

Orkumál í Kína

Umhverfisáhrif af orkuöflun og orkunýtingu



B.a. ritgerð í Kínverskum fræðum

Hugvísindasvið Háskóla Íslands. Maí 2015.

Brynhildur Magnúsdóttir

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2. Yfirlit um stöðu umhverfismála í Kína með tilliti til orkunotkunar.....	4
3. Helstu orkugjafar í Kína.....	5
3.1. Jarðefnaeldsneyti.....	6
3.1.1. Kol.....	6
3.1.2. Hráolía.....	8
3.1.3. Jarðgas.....	10
3.2. Kjarnorka.....	11
3.3 Endurnýjanlegir orkugjafar.....	11
3.3.1. Vatnsorka.....	11
3.3.2. Jarðhiti.....	12
3.3.3. Sólarorka.....	13
3.3.4. Vindorka.....	14
3.3.5. Lífmassi.....	14
4. Framtíðaráætlun stjórnvalda í orkumálum.....	15
5. Hugsanlegir orkugjafar í framtíðinni og umhverfisáhrif þeirra	17
5.1. Vatnsorka.....	17
5.2. Sólarorka.....	18
5.3. Jarðhiti.....	19
5.4. Kjarnorka.....	21
5.5. Vindorka.....	22
5.6. Náttúrulegt gas og jarðefnaeldsneyti.....	23
5.7. Lífmassi.....	25
6. Samantekt og lokaorð.....	27
7. Heimildir	29
7.1. Bækur og greinar.....	29
7.2. Heimildir af netinu.....	29
7.3. Myndaskrá.....	32

1. Inngangur

Allt þar til á síðustu áratugum lifðu flestir kínverjar nokkuð sjálfbæru lífi í sveitum landsins og orkunotkun takmarkaðist við almennt heimilishald og búrekstur. Undanfarin ár og áratugi hafa sífellt fleiri flutt til borganna í leit að betra lífi og hefur daglegt líf milljóna manns þar með breyst og gera þeir sífellt meiri kröfur um þau lífsgæði sem við hér á vesturlöndum teljum sjálfsgöð.

Með aukinni kröfu vesturlandabúa um ódýran neysluvarning í miklu magni, hefur það síðan einnig færst í vöxt að við hér á vesturlöndum höfum farið að láta framleiða töluvert af okkar neysluvarningi í þróunarlöndunum, m.a. í Kína, en það skapar mun fleiri og betur borguð störf fyrir Kínverja og hagur margra þeirra hefur vænkast í framhaldi af því. Með aukinni hagsæld almennings fara töluvert mikið fleiri kínverjar að nota orku í mun meira mæli við daglegt líf, og þá orku verður að framleiða með einhverjum leiðum. Aukna orku þarf einnig að framleiða til að knýja áfram allar verksmiðjurnar, auk þess sem það þarf orku til að flytja allan varninginn á milli staða.

Hingað til hefur megnið af þeirri orku sem menn nota í Kína verið framleitt með bruna á kolum og öðru jarðefnaeldsneyti ásamt bruna á lífmassa til daglegra nota, en vegna mikillar mengunar er ljóst að það gengur ekki mikið lengur og því þurfa Kínverjar nauðsynlega að fara að finna sér aðra orkugjafa.

Það að hagkerfi landsins skuli vera knúið áfram með brennslu kola, er ein stærsta ástæðan fyrir þeim ógöngum sem umhverfismál kínverja eru komin í, en kínverjar þurfa orku og þeir verða að fá hana einhverstaðar.

Í þessari ritgerð er ætlunin að skoða helstu orkugjafa sem notaðir eru í Kína samtímans og áhrif af notkun og vinnslu þessara orkugjafa á umhverfi landsins. Einnig er ætlunin að skoða hvaða orkumöguleika Kínverjar gætu hugsanlega nýtt sér í framtíðinni.

2. Yfirlit um stöðu umhverfismála í Kína með tilliti til orkunotkunar

Það hvernig Kína framleiðir sína orku skiptir alla jarðarbúa máli og mun hafa mikil áhrif á hvernig okkur gengur að takast á við hlýnun jarðar af mannavöldum. Kína er stærsti einstaki orkunotandi jarðar og er áætlað að þeir noti um einn fimmta af þeirri orku sem framleidd er af mönnum. Áætlað er að orkunotkun Kínverja haldi áfram að aukast og árið 2030 muni orkunotkunin vera um 60% meiri en nú er (IRENA, 2014)

Ástandið í umhverfismálum í Kína er víða mjög slæmt, með mengun í lofti, jarðvegi og í vatni. Þessi mengun í Kína hefur ekki eingöngu áhrif þar, því eins og bent hefur verið á þá þekkir mengun engin landamæri og því dreifist þessi mengun víða um lönd og veldur m.a. loftslagsbreytingum vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda, súru regni, óson eyðingu og hnignandi lífríki á heimsvísu. Mengun og sótagfirir sem hafa verið raktar til Kína hafa fundist á svo fjarlægum stöðum sem á vesturströnd N-Ameríku, en þessar sótagfirir geta valdið ýmsum vandkvæðum og heilsufarsvandamálum í mönnum og dýrum (Shapiro, J, 2012).

Meðal helstu ástæðna fyrir þessari slæmu stöðu í umhverfismálum er hinn gríðarlegi fjöldi landsmanna, sem nú um stundir er meiri en 1,3 milljarðar. Þessi mannfjöldi veldur síðan gríðarlegu álagi á allt vistkerfið í landinu. Þessi aukni mannfjöldi gerir síðan töluvert meiri kröfur til lífsins heldur en eldri kynslóðir og sífellt stærri hluti hins almenna kínverja tileinkar sér lífstíl okkar hér á vesturlöndum með tilheyrandi neyslu á varningi og orku. Orkuna þarf síðan að framleiða með ýmsum aðferðum sem ég fjalla betur um hér að neðan.

Í stærstu borgum landsins er gríðarleg loftmengun, sem er mikið til vegna þeirra milljóna farartækja sem brenna olíu eða bensíni á götum stórborganna, auk þess sem gífurlegu magni af kolum er brennt til framleiðslu rafmagns. Einnig eru flestar verksmiðjur landsins kolaknúnar. Loftmengunin er yfirleitt töluvert meiri í norðurhluta Kína heldur en í suður hlutanum vegna þess að auk farartækja og verksmiðja reiða norður kínverjar sig almennt á brennslu kola til húshitunar og til rafmagnsframleiðslu, á meðan fólk í suðurhlutanum hitar einfaldlega ekki upp húsin yfir köldustu mánuðina og reiðir sig meira á vatnsaflsvirkjanir til rafmagnsframleiðslu (Lentini, Vincent J, 2015).

Samkvæmt könnun Alþjóða bankans (World Bank) eru 20 af 30 mest menguðu landsvæðum jarðar að finna í Kína, og borgin Linfen í kolanámuhéraðinu Shanxi sú allra skítugasta sem fyrirfinnst á jörðinni (Shapiro, J, 2012).

Við brennslu kola og olíu verður einnig til mikið af gróðurhúsalofttegundum sem dreifast um allan hnöttin. Menn eru almennt sammála um að þessar gróðurhúsalofttegundir sem flestallar þjóðir heims dæla, í einhverju mæli, út í andrúmsloftið séu að valda verulegum veðurfars og umhverfisbreytingum. Ýmsir hafa haldið því fram að þessar breytingar sem við erum að sjá um þessar mundir vegna gróðurhúsaáhrifa séu þær mestu sem hafa orðið á jörðinni síðan ísöld lauk fyrir um 10.000 árum (Magnúsdóttir, B., 2013).

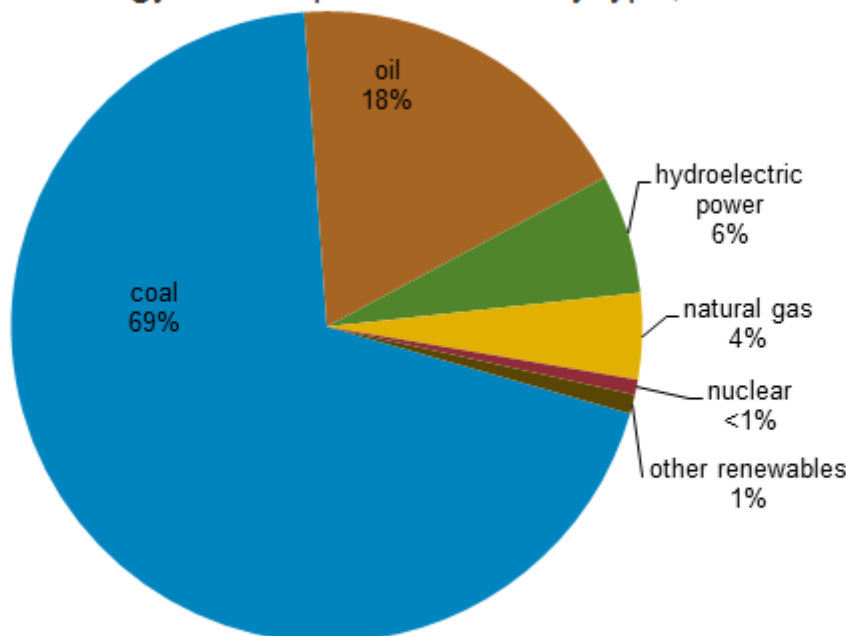
3. Helstu orkugjafar í Kína.


Orkunýting Kínverja fram að þessu byggist helst á því að nota hinar ýmsu gerðir af innlendu jarðefnaeldsneyti, en mikið af kolum, olíu og gasi finnst í landinu. Framleiðsla rafmagns fer að mestu leyti fram með bruna á kolum, en hitun húsa fer einnig fram með brennslu kola. Innlent bensín og díselolía er einkum notuð í hin ýmsu farartæki (Lentini, Vincent J, 2015). Auk þess að framleiða rafmagn með kolum nýta þeir flestar aðrar þekktar aðferðir við framleiðslu rafmagns, svo sem með vatnsorku, vindorku, sólarorku og jarðhita, í mismiklum mæli þó.

Helsti vandinn í sambandi við raforku og raforkuframleiðslu er að innviðir kerfisins eru veikir, háspennulínur eru fáar og erfitt að flytja raforku til fjarlægari staða. En framleiðsla raforku fer oftast fram á afskekktari stöðum þar sem tiltölulega fáir búa og lítil iðnaðarframleiðsla á sér stað. Nú þegar eru miklir möguleikar í framleiðslu rafmagns með ýmsum aðferðum vannýttir vegna þess hve erfiðlega gengur að byggja upp raforkukerfið og hleypa rafmagninu inn á landslínurnar til notkunar. Í landinu eru aðallega 3 fyrirtæki sem sjá um uppbyggingu og viðhald raflína á mismunandi stöðum í landinu og vegna samkeppnissjónamiða er samvinna milli þeirra frekar lítil (IRENA, 2014., Lentini, Vincent J, 2015).

Talið er að miðað við núverandi framleiðslugetu af t.d. vindorku séu um 12% sem ekki er búið að tengja við raforkukerfið, og hin mjög svo umdeilda þriggja gljúfra stífla gæti einnig framleitt meira rafmagn heldur en núverandi kerfi getur tekið við (IRENA, 2014).

