný plyn vyplňuje medzery a zaberá určitú časť danej nádrže. Absorpčná úschova je, keď CO₂ vytlačí metán a naviaže sa na uhlie. Absorpčná schopnosť sa líši v závislosti od typu uhlia. Na druhej strane chemická úschova je taká, počas ktorej dochádza k chemickým reakciám. CO₂ sa buď rozpustí, na tento proces vplyvajú vnútorné podmienky ako teplota, tlak alebo salinita úložiska alebo vstupuje do reakcie a vytvára minerály.³²

4.1.2 ČĽR a systém CCS

Od Začiatku 21. storočia koncept skleníkových plynov a globálneho otepľovania a teda aj klimatických zmien sa stal vážnym problémom vo všetkých štátoch sveta. Je tak kvôli tomu, že účinky klimatických zmien sa už prejavili na celom svete. Rozdiely medzi jednotlivými oblasťami sú iba v intenzite vplyvov klimatických zmien.

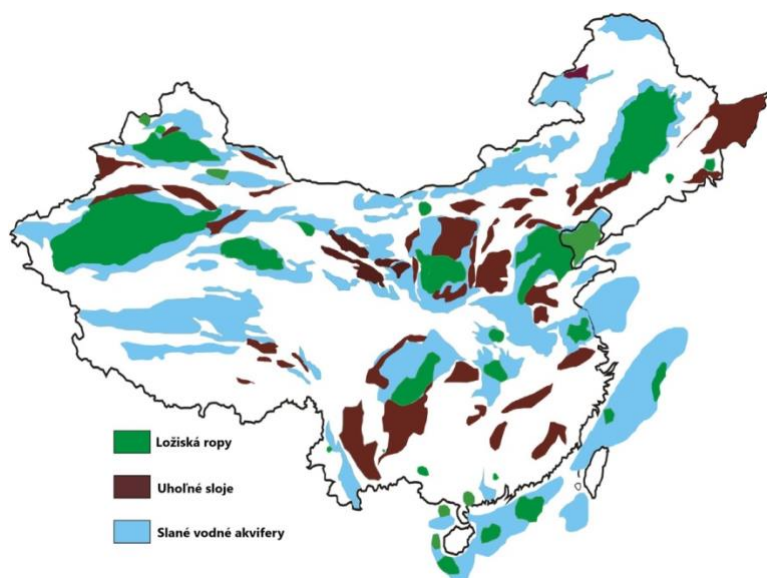
Na dosiahnutie cieľa regulácie teploty veľkú pozornosť získali rôzne technológie redukcie CO₂. Technológia CCS priamo zachytáva CO₂ z priemyselných zdrojov emisií a považuje sa za najúčinnjšiu technológiu znižovania emisií oxidu uhličitého. S rozvojom technológie CCS sa však stále objavujú nové riziká a hospodárske problémy. Problémy vyskytujú najmä v rozvojových krajinách, kde je ťažké znášať obrovské náklady na projekty CCS, nehovoriac o rozsiahlom zavádzaní technológie. S cieľom vyvážiť emisné obmedzenia a hospodárske výhody súčasne a vzhľadom na vnútroštátne podmienky ČĽR navrhla systém

³² Sun, Lili a kol., Assessment of CO₂ storage potential and carbon capture, utilization and storage prospect in China, Journal of the Energy Institute, December 2018, str. 970-977 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1743-9671. [citované: 30.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdtwemt90e13.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S1743967117302660?via%3Dihub>

zachytávania, využívania a ukladania oxidu uhličitého (ďalej len „CCUS“), ktorý systém CCS dopĺňa o „využívanie CO₂“. Predpokladá sa, že táto metóda sa stane najlepšou kombináciou ukladania veľkého množstva a účinného využívania CO₂. ČĽR je krajinou, ktorá z fosílnych palív najviac využíva uhlie, v menšom množstve ropu a v porovnaní s ich množstvom iba málo zemného plynu. Z krátkodobého hľadiska energetický mix krajiny je rigidný čo znamená, že uhlie ostáva naďalej najvyužívanejším zdrojom energie. Súčasným ekonomickým rozvojom a rastom spotreby energie sa stáva zníženie emisií CO₂ v ovzduší čoraz väčšou výzvou. Metóda CCUS, by mohla byť dobrým riešením pre každé hospodárstvo. Súčasne znižuje emisie a podporuje ekonomiku, tým že takto získaný plyn sa môže využiť v iných oblastiach vrátane výroby hnojív, sýtených nápojov, hasiacich prístrojov alebo pri druhotnej metóde intenzifikácie ťažby ropy, vody a metánu. Podľa týchto predpokladov metóda CCUS je nevyhnutná pre rozvoj nízko-uhlíkového hospodárstva v ČĽR alebo aj na celom svete. Základom zavedenia technológie CCUS je vytvorenie dostatočného množstva zariadení, ktoré dokážu využiť získaný oxid uhličitý v prospech hospodárstva a zabezpečiť schopnosť ukladať tento plyn v geologických formáciách. Podľa výskumov vykonaných v ČĽR, krajina by teoreticky bola schopná uložiť v jednotlivých geologických formáciách 1841 Gt emisií, čo sa približne rovná 190-násobnému množstvu celkovo vyprodukovaných emisií oxidu uhličitého v ČĽR za rok 2015. Najväčšou úložnou kapacitou disponujú slané vodné akvifery, ktoré tvoria vyše 99% všetkých kapacít v tejto krajine. Využívanie vodných úložísk je iba v počiatočnej fáze a v budúcnosti je potrebné venovať oveľa väčšiu pozornosť a viac finančných prostriedkov na ďalšie výskumy. Na druhej strane úložiská ropy a uhoľné sloje sú vhodnejšou alternatívou pre ukladanie oxidu uhličitého, je tak kvôli ekonomickým výhodám, ktoré poskytuje dodatočná ťažba metánu alebo ropy. Úložiská s najväčšou kapacitou sa nachádzajú v severných a severozápadných provinciách ČĽR. Práve preto sa plánujú inštalácie nových uhoľných elektrární so zariadeniami CCUS v týchto oblastiach. Je tak kvôli faktu, že fungujúce elektrárne alebo zariadenia, ktoré produkujú emisie do ovzdušia, by mali byť vzdialené maximálne 200 kilometrov od úložiska. Ak táto vzdialenosť je väčšia, znamená to príliš veľké riziko úniku zachytených plynov a taktiež zvýšené finančné výdavky pre vybudovanie vhodnej infraštruktúry. ČĽR podľa výskumov má všetky potrebné charakteristiky, aby bola krajinou, ktorá dosiahne nízkouhlíkové hospodárstvo pomocou technológie CCUS a CCS. Práve preto vláda ČĽR v posledných rokoch vydala niekoľko nariadení týkajúcich sa CCUS a tiež ho zahrnuli do plánu národného rozvoja. Využitie tejto technológie závisí od jednotlivých regiónov. Západné oblasti krajiny sú bohaté na uhlie, ale trpia nedostatkom vody, túto situáciu by mohli riešiť vstrekaním oxidu uhličitého do

