

4. konferenca z mednarodno udeležbo

Konferenca VIVUS – s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane

»Z znanjem in izkušnjami v nove podjetniške priložnosti«

20. in 21. april 2016, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija

4th Conference with International Participation

Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition

»With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities«

20th and 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

Sporni dejavniki v sodobni elektroenergetiki

Robert Šifrer

Višja strokovna šola za elektroenergetiko, Šolski center Kranj, Slovenija, robert.sifrer@gmail.com

Izvleček

Cilj tega prispevka je bilo poiskati čim več naravovarstveno spornih dejavnikov, pregledati vse elektroenergetske objekte, električne stroje, transformatorje, generatorje, motorje, vse naprave in elemente v elektroenergetiki, ki so sporni skozi prizmo naravovarstva. Z deskriptivno, komparativno, zgodovinsko metodo in metodo klasifikacije sem pregledal elektroenergetske sodobne vire in literaturo. Z metodo intervjujev vzdrževalcev elektroenergetskih postrojev pa poiskal trenutno ekološko sporne dejavnike v praksi. Izdelal sem matriko, kjer bodo na eni strani naravovarstveni kriteriji, ki so očitni iz mojih predavanj o elektrarnah, na drugi strani vsi elementi elektroenergetike, ki imajo škodljiv vpliv na naravo. S pomočjo te matrike bom skušal natančno zaobjeti 10 najbolj kritičnih pojavov v elektroenergetiki, kjer razvoj izdelkov še ni izključil spornih dejavnikov. Vprašanje je ali industrija sama hitro izloča te dejavnike. Glede na zgodovino bom poskušal dokazati hipotezo, da danes industrija že sama hitro umakne sporne dejavnike in ne čaka, da se zgodijo katastrofe in samo čaka na izdelek, ki nadomesti starejšega zaradi inženirskih ali ekonomskih lastnosti.

Ključne besede: Hg, naravovarstveno sporni dejavniki, elektrarne, sevanje, SF₆, olje, goriva, odpadki

Controversial factors in modern power engineering

Abstract

The goal was to find as many of the controversial nature of the factors examined all electric power facilities: power plants, electrical machines, transformers, generators, engines, all devices and elements in electricity which are contested through the prism of nature conservation. With descriptive, comparative, historical method, and the method of classification, I have reviewed electricity resources and modern literature. By the method of parts makers find interviews currently, organic factors at issue in practice. The question is whether the industry today itself quickly stripped these factors. I made a matrix, where they will be on one side of its nature-conservancy criteria are obvious from my lectures about plants: building encroachment in physical space, acting of harmful fuels, parts of buildings, machines, devices and components, acting harmful operation, decommissioning and waste recycling. On the other side all the elements that have an adverse impact on nature. In this matrix I defined the 10 most critical factors. According to the history I'm going to try to prove the hypothesis that today the industry either itself to quickly withdraw the controversial factors and not just waiting to happen, or waiting for a product that replaces an older due to engineering or economic characteristics.

Key words: Hg, nature, harmful factors, power plant, substation, radiation, SF₆, oil, fuel, waste

1 Uvod

Pri 16-letnem poučevanju vseh področij elektroenergetike (generatorji, transformatorji, motorji, elektrarne, omrežja, instalacije, razsvetljava, transformatorske postaje, razdelilne transformatorske postaje, srednje napetostni stikalni bloki, visoko napetostna polja, zbiralke, omrežja, zaščite, krmilja in regulacije itd.) sem poleg glavnega poudarka na inženirskih kriterijih (delovanju, zgradbi, izkoristku, formulah, električni shemi in simbolih, uporabi, prednostih in slabostih, ..) dajal tudi poudarek gospodarskim in naravovarstvenim kriterijem. To je še posebej prišlo do izraza pri elektrarnah, saj sem okoli dvajset tipov elektrarn v predavanjih na koncu, po razlagi delovanja in zgradbe, še dodatno opisal pod poglavji »prednosti in slabosti elektrarne« pod temi tremi družinami kriterijev.