Total energy consumption in China by type, 2011



 Note: Numbers may not add due to rounding.
Source: U.S. Energy Information Administration *International Energy Statistics*.

Mynd 1. Helstu orkugjafar í Kína árið 2011.

Til að reyna að draga eitthvað úr notkun á jarðefnaeldsneyti hafa kínverjar fjárfest gríðarlega í endurnýjanlegum orkugjöfum í þeirri viðleitni sinni að draga úr loftmengun. Þeir endurnýjanlegu orkugjafar sem þeir hafa áhuga á að nýta meira í framtíðinni eru vindorka, sólarorka, vatnsaflsvirkjanir, lífmassa virkjanir og jarðhitavirkjanir. Auk þessa horfa kínverjar til aukinnar notkunar á kjarnorku í framtíðinni (Lentini, Vincent J, 2015).

3.1. Jarðefnaeldsneyti

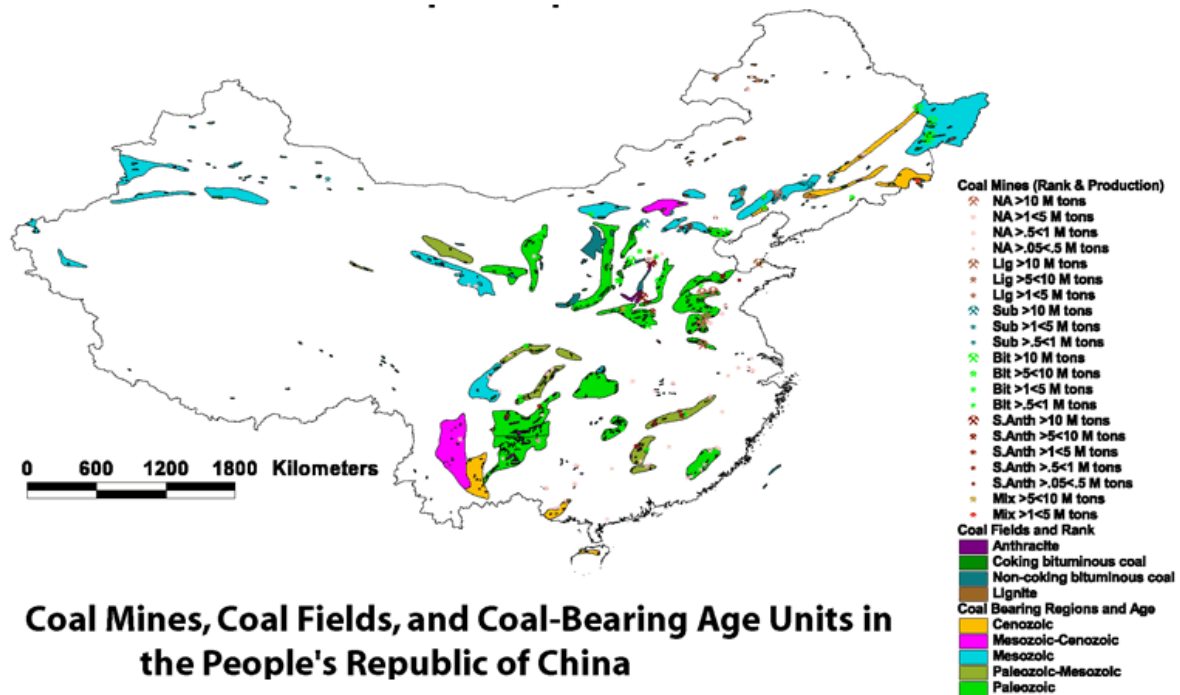
Með aukinni hagsæld stækkar einkabílafloti kínverja og aukin þörf verður á að flytja vörur og matvæli á milli staða. Langflest þessara farartækja eru knúin áfram af jarðefnaeldsneyti, þ.e. hinum ýmsu tegundum af gasi og olíu. Oft hefur verið talað um að jarðefnaeldsneyti megi lýsa sem „steinrunnu sólskini“ þar sem orkan sem losnar við bruna þessar efna er í rauninni ævaforð sólarorka sem hinar ýmsu lífverur, bæði á sjó og landi nýttu sér fyrir milljónum ára (Marshank, S., 2008).

Jarðefnaeldsneyti flokkast ekki undir endurnýjanlegar orkulindir því myndun þeirra tekur margar milljónir ára. Núverandi lífnaðarhættir mannskepnunar eru að valda því að hratt gengur á þessar birgðir af kolum, olíu og jarðgasi sem jörðin er búin að byggja á upp á síðustu nokkur hundruð milljónum ára, og engar líkur eru á að nýjar birgðir nái að byggjast upp í bráð.

3.1.1. Kol

Kol eru svart, stökkt og kolefnisríkt setberg af lífrænum uppruna. Miklar kolabirgðir eru að finna í Kína sem finnast helst á afmörkuðum svæðum í norður og austurhluta landsins.

Kol eru leifar plantna á landi og eru kolabirgðirnar í Kína, sem og langmest af kolabirgðum jarðarinnar frá fornlífsöld (Paleozoic), nánar tiltekið kolatímabilinu í jarðsögu jarðarinnar sem stóð yfir frá því fyrir um 354 – 245 milljónum ára, en einnig var einhver kolamyndun snemma á miðlífsöld (Mesozoic og Cenozoic), sem hófst fyrir um 245 milljónum ára (Marshank, S., 2008). Á þessu tímabili var jörðin heit og rök og víðáttumiklar, súrefnissnauðar mýrar var víða að finna, en það eru einmitt kjöraðstæður fyrir fyrsta stigið í kolamyndun, en myndun kola tekur allajafna einhverjar milljónir ára (Marshank, S., 2008).



Coal Mines, Coal Fields, and Coal-Bearing Age Units in the People's Republic of China

Mynd 2. Staðsetning, og aldur helstu svæða þar sem hægt er að finna kol til vinnslu í Kína.

Margar gerðir eru til af kolum á hinum ýmsu myndunarstigum og með mismunandi kolefnisinnihaldi. Myndun kola hefst þegar lauf og ýmsir plöntuhlutar falla í tjörn þar sem súrefnisstreymi er ekki mikið og plöntuleifarnar rotna því ekki, heldur grafast í setið. Í árunna rás safnast alltaf meira og meira fyrir af efni í mýrarnar og lífrænu leifarnar þykkna sífelld og fara að pressast saman. Með tímanum setjast síðan önnur jarðefni ofan á hinar fornu mýrar og pressa lífræna efnið meira og meira saman þannig að vatn og önnur efni pressast úr setinu og kolefnishlutfalli eykst (Marshank, S., 2008, Blair, J, P., 2015).

Besta orkunýtingin næst þegar kolum er brennt sem hafa náð lengst í ferlinu og kolefnishlutfallið er orðið um 95% Hægt er að brenna kolum og mó þar sem kolefnisinnihaldið er töluvert minna, (viðarkolin á kolagrillin hafa t.d. um og undir 45% kolefnisinnihald) en við þá brennslu losna einnig önnur efni sem valda sót og loftmengun (sótagnir og koltvíoxíð) og því er mjög mikilvægt að kolin sem eru brennd séu með sem hæstu kolefnisinnihaldi og séu sem hreinust (Magnúsdóttir, B, 2013. Marshank, S., 2008). En á þessu getur oft verið mikill misbrestur, og er mest af loftmenguninni í Kína rakin til brennslu óhreinna kola.

Kína er það land í heiminum sem vinnur langmest af kolum úr jörðu (Blair, J, P., 2015). Lengst framan af var landið sjálfu sér nægt um kol, en árið 2009 var þörfin orðin svo mikil að innflutningur kola hófst og það árið voru flutt inn 125 milljón tonn af kolum frá ýmsum ríkjum, og hefur innflutningurinn síðan vaxið ár frá ári. Árið 2012 var heildarinnflutningur kola 323 milljón tonn og var langmest flutt inn frá Ástralíu og Indónesíu (Eia, 2014).

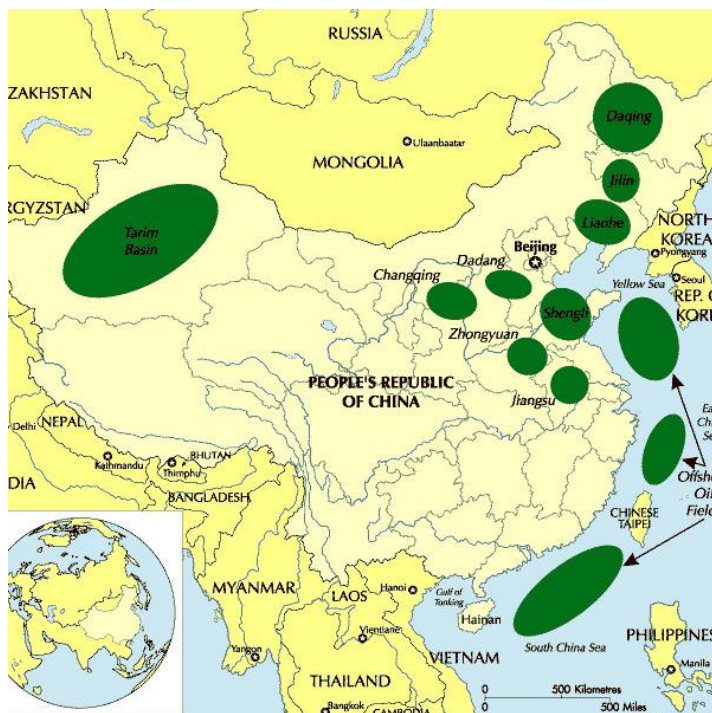
Þrátt fyrir mótmæli almennings halda kínverjar áfram að byggja kolaorkuver og eru mörg ennþá á teikniborðinu. Undanfarinn ár hafa um 70% af þeirri orku sem landsmenn notuðu verið fengin með brennslu kola, en Kínverjr hafa sett sér það mark að koma heildarorkunni sem fengin er með þessum hætti niður fyrir 65% fyrir árið 2017. Auk þess sem bruni kola veldur mikilli mengun veldur það einnig mikilli mengun að flytja allt þetta kolamagn milli landshluta, frá námunum að þeim svæðum þar sem orkunnar er þörf (Eia, 2014., Lentini, Vincent J, 2015., IRENA, 2014).

Þrátt fyrir að Kínverjar séu stórtækir í innflutningi kola kemur stærsti hluti kolanna frá innlendum námum. Kolavinnsla í Kína er mjög umdeild og er mjög mannskæð þar sem eftirlit með námugreftrinum er oft í slakara lagi og menn umgangast öryggiskröfur oft frjállega. Í landinu eru meira en 10,000 kolanámur af öllum stærðum og gerðum og er algengt að minni námur séu nánast eftirlitslausar (Eia, 2014).

3.1.2. Hráolía

Miklar hráolíulindir eru að finna í landinu eins og sjá má á mynd 3 Bæði á sjó úti fyrir ströndum landsins og á þurru landi.

