

»Zelena« energija – bližnjica k energetske neodvisnosti ali slepa ulica?

Rafael Mihalič

*Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si*

Povzetek. V prispevku skušam osvetliti nekatere probleme prehoda s klasičnih virov energije na obnovljive vire in nekatera s tem povezana in v javnosti sprejeta prepričanja dvomljive verodostojnosti. Izkaže se, da je "okoljski odtis" t. i. zelenih virov v primerjavi z nekaterimi klasičnimi viri zelo velik, da lahko z nekritičnim razvojem tehnologij za zmanjšanje odvisnosti od uvoza energentov pravzaprav zapademo v še večjo odvisnost, prikazan je primer "ekodržave" Danske, obravnavan problem zamenjave nafte z etanolom iz celuloze ter (ne)smiselnost uporabe tehnologije CCS in obdavčitve izpustov CO₂. Na srečo fosilnih goriv še ne bo tako hitro zmanjkalo, kakor se bojijo nekateri, kar pa ne sme biti razlog, da ne bi razvijali tehnologij izkoriščanja sonaravnih virov energije. Vendar velja prizadevanja in sredstva, ki so v sedanjem obdobju relativnega energetske blaginje dostopna, usmeriti v raziskave in tehnologije, ki pomenijo tudi neko dodano vrednost za družbo. Nima smisla subvencionirati Kitajske in njene okoljsko velikokrat sporne proizvodnje ali nesmiselnega početja, katerega glavni cilj je odiranje davkoplačevalcev. Tlačenje CO₂ pod zemljo oz. njegovo obdavčevanje ali plačevanje ogljičnega odtisa je že tak nesmisel.

Ključne besede: energija; sonaravni viri, fosilna goriva, podnebne spremembe

Green Energy – Shortcut to Energy Independency or Cul-de-sack

In the paper some problems are being discussed, which accompany the transition from the classical power sources towards renewables as well as some in the public wide accepted persuasions of dubious credibility. It is shown that the footprint of s.c. green power sources is much larger, compared to classical technologies, that the overhasty development of technologies for energy dependence reduction may lead to even higher dependence, an example of the "ecoland" Denmark is presented, further exchange of oil by ethanol made of cellulose as well as nonsense of CCS technology and CO₂ emission taxes. Fortunately fossil fuels are not yet running short as some people are afraid of. This, however, must not be a reason getting stuck for development of renewables. However it is reasonable to direct the efforts and resources in the nowadays relative energy prosperity into research and development which are going to contribute to the national welfare. It makes no sense to subsidize China and its environmentally often questionable production or absurd activities, which main goal is overcharging of taxpayers. Pushing CO₂ beneath the earth surface or taxing the CO₂-print may be considered as such nonsense.

1 NAMESTO UVODA ALI: "POSLUŠAJMO ARTHURJA!"

"V Durbanu vendarle žarek upanja za usodo Zemlje." "Strupeni plini iz elektrarn – poguba za planet." "Greenpeace Slovenija ve, kako zamenjati elektriko iz nuklearke s sonaravnimi viri." "Ogljikov dioksid ogroža zdravje Zemlje." "Morska gladina se dviga." "Dvig temperature planeta do konca stoletja za nekaj stopinj." "Poplave v (kjerkoli že) rezultat antropogenih podnebnih sprememb." "Že sedaj bi lahko nafto nadomestila biodizel in etanol iz rastlin." "Danska zgled drugim".

Nanizani izmišljeni stavki v poplavi novic, s katerimi smo vsak dan dobesedno preplavljeni, zvenijo zelo domače. V zadnjih letih smo namreč pričali medijski kampanji, ki povzdiguje razne "ukrepe za ohranitev podnebja" in t. i. obnovljive vire energije na raven za ohranitev človeštva in narave nujnih ukrepov, ki jih je treba začeti izvajati takoj, "kaj takoj – že včeraj!" Kakor je bilo opaziti, so različne t. i. okoljevarstvene organizacije v Sloveniji svojo medijsko aktivnost močno okrepile zlasti pred ravnokar končanimi volitvami (pa si dovolimo nekoliko zlobno, a zelo verjetno špekulacijo), da bi od strank bodoče vladne koalicije izvabili t. i. "okoljske in energetske zaveze", s katerimi bi, med drugim, pozneje olajšale "sofinanciranje" svoje dejavnosti. Spletna aplikacija

"Revizor" pove marsikaj o financiranju nekaterih okoljskih dušebrižnikov, med drugim tudi to, da približno polovico denarja, katerega znaten del kljub drugačnim zagotovilom pridobijo od države (nas davkoplačevalcev), porabijo za PR ("piar"). Ker ob vsej svoji moralni spornosti vendarle ta sredstva ne bodo "pokopala" Slovenije in ker je treba priznati nedvoumen pozitivni vpliv ekoloških gibanj (takih brez narekovajev) na zavest ljudi o ohranjanju narave, nadzor nad onesnaževalci in graditev odnosa ljudi do okolja, ob vsem skupaj ne gre neposredno za denar.



Slika 1: "Strupen CO₂" se plazi po naši deželi

Problematično pa postane nenehno ponavljanje enih in istih dvomljivih in neuresničljivih tez, ko gre za določanje energetske strategije (pa se omejimo v tem delu bolj na elektroenergetiko) in energetske politike države. Naj so nekatere teze še tako "čudne", velja verjeti gospodu Paulu Josephu Göbbelsu, da tisočkrat ponovljena laž postane resnica (prevedeno iz: „*Eine Lüge, tausend mal wiederholt, wird zur Wahrheit*“). Ker se po naravi stvari politiki vsaj na zunaj ravna tudi po "željah ljudstva" (kateremu se z veseljem pridružijo zainteresirani lobiji) in ker je njihovo časovno obzorje dogodkov omejeno na trajanje mandata, lahko pride do sprejemanja odločitev v strategiji energetske oskrbe države (naj spomnimo, v elektroenergetiki so časovne konstante reda 30 let), ki je daleč od najbolj smiselne in lahko prihodnje generacije zelo veliko stane. Zato o nekaterih tezah in trditvah različnih "vikendekologov" in "vikendenergetikov" velja razmisliti in se vprašati, zakaj za božjo voljo vendarle ne zamenjamo že enkrat vseh virov onesnaževanja v elektroenergetiki s t. i. sonaravnimi viri. Pa odmislimo ob tem tudi učinek NIMBY oz. BANANA (NIMBY – Not In My Backyard, BANANA – Build Absolutely Nothing Absolutely Nowhere Around. Primerov v Sloveniji je več kot dovolj – "smo za obnovljive vire, a proti elektrarnam na Muri in proti vetrnim elektrarnam in proti daljnovodom in proti"). Odmislimo tudi "naravne zakone" gospoda Murphyja ("Če se zadeva zdi prelepa, da bi bila resnična, po navadi tudi ni.") in

poglejmo nekatere tehnične vidike zamenjave klasičnih virov energije s sonaravnimi. Ob tem vzemimo v zakup tudi dejstvo, da, kot pravijo Američani, "taka stvar, kot je brezplačno kosilo, ne obstaja", in da skrb za visoko raven ohranjanja okolja nekaj stane (pa čeprav je, ko treba odpreti denarnico, pri večini ljudi "konec heca").

Odgovori na osnovna vprašanja nadomeščanja klasičnih energetskih virov s sonaravnimi niti niso tako zapleteni in jih je v veliki meri moč podati na podlagi javno dostopnih virov, poznavanja osnovnih fizikalnih pojmov in predvsem nekaj zdrave pameti. Ob tem velja ves čas imeti v mislih rek filozofa *Arthurja Schopenhauerja*, da "**Zdrava (kmečka) pamet" lahko zamenja kakršenkoli nivo izobrazbe, toda noben nivo izobrazbe ne more zamenjati zdrave (kmečke) pameti.**" (Prevod avtorja iz: "*Common sense can replace almost every level of education but no degree of education can replace common sense.*")

Nedvomno tudi drži, da je treba tehnologijo obnovljivih virov razvijati in da vsi komaj čakamo, da bomo na južno steno in streho hiše privili poceni sončne panele ali prilepili "sončno folijo" namesto fasade ali strešnikov. Hkrati ni nobenega dvoma, da se bo tehnologija teh virov izpopolnila in morda v določenih primerih pocenila do te mere, da bo cenovno konkurenčna fosilnim gorivom tudi brez subvencij, ki jih žal prispevamo "navadni" državljani. Vendar pa pri razvoju sistema oskrbe z energijo iz t. i. "sonaravnih virov" na svetovni ravni obstajajo neke naravne, fizikalno pogojene omejitve in strateško težko sprejemljiva tveganja.