Na področju elektroenergetike so se v zadnjih stoletjih dogajale katastrofe, tako jedrske nesreče na Otoku treh milj, Černobilu in Fukušimi, kot poplavni val preko jeza v Longaroneju. Gradnja hidroelektrarn Itaipu (HE Itaipu) in Tri soteske (HE Tri soteske) je okoljska katastrofa. Pri nas je oblast skupaj z zdravstvom v 80-ih letih vsaj deset let prikrivala katastrofo izlitja strupenega PCB v reko Krupo. PCB je Iskra kondenzatorji uporabljala za izdelavo kondenzatorjev (Koncilja). Prav tako je oblast prikrivala bruhanje SO₂ in uničevanje gozdov in zemlje v Šaleški dolini, dokler se niso oškodovani ljudje uprli. Marsikateri škodljiv pojav industrija ali elektroenergetsko podjetje prikriva dolgo časa, dokler ni hude katastrofe in posledično velikih pritiskov javnosti. Kar 20 let smo imeli varčne sijalke in fluorescenčne plinske sijalke, ki vsebujejo zelo strupeno živo srebro, ki je nevarno pri odlaganju pokvarjenih naprav. Pred kratkim pa sem na dveh strokovnih ekskurzijah dobil od vodičev informacijo, da industrija sama išče nadomestke in rešitve za transformatorsko olje in za plin SF₆, ki se uporablja v plinskih odklopnikih, stikalnih celicah in blokih, stikališčih v transformatorskih postajah, v industriji in v elektrarnah. Med iskanjem informacij v literaturi (Mihalič, Zelena energija) pa sem prvič zvedel, da dimniki premogove termoelektrarne poleg šestih škodljivih snovi bruhaajo v ozračje tudi živo srebro in ostale težke kovine, »600 ton živega srebra vsako leto bruhaajo termoelektrarne na Kitajskem, kar ima veliko večji in bolj škodljiv vpliv na naravo kot CO₂«.

Postavil sem hipotezo, da se proizvajalci sami odzivajo na svoje produkte glede na to ali sčasoma zaznajo ali so škodljivi ali naravovarstveno sporni. Kar nekaj okoljskih slabosti se izkaže šele kasneje, kot je prav primer SF₆, o katerem sem ves čas učil po virih kako okoljsko nesporen je. Sklepam namreč, da so bili ljudje zadnjih 30 let zelo dobro informirani in izobraženi glede naravovarstva, verjetno so tudi odškodnine podjetij zelo visoke in imajo zato kemijske in biološke strokovnjake. Prav tako bolj pripomore demokratičnejša družba in pa predvsem internet, ki je podrl meje cenzure.

Za pripravo tega referata sem šel z deskriptivno metodo v pregled vseh svojih predavanj in literature. Večino znanja za svoja predavanja sem nabiral s pomočjo študija sodobnih domačih in tujih knjig, revij in preko medijev. Nekaj pa tudi s spraševanjem profesionalcev na številnih ekskurzijah ali kot mentor preko 100 maturitetnim, zaključnim in diplomskim izpitom. To področje, ki ga bom v tem referatu opisal je multidisciplinarno in je težko priti do posameznih podatkov (kemične lastnosti novih materialov, strupenost, škodljivost, umazana proizvodnja, itd) in do ljudi, ki področje res dobro poznajo (saj so razvojni oddelki uspešnih podjetij v tujini in po navadi imajo taki ljudje prepoved govorenja o svojem delu). Inženirji v glavnem poznavaajo dobro inženirske lastnosti, prodajalci samo hvalijo svoje izdelke in zamolčijo slabosti svojih izdelkov. Dostikrat pa proizvajalci sploh ne dajo v javnost podatkov o sestavi in načinu izdelave elementov in naprav, tako da ne vemo, kako umazana je proizvodnja sestavnih delov. Na primer: znano je, da so določeni tipi sončnih celic (sončne fotonapetostne elektrarne) iz nevarnih, celo strupenih snovi; nikakor pa ne večina, saj je večina narejena iz silicijevega dioksida, oz. po domače iz kamna, iz katerega so tudi steklo, steklena vlakna in večina polprevodnikov. Težko pa je zvedeti kako umazane spojine in proizvodnjo uporabljajo pri izdelavi ingota. Večina te industrije je na Kitajskem, tudi zaradi umazanosti proizvodnje: primer je proizvodnja trajnih magnetov iz redkih zemelj (Mihalič, Kako zelena je).