Hráolía eru leifar sjávarlífvera sem hafa umbreytst með tímanum yfir í olíu. Olíulindir á landi eru frá þeim tíma er umrædd landsvæði voru undir grunnsævi þar sem lífríki var mikið. Ein af auðugustu olíulindum heims er að finna í Kína en það er Daqing olíulindin í Heilongjiang, einnig eru auðugar olíulindir að finna í Changqing, Shengli, Shandong, Dagang og Tianjin.



Mynd 3. Staðsetning helstu olíulinda innan Kína.

Eins og áður sagði tekur myndun olíu mjög langan tíma og fjölmörg ólík skilyrði verða að vera fyrir hendi til að olía náði að myndast og safnast saman, og er það í rauninni með ólíkindum að olíulindir skuli yfirhöfuð fyrirfinnast á jörðinni. Olía og jarðgas samanstendur af kolefniskeðjum sem eru mislangar. Því færri sem kolefnisatómin eru í keðjunni því léttari er efnið (jarðgas) en eftir því sem kolefnunum í keðjunni fjölga, því seigari og þykkari er olían (tjara).

Nokkur skilyrði þurfa að vera fyrir hendi til að olíulind myndist, og þessi skilyrði verða að koma fyrir í þessari röð. Í fyrsta lagi þarf að vera til staðar hlýtt innhaf með mjög miklu lífríki, þegar lífverurnar drepast sökkva þær til botns og grafast með tímanum í sjávarleðju sem breytist með tímanum í kolefnisríkan siltstein. Þessi kolefnisríki siltsteinn þarf síðan að grafast niður og á ákveðnu mjög þröngu hita og þrýstingsbili fer olía að myndast og leka úr siltsteininum og leita uppávið því olían er tiltölulega eðlislétt. Í þriðja lagi þurfa gropin jarðlög að vera fyrir hendi fyrir ofan olíuríka siltsteinin til að olían hafi pláss til að safnast fyrir og í síðasta lagi verður að vera fyrir hendi eitthvað þétt jarðlag ofan á þessu öllu saman (olíugildra) til að olían og gasið sem myndaðist, leitaði uppá við og safnaðist síðan saman rjúki ekki út í veður og vind og valdi náttúrulegri mengun (Marshank, S., 2008).

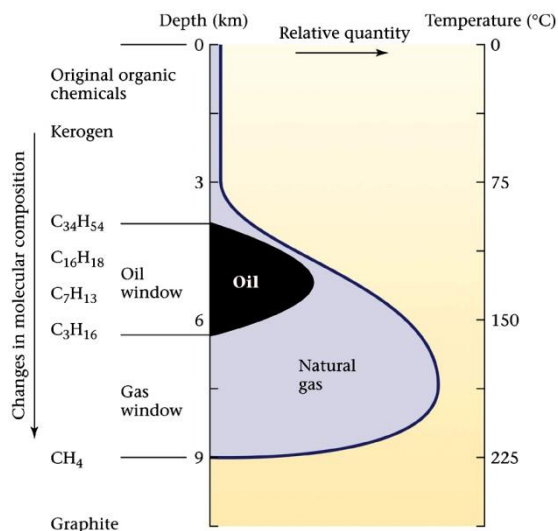


FIGURE 14.5

Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition
Copyright (c) W.W. Norton & Company

Mynd 4. Hið þrönga hita og þrýstingsbil sem olía og jarðgas myndast í. Ef hinn kolefnisríki siltsteinn lendir ekki inni í olíu og jarðgas „gluggunum“ myndast grafít (sem er blýið í blýöntunum okkar).

Hráolíunotkun Kínverja eykst sífellt með aukinni hagsæld og fór yfir 10 milljónir tunna á dag árið 2013 (Lentini, Vincent J, 2015). Þrátt fyrir þessar auðugu olíulindir landsins er Kína stærsti olíuinnflytjandi jarðar og flytur inn meiri olíu en Bandaríkin og Japan. Olíunotkun Kínverja mun að öllum líkindum aukast og var því spáð að árið 2014 myndi olíunotkunin fara upp í 11.1 milljón tunna á dag og af því magni yrðu 6,6 milljón tonn af innfluttri olíu (Eia, 2014). Reyndin var reyndar sú að innflutningur olíu

náði í 7,15 milljón tunnur á dag í desember 2014 (Hornby, I., Raval, A., Hume, N., 2015).

Stærsta ástæðan fyrir þessari auknu hráolíuþörf kínverja er stóraukin bílæign og farartækja notkun landsmanna. Í lok ársins 2013 voru 240 milljón faratæki á vegum landsins og af þeim voru um 50% einkabílar (Lentini, Vincent J, 2015).

3.1.3. Jarðgas

Í Kína er að finna mikið af jarðgasi, áætlað er að í landinu finnist sem samsvarar um 155 trilljónum ferfeta (Trillion cubic feet, (Tcf)). Náttúrulegt jarðgas er hliðarafurð olíu og kola (með mjög stuttar kolefniskeðjur, C₁ – C₄, og myndast þegar lífrænt efni brotnar niður (Marshank, S., 2008). Nýting jarðgass hefur aukist mikið á undanförunum árum en árið 2012 voru 3,8 Tcf unnin úr jörðu og hafa stjórnvöld áætlanir um að auka framleiðsluna (Eia, 2014).



Mynd 5. Yfirlit yfir þau svæði á meginlandi Kína þar sem jarðgas er að finna.

Jarðgasið er yfirlétt að finna í hinum fornu setlæggðum í Kína og í tengslum við þau svæði þar sem kol og olíu er að finna. Helstu vandkvæðin við vinnslu jarðgass eru að jarðfræðilegar aðstæður geta verið snúnar og það getur verið tæknilega erfitt að vinna gasið og verður vinnslan því dýrari. Skortur á pípulögnum fyrir gasið er einnig hindrun og einnig hinn landlægi vatnsskortur í landinu (Eia, 2014).

Jarðgas er umhverfisvænni valkostur á faratæki en dísel og bensín og hentar einnig vel til heimilisnota. Líkur eru á að nýting þess aukist í framtíðinni. Um þessar mundir

eru um 5000 gasáfillingastöðvar í landinu en áætlanir eru um að fjölga þeim upp í um 12,000 fyrir árið 2020 (Eia, 2014. Lentini, Vincent J, 2015).

Áætlanir eru einnig uppi um að nýta fljótandi jarðgas í auknum mæli, en fljótandi jarðgas er náttúrulegt gas (methan) sem hefur verið meðhöndlað og hreinsað þannig að það verði fljótandi við stofuhita. Þetta er gert til að auðvelda geymslu, flutninga og alla meðhöndlun. Stjórnvöld í Kína skrifuðu nýlega undir stóran samning við Rússland um innflutning á gasi, en Kínverjar flytja einnig töluvert magn af gasi (bæði fljótandi og venjulegu) frá öðrum löndum svo sem Katar, Indónesíu, Malasíu og Ástralíu. Árið 2012 flutti kínverjar inn um 706 milljarða ferfeta (Billion cubic feet, (Bcf)) af náttúrulegu jarðgasi (Eia, 2014., Lentini, Vincent J, 2015).

3.2. Kjarnorka

Kínverjar framleiða um þessar mundir eitthvað af raforku með notkun kjarnorku og hyggja á mikla uppbyggingu kjarnorkuvera í landinu, þótt heldur hafi dregið úr uppbyggingunni í kjölfar kjarnorkuslyssins í Fukushima í Japan árið 2011 Eftir þann atburð ákváðu stjórnvöld að fresta samþykki nýrra kjarnorkuvera, og stöðva framkvæmdir við þau ver sem voru í byggingu meðan öryggiskröfur voru endurskoðaðar, en sú vinna tók nokkra mánuði, en það var ekki fyrr en í mars 2015 sem þeir heimiluðu aftur byggingu nýrra kjarnorkuvera (Liu. C. 2015., World Nuclear Association, 2015).

Árið 2014 voru í landinu 10 kjarnorkuver sem framleiða 10,5 GW af raforku og er á teikniborðinu að bæta við um 28 kjarnorkuverum og gengur áætlunin út á að árið 2017 verði framleiðslan komin upp í 58 GW árið 2020 (Eia, 2014. Lentini, Vincent J, 2015).

Framleiðsla rafmagns með kjarnorku er tiltölulega hreinleg aðferð, meðan allt gengur að óskum, en ef einhver óhöpp verða við framleiðsluna geta afleiðingarnar orðið geigvænlegar fyrir umhverfið, almenningur í Kína er af þessum sökum frekar neikvæður í garð raforkuframleiðslu með kjarnorku (Lentini, Vincent J, 2015).

3.3 Endurnýjanlegir orkugjafar

3.3.1. Vatnsorka

Um þessar mundir er raforkuframleiðsla með vatnsorku stærsta uppspretta endurnýjanlegrar orku í landinu og árið 2011 náði Kína að vera það land í heiminum sem framleiddi hvað mest af rafmagni með vatnsorku (Eia, 2014). Árið 2013 var um 22% af þeirri orku sem framleidd var, framleidd með vatnsorku eða um 420 GW og eru áætlanir um að auka þessa raforkuframleiðslu frá því sem nú er, en helst er horft til vatnsorku til að koma í staðin fyrir brennslu kola til raforkuframleiðslu (Eia, 2014., Hvistendahl, M., 2008). Stærsta vatnsorkuver heims er að finna í hinni mjög svo umdeildu þriggja gljúfra stíflu með tilheyrandi uppistöðulónum og mannvirkjum, en 32

hverfla er að finna í virkjununni og er framleiðslugetan 85 Tws á ári sem er um einn tíundi af heildarorkupörf kínverja (Eia, 2014., Power technology.com, 2015). Þriggja gljúfra stíflan í Yangtze ánni hefur verið á teikniborðinu síðan árið 1919 þegar Sun Yat-Sen (Guðfaðir Kína nútímans) kom fyrst fram með hugmynd að stíflunni, en hafist var handa við byggingu hennar árið 1994 og áætlað er að þegar virkjunin er komin í full afköst verði afkastagetan 22,5 GW, en nú er afkastagetan um 18 GW (Hvistendahl, M., 2008., Power technology.com, 2015), en til gamans má geta að hin mjög svo umdeilda Kárahnjúkavirkjun, sem er langstærsta virkjun á Íslandi hefur mestu afköst 0,69 GW (Sveinbjörnsdóttir, E, D., 2012). Fleiri stórar vatnsaflsvirkjanir er að finna í Kína og má þar nefna Xiloudu vatnsaflsvirkjunina, sem er næst stærsta vatnsaflsvirkjun Kína en sú virkjun mun koma til með að afkasta um 13,86 GW þegar hún er komin í full afköst, og Nuozhadu virkjunina sem afkastar um 5,85 GW (Lentini, Vincent J, 2015). Áætlanir stjórnvalda eru að rafmagnsframleiðsla með vatsorku verði komin upp í 325 GW í árslok 2015 (Eia, 2014).