V prispevku želim predstaviti nekatere vidike oz. probleme pri preskrbi energije človeštva z obnovljivimi viri in pri zamenjavi fosilnih goriv z njimi. Ker je preskrba z energijo za razvoj družbe tako pomembna, da napačne odločitve lahko dolgoročno zmanjšajo njene možnosti za "uspeh" na svetovni ravni, se je treba zavedati vseh vidikov omenjenega procesa, tudi tistih, ki nam žal niso posebno povšeči.

2 NEKAJ OSNOVNIH LASTNOSTI ENERGENTOV

Ni treba biti strokovnjak, da naštejemo nekaj osnovnih lastnosti energetskih virov, po katerih jih lahko tudi klasificiramo.

Najpomembnejša je seveda **dostopnost**. Nedostopen energetski vir nam ne pomeni ničesar. Z razvojem tehnologije se je ta lastnost v zadnjih letih močno okrepila. Zlasti to velja za nove (revolucionarne) metode vrtnanja pri izkoriščanju nafte in zemeljskega plina, tehnologija "off shore" vetrnih elektrarn ipd. Žal pa ravno pri energentu, katerega pomen strmo narašča in je ravno dostopnost osnovni problem (se ga težko uskladišči – ni prenosljiv), tj. električni energiji, razvoj težko označimo kot revolucionaren. Problem sta in ostajata skladiščenje in uporaba geografsko neodvisna od elektroenergetskega omrežja (EEO).

Predvidljivost pomeni, da se lahko "zanesemo" na energetske vir oz. da vemo, kje in koliko ga lahko dobimo, ko ga bomo potrebovali. Najbolj izrazit je pomen tega pojma pri električni energiji. Večine elektrarn namreč ne moramo "priklapljati" in "odklaplajati", kakor je pač potreba v sistemu. Zelo velik problem so v tem pogledu nekateri obnovljivi viri. Tipičen predstavnik so vetrne elektrarne (glej [1]). Ker se nanje ne moremo "zanesti", se pri načrtovanju sistema ne upoštevajo (kot, da jih ne bi bilo) [2]) in je treba zanje imeti 100-odstotno rezervo.



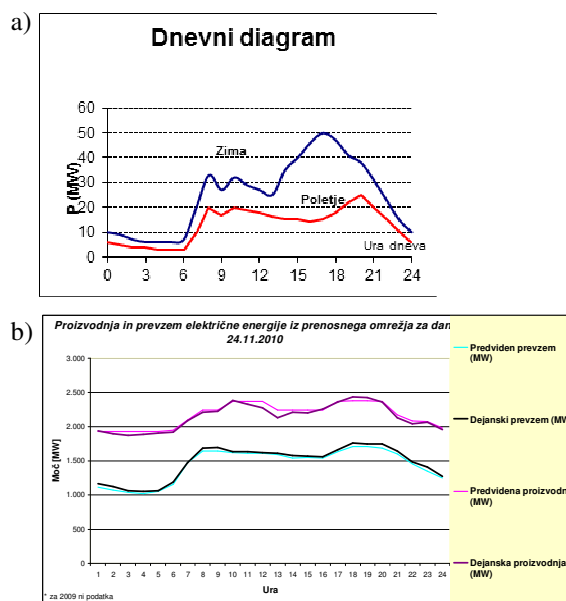
Slika 2: Žal nepraktično

Energijska vsebnost (energijska gostota) energenta nam pove, koliko energije je v določeni količini (masi, volumnu) energenta. Seveda si želimo čim večjo gostoto energije, ker sta potem shranjevanje in transport preprostejša. Na bencinski črpalki nam teče po cevi v avtomobilski rezervoar energija, ki približno ustreza moči 25 MW. Prikaz električnih avtomobilov na slikah s tankim kablom in enofazno vtičnico za 230 V je potemtakem nekoliko smešen. Če špekuliramo in ocenimo, da je za isti doseg avtomobila potrebne štirikrat manj energije kakor pri klasičnem avtomobilu, bi vendarle morale teči pri isti hitrosti polnjenja okrog 6 MW moči, kar na 230 V pomeni okrog 26.000 A. Ob predpostavki, da lahko trajno 1 mm² bakra prenaša približno tok jakosti 5 A (pa jih pri debelih kablilih ne), bi torej potrebovali bakreni kabel debeline 5200 mm². Če avtomobil polnimo namesto dve minuti dve uri, to znese še vedno skoraj 450 A oz. kabel debeline 90 mm² (seveda toliko za fazo in toliko tudi za nični vodnik). Zato dvehurno polnjenje iz navadne domače vtičnice po vsej verjetnosti še zelo dolgo ne bo prišlo v poštev. Predpostavka velja seveda za enofazne vtičnice in za avtomobile podobnih zmogljivosti, kot so današnji. Ker v večjih mestih družina po navadi z enim avtomobilom ne shaja, si je mogoče predstavljati električne avtomobile le kot "drugi" avto, prilagojen krajšim razdaljam in z relativno šibkim motorjem.

Visoka energijska gostota je potemtakem ena bistvenih prednosti fosilnih goriv pred drugimi vrstami virov energije.

3 ENERGIJA IN MOČ

Omejimo se ob razčiščevanju tega pojma na elektroenergetski sistem. Pojem proizvedene energije je namreč v medijih največkrat zlorabljen in se z njim manipulira z javnostjo. Večinoma slišimo oz. preberemo, da je neka elektrarna oddala v omrežje toliko in toliko MWh energije. To je sicer verjetno res, vendar elektroenergetski sistem (EES) obratuje po načelu zadovoljevanja potreb po moči in ne zahtev po energiji. Z drugimi besedami, EES mora vsak trenutek proizvajati toliko električne moči, kolikor je tisti trenutek zahtevajo porabniki (vštevši izgube).



Slika 3: a) Distribucijski odjem – tipična dneva
b) Bilanca ELES 24. november 2010[3]

Vsota proizvedene in porabljene električne energije (kamor prištevamo tudi izgube prenosa in pretvorbe) mora biti v vsakem trenutku izravnana. Če ni, se začne spreminjati frekvenca, ki jo je treba vzdrževati v zelo ozkih mejah. Glede na to se elektrarne ves čas prilagajajo porabi. Prav nič nam ne pomaga, če imamo na voljo električno moč v času, ko te ne potrebujemo. Šele seštevek te moči (časovni integral) nam da proizvedeno električno energijo. Ilustracija sta sliki 3. Obstajajo tudi primeri, ko je proizvodnje preveč, iz tehničnih razlogov pa je nesprijemljivo manjšati proizvodnjo oz. ustavljati klasične elektrarne. V takem položaju je preprosto treba izklopiti npr. vetrne elektrarne. Ker pa je upravljavec sistema po zakonu zavezan odjemati električno energijo kvalificiranih virov, lahko dobijo lastniki takih virov visoka nadomestila, da vire ustavijo. Podatek iz VB, novembra 2011: vetrne elektrarne – po 180 GBP/MWh, upoštevajoč nazivno moč elektrarne (to je nekje 4-kratna cena povprečne MWh) – *zato, da ne dela!*

4 PROBLEM "BACK-UP ELEKTRARN"

V načrtovanju in obratovanju prenosnega dela EES je princip n-1 ("en minus ena") tako rekoč sveto pravilo. Pomeni, da so ob normalnem obratovanju in temu sledečem izpadu kateregakoli elementa porabniki nemoteno napajani. Kot porabnike tu štejemo distribucijski odjem. Če napaka nastane v distribucijskem omrežju, seveda to na splošno ne velja, saj je treba zaradi radialne oblike distribucijskih omrežij izvesti preklon na rezervno napajanje.

Omenjeno bi v smislu obratovanja obnovljivih virov (npr. vetrnih elektrarn) pomenilo, da za primere brez njihove proizvodnje (npr. vetra ni) mora obstajati neka rezerva. Ker pa je nastop npr. brezvetrja nepredvidljiv, je za vsako vetrno elektrarno potrebna neka rezerva. Izkušnje iz ZDA kažejo, da kljub velikemu številu vetrnic prihaja do obdobj, ko je njihova skupna proizvodnja skoraj nič. Zato so se odločili, da pri načrtovanju energetskih zmogljivosti na vetrne elektrarne preprosto ne morejo računati. Z drugimi besedami, zaradi vetrnih elektrarn ne bo "klasičnih" elektrarn nič manj, lahko pa, da bodo drugačne. Vetrne elektrarne torej potrebujejo 100-odstotno rezervo. Če te investicije prištejemo vetrnim elektrarnam, se cena njihove elektrike še bistveno zviša.