Uporabil bom tudi zgodovinsko metodo raziskovanja, saj bom vmes opisal tudi, kako so se posamezni materiali spreminjali zadnja desetletja. Z metodo intervjujev strokovnjakov bom dobil zadnje podatke o naravovarstveno spornih dejavnikih v njihovem delovnem okolju. S komparativno metodo in z metodo klasifikacije pa bom naredil matriko in na koncu izpostavil deset najbolj naravovarstvenih dejavnikov v elektroenergetiki.

2 Metode

1. Največkrat sem uporabil deskriptivno metodo: proučevanje na nivoju opisovanja dejstev na podlagi dostopnih virov, učbenikov, mojih skript za študente.
2. Za trenutno najbolj natančne rezultate o spornih dejavnikih sem uporabil metodo intervjuja vzdrževalnih inženirjev na izbranih objektih.
3. Za primerjavo med posameznimi naravovarstvenimi dejavniki sem uporabil deskriptivno metodo.
4. Matriko vseh naravovarstveno spornih dejavnikov sem naredil z metodo klasifikacije.
5. Vmes pa sem tudi prikazal, kako so se materiali v energetiki v zadnjih sto letih izboljševali s pomočjo zgodovinske metode.

3 Rezultati raziskave

Iz mojih več let sestavljanih in dopolnjevanih predavanj o elektrarnah lahko na hitro naštejemo sledeče naravovarstvene vidike:

1. gradbeni poseg v okolje;
2. umazana (škodljiva, nevarna, strupena) goriva;
3. umazani gradbeni (sestavni) materiali v napravah, elementih, strojih ali objektih;
4. umazano delovanje, sevanja (kot je elektromagnetno sevanje ali korona, UV sevanje, IR sevanje, ultrazvočno sevanje, ionizirajoče sevanje), ozon ipd. ;
5. umazani izpusti;
6. estetika, videz, vklapljanje v okolje;
7. umazana razgradnja, reciklaža.

Druga os matrike bodo:

1. elektroenergetski objekti: elektrarne (Rožman), daljnovodi, razdelilne transformatorske postaje, končne transformatorske postaje (Priročnik Siemens),
2. električni stroji: generatorji, transformatorji, motorji (Milavec),
3. naprave: razsmerniki, usmerniki, frekvencerji, numerični releji, avtomati (Priročnik Siemens),
4. elementi: kabli, goli vodi, izolatorji, prenapetostni odvodniki, tokovniki, napetostniki, stikala (Priročnik Siemens)

3.1 Gradbeni poseg v okolje

»Slovenija je energetska zelo potratna država, porabimo 2x več energije na prebivalca kot Nemčija.« (Mihalič, Kako zelena). Gradbeni posegi so najbolj problematični tako iz gospodarskega (ekonomskega) vidika kot iz naravovarstvenega (ekološkega) vidika. Iz medijev pa vemo, da danes tudi iz sociološkega vidika, saj vsak malce večji objekt, od daljnovoda, elektrarne, železnice ali transformatorske postaje, naleti na veliko nasprotovanje prebivalstva, ki imajo logiko: »Samo ne po moji zemlji graditi!«. Gradbeni posegi zajemajo 30% do 50% delež investicije. Globoko kopanje temeljev, velika gradbena jama, nešteto težkih tovornjakov in ostalih težkih strojev, leto ali nekaj let gradnje, ni nedolžno.