3.3.2. Jarðhiti

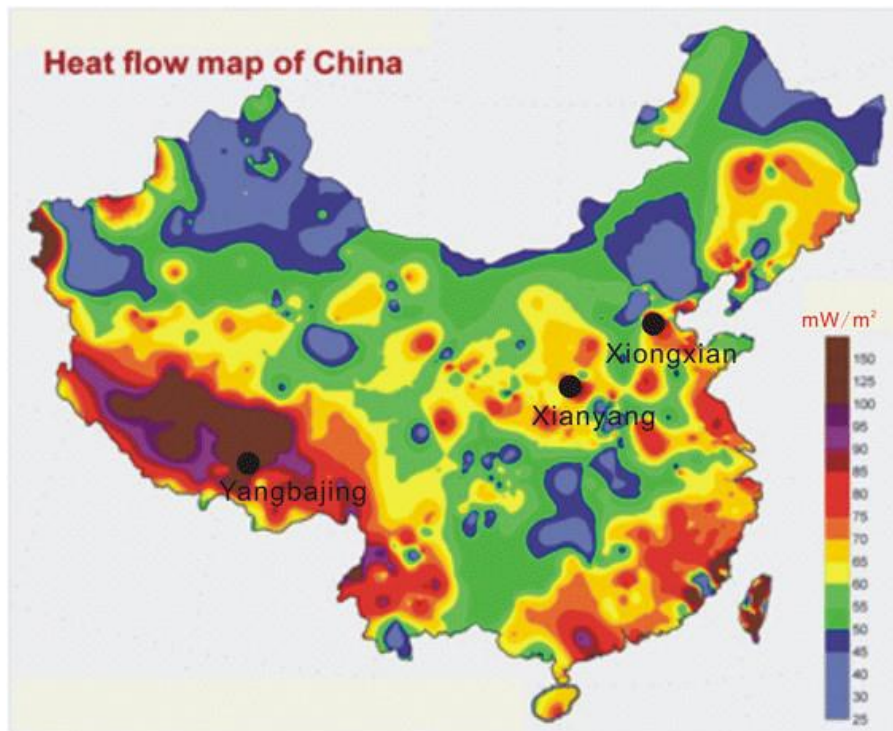
Í landinu eru að finna mörg jarðhitasvæði með um 3000 heita hvera þar sem hitastig vatnsins er hærri en 25°C, og 46 svæði þar sem hitastig vatns fer yfir 150°C. Kínverjar hafa nýtt sér þetta heita vatn um aldir til baða, til heilsueflingar, við landbúnað og á seinustu árum til iðnaðarframleiðslu, fiskeldis og til húshitunar (Taylor, A., Li, Z., 1996, Kun, W., 2008, World Energy Council, 2013, Battocletti, L., Li, Z., 2000).

Raforkuframleiðsla með jarðhita hófst í Kína uppúr 1970, en framleiðslan hefur ekki verið mikil til þessa dags, en stefnt er að því að heildarframleiðslan verði um 1,7% af heildarraforkuframleiðslunni árið 2015, eða um 0,06 GW. Jarðhitinn hefur verið meira nýttur til húshitunar. Dæmi um það er stórborgin Xianyang í Shaanxi héraði sem hefur nýtt sér heitt vatn á svæðinu til húshitunar og daglegs lífs síðan uppúr 1990. Þessi nýting jarðhitans hjá þeim er talin hafa dregið úr heildar koltvísýrlings útblæstri um 15,000 tonn (Cichon, M., 2014., Prebble, A., Preeble, S., 2012).

Hitastig í iðrum jarðar fer allstaðar hækkandi með auknu dýpi (en það kallast Jarðhitastigull), aðallega vegna niðurbrots geislavirkra efna, en forsenda þess að vinnanlegan jarðhita sé að finna er að nægjanlegt vatn sé til staðar, að sprungur og misgengi sé í berggrunninum svo að vatnið geti runnið niður og hitnað. Til að jarðhiti finnist svo á yfirborði þarf berggrunnurinn einnig að vera sprungin svo að vatnið geti leitað upp (Brynhildur Magnúsdóttir, 2014).

Jarðhitann í Kína má rekja til þess að Kína liggur við suðaustur horn Evrasíu flekans og verður fyrir áhrifum af bæði Kyrrahafsflékanum í austri og Indlands-Ástralíuflekanum í suðri. Við hreyfingar þessara platna verða til tvö jarðhitabelti í Kína. Himalayja jarðhitabeltið, sem er framhald af miðjarðarhafsbeltinu og liggur í gegnum suður Tíbet og vestur Sichuan hérað, sveigir síðan til suðurs og liggur í gegnum vesturhluta Yunnan héraðs og suður til Tailands. Hitt beltið er hluti af Kyrrahafsbeltinu

og liggur í gegnum Taiwan (Taylor, A., Li, Z., 1996, Kun, W., 2008., Battocletti, L., Li, Z., 2000. Prebble, A., Preeble, S., 2012).



Mynd 6. Sýnir hitaflæði úr iðrum jarðar í Kína.

Jarðhitinn í Kína er nátengdur flekahreyfingunum og því virkara sem svæðið er því meiri hita er að finna. Hæsta hitann er er að finna í suð-vestur hluta landsins, í Tíbet, V-Sichuan og Yunnan, en svæði með lægra hitastigi er að finna í norð-vestur hluta landsins eins og sjá má á mynd 6 (Taylor, A., Li, Z., 1996, World Energy Council, 2013). Uppruna jarðhitans í landinu er almennt skipt í 3 aðalflokka og fer flokkunin eftir því af hverju hitinn myndast neðanjarðar. Flokkunin fer aðallega af eftir því hvort kvika hefur verið á ferðinni, sem hefur annað hvort náð upp á yfirborð í eldgosum eða sem kvikuinnskot, eða hvort að hitamyndunin stafar af núningi efnis neðanjarðar vegna flekahreyfinga (Taylor, A., Li, Z., 1996). Jarðhitasvæðunum er einnig skipt upp í háhitasvæði og lághitasvæði, eins og hér á landi, og eru háhitasvæðin oftast tengd kvikuhreyfingum og tektónískum flekahreyfingum og nýtast við raforkuframleiðslu. Lághitasvæðin, finnast inni á Kínaplötunni sjálfri, oft í fornum setdældum, og við forna misgengisfleti sem eitthvað líf er enn í (Kun, W., 2008). Lághitasvæðin hafa aðallega verið nýtt til húshitunar, léttrar iðnaðarstarfsem, fiskeldis og til ræktunar í gróðurhúsum (Taylor, A., Li, Z., 1996).

3.3.3. Sólarorka

Kína er vel í sveit sett með að afla sér sólarorku. Undanfarin ár hefur sólarorkunýting Kínverja aukist hröðum skrefum og árið 2013 framleiddu kínverjar tæplega 20 GW af sólarorku sem komið var inn á orkukerfi landsins (Lentini, Vincent J, 2015). Samkvæmt áætlun stjórnvalda var áætlað að í lok árs 2015 yrði framleiðslan komin upp í um 35 GW (Eia, 2014).

Orkuframleiðsla með aðstoð sólarinnar er sífellt að aukast og árið 2014 var heildarframleiðslan komin upp í um 134 GW á landsvísu þegar öll orkuver, lítil og stór voru talið með (Urban, F., 2014). Oftast er horft á hin stóru stóru sólarorkuver þegar talað er um sólarorkuver í Kína, en mesti vöxturinn hefur verið í litlum sólarsellum sem hita vatn og gefa orku í einstök hús, eða byggingar. (Urban, F., 2014). Talið er að sólarorkuvatnshitara séu að finna á húspökum um 30 milljóna húsa (árið 2014) sem samsvarar um 10% af öllum heimilum í landinu.

Þessi mikli vöxtur í þessum „einkaorkuverum“ hefur verið mestur á landsbyggðinni. Líklegasta ástæðan fyrir hægri uppbyggingu á sólarorkuverum á húspökum stórborga er að enn sem komið er, er rafmagn fyrir einstaka notendur stórborga tiltölulega ódýrt og uppsetning lítilla orkuvera til að þjóna einni stórrri byggingu er enn sem komið er tiltölulega dýrt og það tekur langan tíma fyrir fjárfestinguna að borga sig upp. Einnig spilar inn í hægri uppbyggingu að eignarhald húspaka er ekki alltaf skýrt, en til þess að menn taki áhættuna á að setja upp dýrar sólarsellur verða menn að vera vissir um að eiga réttinn að ákveðnu „þaki“ í töluvert langan tíma (Olczak, N., 2014).

3.3.4. Vindorka

Kínverjar haf fjárfest gríðarlega í vindorku og vindorkuverum en Kínverjar framleiða langmest af raforku með vindi af löndum jarðar. Í lok árs var framleiðslugetan komin upp í um 77 GW sem er einhver mesta framleiðslugeta á heimsvísu (Eia, 2014).

Helsti gallin við raforkuframleiðslu með vindi er að vindorkuverin eru miðað við núverandi tækni mjög plássfrek á dýrmætt land, en vindorkuver á grunnsævi eru einnig tæknilega flókin. Einnig spilar inn í vandkvæðin vegna vindorku að illa gengur að tengja vindorkuverinn inn á raforkuflutningskerfi landsins. Vegna þessara vandkvæða hafa kínverjar orðið töluvert minna bjartsýnir á framtíð vindorkuvera í landinu og hafa dregið töluvert úr fyrri áætlunum um uppbyggingu vindorkuvera (IRENA, 2014., Eia, 2014., Lentini, Vincent J, 2015).

3.3.5. Lífmassi

Brennsla lífmassa er einhver elsta orkulind mannkynns og hefur brennsla á jurtaleifum og jafnvel úrgangi manna og dýra haldið á okkur hita og séð okkur fyrir heitum mat í þúsundir ára. Víða í strjálbýlli héruðum Kína er brennsla lífmassa ennþá helsta orklindin fyrir einstök heimili og minni einingar (IRENA, 2014).

Í þeirri viðleitni að draga úr brennslu kola til raforkuframleiðslu hafa kínverjar fjárfest verulega í lífmassa orkuverum sem brennir ýmsum lífrænum úrgangi eins og hálm, viðarflögum og fóðurleifum. Þessi orkuver eru þó yfirleitt lítil og þjóna helst litlum einingum við húshitun og eldun. Í landinu eru starfræktar um 50 lífmassaorkuver og gera áætlanir ráð fyrir að framleiðslan komi til með að aukast. Árið 2011 var heildar framleiðslugetan um 8 GW og áætla menn að framleiðslan verði komin upp í 13 GW í árslok 2015 (Eia, 2014., Lentini, Vincent J, 2015).

4. Framtíðaráætlun stjórnvalda í orkumálum

Stjórnvöld í Beijing hafa frá stofnun Lýðveldisins 1. Október 1949 sett sér markmið í formi 5 ára áætlana sem eiga að vera leiðarljós í því að hvaða markmiðum þjóðin ætlar að stefna að á næstu 5 árum. Fyrsta fimm ára áætlunin leit ljós árið 1953, en í tólftu fimm ára áætluninni sem birt var 2011 kveður við nýjan tón í umhverfismálum.