vodných akviferov, ktorý by vytlačil vodu z úložiska. Získanou vodou sa môžu zásobovať uhľové elektrárne alebo iné priemyselné odvetvia. Nevýhodou v tomto smere je nedostatočná technická vyspelosť tejto metódy a preto v krátkodobej budúcnosti táto myšlienka nie je realizovateľná. Intenzifikácia ťažby metánu je podobne ako intenzifikácia ťažby vody v počiatočnom štádiu, ale keďže krajina má významné zásoby uhlia, je veľký záujem o skúmanie týchto ložísk. Na rozdiel od intenzifikácie ťažby vody alebo metánu, intenzifikácia ťažby ropy sa už využíva niekoľko desaťročí. V súčasnosti sa považuje za najvhodnejší spôsob redukcie CO₂, kvôli jej ekonomickým výhodám. Má veľkú perspektívu v budúcom napredovaní hospodárstva ČĽR.³³ Aktuálne najdôležitejšou úlohou pre ČĽR je nájsť kľúčové technológie, vďaka ktorým sa znížia náklady na inštaláciu zariadení CCUS. Finančnými podporami a dobre naformulovanými štátnymi nariadeniami táto technológia sa časom stane vedúcou zo všetkých, ktoré sa zameriavajú na redukciiu znečisťujúcich látok v ovzduší a pomôžu dosiahnuť udržateľný rozvoj.

Obrázok 4 Vhodné úložiská oxidu uhličitého podľa typu v ČĽR



Zdroj: Sun, Lili a kol., Assessment of CO₂ storage potential and carbon capture, utilization and storage prospect in China, Journal of the Energy Institute, December 2018, str. 970-977 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1743-9671. [citované: 30.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdtwemt90e13.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S1743967117302660?via%3Dihub>

³³ Sun, Lili a kol., Assessment of CO₂ storage potential and carbon capture, utilization and storage prospect in China, Journal of the Energy Institute, December 2018, str. 970-977 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1743-9671. [citované: 30.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdtwemt90e13.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S1743967117302660?via%3Dihub>

4.1.3 Metódy aplikácie technológií CCS

Technológia CCS slúži na zachytávanie a ukladanie molekúl oxidu uhličitého, aby sa nešírili voľne v atmosfére. CCS môže poskytovať trvalé riešenie na problémy so skleníkovými plynmi iba v prípade podrobne vypracovaných geologických výskumov a dostatočného množstva vybudovaných zariadení. Samotná aplikácia tejto technológie redukuje množstvo škodlivých plynov v atmosfére tak, že ich ukladá do podzemných geologických štruktúr. V ďalšom kroku v procese čistenia ovzdušia, sa pridáva k metóde CCS hospodárske využívanie zachytených plynov. Táto technológia sa nazýva CCUS. CCUS okrem toho, že bráni šíreniu oxidu uhličitého, ukladá alebo využíva ho v ďalších procesoch. Tretím krokom, ktorý je dosiahnuteľný iba za predpokladu dostatočnej technickej vybavenosti zariadení a taktiež podrobne vykonaných prieskumov, je zachytávanie a využívanie oxidu uhličitého (ďalej len „CCU“). Táto technológia sa odlišuje od prechádzajúcich v tom, že emisie uchováva iba dočasne a následne ich využíva v prospech niektorých odvetví, napríklad na ťažbu ropy, na výrobu biopalív alebo močoviny. Najdôležitejším predpokladom platným pre všetky tri metódy, aby reálne znížili množstvo emisií, je bezpečné a trvalé ukladanie alebo využívanie zachytených plynov.³⁴ Predpokladá sa, že metódy CCU a CCUS budú mať v porovnaní s CCS nízky podiel v dosiahnutí významných krokov v oblasti zmiernovania účinkov skleníkových plynov. Na druhej strane môžu mať mimoriadne významnú úlohu pri urýchlení zavedenia technológií CCS, ktorých inštalácia vyžaduje veľa finančných prostriedkov. Technológie, ktoré zahŕňajú „využívanie“ v procese zneškodnenia oxidu uhličitého, môžu využiť tento plyn na druhotnú intenzifikáciu ťažby ropy alebo metánu. Finančné prostriedky získané z predaja fosílnych palív sa môžu použiť ako prostriedky pre ďalší rozvoj tohto odvetvia. Dôležité je poznamenať, že ak dosiahnutie cieľov Parížskej dohody je hlavným motívom, najväčší potenciál má metóda CCS a ukladanie emisií do podzemných geologických štruktúr.