Največji gradbeni posegi so pri akumulacijskih hidroelektrarnah, kjer morajo narediti veliko akumulacijsko jezero, velik jez in zabetonirati oz. utrditi nekaj metrov višine več kilometrov oboda jezera, ker bo voda v tej regulacijski elektrarni med obratovanjem nihala za nekaj metrov gor ali dol in bi neutrjen breg izpodkopavala. Iz zadnjega stoletja vemo, da so diktatorski sistemi z lahkoto gradili take megalomanske elektrarne, potopili velike doline, izselili za nekaj milijonov ljudi in uničili gozdove, polja, ekosisteme ter tudi kulturno dediščino. Govorim o elektrarnah Itaipu (HE Itaipu) na

reki Paranja v Južni Ameriki (vojaška desna diktatura) in Tri soteske (HE Tri Soteske) na reki Jangcejang na Kitajskem (komunistična diktatura), V normalnih družbah do takih gradenj ne more več priti, ker se ljudje zaradi informiranosti in demokratičnosti uprejo.

V Sloveniji smo pred kratkim zgradili črpalno akumulacijsko HE Avče (ČHE Avče). Gradnja ni bila tako zahtevna in poseg v okolje ni bil tako velik. Na planoti Banjščica so naredili globoko umetno jezero. Potem so ga zabetonirali in z asfaltom vodno izolirali. Naredili so po bregu navzdol visokotlačni cevovod in spodaj strojnico moči 2 x 200 MW. Spodnje jezero je bilo že narejeno, saj je to akumulacijsko jezero HE Dobljar na Soči. Drug projekt je še v idejni fazi in sicer Črpalna AKU HE Kozjek, kjer bodo na gori Kozjek naredili umetno zgornje akumulacijsko jezero. Spodaj obstaja že akumulacijsko jezero pred HE Mariborski otok na reki Dravi. Do strojnice v dolini bo speljan visokotlačni cevovod.

Pri vetrnih elektrarnah je gradbeni poseg v času gradnje velik, veliki temelji za visoke vetrne stolpe, hkrati tudi polja mega vetrnic zasedejo lahko nekaj deset km² površine. Po gradbenem posegu pa je sporen za nekatere samo estetski videz. Vetrnice rastejo s 16% stopnjo rasti na svetu. Prišteti pa jim je treba še poseg v 110 kV daljnovod, razdelilno transformatorsko elektrarno in rezervno plinsko elektrarno. »Navsezadnje je poraba betona 12x večja pri VE kot pri JE na MWh proizvedene energije in 13x večja poraba železa, prav tako je cena proizvedene energije tudi 10x višja.« (Mihalič, Kako zelena)

Naslednja po velikosti je termoelektrarno (TE) na premog, kjer je potrebno upoštevati velike deponije rezervnega premoga, sušilnice premoga, tekoče trakove, 100 m visok in širok kurilni kotel v betonski zgradbi, strojnica s turbinskim in generatorskim delom v veliki betonski zgradbi (visoki 25 m, široki 75 m in dolgi 200 m), nekaj hladilnih stolpov (visokih in širokih okrog 100m), dimnik ali dva (visok okoli 200 m), čistilna naprava za žveplov dioksid, deponije pepela preden ga skladiščijo v opuščene rudniške jaške, razdelilna transformatorska postaja 21/400 kV. TE Šoštanj ima 6 blokov. Prve tri so zaprli, 6. in 5. delata okoli 1.000 MW vsako uro, 4. blok je v fazi pripravljenosti. Glede na to, da so TE postavljene bližini reke, morja ali rudnika, moramo kot poseg v okolje šteti tudi rudnik skupaj z opuščeni rudniškimi jaški, v katere odlagajo rahlo radioaktivni pepel. V Velenju to območje elektrarne in rudnika pokriva okrog 3 km x 5 km površine. S posedanjem opuščene rudnika pa nastaja največje slovensko jezero, ki je umetno, in je potopilo že nekaj vasi iz obrobja pod gladino.