Hið grafalvarlega ástand í umhverfis- og orkumálum landsins hefur ekki farið framhjá stjórnvöldum og í tólftu fimm ára áætlunin, sem á að vera í gildi milli áranna 2011 og 2015, var stigið mikilvægt skref í stefnumótun landsins í notkun orkugjafa (KPMG, 2011, Hilton, I, 2011).

Þegar tólfta fimm ára áætlunin var birt var ljóst að stjórnvöld höfðu fullan hug á að færa sig í átt að umhverfisvænni orkugjöfum og áætlunin hljóðaði upp á að auka verulega hlut endurnýjanlegra orkugjafa og draga verulega úr hlutfallslegri notkun á jarðefnaeldsneyti og í áætluninni settu stjórnvöld umhverfisvernd á oddinn (Hilton, I, 2011).

Helstu póstar í tólftu fimm ára áætluninni sem tengjast þessari ritsmið eru að ætlunin var að bæta orkunýtingu núverandi orkugjafa verulega, draga úr útblæsti kolefnis, m.a. með því að herða reglugerðir um gæði kola til brennslu og auka hlut endurnýjanlegra orkugjafa úr 8,3% í 11,4% og að sama skapi að draga úr brennslu kola þannig að árið 2015 verði um 60% af heildarorkuframléiðslu kínverja framleidd með brennslu kola (Boyd. O, Copsey, T, 2011., IRENA, 2014).

Til að bæta ástandið í mengunarmálum var ætlunin að stefna að því að draga verulega úr útblæstri brennisteinstvíoxíðs, ammoníak köfnunarefnis, köfnunarefnisoxíða og lögð áhersla á að draga úr þungmálmamengun frá iðnaðarstarfsemi. Einnig var stefnt að því að draga úr sóun og notkun vatns í iðnaðarstarfsemi um 30% og auka skógrækt til að auka upptöku kolefnis úr andrúmslofti. Til að ná þessu markmiði einsettu þeir sér að setja sem samsvarar 290 milljarða bandaríkjadala til uppbyggingar á endurnýjanlegum orkugjöfum í landinu (Boyd. O, Copsey, T, 2011., IRENA, 2014).

Til að áætlunin gengi upp í sambandi við að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis var á teiknborðinu að byggja fjöldamörg kjarnorkuver fyrir árið 2015 og auka töluvert fjárfestingu í vatnsorkuverum, vindorkuverum og sólarorkuverum og öðrum endurnýjanlegum orkumöguleikum. Einnig átti að draga úr losun kolefnis vegna umferðar með að bæta töluvert samgöngukerfi helstu borga (Boyd. O, Copsey, T, 2011). Einnig inniheldur áætlunin hvatningu til umhverfisvænni faratækja með skattaávilnunum, til einstaklinga og fyrirtækja, og uppbyggingu á áfyllingakerfi fyrir rafbíla og tvinnbíla (IRENA, 2014).

Vísbendingar eru um að áætlanir tólftu fimm ára áætlunarinnar hafa tekist að einhverju leyti en seint á árinu 2014 fóru að berast fréttir af því að bæði kolabrennsla og kolainnflutningur hefði dregist saman í Kína, í fyrsta skipti í mjög langan tíma (Dubitsky, W, 2014).

Um þessar mundir (apríl/maí 2015) eru Kínverjarnir að vinna að Þrettánda fimm ára áætluninni sem er ætlað að vera í gildi frá 2016 - 2020. Eitthvað er byrjað að kvisast vút um hvað þessi áætlun mun koma til með að innihalda og bendir flest til að kínverjarnir ætli að halda áfram á þeirri braut sem mörkuð var með tólftu fimm ára áætluninni, að draga úr sem mest úr notkun á jarðefnaeldsneyti og auka enn frekar notkun á endurnýjanlegum orkugjöfum og kjarnorku frá því sem nú er, ásamt því að herða reglugerðir um gæði kola til að draga úr mengun (Tomczak, A, 2015).

Fastlega er búist við að í áætluninni felist að heildar orkunotkun Kínverja komi til með að aukast, þannig að herða þurfi verulega á orkuöflun frá endurnýjanlegri orku til að mæta kröfunum (Liangchun, D., 2014).

5. Hugsanlegir orkugjafar í framtíðinni og umhverfisáhrif þeirra

Þar sem allt bendir til að Kínverjarnir ætli að halda áfram á þeirri grænu braut sem mörkuð var í tólftu fimm ára áætluninni, að skipta yfir í umhverfisvænni orkugjafa í framtíðinni er ekki úr vegi að skoða aðeins betur þá orkugjafa sem þeim gæti hugsanlega staðið til boða í framtíðinni, ásamt þeim kostum og göllum sem þessum orkugjöfum fylgja.

5.1. Vatnsorka

Vatnsorka er eitt form af sólarorku þar sem sólin knýr áfram hringrás vatns. Sólin hitar upp vatn í sjónum sem gufar upp og berst síðan inn til landsins, fellur til jarðar sem rigning eða snjókoma, og rennur síðan aftur til sjávar.

Framleiðsla rafmagns með vatnsorku er tiltölulega hreinleg aðferð við að framleiða rafmagn, og þegar vatnsaflsvirkjanir eru komnar í gagnið er mengun frá þeim hverfandi. Hins vegar getur bygging stórra stíflumannvirkja ásamt öðrum þeim mannvirkjum sem tilheyra vatnsaflsvirkjunum valdið mikilli röskun á umhverfinu.

Fyrst ber að nefna að til að vatnsaflsvirkjun geti starfað óhindrað allt árið þarf að vera nægilegur vatnsforði til staðar og til að tryggja það eru byggð stór uppistöðulón sem vatni er safnað í og vatnið er síðan helst látið falla úr sem mestri hæð til að ná upp sem mestri hreyfiorku, vatninu er síðan veitt í hverfla sem framleiða síðan rafmagn. Uppistöðulónin sjálf valda síðan töluverðum breytingum á nærumhverfi sínu. Það jákvæða við uppistöðulón er síðan það að þau draga úr flóðahættu á landsvæðinu fyrir neðan stífluna (Brynhildur Magnúsdóttir, 2014).

Uppistöðulón þriggja gljúfra stíflunnar í Yangtze fljótinu er um 175 metra djúpt og 660 km langt og um rúmlega kílómeters langt stöðuvatn sem fyllir upp í 3 gljúfur eða dali þar sem finna mátti fornleifar frá mörg þúsund ára mannabyggð. Við byggingu stíflunnar þurfti að flytja í burtu 1,2 milljónir manna úr tveimur borgum og 116 þorpum (Hvistendahl, M., 2008).

Vísindamenn höfðu lengi varað við áhrifum þessa gríðarlega vatnsmassa á umhverfi svæðisins og tiltóku möguleg áhrif sem breytingu á grunnvatnsstöðu stórs landsvæðis sem veldur aukinni hættu á skriðuföllum, aukinni hættu á jarðskjálftum þar sem gljúfrin og uppistöðulónin liggja á stórum misgengisflötum (Jiuwanxi og Zigui-Badong misgengin). Einnig bentu menn á að uppsöfnun vatns á þessum slóðum veldur vatnsskort og minnkuðum framburði sets og næringarefna til svæðisins fyrir neðan stífluna, ásamt því að geta átt þátt í að auka útbreiðslu sjúkdóma (Hvistendahl, M., 2008).

Skemmst er frá því að segja að margir af þessum spádómum hafa ræst, en menn fóru að taka eftir auknum skriðuföllum í nágrenni stíflunnar fljótlega eftir að vatnssöfnun hófst í lóninu, með eignatjóni og mannfalli, og menn hafa mælt aukin fjölda smáskjálfta, sem hingað til hafa ekki valdið teljandi tjóni, en sem er samt ekki hægt að útiloka að geti valdið töluverðu tjóni í framtíðinni. Einnig er of snemmt að alhæfa að uppistöðulónið hafi haft áhrif á dýra og plöntulíf fyrir neðan stífluna þar

sem þessar breytingar taka oft langan tíma og þegar áhrifin eru ljós er oft of seint að grípa inn í , en ýmislegt bendir þó til að ýmsar tegundir eigi erfiðara uppdráttar en áður (Hvistendahl, M., 2008).

Virkjanaframkvæmdir Kínverja hafa síðan ekki einungis áhrif í Kína sjálfu því þeir hafa byggt fjölmargar stíflur ofarlega í farvegi Mekong árinna sem rennur til sjávar í Kambódíu og í farvegi Salween árinna sem rennur til sjávar í Myanmar. Þessar virkjanir Kínverja hafa haft mikil áhrif á vatnsbúskap og lífríki í ám og sjó í Kambódíu, Tailandi, Víetnam og Myanmar (Shapiro, J, 2012).

Áhrif stíflumannvirkjana á lífríki í ám, stöðuvötnum og sjó fyrir neðan stíflurnar felast helst í því að þau næringar og steinefni sem árnar bera með sér setjast fyrir í uppistöðulónunum þegar straupungi ána minnkar og ná því ekki að nýtast lífríkinu neðar í farvegi og fyrir framan ósa árinna (Brynhildur Magnúsdóttir, 2014).

5.2. Sólarorka

Sólin er alltaf að, og í sólríkari löndum en Íslandi er nýting sólarorku að verða sífellt fýsilegri og ódýrari valkostur, sem mengar nánast ekki neitt. Tæknin við að vinna orku úr sólinni er tiltölulega einföld og ódýr og miklar tækniframfarir eru í þessum geira um þessar mundir. Ljóst er að í Kína mun þetta að öllum líkindum verða helsti vaxtarbroddurinn í öflun ódýrrar umhverfisvænnar orku fyrir einstök hús eða heimili í framtíðinni (Urban, F., 2014).

Hingað til hafa stjórnvöld þó einkum horft til stórra orkuvera þegar sólarorkuver eru til umræðu og þeir hyggja á mikla uppbyggingu stórra sólarorkuvera, sem eru hlutfallslega mun ódýrari en litlu orkuverin.

Þó að nýting sólarorku sé mjög umhverfisvænn kostur sem býr yfir mörgum spennandi kostum í framtíðinni er þessi framleiðsla ekki án fórna fyrir umhverfið. Sólarorkuver eru yfirleitt mjög plássfrek ef þau eiga að hafa nægjanlega framleiðslugetu til að standa undir sér og jarðnæði er víða af skornum skammti í Kína, einna helst væri hægt að hugsa sér að hafa sólarorkuver á strjálbýlli svæðum þar sem sólar nýtur vel, en þá myndi vanta alla uppbyggingu á svæðið með tilheyrandi raforkulínunum og öðru raski. Einnig er sjálf framleiðsla sólarsellanna mjög slæm fyrir umhverfið, en mikið af framleiðslunni fer einmitt fram í Kína, bæði til notkunar innanlands og til útflutnings (Liu, Y., 2015).