4.1.4 Parížska dohoda a technológia CCS

Parížska dohoda je dohoda v rámci Rámcovej dohody o klimatických zmenách, podpísaná v roku 2015. Táto dohoda nadväzuje na Kjótský protokol, ktorý je zameraný na redukcii vyprodukovaných emisií jednotlivých štátov. Hlavným cieľom Parížskej dohody je

³⁴ Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 1.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>

obmedziť nárast priemerných globálnych teplôt. Existujú dva koncepty. Prvý predpokladá maximálny nárast priemerných globálnych teplôt v porovnaní s hodnotami pred priemyselnou revolúciou o 2°C (ďalej len „K2°C“). Druhý koncept je oveľa ambicióznejší a určuje hornú hranicu na úrovni 1,5°C (ďalej len „K1,5°C“).

V roku 2014 celkové priame globálne emisie oxidu uhličitého zo sektorov spojených s energetikou predstavovali približne 34,2 Gt, z ktorých 8,3 Gt pochádzalo z priemyslu a 13,6 Gt z energetického sektora. Podľa Medzinárodnej agentúry pre energetiku (ďalej len „MAE“) pre dosiahnutie K2°C, globálne vyprodukované emisie by sa mali znížiť pod 9 Gt/rok do roku 2060 a dosiahnuť čistú nulu najneskôr do roku 2100. Podľa druhého konceptu emisie energetického sektora majú dosiahnuť čisté negatívne emisie v 2045 a globálne vyprodukované emisie majú dosiahnuť čistú nulu v roku 2060. Technológie CCS sú nevyhnutné pre dosiahnutie negatívnych emisií a zároveň pre dosiahnutie K1,5°C. Dosiahnutie tohto konceptu Parížskej zmluvy je ale veľmi náročný, totižto si vyžaduje oveľa rýchlejšiu redukciu emisií oxidu uhličitého. Veľký potenciál by mohla mať technológia CCS v procese výroby bioenergie, kedy sa z biomasy vyrábajú chemikálie a energetické produkty.³⁵ Okrem umelých zachytávačov emisií ako CCS, poznáme aj prírodné, ktoré sa významne podieľajú na ich zachytávaní. Sú to napríklad oceány, lesy alebo pôda. Spomenuté prírodné zachytávače redukujú množstvo emisií o 9,5 až 11 Gt za jeden rok. Je to obrovské množstvo, ale na dosiahnutie uhlíkovej neutrality by bolo treba pohltiť približne trojnásobné množstvo, keďže v roku 2017 celkové globálne emisie CO₂ predstavovali 37,1 Gt.

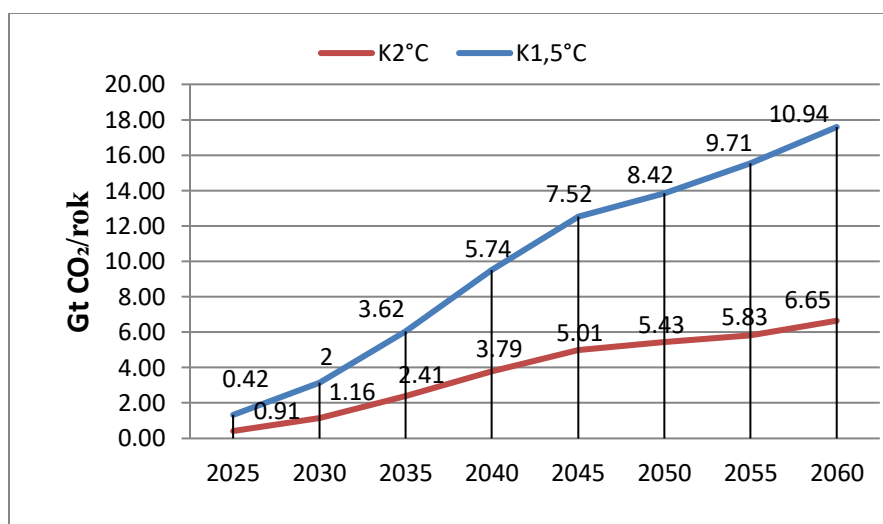
4.1.5 Inštalácia zariadení CCS

Inštalácia týchto zariadení, ako už bolo spomenuté je náročná z viacerých hľadísk. Po vyhlásení MAE v roku 2012, podľa ktorého tempo inštalácie nezodpovedá predstavovaným cieľom, začala sa realizácia viacero veľkých projektov. Napriek realizácií nových projektov MAE vyzýva na zvýšenie počtu zariadení CCS. Na dosiahnutie cieľov Parížskej dohody by bolo potrebné vyvolať tlak aj z politického hľadiska a takisto je potrebná rýchlejšia reakcia na finančné alebo technické výzvy v tejto oblasti. Vlády jednotlivých krajín by mohli stimulovať proces zavádzania projektov CCS podporou prepravy alebo ukladania emisií, pretože vybudovaná infraštruktúra tvorí základný pilier fungujúcich zariadení a tak je rozhodujúca pre nízkouhlíkové hospodárstvo. Na druhej strane okrem štátnych zásahov sú vítané aj investície zo súkromného sektora. V roku 2015 stanovisko medzinárodných organizácií bolo stále