Jedrska elektrarna Krško je majhna med jedrskimi elektrarnami. Še vedno je pri njej manjši poseg v okolje kot pri TE Šoštanj, saj ni velikih skladišč premoga, niti rudnika in niti jezera pod katerim so opuščeni rudniški jaški zapolnjeni s pepelom. Objekti so podobni TE, saj je JE v osnovi TE. Tako, da nalogo kurilnega kotla opravlja reaktor v reaktorski zgradbi, ki je približno podobnih dimenzij kot zgradba za kurilni kotel.

Med večje posege v okolje spadajo še sodobne pretočno-akumulacijske HE, ki imajo 20 do 30 metrov dolge temelje, so namenjene za trapezni vozni red dopoldan npr. 4 ure in proti večeru npr. 6 ur. V ostalem času pa se mora voda za jezom v koritu reke shranjevati, kar za meter ali dva dvigne nivo reke vsaj 2 km gorvodno (intervju Javeršek). Zato je potrebno breg reke z betonom in skalami utrditi. Gradnjo teh elektrarn spremljamo zadnjih 10 let na spodnji Savi.

Ostale elektrarne imajo majhne posege v okolje. Najmanjše imajo fotonapetostne elektrarne, ki se postavljajo kar na obstoječe strehe objektov. V Sloveniji imamo zelo malo samostoječih sončnih elektrarn na travnikih, ki bi pomenile velik prostorski poseg v prostor. V tujini pa take elektrarne pokrijejo tudi kakšen km² travnika, jezera, reke, ali morja. Sem spadajo tudi parabolična zrcala v fototerminčnih sončnih elektrarnah, ki jih gradijo bolj v Južni Evropi in bližje ekvatorju.

Sodobne plinsko parne elektrarne (PPE) se gradijo ob robu mest in zavzamejo zelo malo prostora, so srednje velikih moči (okrog 10 do 50 MW), v glavnem z njimi nadomeščajo klasične kurilnice za daljinsko razdeljevanje toplote po mestih. Za nove gradnje teh PPE pa je ravno gradnja toplovoda

poleg gradnje plinovoda (potrebnega za PPE) večinski del stroška. Zanimiva je še geotermalna elektrarna, zaradi velikih vertikalnih gradbenih del, saj zahteva dve okrog 1 km globoki vrtini, ki vsaka stane 1 mio € in vrtamo precej naključno, saj kljub geološkim študijam nimamo zagotovila, da pridemo do vsaj 250 stopinj vročih kamenin.

Z metodo intervjuja sem vprašal strokovnjake katera od elektrarn je najbolj sporna glede gradbenega posega: mag. Mirka Javerška (tehnični direktor Savskih elektrarn), mag. Mirana Pribožiča (vodič po Jedrski elektrarni Krško) in Andreja Krča (vodja SPTE Domplan) in vodiča po akumulacijski hidroelektrarni Moste, vodja AKU HE Moste g. Antona Koselja za primerjavo gradbenih posegov in njihovi odgovori so mi potrdili pravilnost moje primerjalne metode, kjer sem informacije zajemal iz učbenikov Elektroenergetski sistemi (Razpet) in Proizvodnja električne energije (Rožman) in jih uredil po tem katera je bolj sporna.

3.2 Umazana (škodljiva, nevarna, eksplozivna, strupena) goriva

Najbolj nevarno gorivo je jedrsko gorivo zaradi radioaktivnosti. Ga je pa malo, saj ga imajo samo 49 ton in ga vsako leto tretjino zamenjajo.

Najbolj umazano fosilno gorivo je premog zaradi prašnosti in transporta in rahle radioaktivnosti. Termoelektrarna Šoštanj vsako uro pokuri 1.000 ton lignita. Sem bi tudi lahko šteli nafto, saj njeno izlitje v morje ali v tla povzroči 50 do 100-letno ekološko katastrofo. Nafto uporabljamo v TE na tekoče gorivo. V Tržaški zaliv vsak dan pripeljejo trije tankerji nafte in običajni trk ladij bi Severni Jadran spremenil v mrtvo morje in obalo.