PRIMER: Izvedimo za ilustracijo poenostavljen idealiziran izračun za Slovenijo (slika 4).

Recimo, da potrebujemo elektrarno, ki bo dala toliko energije, kot bi ustrezala povprečni moči 1000 MW. Predpostavimo tudi, da oblika izhodne moči ni pomembna, ker imamo npr. zelo veliko črpalnih elektrarn z velikimi bazeni. Tako lahko poljubno shranjujemo oz. proizvajamo električno energijo. Seveda to niti približno ne drži, vendar bodimo nepopravljivi optimisti.

Vzemimo pod drobnogled alternativo med jedrsko elektrarno (npr. JEK2) in vetrnimi elektrarnami. Za nove jedrske elektrarne t. i. III+ generacije ponujajo proizvajalci garancijo za učinkovitost (obratovalne ure), večjo od 92 odstotkov, upoštevajoč menjave goriva in remonte. To pomeni, da bomo v določenem obdobju proizvedli energijo, ki pomeni več kot 92 odstotkov teoretično največje. Če želimo zagotoviti ob navedenih predpostavkah povprečno moč 1000 MW, torej potrebujemo $1000 \text{ MW} / 0.92 = 1087 \text{ MW}$ jedrske elektrarno (kar je nekaj takega, kot je moč šibkejše variante za morebitno JEK2).

Znano je, da je izkoriščenost vetrnih elektrarn v Nemčiji pod 20 odstotki, po nekaterih podatkih pod 15 odstotki. Bodimo še naprej optimisti in predvidimo tudi za slovenske vetrne elektrarne 20-odstotno izkoriščenost. To pomeni, da bi za omenjeno količino energije potrebovali $1000 \text{ MW} / 0.2 = 5000 \text{ MW}$. Predpostavimo tudi, da izberemo velike 2 MW elektrarne, kakršne gradnjo v Dolenji vasi so ustavili ("kocen" še vedno zaljša okolje). Potrebovali bi torej 2500 takih vetrnic (ali 6000 vetrnic tipa Volovja reber).

Razen tega bi za shranjevanje črpalne elektrarne in prenosne poti (daljnovodi, transformatorji, stikala ...) morale biti dimenzionirane na okrog 5000 MW (petdeset 110-kV daljnovodov), pri prvi varianti pa na okrog 1100 MW. To bi verjetno stalo celo več kakor same vetrne elektrarne, če o zapletih z umeščanjem prenosnih vodov za 5000 MW v okolje sploh ne razmišljamo.



Slika 4: Nuklearna elektrarna proti vetrni elektrarni:

- a) Nuklearna elektrarna Krško [4]
- b) Polje vetrnic [5]

K vsemu skupaj pa seveda spada še pika na i, in sicer je življenjska doba VE okrog 3-krat krajša kakor pri JE. To pomeni, da bi bila investicija v VE še bistveno višja, kakor se zdi na prvi pogled.

Zelo podobno bi bilo lahko razmišljanje s katerokoli elektrarno na fosilna goriva namesto jedrske.

5 PORABA MATERIALA OZ. "OKOLJSKI ODTIS"

Pri vsakem izkoriščanju energije je treba vzeti v zakup posledice za okolje. Seveda si vsi ob tem želimo, da bi bil vpliv na naravo čim manjši. To pomeni čim manjši "energetski odtis" (footprint) v naravi in po drugi strani čim večjo količino uporabne energije.

Omejimo se najprej na električno energijo, okrog katere poteka največ okoljevarstvenih razprav. Skušajmo med seboj primerjati gostoto moči glede na površino, ki jo zahtevajo različni elektroenergetski objekti. Za primerjavo vzemimo npr. jedrsko elektrarno z dvema reaktorjema in močjo okrog 2700 MW (nekaj dokaj običajnega v svetu). Če zelo konservativno ocenimo "okoljski odtis" take elektrarne na 48 km^2 [6], dobimo okrog 56 W/m^2 energijske gostote (če se omejimo na sam objekt elektrarne, je površina reda 100-krat manjša). Ob tem za primerjavo navedimo vetrne elektrarne z energijsko gostoto "odtisa" okrog 1.2 W/m^2 [7] in sončne elektrarne s 6.7 W/m^2 [7]. Svojevrstna rekorderja v negativnem pomenu sta elektrarna na biomaso (pridobivanje in sežiganje bioplina iz npr. koruzne silaže) z 0.4 W/m^2 [7] in pridobivanje etanola iz koruze (0.05 W/m^2) [7]. Pridobivanje energentov s slednjima je tako rekoč okoljski kriminal, ki bi ga okoljevarstvene in humanitarne organizacije (kurimo hrano, drugod po svetu pa ljudje umirajo od lakote) morale nemudoma najostreje obsoditi.

Tem številkam je mogoče do določene mere vedno oporekati, vendar so v drugih študijah prišli do rezultatov, ki so v istem velikostnem razredu. [8] npr. omenja 144-krat večji "odtis" pridelave "koruznega etanola" od nuklearne elektrarne, veter naj bi zahteval okrog 30-krat več, fotovoltaika pa 15-krat več.



Slika 5: Temelj vetrne elektrarne Dolenja vas [9]

Razen tega nekateri viri onemogočajo kakovostno življenje v bližini (npr. vetrnice zaradi migetanja svetlobe in nizkofrekvenčnega hrupa).

Razpršeni viri poleg tega zahtevajo velike površine za veliko število prenosnih električnih vodov, ki jih je v Evropi skoraj nemogoče umestiti v prostor.

Podobne kot pri zahtevani površini so razmere glede porabe materiala na proizvedeno energijo. Če vzamemo za primer kar nedokončano 2 MW vetrnico Dolenja vas, ugotovimo, da za njeno postavitve potrebujemo okrog 500 m³ betona za temelje (1200 t) in okrog 150 t železa. (od tega okrog 50 t v temeljih) [9]. Ilustracija razmer je na sliki 5.

Glede materiala lahko po [10] povzamemo, da je za jedrske elektrarne potrebnih za MW moči okrog 90 m³ betona in 40 ton jekla. Za plinske elektrarne potrebujemo le 27 m³ betona in 3.3 tone jekla / MW, pri čemer, resnici na ljubo, niso všteti plinovodi. Upoštevajoč, da je izkoriščenost vetrne elektrarne reda 4-5-krat manjša kot pri jedrski elektrarni (potrebujemo toliko več vetrnic za energijo, ki jo odda nuklearna elektrarna), je poraba materiala za vetrne elektrarne okrog 900 m³ (več kot 2000 t) betona in 450 t jekla na 1 MW (pravzaprav na 4 MW instalirane moči, ki odda energijski ekvivalent inštaliranega 1 MW nuklearne elektrarne).

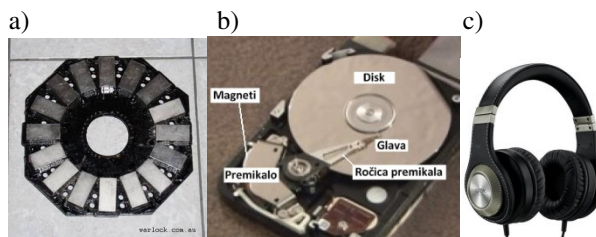
Glede na povedano se je treba zavedati, da tudi t. i. zelene tehnologije pridobivanja energije niso povsem brez vplivov na okolje. Ob tem nismo omenjali drugih okoljskih vplivov, kot je npr. pomor ptičev in netopirjev s strani krakov vetrnic (kaj hujšega, kot če v ZDA pogine beloglavi orel).

6 ENERGETSKA (NE) ODVISNOSTI

Eden (po mojem mnenju verjetno najtehtnejši) od argumentov za intenziven razvoj in uporabo obnovljivih virov je energetska neodvisnost. Evropa (Slovenija je v še slabšem položaju) uvaža več kot pol plina in več kot 80 odstotkov nafte. Če bi jim uspelo z obnovljivimi viri to odvisnost zmanjšati, bi to imelo politične in strateške ugodne učinke. Vsi se še spomnimo "zaprtih ukrajinskih pipic" za plin. Prevelika energetska odvisnost od ene ali od nekaj držav vodi lahko tudi v politično oz. gospodarsko odvisnost.