Við framleiðslu á nýjustu og hagkvæmstu gerðum af sólarsellum, svokölluðum fjölkristölluðum kísil sólarsellum, þarf að framleiða mikið af efninu polysilicon, en sú framleiðsla er mjög mengandi og það verður til mikið af hinu baneitraða efni sílikon tetraklóríði (Sigurðsson, H., 2014). Mikið af þessu efni er framleitt í Kína, og megninu af menguninni er einnig komið fyrir þar, á svæðum þar sem mengunarreglugerðum er ekki fylgt eftir, með hörmulegum afleiðingum fyrir íbúa og lífríki svæðisins en þegar sílikon tetraklóríð kemst í snertingu við rakt andrúmsloft umbreytist það í sýrur og baneitreað vetisklóríð (Cha, A, E., 2008).

Hægt er að draga úr menguninni við framleiðsluna og að einhverju leyti endurnýta sílikon tetraklóríðíð, en það kostar peninga og ef menn komast upp með að losa sig við það á annan hátt, þá gera menn það. Auk þess, að framleiðsla sólarsella er mjög mengandi, verður mikið rask þegar hráefnin fyrir framleiðsluna eru unnin úr jörðu og framleiðslan krefst mikils rafmagns, sem í Kína er framleitt með kolum að miklu leyti og af því leiðir að framleiðsla hinna mjög svo umhverfisvænu sólarsella er oft á tíðum langt frá því að vera umhverfisvæn (Larson, C., 2014)

5.3. Jarðhiti

Miklir möguleikar eru á stóraukinni nýtingu á jarðhita í Kína. (Taylor, A., Li, Z., 1996). Stjórnvöld hafa uppi áætlanir um að stórauka nýtingu á jarðhita í framtíðinni og hafa einsett sér að árið 2015 verði rafmagnsframleiðslugeta landsins með jarðhita 0,1 GW, en ekki er talið líklegt að þau markmið náist (Lentini, Vincent J, 2015 Prebble, A., Preeble, S., 2012).

Talið er að mikið af jarðhita sé að finna undir Himalaya fjöllunum og er talið að þar sé hægt vinna töluvert meiri orku úr jörðu en nú er gert. Kínverjar hafa síðan 1975 starfrækt 25 mw orkuver í Yangbajian í Tíbet, en þar er að finna mikið af 160°C heitum jarðhitavökva (Parvaiz, A., 2014).

Í Himalayafjöllum eru miklir möguleikar á aukinni og áframhaldandi jarðhitavinnslu, þar sem bráðnun jökla tryggir gott framboð á jarðhitavatni (Parvaiz, A., 2014).

Eins og áður hefur komið fram er langmest af háhitasvæðum Kína að finna í Tíbet og þar er jarðhitinn tilkominn vegna þess að grunnvatn kemst í snertingu við heita kviku. Háhitasvæði henta vel til að framleiða rafmagn með gufudrífnum hverflum og í Tíbet er að finna um 600 svæði þar sem hitastig er á bilinu 170°C – 270°C (Taylor, A., Li, Z., 1996). Í Yunnan héraði hafa einnig fundist um 12 háhitasvæði sem hægt væri að nýta til raforkuframleiðslu og um 80 háhitasvæði er að finna í Taiwan (Taylor, A., Li, Z., 1996).

Lághitasvæðin sem er að finna víða í fornum setlögðum í landinu hafa til skamms tíma verið verið nýtt í annað en raforkuframleiðslu. Nýlega hófu Kínverjar einnig að nýta nýja tækni til að vinna raforku frá lághitasvæðum, en fyrsta orkuverið af þeirri gerð tók til starfa í Apríl 2011. Aðferðin gengur út á að jarðhitinn er notaður til að hita upp náttúrulega afurð frá olíulindum, sem er einnig ofta að finna í hinum fornu setlögðum sem innihalda lághitasvæðin, til að knýja túrbínur til rafmagnsframleiðslu (Prebble, A., Preeble, S., 2012).

Forsendan fyrir því að hægt sé að nýta lághitasvæðin til húshitunar og iðnaðarframleiðslu er að nægjanlegt vatn geti streymt að svæðinu og að hægt sé að pumpa upp vatninu án þess að eyðileggja auðlindina. Einnig þarf að fylgjast með að vatnið sem pumpað sé upp sé ekki ónothæft vegna ýmissa efna sem eðli málsins samkvæmt hafa safnast fyrir í setlögðunum ásamt setinu í gegnum tíðina, en oft er

um að ræða sjóvatn sem hefur lokast inni í lægðunum við landris (Kun, W., 2008). Áætlað er að í þessum lághitasvæðum í setlæggðunum sé að finna nýtanlega orku sem samsvarar um 1,8 milljörðum tonna af kolum (Taylor, A., Li, Z., 1996).

Vandkvæðin við að nýta jarðhitann í Kína er að háhitasvæðin er að finna á strjálbýlum stöðum, með lélegu raforkuflutningskerfi og lághitasvæðin er að finna á afmörkuðum stöðum vítt og breitt um landið (Taylor, A., Li, Z., 1996). Jarðhitaleit og þróun aðferða við að nýta jarðhitann á hverjum stað fyrir sig er ennfremur frekar tímafrekt og dýrt ferli og fjárfestar hafa því ekki verið mjög ginkeyptir fyrir fjárfestingum í jarðhitageiranum (Taylor, A., Li, Z., 1996).

Nýting og vinnsla jarðhita getur einnig valdið ýmsum umhverfisspjöllum þó að nýting jarðhita valdi töluvert minni mengun en hefðbundnari orkugjafar.

Jarðhitvavinnsla á lághitasvæðum veldur yfirleitt litlum sem engum umhverfisáhrifum, þar sem vatnið sem nýtt er hefur í flestum tilfellum svipaða efnasamsetningu og venjulegt grunnvatn, og gufan inniheldur lítið sem ekkert af hættulegum efnasamböndum (OECD/IEA 2010, World Energy Council, 2013).

Á háhitasvæðum eru aðstæður hins vegar töluvert frábrugðnar þar sem jarðhitavökvinn sem komist hefur í mismikla snertingu við kviku inniheldur oft töluvert mikið af uppleystum efnum, sem flokkast sem mengun þegar þau eru komin upp á yfirborðið. Þegar háhiti er notaður til raforkuframleiðslu er borað djúpt niður í háhitasvæðið til að nálgast yfirhitað vatn, þegar yfirhitaða vatnið nær til yfirborðs jarðar samanstendur það af gufu, sem er notuð til að knýja hverfla til raforkuframleiðslu og svokölluðum jarðhitavökva (World Energy Council, 2013). Gufunni er yfirleitt sleppt út í andrúmsloftið eftir notkun, en eftir situr jarðhitavökvinn sem hefur efnasamsetningu sem er mjög frábrugðin venjulegu yfirborðsvatni. Til að koma í veg fyrir að náttúruperlur á borð við Bláa lónið okkar hér á Íslandi myndist á víð og dreif um jörðina verður að dæla jarðhitavökvanum aftur niður í jörðina, en það getur aftur á móti valdið verulegri smáskjálftavirkni sem getur hugsanlega valdið eignatjóni. Niðurdælingin hefur einnig þann kost að heitum jarðhitavökvanum er „skilað“ niður í jarðhitakerfið og því gengur vinnslan ekki eins mikið á kerfið og annars væri (World Energy Council, 2013, Magnúsdóttir, B., 2014).

Einnig hefur komið í ljós að gufan sem er sleppt út í andrúmsloftið eftir að hafa verið nýtt til raforkuframleiðslu getur innihaldið ýmis efnasambönd sem geta verið skaðleg heilsu manna. Einng geta gufurnar innahaldið töluvert af hinum skaðlegu gróðurhúsalofttegundum, en samt töluvert minna heldur en kemur frá bruna jarðefnaeldsneytis (World Energy Council, 2013).

Einnig hefur verið bent á að þar sem jarðhita er oftast að finna á sérstæðum og fallegum stöðum þá getur vinnsla jarðhita dregið úr fegurðargildi þessara staða m.a. með því að draga úr virkni staðanna. Úr þessu hefur oft verið reynt að bæta með því að bora eftir jarðhitunum lengra í burtu þar sem mannvirkin sjást síður og beita hinni svokölluðu skáborun, en hún er tæknilega erfiðari og dýrari. Einnig verður að gæta

Þess við jarðhitavinnslu að ganga ekki of freklega á auðlindina með því að dæla of miklu vatni í burtu án þess að leyfa jarðhitasvæðinu að jafna sig (Magnúsdóttir, B., 2014).

5.4. Kjarnorka

Notkun kjarnorku til raforkuframleiðslu, er mjög góð fyrir umhverfið þar sem framleiðslan sem slík er ekkert mengandi og tiltölulega ódýr. Því horfa Kínverjar mjög til kjarorku sem framtíðar orkugjafa. Vaxandi áhyggjur almennings af hugsanlegum kjarnorkuslysum, og þá sérstaklega í kjölfar kjarnorkuslyssins í Fukushima árið 2011, hefur hins vegar sett strik í reikningin (Yue, Z., 2014).

Uppbygging kjarorkuvera virðist vera fýsilegur kostur í Kína, sérstaklega á strandsvæðum sem eru langt frá kolavinnslusvæðum, þar sem efnahagsuppbygging er hvað hröðust um þessar mundir, en eins og sjá má á mynd 7. eru flest kjarnorkuver í Kína, bæði þau sem eru komin í notkun og væntanleg, meðfram strandlengjunni (World Nuclear Association, 2015).

Þótt að raforkuframleiðslan sjálf sé ekki mengandi þá þarf oft að grafa eftir hráefnunum í vinnsluna, Úraníumvinnsla sem og önnur námuvinnsla getur valdið miklu raski, og kjarnorkuúrgangur er stórt vandamál þar sem ekki er hægt að farga honum hvar sem er þar sem helmingunartími geislavirku efnanna er stundum svo langur að úrgangurinn eyðist ekkert á næstu þúsundum til milljónum ára. Finna verður hentugan geymslustað neðanjarðar þar sem engin hætta er á að geislavirkni leki út, með tilheyrandi geislavirkum áhrifum á plöntur, dýr og menn, en slíkar aðstæður eru vandfundnar, og ef slíkar aðstæður finnast er allt eins líklegt að íbúar á svæðinu leggist hatrammlega gegn áformunum (Boyd, O., 2012).

Um 3% af heildar raforkuframléiðslu Kínverja fæst úr vindorku og var heildarframléiðslan árið 2014 um 114.6 GW, og er Kína fyrsta landið í heiminum þar sem framléiðsla rafmagns með vindorku fer yfir 100 GW (McGarrity, J., 2015). Þau svæði í Kína þar sem uppbygging vindorkuvera eru hvað fýsilegust eru í norð-vestur og norð-austur hluta landsins og sumum landshlutum í austur hluta landsins, á þessum svæðum er hvað vindasamast og nær vindstyrkur oft 8-9 m/s. Einnig eru töluverðir möguleikar á uppbyggingu vindorkuvera í sjónum fyrir utan strendur landsins, en ýmsar tæknilegar hindranir eru í vegi fyrir þeirri uppbyggingu (IRENA, 2014)

Helsta hindrunin við uppbyggingu vindorkuvera í Kína er að að innviðir og uppbygging raforkukerfisins er frekar lélegir í Kína um þessar mundir og það að heppilegustu staðirnir til að koma fyrir vindmyllum er á lítt byggðum svæðum þar sem vantar alla raforkuflutningsaðstöðu. Einnig spilar inn í að þau svæði sem þurfa mest á raforku að halda eru í töluverðri frjarlægð frá þeim stöðum þar sem staðsetning vindorkuvera er heppilegust (Block, B., 2015, McGarrity, J., 2015., IRENA, 2014).