Zemeljski plin je eksplozijsko nevaren, po zagotavljanju strokovnjakov pa naj ne bi plinski (ohlajen na -160 stopinj) tanker posebne izvedbe eksplodiral, niti ne bi povzročil kakšne posebne škode. Zemeljski plin (dobrih 90 % metana, CH₄, vsebuje) je okrog 30x bolj škodljiv plin za delanje tople grede kot je CO₂. Prevaža se s tankerji, utekočinjen, ohlajen. Zemeljski plin je energent 21. stol. in naj bi kmalu prevzel mesto prvega energenta na račun nafte, ki je prevladovala v 20.stol.

Vsa fosilna goriva so eksplozijsko nevarna. Tako plin kot nafta. Kar pa večina ljudi ne ve, da je nevarna tudi prašna organska snov: les, moka, premogov prah, drobci tekstila, saj pod določenimi pogoji lahko pride do prašne eksplozije.

Gornje informacije sem uredil s primerjalno metodo iz zgoraj omenjenih učbenikov o elektrarnah in iz spletne strani vir Izobraževalni center za raziskavo jedrske energije v Podgorici. Z metodo intervjuja sem vprašal strokovnjakinjo jedrske fizike v reaktorju Podgorica, ki je bila naša vodička ekskurzije, dr. Sabino Markelj. Na prvo mesto je dala fizijsko gorivo uran, na zadnje pa fuzijsko gorivo litij in devterij. Ostalo lestvico je potrdila. »Jedrska goriva za sodobne fisisjske elektrarne so srednje radioaktivna. Šele z začetkom jedrske reakcije nastajajo izotopi in s tem močna sevanja, zaradi razpadanja izotopa U236, ki pa je močno radioaktiven. Gorivo uran z 235 jedrskimi delci je nevaren element, hkrati poceni vir energije, saj kilogram stane samo 100 \$ in daje ekvivalent energije za ogrevanje 1000 hiš letno. Velik potencial bo fuzijska JE, ki bo spajala jedra vodika v jedra helija. Gorivo vodik (devterij in tritij) se pridobiva iz morja skupaj z litijem in veliko manj nevarno, poceni in vsem dostopno. Naenkrat ga v reaktorju gori samo en gram. Devterija je polno v morski vodi, 33 mg v litru vode, tritij pa pridobivajo iz litija, ki ga je polno v kamninah, 5g iz litijeve rude.«

3.3 Umazani gradniki v elektroenergetiki

Nekoč so bili inženirsko zelo kvalitetni oljni kabli v težkem svinčenem ohišju. Ali so se umaknili zaradi škodljivosti olja ali zaradi škodljivosti svinca, nimam podatkov. Morda pa predvsem zaradi teže in dolgotrajnih popravil, dragega vzdrževanja. Kabli so danes iz umetnih termoplastičnih mas, ki so strupene, rakotvorne zgolj pri gorenju (dioksini). Danes je glavna snov omreženi polietilen (XLPE), medtem, ko se PVC umika. Pri elastomernih kablilih pa naravno gumo zaradi slabih tehnoloških lastnosti zamenjujeta umetni gumi silikon in neopren. Podatkov o škodljivosti teh materialov nimam. Se pa v tujini pogosto uporabljajo poceni plinski kabli polnjeni s plinom SF₆, ki do sedaj ni bil

pojmovan kot škodljiv ali strupen plin. To so Gas Insulated Line, GIL kabli. V Sloveniji teh kablov nisem zasledil. (Priročnik Siemens)

Iz uporabe so umaknili tudi oljne odklopnike pred 40 leti in malo oljne pred 20 leti ter pnevmatske odklopnike. Odklopnike danes proizvajalci gradijo samo še kot plinske SF₆ odklopnike in vakuumске odklopnike. Kakšne materiale ali spojine uporabljajo za mehanizme, gasilno komoro in visokouporovne rešetke v katalogih in literaturi nisem zaznal. Kontakti so prevlečeni s srebrom, ki pri nekaj tisoč stopinjah električnega obloka (plazme) lepo izpareva v primerjavi z bakrom ali drugimi kovinami, ki naj bi nepravilno, s pokanjem, izparevali (Pihler).