Preden nadaljujemo razmislek o neodvisnosti, pogledjmo bistvene elemente sodobnih, bodisi t. i. energetske varčnih tehnologij, ali pa tehnologij za pridobivanje energije iz obnovljivih virov. Eden ključnih elementov so sodobni generatorji oz. motorji z dobrim izkoristkom in veliko gostoto moči (moč na kilogram teže). Nesmiselno bi bilo namreč graditi električna vozila, ki bi imela težke elektromotorje, saj bi za premikanje porabili preveč energije. Naslednji primer so vetrne elektrarne, ki jim ne moremo na vrh nosilnega stebra povezniti pretežkega generatorja. Slednji bi namreč vse skupaj bistveno podražil. Za električna vozila (in večino prenosnih elektronskih naprav – telefoni, računalniki ...) so ključnega pomena lahki, poceni in zmogljivi akumulatorji. Trenutno kaže, da najbolje tem zahtevam zadostijo litijevi akumulatorji. Prav tako znaten delež sončnih celic temelji na kadmijevem teluridu. Kot zanimivost – zasloni sodobnih elektronskih naprav pri trenutni tehnologiji ne morejo brez elementov itrija in evropija.

Zakaj to naštevanje? Ključ leži v skupini t. i. redkih elementov, kamor spada kemična skupina lantanidov in tudi nekateri drugi, na videz eksotični, elementi. Omenjene motorje oz. generatorje za vetrne turbine je namreč na trenutni stopnji znanja in tehnologije mogoče izvesti le z zelo močnimi permanentnimi magneti.



Slika 6: Uporaba neodimovih magnetov.

- Del motorja male vetrnice [11]
- Trdi disk [12]
- Vrhunske slušalke [13]

Ti temeljijo na prozeodimu ali neodimu ali samariju ali terbiju ali disproziju. Vsi omenjeni elementi spadajo med lantanide. Enako velja za evropij (zasloni). Telur sicer ne spada v lantanide, a obstaja le en rudnik telurja na svetu. Nekoliko manj redek je Litij, vendar bi ga

verjetno (za neko razumno ceno) ob razširjenosti avtomobilov na električni pogon (in z litijevimi baterijami) hitro začelo primanjkovati.

Če smo govorili o odvisnosti, si oglejmo, kje se geografsko nahajajo omenjeni redki elementi (okside lantanidov označujejo tudi z izrazom "redke zemlje"). Devetdeset odstotkov trga z litijem pokrivajo le tri države: Argentina, Čile in Kitajska [14]. Zaloge ima sicer tudi Bolivija, vendar ga predsednik Evo Morales ne prodaja "gnilim kapitalistom". Trg z lantanidi od 95- do in 100-odstotno obvladuje Kitajska. Edini rudnik telurja (ni lantanid) je na Kitajskem. Ti elementi sicer niso tako skrajno redki, vendar je njihovo pridobivanje zahtevno in trenutno zelo okoljsko sporno.

Ker se kitajsko vodstvo zaveda pomena skoraj popolnega monopola nad surovinami, ki omogočajo "zeleno tehnologijo", teh elementov ni več na prostem trgu. Hkrati šolajo 1000 doktorjev znanosti za razvoj tehnologij pridobivanja redkih zemelj [15]. Z drugimi besedami, razvoj sodobnih tehnologij je tako rekoč povsem odvisen od surovin, ki jih nadzira Kitajska. Tehnologije so razvili na zahodu in čez nekaj let bo verjetno mogoče te tehnologije uporabljati za proizvodnjo le še na Kitajskem, saj drugače ne bo več mogoče priti do omenjenih elementov.

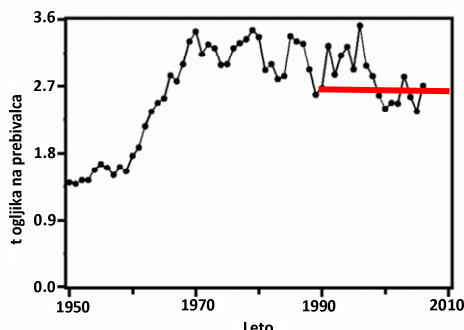
V smislu energetske odvisnosti torej želimo zamenjati odvisnost od npr. 21 držav, ki načrpajo več kot milijon sodov nafte na dan z odvisnostjo od ene same države.

7 PRIMER DANSKE

Danska po splošnem prepričanju velja za eno najbolj ekološko naprednih držav in okoljevarstveniki jo zelo radi omenjajo kot vzor, ki ga velja posnemati, da si kot družba zagotovimo energetske neodvisnost in hkrati v največji meri svoje energetske potrebe zadovoljujemo na naravi (nekateri bi rekli "planetu") prijazen način. V 70. letih so Danci kot odgovor na naftno krizo sprejeli obsežno in ambiciozno energetske politiko, katere cilj so energetska neodvisnost, pridobivanje energije na okolju prijazen način in zmanjšanje t. i. toplogrednih plinov, predvsem CO₂.

Najbolj so aktivni na področju vetra in imajo daleč največji delež vetrnih elektrarn na prebivalca. Z njimi zadovoljujejo približno petino potreb po električni energiji. Glede na tako velik delež nepredvidljive električne moči v sistemu morajo, da njihov sistem stabilno obratuje, proizvodnjo ostalih virov prilagajati proizvodnji vetrnih elektrarn in porabnikov. Najprimernejše so za ta namen hidroelektrarne (HE) oz. črpalne hidroelektrarne (ČHE). Teh pa na Danskem ni, saj je površje zelo "položno". Na srečo pa so prek podmorskih kablov povezani z Norveško in Švedsko, z nadzemnimi vodi pa z Nemčijo. Gre za velike sisteme, ki lahko "amortizirajo" nepredvidljivo proizvodnjo Danske. Pri tem je primerna zlasti Norveška z veliko HE in ČHE. Ko je na Danskem električne energije preveč, jo morajo izvažati (ali pa ustaviti vetrne

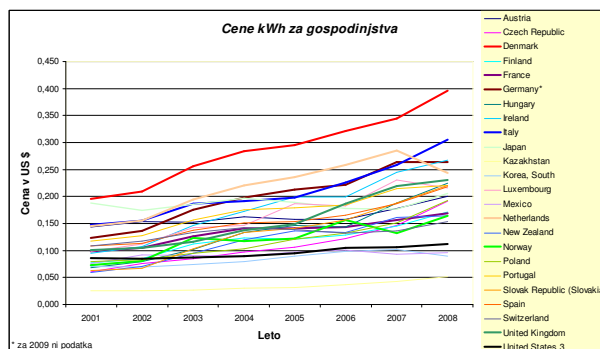
elektrarne in plačati njihovim lastnikom znesek polne proizvodnje po subvencionirani ceni). Z drugimi besedami to pomeni, da je prodaja po kakršnikoli ceni v takem položaju smiselna.



Slika 7: Ocena danskih izpustov CO₂ v tonah [16]

Tako (zelo) poceni elektriko seveda z veseljem kupuje Norveška in jo "shranjuje" s pomočjo ČHE. Ko na Danskem "ne piha" in je poraba po električni energiji velika, jo kupujejo. Seveda jim takrat Norveška "shranjeno" energijo rade volje proda. Cena le-te pa je lahko glede na povpraševanje po Evropi zelo visoka (med najnižjo in najvišjo ceno električne energije je lahko faktor 5 in več). Zlobneži bi seveda rekli, da Norvežani služijo na račun Danskega programa zniževanja izpustov CO₂ – pa še težko bi jim oporekali.

Če pogledamo, koliko so se zaradi obsežnega programa vetrnih elektrarn zmanjšale danske emisije CO₂, lahko (za nekatere presenetljivo, za druge ne) ugotovimo, da od leta 1990 do 2008. (do takrat so bili dostopni podatki) tako rekoč nič (glej sliko 7).



Slika 8: Gibanje cene električne energije za gospodinjstva v nekaterih državah

Seveda pa ne moremo trditi, da učinka sploh ni bilo. Prebivalstvo je ostalo v tem obdobju skoraj na enaki ravni (1990. leta 50.7 milijona, 2008. leta 50.6 milijona), poraba električne energije pa se je povečala za okrog 20odstotkov. To je določen uspeh, vendar veliko manjši, kot so se ga nadejali. Iz grafa na sliki 7 kake pretirane spremembe trenda sploh ni videti.

Ceno za to seveda plačujejo prebivalci. Cena za gospodinjstva je približno 4-krat višja kot v ZDA in skoraj 3-krat višja kot v Franciji ali na Norveškem, ker je električna energija močno obdavčena (od kod, če ne iz davkov, pa prihaja denar za subvencije). Slednje nam ilustrira diagram na sliki 8, kjer so izrisani grafi glede na podatke iz [17] (seveda gornja krivulja velja za Dansko). Kot daleč največja uvoznica električne energije naj bi imela Italija daleč najvišje cene v Evropi, a to za gospodinjstva ne velja. V tem segmentu je prvak z velikim naskokom Danska.