Framléiðsla raforku með vindorku er tiltölulega umhverfisvæn aðferð við framléiðslu rafmagns, en er þó ekki án vandkvæða frekar en annað. Vindorkuver eru frekar plássfrek og því ekki hægt að koma þeim fyrir hvar sem er, einnig þarf vindur að vera nokkuð stöðugur allt árið og án mikilla sviptivinda. Af þessum sökum getur reynst erfitt að finna heppilegan stað fyrir vindmyllurnar, og besti staðurinn er oft uppi á fjallstindum, en þar er mikil sjónmengun af þeim, og sumum finnst þær hreint og beint ljótar. Vindmyllurnar sjálfar eru af mörgum gerðum en þetta eru oftast háir turnar með löngum spöðum sem snúast í vindinum og framléiða með því rafmagn í túrbínunum (National Geographic , 2015). Annar ókostur sem fylgir vindmyllunum er að í kringum þær er gríðarlega mikill hávaði og mikið af fuglum og leðurblökum þvælist oft í spöðunum og drepst (National Geographic , 2015).

Framléiðsla raforku með vindi er umhverfisvæn aðferð, en er oft á tíðum ekki stöðug (ef það kemur logn dettur framléiðslan niður) og er ekki alltaf hægt að ganga að orkunni vísri, það hefur komið fyrir að rokið hefur orðið svo mikið að vindmyllurnar fjúka og þá er framléiðslan fyrir bí að minnsta kosti um stundarsakir. Það vekur þó vonir um að raforkuframléiðsla með aðstoð vinds verði fýsilegri í framtíðinni að miklar tækniframfarir eru um þessar mundir í þróun og byggingu vindmilla sem miða að því að nýta orkuna betur, taka minna pláss, valda minni hljóðmengun og vera ódýrari í framléiðslu (Magnúsdóttir, B., 2014, WED, 2015)

5.6. Náttúrlegt gas og jarðfnaeldsneyti

Olíulindir jarðar eru dvínandi, en töluvert af jarðgasi og einnig olíu er að finna í skífum (Shales) sem eru leifar af fínkorna sjávarseti, sem lentu ekki í hinum svokallaða „olíuglugga“ sem er nauðsynlegur til að Olían og gasið úr skífunum geti safnast saman í olíulindum. Til að olía og gas nái að sleppa náttúrulega úr skífu þarf

olíuberandi skífa að lenda í aðstæðum þar sem hiti og þrýstingu er innan tiltölulega þröngs bils eins og lesa má um í kafla 3.1.2 hér að framan.

Tiltölulega nýlega fóru menn að þróa aðferð sem kallast „Fracking“ til að ná olíunni og gasinu úr skífum og felst aðferðin í að vatni, efnasamböndum og sandi er pumpað niður í olíuberandi skífu neðanjarðar undir miklum þrýstingi, til að brjóta upp skífurnar og gera olíunni og gasinu þar með kleyft að sleppa burt úr jarðefninu og safnast fyrir þar sem hægt er að vinna það (Crooks, E., 2014).



Mynd 8. Þau svæði innan Kína þar sem er að finna kolefnisríka skífu.

Þar sem mikið af Kína hefur verið undir sjávarmáli í gegnum tíðina (Kun, W., 2008) er mikið að finna af kolefnisríkri skífu að finna innan Kína og horfa kínverjar mjög til þess að geta í framtíðinni nýtt það jarðgas sem unnt er að vinna úr skífum í meira mæli en nú er, þar sem brennsla jarðgass er þó minna mengandi en brennsla kola (Crooks, E., 2014).

Umhverfis áhrifin af þessari vinnslu eru gríðarleg og einnig setur það strík í reikningin að til að ná gasinu þarf mikið vatn, en vatnskortur er nú þegar vandamál í Kína. Auk þessa er „Fracking“ tæknilega flókin aðferð og mikil hættu er á mengun, bæði vegna efnanna sem dælt er niður og vegna þess að vatnið sem notað er er mjög mengað eftir notkun og engar þekktar aðferðir eru ennþá til við að hreinsa það aftur. Þetta mengaða vatn verður því að geyma einhverstaðar, en mikil hættu er á að mengunin frá því berist í grunnvatn eða í yfirborðsvatn í nágrenninu (Feodoroff. T., Franco. J., 2013.).



Mynd 9. Yfirlit yfir þau svæði þar sem vinnsla jarðgass úr skífu er hafin eða er í undirbúningi og þau fyrirtæki sem ætla að standa fyrir leit og vinnslu.

Það sem vekur þó ugg um þessar mundir um að sú vinnsla jarðgass með þessum hætti verði ekki vandræðalaus í framtíðinni er að nú um stundir eru eru nánast engar reglugerðir um það í Kína hvernig þessari vinnslu ætti að vera háttað og að í Kína liggur hin olíuberandi skífa mun dýpra í jarðlögunum en annars staðar og því verður vinnslan tæknilega mun erfiðari en annarsstaðar og þarfnast mun meira vatns en annars staðar (Dubitsky, W, 2014).

5.7. Lífmassi

Kína er vel í sveit sett með að stórauka orkuöflun með nýtingu lífmassa í öllum hlutum landsins. Í landinu fer fram mikil ræktun á allskyns ávöxtum og grænmeti og við þá ræktun fellur mikið til af lífrænum úrgangi sem hægt er að brenna og hita með því vatn og framleiða rafmagn. Auk þess fellur mikið til af allskyns úrgangi frá bæði mönnum og dýrum sem hægt er að nýta í orkuframleiðslu. Auk þess að brenna þessum leifum er hægt að vinna ethanól og lífdíselolíu úr lífræna úrganginum við niðurbrot sem hægt er að nota a farartæki og við heimilishald (IRENA, 2014).

Notkun Lífmassa virðist vera mjög fýsilegur kostur fyrir framtíðarorkuframleiðslu, lífmassinn er ódýr, það er nóg til af honum og er endurnýjanleg auðlind, auk þess sem orkuöflun úr lífmassa getur hjálpað til við að draga úr sorpvandamálum. Notkun lífmassa er hins vegar ekki gallalaus og hafa menn bent á að ræktun plantna til að framleiða t.d. lífdísel er mjög plássfrek og tekur yfir land sem hefði annars verið notað fyrir matvælaframleiðslu. Einnig þarf oft mikla orku til að gera lífmassan tilbúin fyrir bruna. Við bruna lífmassa losna einnig mikið af gróðurhúsalofttegundum og öðrum skaðlegum efnum út í andrúmsloftið, en er þó töluvert minna en við bruna t.d. kola auk þess sem kolefnið sem losnar við brunann er nú þegar partur af kolefnishringrás nútímans, en ekki hrein viðbót eins og kolefnið sem losnar við bruna jarðefnaeldsneytis (Siegel, R.P., 2012, Magnúsdóttir, B., 2013., Gíslason, S.R., 2012).

Hinn landlægi vatnsskortur í Kína, og þá sérstaklega í norðurhlutanum er einnig líklegur til að draga úr uppbyggingu á nýtingu lífmassa til orkuframleiðslu. Vatn er nauðsynlegt á öllum stigum málsins, bæði við ræktunina sem slíka og einnig er Ethanol vinnsla úr lífmassa fremur vatnsfrek (IRENA, 2014).

6. Samantekt og lokaorð

Vinnan við þessa ritgerð hefur verið mjög fróðleg og hjálpað mér við að setja ýmsa hluti í samhengi sem maður þó vissi fyrir um umhverfismál og orkuöflun í Kína, sem og annarsstaðar.

Ljóst er í ljósi þess hve mengun af völdum brennslu kola og olíu í Kína er gríðarleg er lífsnauðsynlegt fyrir kínverja, og reyndar jarðarbúa alla að koma sér upp nýjum endurnýjanlegum orkugjöfum til að knýja áfram hið sístækkandi hagkerfi kínverja og aukna velsæld til sjávar og sveita.

En þá vandast málið því enn sem komið er eru kolin langódýrasti orkugjafinn, enda er ennþá nóg til af þeim, og allur infrastrúturinn miðar að því að nota kol. Það er einnig ljóst að þó að stjórnvöld setji sér viðmið um að draga niður það prósentuhlutfall af heildarorkunni sem þeir nýta sem framleitt er með brennslu jarðefnaeldsneytis mun heildar brennsla kola og olíu koma til með að aukast á næstu árum með tilheyrandi vandamálum fyrir umhverfi Kína og annarra landa á jörðinni. Stjórnvöld í Kína eru þó með opin augu fyrir vandamálinu og hafa hert ýmsar reglugerðir með það fyrir augum að þó að nýting jarðefnaeldsneytis haldi áfram að aukast þá dragi þó hlutfallslega eitthvað úr menguninni sem af því hlýst. Stefnumörkun stjórnvalda er eitt, en framkvæmdin er oft önnur þegar um mannlegt eðli er að ræða og munu menn því halda áfram að reyna að komast upp með að fara á svig við reglugerðir í hagnaðarskyni. Af þeim sökum verður að koma í ljós hvort að áætlanir um að draga hlutfallslega úr mengun gangi eftir.

Margir aðrir orkugjafar koma til greina sem framtíðarorkugjafi í Kína, en það er ljóst að engin einn orkugjafi mun koma í staðinn fyrir núverandi orkugjafa.

Eins og ég hef komið inn á hér að ofan fylgja kostir og gallar öllum þeim orkugjöfum sem standa til boða um þessar mundir og engin einn orkugjafi sem núverandi tækniþekking býður uppá er án einhverra fórna eða hættu fyrir umhverfið. Rafmagn sem framleitt með ýmsum aðferðum verður framtíðarorkuauðlind jarðar, en flest allar aðferðir sem þekkjast við framleiðslu þess hafa einhver slæm áhrif á umhverfið.

Kjarnorka er ódýr og umhverfisvæn, en afleiðingarnar geta orðið geigvænlegar ef einhver óhöpp verða við framleiðsluna. Jarðhitaleit og nýting jarðhita er dýr og tímafrek og getur valdið töluverðu raski. Vatnsorkuver leggja undir sig gríðarlegt land og getur valdið töluverðum breytingum á öllu vistkerfinu. Auk þess sem uppistöðulón og virkjanir eru oftast byggðar á stöðum sem hafa mikið fegurðargildi og skemma þar með þá auðlind. Vindmyllur taka mikið pláss og geta verið skaðlegar fyrir fugla og leðurblökur. Framleiðsla sólarsella er mjög mengandi og rafmagnsframleiðsla með aðstoð lífmassa skilar frá sér sóti og mengun, auk þess sem frá þess konar orkuverum getur stafað töluverðum óþef.