V obdobju 25 let so se na trgu pojavila cela visokonapetostna stikališča in srednenapetostni (SN) stikalni bloki in celice izolirana s plinom SF₆ (žveplov heksafluorid). Imenujejo so GIS (Gas Insulated Switchgear) stikališča ali mešana, hibridna, HIS (Hybride Insulated Switchgear) stikališča. Elektro Gorenjske je v 25 letih zamenjala večino visokonapetostnih stikališč, razen Razdelilna transformatorska postaja (RTP) Primskovo in še morda dveh, ki so AIS (Air Insulated Switchgear). Prav tako so srednje napetostne (20 kV) stikalne celice, ki jih uporabljajo v RTP, TP in tudi v elektrarnah ter v industriji danes izdelane tipsko, kompaktno v SF₆ izvedbi. GIS je RTP Zlato polje, Labore, Moste, Medvode, ki smo si jih ogledali, a nam strokovnjaki niso nič povedali o ekološki spornosti plina. V Mavčičah smo videli HIS.

Na moj intervju z vodjem vzdrževanja distribucijskega omrežja Elektro Gorenjska mag. Karlom Zupancem pa je le ta omenil »škodljivost SF₆ zaradi agresivnega povzročanja tople grede, saj je približno 30x bolj agresiven kot CO₂, in podobno kot metan.« Priskrbel mi je dokument Eurelectric z naslovom »SF₆ and alternative technologies for electric switchgear«, september 2015, kjer sem razbral, da je Eurelectric komunikacijski zastopnik 300 podjetij s področja elektroindustrije v Evropi, in omenja EU F-gas regulacijo 517/2014, da se načrtno iščejo alternative temu najbolj uporabljenemu plinu v elektroenergetiki. Za enkrat je predvsem vakuumška stikalna tehnika in še nekaj plinov, ki je še preizkušajo.

Še vedno so v uporabi transformatorji z organskim (iz nafte izdelanim) transformatorskim oljem, ki je hkrati dober izolator in dober odvajalec toplote iz vročih delov transformatorja na kotel. Zaradi občasnih popuščanj kakšnega od številnih tesnil kotla je prihajalo do kapljanja organskega olja iz tega velikega stroja. Zato so že na samih začetkih v transformatorskih postajah gradili obvezne oljne jame kot lovilce olja, da bi preprečili olju odtok v podtalnico, kar bi bila katastrofa za populacijo takega območja za več desetletij. Vmes so razvojniki že domislili biološko razgradljivo olje, ki ga v slovenskem podjetju Kolektor Etra Energetski Transformatorji d.o.o. imenujejo pod industrijskim imenom MIDEL.

Intervju z projektantom in vodičem ekskurzije Igorjem Lugaričem: »Po tej logiki smo v Etri tudi pobarvali kotle transformatorjev: zeleni kotli vsebujejo ekološko olje iz estra, ogljikovodikov, ki so biološko razgradljive snovi, sivi pa klasično olje. Ker so dražji, jih nameščajo na tistih področjih, kjer je uhajanje olja nevarno za onesnaženje podtalnice« V tujini se uporabljajo že plinsko izolirani energetski transformatorji (GIT) v velikih elektrarnah (Priročnik Siemens). Ker je še vedno velika večina energetskih in distribucijskih transformatorjev narejena z oljem ali z anorgansko tekočino (angl. liquid) je glavni problem požar na transformatorju zaradi kratkega stika ali prenapetosti, ki v parih sekundah privede do eksplozije transformatorja. Velikokrat transformator zaradi kratkega stika na njem zagori in eksplodira. Nisem našel podatkov o naravi škodljivih snoveh v anorganskih tekočinah v vsej karieri še nisem uspel najti. Kakšne nevarne, strupene ali škodljive stvari se pri gorenju olja sproščajo nimam informacij.