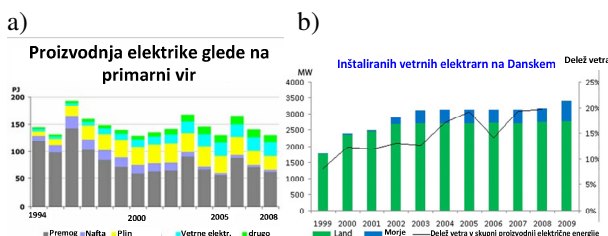
Poglejmo še nekatera dejstva o preskrbi z energenti na Danskem. Pričakovati je namreč, da naj bi se poraba fosilnih goriv zaradi usmerjenosti v "zelene tehnologije" zmanjšala. Stanje od leta 1980 do 2008. prikazuje slika 9.



Slika 9: Poraba fosilnih goriv na Danskem [18]

- Poraba premoga
- Poraba nafte
- Poraba plina

Očitno je, da se poraba premoga od leta 1990 ni bistveno zmanjšala, enako velja za nafto, se je pa močno povečala poraba plina. Zanimivo je, da Danska še vedno pokrije z nafto več kot 50 odstotkov energetskega potreb. Če pogledamo, kolikšen je delež vetrne energije v celotni energetskega bilanci, ugotovimo, da je to 4-odstotno (za primerjavo: proizvodnje vetrnih elektrarn je za okrog 12 milijonov sodov nafte na leto, v Severnem morju pa je načrpajo okrog 300 milijonov sodov). Velik del načrpane nafte prodajo. Če se že deklarirajo kot država, ki je napovedala vojno CO₂, so več kot na mestu vprašanja, kot npr.: "Ali se tako borijo proti zmanjšanju izpustov, ali ne bi ustavili črpanja nafte za izvoz in tako še največ prispevali k draženju nafte in njeni manjši porabi ...?"



Slika 10: a) Proizvodnja električne energije na Danskem glede na primarni vir [19]

- Gradnja vetrnih elektrarn na Danskem [20]

Delež vetrne energije v proizvodnji elektrike ilustrira slika 10. Očitno je leta 2004 gradnja novih vetrnih elektrarn pošla sapa. Smiselno se je vprašati, ali je šlo za pomanjkanje denarja ali njihov EE sistem rasti preprosto ne prenese več.

Nanizani podatki in razmišljanja sama po sebi navajajo k sklepu, da je tudi tako okoljsko ozaveščena in bogata država še zelo daleč od energetske neodvisnosti od fosilnih goriv. "Zlobneži" so celo izračunali, da bi Danska ceneje poskrbela za zmanjšanje toplogrednih plinov, če bi po svetu kupovala premog, ga na Danskem zakopavala ter s tem podražila proizvodnjo termoelektrarn drugod, kakor z odločitvijo za vetrne elektrarne [37].

8 ALI LAHKO ETANOL IZ CELULOZE REŠI PROBLEM UVOZA TEKOČIH GORIV?

Velikokrat je zaslediti novice, da "se Slovenija zarašča". Delež obdelovalnih površin se krči, delež gozdov se večja. Ali ne bi bilo mogoče pokositi oz. posekati in zmlati, kar je zraslo na zaraščajočih se površinah, biomaso preprosto vreči v zbirnik in pridobivati etanola iz bioplinarn. Žal je na trenutni stopnji razvoja tehnologije bioplinarn odgovor "NE". Obstoječa tehnologija namreč izkorišča za pretvorbo biomase v metanol mikroorganizme, ki za življenje uporabljajo sladkor, škrob in beljakovine, kot stranski produkt pa oddajajo metanol. Vsa celuloza ostane neizkoriščena. Torej je v današnjih bioplinarnah mogoče izkoriščati le komunalne odplake in poljščine z znatnim deležem sladkorja in škroba (žitarice, predvsem koruza).

Že leta 1921 pa so kot "tik pred zdajci" označevali tehnologijo pretvorbe celuloze v etanol. Izkazalo se je, da naloga ni tako preprosta. Z zdaj sedaj dostopno tehnologijo je to sicer mogoče, vendar bi izpustili 50 odstotkov več CO₂ na enoto energije kakor pri kurjenju bencina. Razen tega zahteva velike količine vode (okrog 42-krat več kot pri črpanju nafte in predelavi v bencin). Za zdaj ta tehnologija komercialno ni uporabna. Obstaja pa možnost, da bo v prihodnosti mogoče komercialno pretvarjati celulozo v etanol. V tem primeru bi bilo mogoče vse kmetijske odpadke, travinje, grmovje, lesni odpad in tehnično neuporaben les spremeniti v etanol. Ta bi lahko nadomestil bencin (vendar ne dizelskega goriva !!!). Na prvi pogled je potencial zelo velik, vendar zopet ne tako, kot bi pričakovali in si želeli. Če se omejimo na Slovenijo, bi ves letni prirastek biomase (prirastek lesne mase v gozdovih, kmetijskih odpadkov – slame, koruzinja ..., neuporabljenega travinja in grmovja, rozg vinske trte ...) zadoščal, če bi ga skurili, za približno polovico predvidenega bloka TEŠ 6 [21, 22]. Če bi nam ga uspelo predelati v etanol (s 100-odstotnim izkoristkom), bi lahko nadomestil približno ekvivalent tretjine porabe nafte v Sloveniji. Vendar se zastavlja vprašanje, koliko denarja in energije bi zahtevala priprava te biomase in njen transport na lokacije bioelektrarn ter kakšen bi bil izkoristek

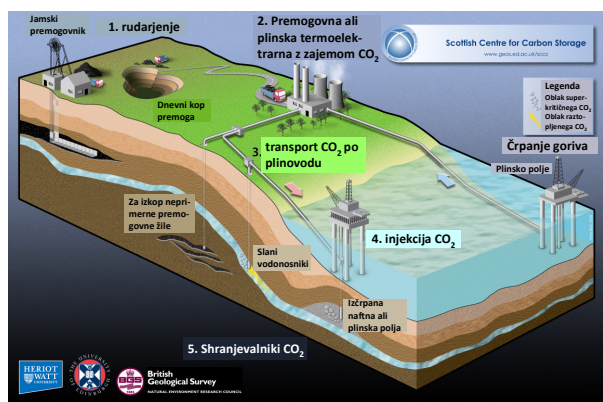
pretvorbe v metanol. Še vedno pa ne bi mogli nadomestiti nafte. Težko si je predstavljati vizijo Slovenije 21. stoletja kot deželo nabiralcev dračja.

Zanimivi izračuni so bili narejeni za ZDA. Če bi želeli nadomestiti po sedanji tehnologiji 10 odstotkov porabe nafte ZDA, bi potrebovali letno biomaso v količini, ki bi jo lahko prepeljala kolona prikolic za težke tovornjake vlačilce (brez tovornjakov), v vrsti druga za drugo, ki bi bila dolga od Zemlje do Meseca in še malo nazaj [23]. Toliko biomase bi v ZDA pridobili, če bi s hitro rastočim rastlinjem zasadili 10 odstotkov vse rodne zemlje v ZDA [24].

Razmišljajmo še naprej o možnosti za zamenjavo nafte z etanolom. Etanol lahko zamenja bencin, ne pa dizelskega goriva ali kerozina za letala. Zlasti poraba teh dveh goriv pa strmo narašča. V Sloveniji rabljenega avtomobila na bencin skorajda ni mogoče prodati, pri novih avtomobilih pa močno prevladujejo dizelski. Ves tovorni in ladijski promet poganja dizelsko gorivo. Letala skoraj izključno uporabljajo kerozin. Poraba bencina stagnira oz. celo nazaduje, strmo pa narašča poraba težkih frakcij nafte (tudi olja za mazanje in bitumen za izolacije in asfaltiranje cest). De facto je postal bencin pri predelavi nafte skorajda stranski produkt. Gledano s tega stališča uporaba bioetanola skorajda ne bi zmanjšala odvisnosti od nafte. Seveda je mogoče začeti izdelovati namesto dizelskih bencinske motorje, vendar je zamenjava dizelskih motorjev tako rekoč misija nemogoče. Navsezadnje, zakaj bi?