³⁵ Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 6.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>

nezmenené v otázke potreby zvýšenia rýchlosti inštalácie zariadení CCS. Projekty CCS v prevádzke alebo vo výstavbe v roku 2017 mali kapacitu zachytávania CO₂ približne 0,04 Gt/rok, zatiaľ čo požadované ciele stanovené MAE pre K2°C a K1,5°C sú oveľa vyššie. Celkový zachytený a uložený CO₂ by mal dosahovať 2,8 Gt do roku 2025 a 16 Gt do roku 2035, aby sa dosiahol K2°C. V prípade K1,5°C, je cieľom do roku 2025 3,8 Gt a do roku 2035 je to takmer 26 Gt zachyteného a uloženého oxidu uhličitého.³⁶ Na zabezpečenie a udržanie predpokladaných mier nárastu počtu zariadení CCS v nasledujúcich desaťročiach sa bude vyžadovať značné úsilie zo strany verejného aj súkromného sektora. Výsledkom tohto úsilia by mala byť redukcia nákladov na inštaláciu technológií CCS, finančná podpora z oboch strán a implementácia nových zákonov v oblasti energetiky, čo sa týka ochrany životného prostredia. Dosiahnutie K1,5°C bude oveľa náročnejšie ako K2°C.

Graf 5 Predpokladané množstvo zachytených a uložených emisií CO₂ podľa K2°C a K1,5°C



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 6.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>

4.1.6 Biomasa a technológia CCS

Od začiatku priemyselnej revolúcie fosílna palivá sa stali hlavnými zdrojmi v oblasti energetiky. Postupne so zvyšujúcou hrozbou klimatických zmien sa dostávali do popredia iné alternatívy, ktoré produkujú menšie množstvo emisií. Okrem obnoviteľných zdrojov energie

³⁶ Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 6.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>

ako napríklad slnečná, veterná alebo vodná energia sa tiež začala využívať biomasa. Biomasa je biologický materiál, ktorý najčastejšie sa skladá z rastlinnej hmoty. Hlavným zdrojom biomasy je drevo, ale tiež sa sem zahrňajú rôzne plodiny, hnoj alebo organický odpad. Využívanie biomasy je rôznorodé, ale najčastejšie sa využíva na výrobu paliva alebo priamo spaľovaním na výrobu elektrickej energie.

Keďže rastliny, ktoré tvoria biomasu počas rastu absorbujú oxid uhličitý z atmosféry, znižujú tak množstvo vyprodukovaných emisií. Cieľom aplikácie technológií CCS v tejto oblasti je, aby sa počas spaľovania týchto zdrojov vyprodukované emisie nedostali späť do ovzdušia. Trvalé odstránenie emisií je možné dosiahnuť iba tak, že emisie vzniknuté pri spaľovaní biomasy sa zachytia pomocou metódy CCS a následne sa uložia do geologických formácií alebo sa použijú na v iných odvetviach, napríklad v skleníkoch na pestovanie potravín. Metóda, ktorá využíva CCS technológie spolu s biomasou sa nazýva bio-CCS. Dodnes je v prevádzke iba niekoľko projektov, ktoré zachytávajú 0,1 až 0,3 Mt CO₂ za rok a to najmä z rastlín pri výrobe etanolu.³⁷ Údaje hovoria o tom, že množstvo fungujúcich zariadení je menšie, ako je potrebné na to, aby sa metóda bio-CCS stala hlavným prispievateľom k negatívnym emisiám CO₂. Rozsah je obmedzený faktormi ako dostupné množstvo biomasy, konkurencia v pestovaní potravín alebo iné využitie pôdy a vody ako na pestovanie potrebných rastlín na produkciu biomasy.

4.2 Prechod čínskych elektrární z uhlia na plyn

Znečistenie ovzdušia v severných a východných provinciách ČĽR už niekoľko rokov dosahuje nebezpečnú úroveň. Krajina pochopila, že ak chce bojovať s emisiami, jedným z riešení môže byť zvýšenie spotreby zemného plynu na úkor uhlia, čiže prechod z uhlia na zemný plyn.

V hospodárstve tejto krajiny uhlie má bezkonkurenčné postavenie v energetickom mixe. Je krajinou, ktorá produkuje a zároveň aj spotrebuje najviac uhlia na svete. Preto vláda ČĽR vytvorila v roku 2013 Plán na Prevenciu a Kontrolu Znečisťovania Ovzdušia (ďalej len „Plán“). Tento Plán zakazuje výstavbu nových elektrární bez kombinovanej produkcie elektrickej energie a tepla v najviac postihnutých regiónoch, t.j. východné provincie. Tieto regióny obsahujú takmer tretinu inštalovanej kapacity uhoľných elektrární v krajine. Plán tiež stanovuje prísne normy emisií pre už existujúce a taktiež pre nové uhoľné elektrárne.