Helsti akkillesarhællin við framleiðslu raforku og nýtingu hennar í Kína er hve raforkuflutningskerfið er veikt og að framleiðsla raforkunnar fer helst fram á afskekktum stöðum þar sem langar vegalengdir eru að þeim stöðum þar sem

orkunnar er þörf, þ.e. þar sem verksmiðjurnar eru og mannfjöldinn býr. Það er ljóst að miklir möguleikar eru í öflun umhverfisvænni orku eru í Kína sem mikið til er vannýttir í dag og má þar nefna t.d. orkuöflun með jarðhita, sólarorku og vindorku og spilar þar margt inn í.

Margt smátt gerir þó eitt stórt og ef menn halda áfram á þeirri vegferð sem hafin er í Kína verður vonandi í framtíðinni hægt að knýja áfram hagkerfið og hagsæld almennings með mismunandi aðferðum sem henta misvel á hinum mismunandi stöðum í Kína. Það mætti hugsa sér að í framtíðinni verði blómstrandi mannlíf á víð og dreif þar sem orkunnar til iðnaðarframleiðslu og heimilishalds verði aflað í minni orkuverum orkuverum sem vinna orku úr þeim möguleikum sem búa í nærumhverfinu á hverjum stað.

Framtíð jarðarinnar og reyndar mannkyns alls veltur á því hvernig tekst að leysa þessi vandamál í Kína og annarstaðar á jörðinni. Það er ekki endalaust hægt að friða samviskuna með því að gróðusetja tré í staðinn fyrir að kaupa sér bensínhák.

7. Heimildir

7.1. Bækur og greinar

Battocletti, L., Li, Z., 2000. Geothermal resources in China. Bob Lawrence & Associates, Inc.

Boyd, O, Copsey, T, 2011. What's in the five year plan ?. China's green revolution. Energy, environment and the 12th five- year plan (Hilton, Isabel, editor). e-book

Gíslason, S.R, 2012. Kolefnishringrásin. Hið íslenska bókmenntafélag. Reykjavík.

Hilton, I, 2011. Introduction: the evolving blueprint. China's green revolution. Energy, environment and the 12th five- year plan (Hilton, Isabel, editor). e-book.

Lentini, Vincent J, 2015 China's Cataclysm. Lentini, Vincent J. e-book.

Magnúsdóttir, B., 2013. Kennslufni úr námskeiðinu Almenn jarðfræði við Landbúnaðarháskólann á Hvanneyri.

Magnúsdóttir, B., 2014. Kennslufni úr námskeiðinu Jarðfræði Íslands við Landbúnaðarháskólann á Hvanneyri.

Marshank, S., 2008. Earth, Portrait of a Planet. Third-edition. W.W. Norton & Company. N.Y.

OECD/IEA 2010. Renewable energy essentials: Geothermal. Contribution of Geothermal Energy to Climate Change Mitigation: the IPCC Renewable Energy Report. Proc. World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 5 pages.

Shapiro, J, 2012. CHINA'S ENVIRONMENTAL CHALLENGES. e-book.

7.2. Heimildir af netinu

Blair, J, P., 2015. Coal. National Geographic. Sótt apríl 2015.

http://education.nationalgeographic.com/education/encyclopedia/coal/?ar_a=1

Block, B., 2015. Wind Energy Could Power China, Study Finds. World Watch Institute. Sótt apríl 2015. <http://www.worldwatch.org/node/6255>

Boyd, O., 2012. 2012. Nuclear waste: the 270-tonne legacy that won't go away. Chinadialogue. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/5238-Nuclear-waste-the-27-tonne-legacy-that-won-t-go-away>

Boyd, O., 2013. Nuclear fusion: an answer to China's energy problems?. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/5699-Nuclear-fusion-an-answer-to-China-s-energy-problems->

CCTV.com.English,2015. China issues water pollution action plan. Sótt mars 2015. <http://english.cntv.cn/2015/04/17/VIDE1429218721417541.shtml>

Cichon, M., 2014. China Turns to Geothermal Energy To Tackle Carbon Emissions. Sótt apríl 2015.

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/09/china-turns-to-geothermal-energy-to-tackle-carbon-emissions>

Crooks, E., 2014. 2014. Books: The fracking debate goes global. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/books/7022-Books-The-fracking-debate-goes-global/en>

Dubitsky, W., 2014. The Common sense canadian. China's war on coal means lots more renewable energy...and fracking. Sótt apríl 2015.

<http://commonsensecanadian.ca/chinas-war-coal-means-lots-renewable-energy-fracking/>

Eia, 2014. U.S. Energy Information Administration, Independent statistics and Analysis, China. Sótt apríl 2015. <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=ch>

Feodoroff, T., Franco, J., 2013. Chinese fracking plans prompt "water-grabbing" fears. Chinadialogue. Sótt apríl 2015.

<https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/5789-Chinese-fracking-plans-prompt-water-grabbing-fears>

Hornby, I., Raval, A., Hume, N., 2015. China's oil imports climb above 7m barrels a day for first time. Commodities. Sótt apríl 2015.

<http://www.ft.com/intl/cms/s/0/78f88222-9aff-11e4-882d-00144feabdc0.html#axzz3ZYcGBO3X>

Hvistendahl, M., 2008. Scientific American. China's Three Gorges Dam: An Environmental Catastrophe ? Sótt apríl 2015.

<http://www.scientificamerican.com/article/chinas-three-gorges-dam-disaster/>

IRENA, 2014. Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis. IRENA, Abu Dhabi. Sótt maí 2015. www.irena.org/remap

http://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf#page=10&zoom=auto,-107,215

KPMG, 2011. China's 12th Five-Year Plan: Energy. Sótt apríl 2015.

<http://www.kpmg.com/CN/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/China-12th-Five-Year-Plan-Energy-201104.pdf>

Kun, W., 2008. LECTURES ON GEOTHERMAL AREAS IN CHINA. Skýrsla orkustofnunar 2008-07. Sótt apríl 2015. <http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2008-07.pdf>

Larson, C., 2014. Making Solar Panels in China Takes Lots of Dirty Energy. Sótt apríl 2015. <http://www.bloomberg.com/bw/articles/2014-06-02/making-solar-panels-in-china-takes-lots-of-dirty-energy>

Liangchun, D., 2014. China needs to scale up wind and solar in 13th Five-Year Plan. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/blog/7349-China-needs-to-scale-up-wind-and-solar-in-13th-Five-Year-Plan/en>

Liu, Y., 2015. The Dirty Side of a "Green" Industry. World Watch Institute. Sótt apríl 2015. <http://www.worldwatch.org/node/5650>

Liu, C. 2015. China Restarts Nuclear Power Build Up. Scientific American. Sótt apríl 2015. <http://www.scientificamerican.com/article/china-restarts-nuclear-power-build-up/>

McGarrity, J., 2015. China wind boom to continue in 2015, but grid reform needed: report. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/7827-China-wind-boom-to-continue-in-2-15-but-grid-reform-needed-report->

National Geographic , 2015. Wind Power Information, Wind Power Facts. Sótt apríl 2015. <http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/wind-power-profile/>

Olczak, N., 2014. Small-scale solar stalls at China's city limits. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/7522-Small-scale-solar-stalls-at-China-s-city-limits->

Parvaiz, A., 2014. Huge potential of geothermal energy in the Himalayas still largely untapped. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/blog/7192-Huge-potential-of-geothermal-energy-in-the-Himalayas-still-largely-untapped/en>

Power technology.com, 2015. Three Gorges Dam Hydroelectric Power Plant, China. Sótt maí 2015. <http://www.power-technology.com/projects/gorges/>

Prebble, A., Preeble, S., 2012. GEOTHERMAL POTENTIAL OF CHINA. Worldview Report. Sótt maí 2015. http://www.nzgeothermal.org.nz/Publications/Industry_papers/Worldview-Report-Geothermal-Potential-of-China.pdf

Siegel, R.P., 2012. Biomass Energy: Pros and Cons. Triple Pundit. Sótt maí 2015. <http://www.triplepundit.com/special/energy-options-pros-and-cons/biomass-energy-pros-cons/>

Sigurðsson, H., 2014. SILICOR þýðir meiri mengun á Grundartanga. Sótt apríl 2015. <http://vulkan.blog.is/blog/vulkan/entry/1411821/>

Sveinbjörnsdóttir, E, D., 2012. Er Kárahnjúkavirkjun stærsta vatnsaflsvirkjun í Evrópu? Ef ekki hvar er hún í röðinni?. Vísindavefur Háskóla Íslands. Sótt apríl 2015. <http://www.visindavefur.is/svar.php?id=54558>

Taylor, A., Li, Z., 1996. GEOTHERMAL RESOURCES in CHINA. Bob Lawrence & Associates, Inc. Alexandria. Sótt apríl 2015. <http://bla.com/ECB/PDFFiles/China1996.PDF>

Tiezzi, S., 2015. China's Coming Nuclear Power Boom. The Diplomat. Sótt maí 2015. <http://thediplomat.com/2015/04/chinas-coming-nuclear-power-boom/>

Tomczak, A, 2015. China's 13th Five-Year Plan. World Coal Association blog. Sótt apríl 2015. <http://www.worldcoal.org/extract/chinas-13th-five-year-plan-4739/>

Urban, F., 2014. Small-scale solar is a big player in China's clean energy mix. Chiadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/7580-Small-scale-solar-is-a-big-player-in-China-s-clean-energy-mix>

Walker, B., 2015. Story Map: What is the impact of China's mega water diversion scheme? Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/blog/7619-Story-Map-What-is-the-impact-of-China-s-mega-water-diversion-scheme-en>

WED, 2015. Wind Energy Basics. Sótt apríl 2015. <http://windeis.anl.gov/guide/basics/>

World Energy Council 2013, World EnergyResources: Geothermal. Sótt apríl 2015. http://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2013/10/WER_2013_9_Geothermal.pdf

World Nuclear Association, 2015. Nuclear Power in China. Sótt apríl 2015. <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power/>

Yue, Z., 2014. China's nuclear expansion threatened by public unease. Chinadialogue. Sótt apríl 2015. <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/7336-China-s-nuclear-expansion-threatened-by-public-unease>

7.3. Myndaskrá

Mynd 1. Sótt apríl 2015. <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=ch>

Mynd 2. Sótt apríl 2015. <http://bittooth.blogspot.com/2012/08/tech-talk-some-thoughts-on-where-we-are.html>

Mynd 3. Sótt apríl 2015. <http://www.ft.com/cms/s/0/67f25666-8d2d-11e1-9798-00144feab49a.html#axzz3YJsqXyMq>

Mynd 4. Marshank, S., 2008. Earth, Portrait of a Planet. Third-edition. W.W. Norton & Company. N.Y.

Mynd 5. Sótt apríl 2015. http://www.rigzone.com/news/image_detail.asp?img_id=5547

Mynd 6. Sótt apríl 2015. <http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=ch>

Mynd 7. Sótt apríl 2015. <http://www.geothermal-energy-journal.com/content/2/1/19/figure/F1>

Mynd 8. Sótt apríl 2015. <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-A-F/China--Nuclear-Power/>

Mynd 9. Sótt apríl 2015. <http://commonsensecanadian.ca/chinas-war-coal-means-lots-renewable-energy-fracking/>