9 ZAJEMANJE CO₂

Ker postaja čedalje bolj očitno, da v kratkoročnem obdobju z obnovljivimi viri ne bo mogoče pokriti potreb po energiji, se zagovorniki "nevarnosti" CO₂ nagibajo k možnosti uporabe fosilnih goriv, torej premoga, za proizvodnjo električne energije, vendar z zajemanjem CO₂. Tehnologija je znana pod kratico CCS (Carbon Capture and Storage ali Carbon Capture and Sequestration).



Slika 11: Shranjevanje CO₂ – prihodnost ali umetnikova domišljija [28]?

To bi bila skoraj edina možnost, če bi resno nameravali zmanjšati emisije CO₂ za 80 odstotkov do leta 2050, kakor je predvideno v nekaterih zavezah. Pri tem gre za politično motivirane zaveze, ki iz trenutne perspektive mejijo na sanje in ki poleg tega ne bodo imele tako rekoč nobenega vpliva na podnebje, bi pa lahko imele uničujočega vpliva na nekatere ekonomije. Ampak to je že razprava o vlogi CO₂ pri ogrevanju planeta. Iz [25] izhaja, da kljub sprejetju Kjotskega protokola emisije CO₂ izdatno naraščajo tako v podpisnicah kot v tistih drugih deželah. Kako torej zajemati zloglasni plin? Po načelu "dejstva so boljša od sanj" si oglejmo nekaj dejstev.

Kot prvo, kot ugotavlja kongresna raziskovalna služba v ZDA, še ni tehnologije, ki bi omogočala ekonomsko sprejemljivo zajemanje CO₂ [26]. Vprašajmo se, koliko CO₂ pa nastane pri izogrevanju fosilnih goriv. Izkaže se, da z izogrevanjem premoga nastane v povprečju 2.6 t CO₂ na tono premoga, pri kurilnem olju je ta številka okrog 2.9 t CO₂ na tono, pri plinu pa okrog 2 t CO₂ na 1000 normiranih m³ plina (kar energetsko približno ustreza toni nafte). Če vse skupaj preračunamo glede na kurilno vrednost, to znese za premog okrog 0.335 t CO₂ /MWh, za nafto ca. 0.27 t CO₂ /MWh in za plin ca. 0.2 t CO₂ /MWh.

Svetovna poraba znaša ca. 3 milijarde t ekvivalentnega premoga, okrog 5 milijard t nafte in okrog 3000 milijard m³ plina (kar je približen energetski ekvivalent 3 milijarde t nafte). Upoštevajoč gornje številke je izpustov CO₂ okrog 30 milijard t. Ne glede na to, koliko denarja EU in ZDA investirata v tehnologijo CCS, je zalogaj preprosto prevelik, saj bi to pomenilo 400 supertankerjev s po 2 milijona sodov koristnega volumna na dan [27]. Poraja se vprašanje, kako spraviti tako velikanske količine plina do ustreznih pristanišč ter kam odpeljati to (vsak dan).

Ločevanje in transport takih količin CO₂ ni preprost proces in ocenjujejo, da bi za to porabili približno 28 odstotkov energije, ki jo proizvede elektrarna. To pa de facto zmanjša izkoristek naj sodobnejše termoelektrarne s 40 na okrog 28 odstotkov, poveča emisije in zviša ceno energije (ne upoštevajoč ceno CCS) skoraj za 1/2 in pomeni zapravljanje fosilnih goriv. Razen tega, kje dobiti okrog 40 odstotkov (1/(1-0.28)) dodatne energije, saj je ni kje vzeti.

Prav tako se poraja vprašanje, kako transportirati plin. S plinovodom? Kako bi to umestili v prostor, če niti daljnovoda ne moremo? Z vlaki oz. tovornjaki? V vsakem primeru bi bili stroški nepredstavljivo visoki, podobno kot pri samih energentih. Pri tem tlačenju CO₂ v podzemlje pa nihče ne ve, v kolikšnem času bo pronical nazaj na površje. Ali še huje, pri izvozu tankerja CO₂ v daljne dežele bo velik posel spuščanje le-tega v zrak (kontrola je nemogoča).

10 BORZA CO₂ JE PRAVA STVAR

Ena od idej za zmanjšanje izpustov CO₂ je njegovo obdavčenje. Čeprav gre pri tem za milijardni trg, je na dolgi rok težko verjeti, da bi lahko borza z izpusti CO₂ preživela. Vzrok je v sami naravi medija, s katerim trgujemo. Kakor se na borznem trgu v bistvu trguje s pričakovani vlagateljev, bi veljalo seveda enako tudi za borzo s CO₂. Ko se izkaže, da so pričakovanja večja od realnih vrednosti, borzni balon počne in pride do "korekcije tečajev" na njihovo bolj ali manj realno vrednost. Kje pa je realna vrednost nečesa tako imaginarnega, kot je "bon za izpust CO₂"? Ni torej čudno, da se je evropska borza CO₂ kuponov letos marca sesula zaradi madžarskega izkoriščanja luknje v zakonu, ko je ta "neupravičeno" pridobila dva milijona evrov, kar je v primerjavi z več kot 100 milijardami evrov prometa čisto zanemarljivo. Cena tone izpustov CO₂ je padla z 12 na en evro, preden jim je uspelo trgovanje blokirati (trenutno znaša okrog 9 evrov).

Poleg tega je omejevati države v razvoju in jih delati še bolj nekonkurenčne, potem ko se razvite države imajo za svojo razvitost zahvaliti neomejenemu izkoriščanju fosilnih goriv v preteklosti, milo povedano neetično, nepravilno in še kar je takih pridevnikov. Te države (Kitajska, Indija ...) v tako omejevanje tudi nikoli ne bodo privolile. Sistem obdavčenja CO₂ lahko označimo za nič drugega kakor za trgovanje, ki je samemu sebi namen. Pri tem gre zopet za zasluge nekaterih in ožemanje večine prebivalstva prek davkov na davke davkov.

Ob tem se poraja vprašanje, ki pa bi bilo daleč bolj smiselno, in sicer omejevanje oz. obdavčenje izpustov strupenih snovi (seveda je med te šteti CO₂ bogokletno). Premogovne elektrarne namreč izpuščajo v ozračje nezanemarljive količine težkih kovin in so s tega stališča daleč najnevarnejši onesnaževalci. Po oceni EPA (ameriška Environmental Protection Agency) so namreč vir okrog 40 odstotkov antropogenih emisij živega srebra (Kitajska npr. prek svojih premogovnih elektrarn izpusti v ozračje 600 t živega srebra na leto) [29]. To ima verjetno veliko večji in škodljiv vpliv na živo naravo kot CO₂.

11 GOTOVOST SO LE SMRT IN DAVKI

Drugo možnost, kot morebitno alternativo sistemu trgovanja z emisijami, omenjajo možnost njegovega obdavčenja, tj. uvedbe svetovnega davka na ogljik (t. i. carbon tax). Ob tem sta pomembna politični vidik in pregovorna nepriljubljenost uvajanja novih davkov. »Marsikateri ekonomist se bolj zavzema za obdavčenje, ki je preprostejše in preglednejše, vendar se novih davkov politika boji kot hudič križa,« pravi nekdanji minister dr. Mihael Tomšič. Dr. Bogomir Kovač pa vseeno pričakuje, da bo davek v prihodnosti zamenjal trgovanje. »Če smo pri trgih fiksirali količine emisijskih dovoljenj in pustili, da se svobodno gibljejo cene, pri

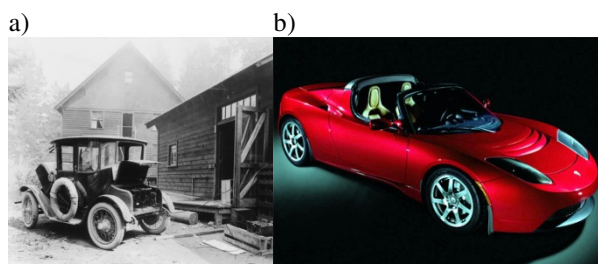
avkih dejansko fiksiramo cene in se prilagajamo s količinami.«

Izvedenka tega davka je zaračunavanje t. i. "ogljicega odtisa", za katerega si prizadevajo nekateri zainteresirani v Sloveniji. Kdor bi imel koncesijo za izračun le-tega, bi bil finančno preskrbljen za vse življenje in čez, državljani pa bi dobili še en davek. Ob takem scenariju bi se res bilo utemeljeno vprašati, kaj sledi; morebiti davek na zrak, ki ga dihamo?