³⁷ Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 6.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>

Ministerstvo ochrany životného prostredia ČĽR v roku 2014 rozhodlo o urýchlenní rozvoja sektorov ťažiacich nekonvenčný zemný plyn. Nekonvenčný zemný plyn sa nachádza v uhoľných slojoch alebo v bridlicových formáciách, kde sa ťaží tzv. bridlicový plyn. Takisto Normy kvality ovzdušia vydané Ministerstvom ochrany životného prostredia ČĽR v roku 2011 sú v mnohých prípadoch prísnejšie aj pre nové alebo už existujúce zariadenia ako podobné normy v USA alebo v Európe. Tieto normy vyžadujú inštaláciu a prevádzku rôznych nových typov zariadení spaľujúcich uhlie na reguláciu emisií, čo ďalej zvyšuje náklady na výrobu energie z uhlia. Vo všetkých prípadoch ide o zvýšenie nákladov za používanie uhlia alebo zníženie nákladov za používanie zemného plynu.³⁸ S týmto spôsobom chce štát zvýšiť podiel zemného plynu na výrobe elektrickej energie, ktorý je v súčasnosti približne 3%. Je to oveľa menšia hodnota ako v iných krajinách, napríklad v Spojenom kráľovstve 42%, v USA 32% a v Japonsku 28%.³⁹ Tento prechod v energetickom sektore vedie k významným zmenám nielen na národných energetických trhoch, ale aj kvôli veľkosti energetického sektora ČĽR, takýto posun pravdepodobne ovplyvní aj medzinárodné trhy energetických komodít.

4.2.1 Pozitíva a negatíva prechodu z uhlia na zemný plyn

Nevýhodou používania zemného plynu pre ekonomiku ČĽR je nedostatočné množstvo konvenčného zemného plynu v tejto krajine, na rozdiel od uhlia. Práve hojnosť tohto fosílného paliva spravila z neho dominantný zdroj energie. Potvrdzujú to aj údaje, podľa ktorých zemný plyn ani s pomocou vládnych stimulov nedosiahol vyššiu úroveň ako 6% z celkovej spotreby primárnej energie v roku 2015, na rozdiel od uhlia, ktorého podiel bol približne 64% v tom istom roku. Dôvodom môže byť pomalší vývoj sektoru so zemným plynom, spôsobený nepriaznivou geologickou štruktúrou niektorých regiónov alebo nevyspelými technológiami. Hlavnými faktormi, ktoré obmedzujú ťažbu bridlicového plynu v ČĽR môžu byť napríklad dostupnosť vody alebo hĺbka bridlicovej formácie. Tieto prekážky spôsobujú podstatne vyššie náklady na ťažbu bridlicového plynu v tejto krajine. Trhové

³⁸ Arora, Vipin a kol., The national and international impacts of coal-to-gas switching in the Chinese power sector, Energy Economics, November 2016, str. 416-426 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0140-9883. [citované: 7.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1hnujltthe027f.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0140988316301980?via%3Dihub#fn0035>

³⁹ Chen, Haoa kol., Modeling the coal-to-gas switch potentials in the power sector: A case study of China, Energy, February 2020, [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0360-5442. [citované: 7.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdfhkhe02ba.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0360544219323242?via%3Dihub>

prekážky zohrávali tiež dôležitú úlohu v oneskorení rozvoja sektoru zemného plynu v krajine. Dlhšie obdobie bol trh ČLR so zemným plynom kontrolovaný tromi národnými spoločnosťami, ktoré vlastnia prakticky všetky zariadenia na výrobu zemného plynu a celú plynovodnú infraštruktúru, to znamená, že ceny boli regulované ústrednou alebo provinčnými vládami. Monopoly vedú k nekonkurenčnému trhu. V dôsledku toho tieto národné spoločnosti neboli motivované, aby investovali do technologického pokroku alebo zvyšovali efektivitu ťažby, čo by mohlo výrazne znížiť náklady na výrobu plynu a ďalej rozvíjať toto odvetvie.⁴⁰ Jedným z riešení, ktorým by sa dalo zvýšiť množstvo zemného plynu v krajine je, že sa vytvorí konkurencia a tým sa zvýši hospodárska súťaž, ktorá redukuje vysoké ceny na trhu.

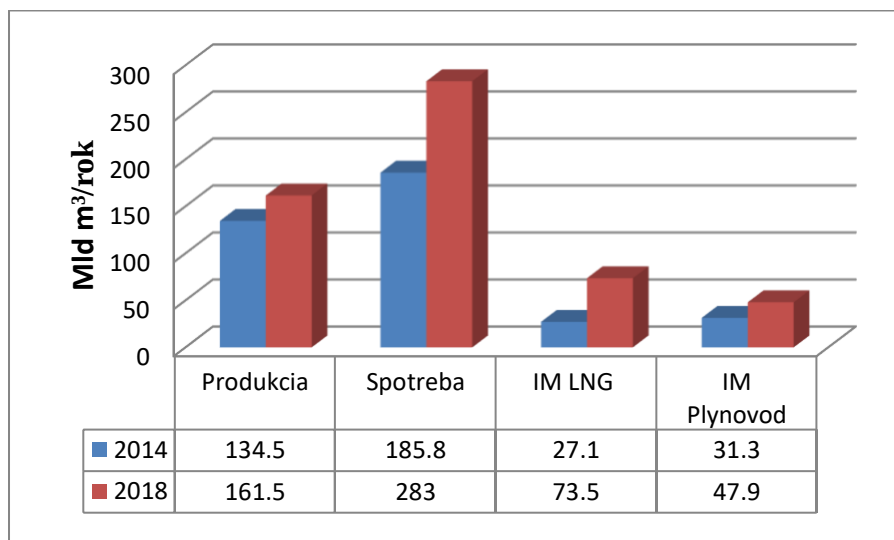
ČLR okrem toho, že zvýšila záujem o produkciu nekonvenčných zásob, uskutočnila niekoľko prieskumov na zistenie ďalších neobjavených ložísk konvenčného zemného plynu a tiež uzatvorila zmluvy o jeho dovoze s krajinami, ktoré exportujú tento energetický zdroj vo väčšom množstve. Sú to štáty Centrálnej Ázie a Ruská federácia, ktoré exportujú zemný plyn cez plynovody a Austrália, Katar, Indonézia a Malajzia, ktoré dodávajú skvapalnený zemný plyn. Graf 6 znázorňuje ako sa zvýšila spotreba zemného plynu od roku 2014 do 2018. Zvýšená spotreba podporila dovoz danej komodity, kvôli neschopnosti produkovať dostatočné množstvo zemného plynu. Vláda ČLR postupne znižuje množstvo regulácií, ktoré určujú cenovú hladinu danej komodity. Je to krok k prechodu trhovo orientovanému cenovému mechanizmu. Takisto sa podporuje plynárenská infraštruktúra investíciami, aby sa zabezpečila konkurencieschopná a otvorená distribučná sieť zemného plynu. Na zvýšenie cenovej konkurencieschopnosti zemného plynu nad uhlím je potrebná aspoň primerane vysoká cena uhlíka, ktorá by sa dosiahla zohľadnením negatívnych environmentálnych externalít spaľovania uhlia v jeho cene. Dôležité je, že to nielenže uľahčuje prechod uhlia na plyn, ale tiež pomáha posúvať krajinu smerom k nulovým emisiám CO₂. Predpokladom dosiahnutia nulových emisií musí byť minimalizované množstvo uniknutého metánu, čo je hlavné riziko pri preprave zemného plynu. Nefosílna palivá sa tiež stávajú lacnejšími. Veterná a jadrová energia už v odvetví energetiky konkuruje zemnému plynu. Náklady na solárnu elektrinu tiež poklesli za posledných sedem rokov z 0,17 USD/kWh v roku 2010 na 0,10–0,13 USD/kWh v roku 2017.⁴¹ Ak sa vyriešia existujúce problémy, všetky plány budú splnené

⁴⁰ Qin, Yue a kol., Challenges of using natural gas as a carbon mitigation option in China, Energy Policy, June 2018, str. 457-462. [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 7.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-17dgvhl7m005b.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0301421518301290?via%3Dihub>

⁴¹ Qin, Yue a kol., Challenges of using natural gas as a carbon mitigation option in China, Energy Policy, June 2018, str. 457-462. [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 7.5.2020]. Dostupné na internete:

zemný plyn môže v blízkej budúcnosti zohrávať dôležitú úlohu pri prechode na nízkouhlíkové hospodárstvo a zároveň priniesť významné výhody v oblasti kvality ovzdušia. Z dlhodobého hľadiska je však dôležité ďalej znižovať uhlíkovú náročnosť hospodárstva tohto štátu. Je však nepravdepodobné, že zemný plyn alebo obnoviteľné energetické zdroje v nasledujúcich desaťročiach predbehnú uhlie, ktoré dominuje vo výrobe elektrickej energie tejto krajiny.

Graf 6 Vývoj spotreby, produkcie a dovozu zemného plynu v ČR v rokoch 2014 a 2018



Zdroj: Vlastné spracovanie podľa: BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. Shares of global primary energy consumption by fuel. [citované: 7.5.2020]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str.32-38.

BP. 2015. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2015. [citované: 7.5.2020]. Dostupné na internete: <<http://large.stanford.edu/courses/2015/ph240/zerkalov2/docs/bp2015.pdf>>. str. 22-28.

Záver

Hlavným motívom bakalárskej práce bolo poukázať na trendy v oblasti využívania neobnoviteľných zdrojov energie, keďže hospodárskym rastom rastie aj spotreba, čiže dopyt po energii. Dôsledkom týchto procesov, sa mení aj energetický mix krajiny a vznikajú nové trendy. Je tak kvôli zámerom rôznych ekonomík nájsť najvýhodnejšiu alternatívu t.j. najhojnejší zdroj na výrobu energie v danej krajine a zároveň znižovať množstvo vyprodukovaných emisií do životného prostredia. O vývoji energetickej štruktúry krajiny rozhodujú podľa vyššie spomenutých dvoch hľadísk.

V prvej kapitole sme sa oboznámili hojnosťou nerastných surovín v jednotlivých štátoch alebo regiónoch. Na základe toho sa dá predpovedať aký trend prevláda alebo bude prevládať v budúcnosti v danej krajine. Napríklad množstvo vyprodukovanej alebo spotrebovanej ropy a zemného plynu v USA, ktoré majú vedúcu pozíciu v produkcii a využívaní oboch neobnoviteľných zdrojov. Na druhej strane množstvo spotrebovaného uhlia v ČĽR je neporovnateľné s ostatnými krajinami sveta.