12 ELEKTRIČNI AVTOMOBILI IN PROBLEMI Z NJIMI

Električni avtomobili so v resnici že zelo stara "pogruntavščina". Po cestah so se vozili že leta 1919. Torej v zadnjih letih pravzaprav samo izpopolnjujemo tehnologijo zelo stare ideje. Imajo nekatere bistvene prednosti pred takimi na pogon z motorji z notranjim zgorevanjem, kot npr.: razporeditev navora je ugodnejša, izkoristek pretvorbe iz električne energije v mehansko je neprimerljivo večji kot pri motorjih z notranjim zgorevanjem, pri svojem delovanju ne oddajajo emisij v okolje itd.

Po drugi strani pa se porajata kot slabost zlasti dve vprašanji, in sicer: od kod dobiti električno energijo za pogon avtomobilov in kako jo v avtomobilu shraniti. Zlasti zadnje je največja ovira za razvoj, saj je ravno razvoj akumulatorjev od leta 1919 (slika 12) naredil najmanjši korak v primerjavi s preostalo tehnologijo. Potreben bi bil še t. i. "kvantni preskok". Gostota shranjene energije je preprosto prenizka. Bencin npr. vsebuje 80-krat več energije na kilogram, kakor je shrani litij-ionski akumulator, kar ob npr. 4-krat slabšem izkoristku pretvorbe v mehansko delo še vedno pomeni 20-krat daljši doseg avtomobila. Zaradi tega zajamejo akumulatorji v električnem avtomobilu (npr. roadster Tesla) več kot 1/3 njegove mase. Razmerje med stroški, življenjsko dobo in gostoto energije še ne omogoča izdelave električnih vozil za množično porabo.



Slika 12: Električni avto:

a) leta 1919 [30]

b) in leta 2010 [31]

Stroški baterij so za zdaj zelo visoki. Popolna neznanka ostaja, kaj bi se zgodilo s ceno redkih elementov in litija (glej pogl. 6), če bi začeli množično izdelovati avtomobile na litij-ionske akumulatorje. Ker je prodaja električnih avtomobilov, zlasti zaradi cene, zanemarljiva, nekatere države nakup subvencionirajo.

Problem je tudi infrastruktura za polnjenje električnih avtomobilov. Cena te pri skoraj popolnem prehodu na električne avtomobile ne bi bila nizka.

13 PORABLJAMO ZADNJE KAPLJE NAFTE

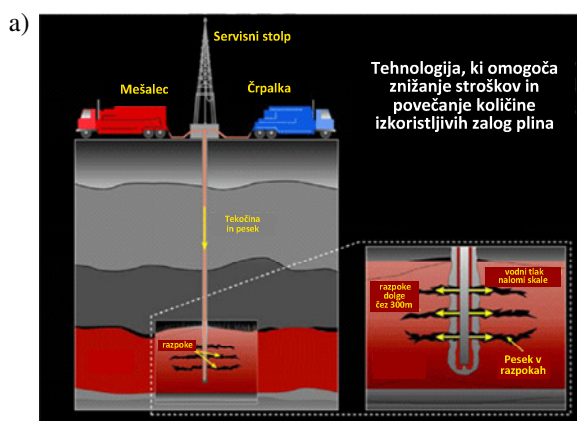
Če smo nekoliko zlobni, lahko rečemo, da je že 40 let nafte še za 40 let. Razlogov za to trditev je kar nekaj. V preteklosti so odkrivali vedno nova naftna polja, vendar se je ta trend v zadnjem času precej upočasnjal in odkrivanje novih zalog še zdaleč ne dosega izčrpanja zalog. Vzrok za ohranjanje ekonomsko izkoristljivih zalog nafte je iskati predvsem v izboljšanju tehnologije vrtnja na morskem dnu (možnost izkoriščanja v večjih globlinah) in izboljšanju same tehnike vrtnja (poševno, vodoravno). Lep filmček na to temo najdemo na [32], slike pa na [33], [34] Tako je mogoče znana nahajališča nafte bolje izkoristiti in nekoč presahla nahajališča lahko zopet izkoriščamo. Kljub temu bodo tudi tako prej ali slej klasične zaloge pošle. Ne tako hitro, kakor objavljajo promotorji katastrofičnih scenarijev, pa vendarle. Seveda se to ne bo zgodilo v trenutku, temveč bo preprosto cena nafte začela naraščati. Zmanjkalo bo torej poceni nafte. Če se sprijaznimo z nekoliko višjo ceno nafte (recimo 150 ali 200 \$ na sod), je izkoristljivih zalog kerogena (lahko ga štejemo za obliko nafte) v naftnih skrilavcih in bituminoznih peskih še vsaj toliko (nekateri trdijo, da še bistveno več, kar nekajkrat toliko), kakor je zalog nafte. Seveda pa je pridobivanje bistveno dražje kakor iz npr. bogatih vrtn. Verjetno je cena energije iz tako pridobljene nafte še vedno za razred velikosti nižja kakor iz nekaterih sodobnih "zelenih tehnologij".

14 ZADNJI VZDIHLJAJI PLINA

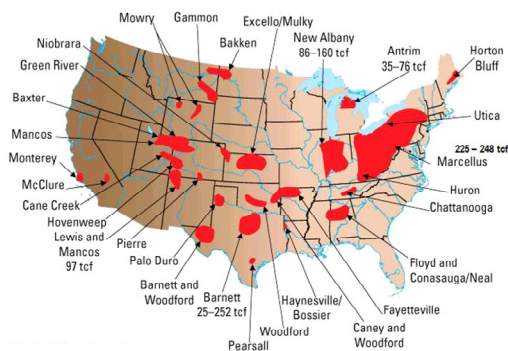
Položaj je še bolj obetaven pri zemeljskem plinu. V zadnjih letih se je namreč zaloga ekonomsko izkoristljivih zalog zemeljskega plina drastično povečala in nekaj let stari podatki so popolnoma neuporabni. Razlog je v razvoju tehnologije pridobivanja plina iz skrilavcev, ki so jo razvili v ZDA. Tehnologija temelji na horizontalnih vrtnah, v katere pod visokim tlakom črpajo vodo in nato pesek. Pri tem se skrilavci okrog vrtnice deloma zdrobijo in prepredejo s široko mrežo razpok. Vloga peska je v tem, da te razpoke ohrani odprte. Iz njih se sprošča zemeljski plin, ki je bil tam ujet. Seveda so detajli (tlaki in temperatura injicirane vode in peska, lastnosti peska ...) poslovna skrivnost.

Čeprav je tehnologija horizontalnega vrtnja v uporabi šele od leta 2005, že zdaj ZDA načrpajo večino plina tako. Prednost takega načina pridobivanja je v tem, da je mogoče ekonomsko opravičljivo izkoristiti revne skrilavce (take z malo kerogena), kjer s klasičnim vertikalnim vrtnjem ne dobi dovolj nafte in/ali plina za pokritje stroškov, sploh pa ne s kakšnim rudarjenjem in "izcejanjem" nafte. Taka nahajališča v Severni Ameriki pokrivajo velikanske površine (npr. le eden od njih –

Marcellus Shale – okrog 130.000 km²) in na njih ležijo dobesedno cele dežele. Po konservativnih ocenah je iz takih zalog mogoče pridobiti količino plina, ki bi bila ekvivalent štirikratnim zalogam nafte v ZDA (po nekaterih ocenah še nekajkrat več). V drugih državah (Kanada, Brazilija ...) je takih skrilavcev prav tako neznansko veliko. Pri zdajšnji porabi plina v ZDA bi zaloge (po konservativnih ocenah) zadostovale vsaj za 100 let.



b) Bazeni skrilavcev v ZDA



Slika 13: a) Pridobivanje plina iz skrilavcev [35]

b) Nahajališča skrilavcev v ZDA [36]

Pred kratkim so v časniku Delo predstavili tudi položaj v Evropi in, kakor je bilo prikazano, obsežno območje naftnih skrilavcev leži tudi pod severno Slovenijo.

15 SKLEPI

V prispevku sem na podlagi javno dostopnih podatkov poskusil osvetliti nekatere probleme prehoda s klasičnih virov energije na obnovljive vire in nekatera s tem povezana in v javnosti sprejeta prepričanja dvomljive verodostojnosti. Seveda je tematika preskrbe z energijo tako široka, da je ni mogoče zaobjeti v enem prispevku. Prepričan sem, da se velika večina prebivalstva iskreno zavzema za čim bolj okolju prijazno preskrbo z energijo. Vsi si želimo "čisto", vedno dostopno, univerzalno uporabno energijo po sprejemljivi ceni. Žal nič ni zastoj in pri energetskih pretvorbah vedno kdo plača ceno, bodisi okolje, bodisi davkoplačevalci. Nove

tehnologije (vetrne, sončne elektrarne ...) so za zdaj še problematične vsaj glede dveh navedenih zahtev, tj. dostopnosti in cenenosti.