V druhej kapitole sme sa zaoberali trendom hydraulického štiepenia horninových štruktúr. V USA vďaka hydraulickému štiepeniu sa začali ťažiť nekonvenčné zásoby ropy a zemného plynu hlavne cez horizontálne vrty, týmto trendom sa zvýšila produkcia spomenutých fosílnych palív v krajine. Výhodou tohto trendu je, že sa v USA znížili jednotkové náklady na ťažbu nekonvenčných surovín a tiež sa stali svetovou jednotkou v produkcii týchto fosílnych zdrojov. Na druhej strane nevýhodou sú environmentálne náklady spôsobené ťažbou.

V tretej kapitole sme sa oboznámili s nevýhodami uhoľných elektrární a vymedzili sme si najnebezpečnejšie znečisťujúce látky, ktoré vznikajú pri spaľovaní uhlia a predstavili sme zariadenie SCR, ako významnú zbraň v znižovaní množstva vyprodukovaných emisií. Okrem tohto zariadenia v tejto kapitole sme tiež spomenuli opatrenia, ktoré zaviedla vláda ČĽR s cieľom redukcie emisií do atmosféry. V poslednej podkapitole sú charakterizované pevné častice a ich vplyv na ľudské zdravie. Koncentrácia niektorých druhov emisií, ktorých vypúšťanie bolo regulované vládou sa v tejto krajine znížila. Na druhej strane koncentrácia určitých emisií, ktorých vypúšťanie nie je alebo je regulované kratšie obdobie stále stúpa.

V poslednej kapitole sme sa venovali trendom, ktoré vznikli ako reakcia na využívanie neobnoviteľných zdrojov. Sú to technológie a procesy, ktoré redukujú množstvo najpočetnejšieho skleníkového plynu v atmosfére. Oboznámili sme sa s technológiami CCS, ktoré zahŕňajú zachytenie a ukladanie oxidu uhličitého do podzemných geologických

formácií. Táto technológia má najväčšiu perspektívu v tejto oblasti a jeho plánovaná kapacita zachytených emisií je porovnateľná s predpokladanými údajmi Medzinárodnej agentúry pre energetiku pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality a aby sa udržal priemerný globálny nárast teplôt na úrovni zadefinovanej podľa Parížskej dohody. Na začiatku sme si položili vedeckú otázku, ktorá znela nasledovne: „Príspeje technológia CCS vo významnej miere k dosiahnutiu cieľov Parížskej dohody?“. Odpoveďou na ňu je áno, ale iba v prípade, že sa zvýši kapacita zachytávania a ukladania emisií inštaláciou ďalších zariadení v blízkej budúcnosti. Tento predpoklad zahŕňa zníženie inštalačných nákladov alebo získanie finančných dotácií. Okrem znižovania emisií táto technológia má aj ďalšiu veľkú výhodu. Táto výhoda spočíva vo využívaní zachytených emisií, ktoré sa dajú využiť nielen na pestovanie rastlín, ale aj na druhotnú intenzifikáciu ťažby ropy, vody alebo zemného plynu, ktorá prináša ďalšie výhody pre danú krajinu. Kapitola sa tiež zaoberá realizáciou týchto projektov, ktorá je ovplyvnená environmentálnymi alebo ekonomickými prekážkami ako napríklad vysoké inštalačné náklady zariadenia alebo neznáme dopady na životné prostredie. Druhá podkapitola skúma výhody a nevýhody prechodu z uhlia na zemný plyn, keďže zemný plyn má komparatívnu výhodu v oblasti dopadov na životné prostredie v porovnaní s uhlím. Tento trend zvýšil záujem čínskeho energetického sektora o zemný plyn. Reakciou čínskej vlády bola podpora ťažby nekonvenčných zásob a dovozu zemného plynu.

Zoznam použitej literatúry

Knižné zdroje

- [1] Dudáš, Tomáš a kol. Svetová ekonomika. Prvé vyd. Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM, 2017. 268 s. ISBN: 978-80-225-4352-1. str. 107.
- [2] Dudáš, Tomáš a kol. Svetová ekonomika. Prvé vyd. Bratislava : Vydavateľstvo EKONÓM, 2017. 268 s. ISBN: 978-80-225-4352-1. str. 112.
- [3] LIPKOVÁ, Ľudmila a kol. Medzinárodné hospodárske vzťahy. Prvé vyd. Bratislava : Sprint dva, 2011. 433 s. ISBN: 978-80-89393-37-4. str. 121-122.
- [4] MILLER, Bruce G. Fossil Fuel Emissions Control Technologies: Stationary Heat and Power Systems. prvé vyd. : Butterworth-Heinemann. 2015. 514 s. ISBN: 978-0-12-801566-7. str. 106-121.

Články v časopisoch

- [5] Arora, Vipin a kol., The national and international impacts of coal-to-gas switching in the Chinese power sector, Energy Economics, November 2016, str. 416-426 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0140-9883. [citované: 7.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1hnuijthe027f.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0140988316301980?via%3Dihub#fn0035>
- [6] Chen, Haoa kol., Modeling the coal-to-gas switch potentials in the power sector: A case study of China, Energy, February 2020, [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0360-5442. [citované: 7.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdfhkhe02ba.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0360544219323242?via%3Dihub>
- [7] Chen, Huan., Carter, Kimberly E, Characterization of the chemicals used in hydraulic fracturing fluids for wells located in the Marcellus Shale Play, Journal of Environmental Management, 2017, str.312-324 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4797. [citované: 30.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-12d3snb550f36.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S030147971730542X>

- [8] Ferrer, Imma., Thurman, E. Michael, Chemical constituents and analytical approaches for hydraulic fracturing waters, Trends in Environmental Analytical Chemistry, February 2015, str.18-25 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 2214-1588. [citované: 6.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1yjs66l551652.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S2214158815000045>
- [9] Kreipl, M., Kreipl, A., Hydraulic fracturing fluids and their environmental impact: then, today, and tomorrow, Environmental Earth Sciences, 2017, str.1-16 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1866-6280 [citované: 28.11.2019]. Dostupné na internete: <https://link-1springer-1com-183lie3550cf1.hanproxy.cvtisr.sk/article/10.1007%2Fs12665-017-6480-5>
- [10] Kreipl, M., Kreipl, A., Hydraulic fracturing fluids and their environmental impact: then, today, and tomorrow, Environmental Earth Sciences, 2017, str.1-16 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1866-6280 [citované: 29.11.2019]. Dostupné na internete: <https://link-1springer-1com-183lie3550cf1.hanproxy.cvtisr.sk/article/10.1007%2Fs12665-017-6480-5>
- [11] Loomis, John ; Haefele, Michelle, Quantifying Market and Non-market Benefits and Costs of Hydraulic Fracturing in the United States: A Summary of the Literature, Ecological Economics, August 2017, str.160-167 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0921-8009. [citované: 6.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1cp3w52sz0cc5.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S092180091631285X>
- [12] Ma, Zizhen a kol., Characteristics of NOx emission from Chinese coal-fired power plants equipped with new technologies, Atmospheric Environment, April 2016, str. 164-170 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1352-2310. [citované: 20.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1ypxv93sz1964.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S135223101630111X?via%3Dihub>
- [13] Meng, Qingmin, The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm, Science of the Total Environment, 2017, str.953-957 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0048-9697. [citované: 1.12.2019]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1xrx9za550f4a.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0048969716327322>

- [14] Sun, Lili a kol., Assessment of CO₂ storage potential and carbon capture, utilization and storage prospect in China, Journal of the Energy Institute, December 2018, str. 970-977 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 1743-9671. [citované: 30.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1pdtwemt90e13.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S1743967117302660?via%3Dihub>
- [15] Qin, Yue a kol., Challenges of using natural gas as a carbon mitigation option in China, Energy Policy, June 2018, str. 457-462. [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 7.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-17dgvhl7m005b.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0301421518301290?via%3Dihub>
- [16] Zhang, Kangkang ; Zhao, Jun ; Zhu, Yucai, MPC case study on a selective catalytic reduction in a power plant, Journal of Process Control, February 2018, str. 1-10 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0959-1524. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1sgydgdb20f88.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0959152417302202?via%3Dihub>
- [17] Zhao, Xiaoli a kol., Economic evaluation of environmental externalities in China's coal-fired power generation, Energy Policy, March 2017, str. 307-317 [Recenzovaný časopis]. ISSN: 0301-4215. [citované: 6.2.2020]. Dostupné na internete: <https://www-1sciencedirect-1com-1ldmwojsz100c.hanproxy.cvtisr.sk/science/article/pii/S0301421516306942>

Ostatné zdroje

- [18] AEROQUAL: International air quality standards: how do they compare?. [online]. 2015. [citované 14.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.aeroqual.com/air-quality-standards>
- [19] BP. 2019. Energy economics BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 2-7.

- [20] BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 14-20.
- [21] BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 30-34.
- [22] BP. 2019. Energy economics . BP Statistical Review of World Energy 2019. [citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. str. 42-45.
- [23] Carbon Sequestration Leadership Forum. CSLF Technology Roadmap. [online]. 2017. [citované 1.5.2020]. Dostupné na internete: <https://www.cslforum.org/cslf/sites/default/files/2017CSLFTechnologyRoadmap.pdf>
- [24] Martinský, L. Geologické riešenie klimatických zmien. [online]. Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra. 2007. [citované 25.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.geology.sk/co2neteast/documents/co2net2-info-letak.pdf>
- [25] United States Environmental Protection Agency: Criteria Air Pollutants. [online]. [citované 14.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.epa.gov/pm-pollution>
- [26] United States Environmental Protection Agency. The Process of Unconventional Natural Gas Production. Hydraulic Fracturing. [citované: 5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.epa.gov/uog/process-unconventional-natural-gas-production>>
- [27] U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION: Today in Energy: Crude oils have different quality characteristics. [online]. 2012. [citované 4.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7110>
- [28] U.S. Energy Information Administration. Today in Energy: Horizontally drilled wells dominate U.S. tight formation production. [online]. 2019. [citované: 5.11.2019]. Dostupné na internete: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39752>>
- [29] U.S. Energy Information Administration. Today in Energy. Hydraulic fracturing accounts for about half of current U.S. crude oil production. [citované: 5.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372>

- [30] U.S. Energy Information Administration. Oil: crude and petroleum products explained Oil and the environment. [citované 5.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>
- [31] U.S. Energy Information Administration. Oil: crude and petroleum products explained Oil and the environment. [citované 6.11.2019]. Dostupné na internete: [<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>](https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php)