Na kratko smo pokazali, da je "okoljski odtis" t. i. zelenih virov v primerjavi z nekaterimi klasičnimi viri relativno velik, da lahko z nekritičnim razvojem tehnologij za zmanjšanje odvisnosti od uvoza energentov pravzaprav zapademo v še večjo odvisnost, saj temeljijo nove tehnologije na nekaterih redkih elementih, katerih pridobivanje je monopolizirano. Prav tako je iz nekoliko drugačnega zornega kota, kot je uveljavljen v javnosti, prikazan primer "ekodržave" Danske. Tudi biomasa in tehnologija za pridobivanje etanola iz celuloze žal ne moreta bistveno vplivati na odvisnost človeštva od fosilnih goriv.

Nekateri menijo, da so za podnebne spremembe krivi antropogeni izpusti CO₂, in zagovarjajo tezo, da je treba ta plin pri kurjenju fosilnih goriv zajemati in ga odstraniti tako, da ne pride v ozračje, po drugi strani pa izpuste obdavčiti. Če odmislimo avtorjevo mnenje, da je antropogeni CO₂ popolnoma neškodljiv [39], sem v prispevku argumentiral, zakaj niti prva niti druga ideja ni izvedljiva v svetovnem obsegu.

Zelo vabljev je koncept električnega avtomobila, vendar žal za širšo uporabo problem ustreznega hranilnika električne energije še ni zadovoljivo rešen.

Človeštvo bo še dolgo odvisno od fosilnih goriv. Na srečo jih še ne bo tako hitro zmanjkalo, kakor se bojijo nekateri. To pa ne sme biti razlog, da ne bi razvijali tehnologij izkoriščanja sonaravnih virov energije. Vendar velja prizadevanja in sredstva, ki so v sedanjem obdobju relativnega energetske blaginje dostopna, usmeriti v raziskave in tehnologije, ki pomenijo tudi neko dodano vrednost za družbo. Ne vidim smisla v subvencioniranju že tako podcenjene delovne sile na Kitajskem in njene okoljsko velikokrat sporne proizvodnje. Prav tako je podpiranje dejavnosti, katere edini smisel je odiranje davkoplačevalcev in nabiranje politične moči nekaterih, družbeno nesprejemljivo. Tlačenje CO₂ pod zemljo oz. njegovo obdavčevanje je že eden takih nesmislov, ki ga Evropejci že drago plačujemo. Če bomo davkoplačevalci dopustili, da nam zainteresirani naprtijo še davek na "ogljčni odtis" bo to še en velik korak v vrsti nesmislov in omejevanju osebne svobode (in polnjenju nekaterih žepov). Zapravljeni viri in zaupanje ljudi bodo zelo manjkali taktat, ko bo res nujno uporabiti nove tehnologije.

Seveda kljub navedenim argumentom nekateri svojega prepričanja ne bodo spremenili bodisi zaradi religioznega odnosa do problematike bodisi zaradi lastnih interesov. Zanimiv je bil komentar v Pismih bralcev dnevnika Delo nekoga, ki se že kar nekaj časa giblje v vodah energetike in ki je očital, da tako ne bi smel razmišljati (konkretno gre za primerjavo med jedrsko in vetrnimi elektrarnami). Menim, da nas ravno akademska svoboda zavezuje, da razmišljamo svobodno, široko, neukalupljeno, in da opozarjamo tudi na neprijetna dejstva. Kako pa bi lahko vzgajali svobodne ljudi, če se niti sami ne bi počutili svobodne?

Zato se pridružujem Danteju Alighieriju v misli, da so najtoplejši deli pekla rezervirani za tiste, ki se v času moralne krize ne izjasnijo (prevedeno iz: The hottest parts of hell are reserved for those, who, in times of great moral crisis, maintain their neutrality).



Slika 13: Dante je imel prav

LITERATURA

- [1] MIHALIČ, Rafael. Čudovit vir energije ali metanje denarja skozi okno. Življ. teh., sep. 2010, letn. 61, št. 9, str. 52–59
- [2] Electric Reliability Council of Texas: Report on the Capacity, Demand and Reserves in the ERCOT region
- [3] www.eles.si/files/eles/userfiles/porocila/tedenska.../47.09.teden.pdf
- [4] http://img.siol.net/10/196/634148048187006465_krsko.jpg
- [5] http://www.pef.uni-lj.si/gorani/slike_naravosl.6&7/VetrnaElektr.jpg
- [6] <http://stpnoc.com/About.htm>
- [7] Jesse H. Ausubel: The Future Environment for Energy Business, APPEA Journal Part 2: 487–495, 2007
- [8] R. McDonald, J.Fargione, J.Kiesecker, W.M.Miller in J. Powel: Energy Sprawl or Energy Efficiency: Impact on Natural Habitat for the United States of America, August 26, 2009
- [9] http://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_elektrarna_Dolenja_vas
- [10] Per F. Peterson: Issues For Nuclear Power Plant Costs and Waste Management, Sept. 6. 2008
- [11] www.warlock.com.au/10kwgenerator-abstract.htm
- [12] <http://www.reuk.co.uk/Hard-Disk-Drive-Magnets-For-Wind-Turbines.htm>
- [13] <http://www.slipperybrick.com/category/headphones/page/2>
- [14] Mark P. Mills: Go Long on Lithium, Forbes.com, May 5, 2008
- [15] <http://molycorp.com/globaloutlook.asp>
- [16] <http://colli239.fts.edu.msu.edu/2006/12/31/per-capita-co2-emission-estimates-for-denmark-1950-2006/>
- [17] <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprh.html>
- [18] http://www.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=DA
- [19] http://www.nordicenergysolutions.org/energymix.jpg/image_preview

- [20] http://www.windpowerworks.net/uploads/pg_content/1784_value3_3071.jpg
- [21] Marjan Koželj: Globalni pogledi na energetiko - Nekaj o globalni energetiki, "Trajnostna energetska oskrba v alpskem prostoru – rešitve, tehnologije, koristi, zakonodaja", H. Golf, Bled, 26. in 27. marec 2009
- [22] UL Fakulteta za elektrotehniko: Priprava strokovnih podlag za določitev nacionalnih potencialov za pogajanja z evropsko komisijo o določitvi nacionalnih ciljev
- [23] R. Bryce: Power Hungry, PublicAffairs, New York 2010
- [24] Biofuels, FOOD or Wildlife? The Massive Land Cost of US Ethanol, <http://cei.org/pdf/5532.pdf>
- [25] Institution of Mechanical Engineers: Climate Change: Adapting to the Inevitable, February 2009
- [26] <https://secure.wikileaks.org/leak/crs/R40103.pdf>
- [27] Publikacija OECD [HTTP://home.cc.umanitoba.ca](http://home.cc.umanitoba.ca)
- [28] <http://climateanswers.info/2009/06/carbon-capture-and-storage/>
- [29] M. pottinger, S. Stecklow, J.F.Fialka: Invisible Export – A Hidden Cost of China's Growth: Mercury Migration, Wall Street Journal, Dec. 20., 2004
- [30] <http://knol.google.com/k/detroit-electric-vintage-electric-car#>
- [31] <http://imedi.si/blog/jeanmark/2009/04/20/zakaj-ne-elektricni-avto-sedaj-tedcom/>
- [32] <http://www.horizontaldrilling.org/>
- [33] http://3.bp.blogspot.com/_U4Y3KzD18Rs/SZ-o-YjwbII/AAAAAAAAAcA/RKHvCkbFhfE/s400/offshore_drill_platform.jpg
- [34] <http://www.energyindustryphotos.com/coal%20bed%20methane%20directional%20drilling.jpg>
- [35] <http://www.consumerenergyreport.com/wp-content/uploads/2010/01/fracking-production1.gif>
- [36] <http://www.getmoneyenergy.com/wp-content/uploads/2010/01/shale-gas-basins-in-usa.jpg>

Rafael Mihalič je diplomiral, magistriral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani. Po diplomi je postal asistent na omenjeni fakulteti. Med letoma 1988 in 1991 je bil zaposlen pri Siemensu AG v Erlangnu. Trenutno je redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in predstojnik Katedre za elektroenergetske sisteme in naprave. Je član CIGRE, član IEEE in predsednik ŠK B4 SLOKO CIGRE. Področje delovanja vključuje predvsem analizo elektroenergetskih sistemov in naprav FACTS.