Karlo Zupanc iz Elektro Gorenjske mi je v intervjuju za ta referat izročil dva dokumenta. Prvi je študija dr. Guentherja Hegemanna »Bemerkungen zum Brennverhalten zuri Toxikologie un Ökologie von Midel 7131«, kjer piše: »Midel 7131 je bil razvit kot mazivo za turbine letala Concord zaradi

nizke viskoznosti, visoke temperature plamena (257° C) in visoke temperature gorenja (310° C). Leta 1976 je v javnosti izbruhnil škandal s PCB, ki je bil tudi v transformatorjih, kar je povečalo občutljivost javnosti za nevarne snovi v elektroenergetiki. Šele leta 1983, ko je v Reimsu izbruhnila nesreča na PCB transformatorju, je notranji minister Nemčije zagrozil odgovornim z zaprtjem objektov s to snovjo. Zato so ga začeli uporabljati za hlajenje in izolacijo transformatorjev. Verige ogljikovodikov v Midel 7131 v naravi razgradijo bakterije. Kar 60 % tega estra bakterije v 2 do 12 dneh razgradijo. Popolnoma pa v 30-ih dneh. Vse biološko razgradljive tekočine so tudi gorljive. Pri gorenju nastaja pribl. 20 enakih dimnih snovi kot pri gorenju lesa«

Drugi dokument je prodajna predstavitev Midel 7131 podjetja VA Tech: » Midel je sintetično izolirno in hladilno tekoče sredstvo na bazi sintetičnega estra. V čakanju je Midel primerljiv mineralnim oljem. Prav tako omogoča analizo, koliko je plina v olju. Midel vpija več vlage kot mineralna olja. Dobre izolirne lastnosti trajajo dalj časa. Prebojno napetost pa ima 2x večjo kot mineralno olje in je 80 kV/cm. V vodi se v 28 dneh biološko razgradi 83 %, zato ni nevaren za podtalnico kot ostala mineralna olja (npr. silikonsko olje). Je kemijsko čista ogljikovodikova veriga, ki pri biološki razgradnji razpade na ogljikov dioksid in vodo.«

»Je pa zadnjih 20 let v Sloveniji, in očitno tudi v Evropi, postala moda, da zasebni lastniki večjih objektov (npr. supermarketi, veliki sklopi trgovin) kupijo distribucijski transformator v suhi izvedbi. Ta mora za enako moč biti okrog 20 % večji, nima olja, nima kotla. Slabo se hladi, bolj je glasen (brni) in ima več izgub. Primernost izbire transformatorja zagotavlja obratovalni način transformatorja, ki je precej različne moči prenaša in redko dela s polno močjo. Razlog kupčeve izbire je, da se izogonejo protipožarnemu projektu, okoljevarstvenemu elaboratu o preprečitvi izliva olja in dragemu vzdrževanju, saj je olje potrebno redno pregledovati v laboratoriju, ker z leti izgublja kvaliteto v smeri večje vlažnosti in slabše izolativne lastnosti olja. Pa tudi nevarnost požara in eksplozije transformatorja je manjša«, je povedal v intervjuju vzdrževalni inženir Primož Skledar iz Elektro Gorenjska.

»Sončne elektrarne Za vse module oziroma dele elektronske opreme PV sistemov velja, da jih je treba odstraniti skladno z določili uredbe o odsluženi elektronski opremi (WEEE). Načeloma enako kot velja za varčne sijalke in podobno. Moduli praviloma vsebujejo svinec (del električnih povezav zaradi lažjega spajkanja). Ne vem kakšno je trenutno stanje glede WEEE v Sloveniji – poglejte na primer na strani organizacije ZEOS. V Evropi za recikliranje skrbi mreža PV Cycle. Moduli, ki niso iz silicija so z izjemo organskih sončnih celic deloma iz redkih ali strupenih elementov (kadmij, indij, galij ipd). Proizvajalec modulov First Solar, ki proizvaja module iz CdTe ima povsem lasten postopek recikliranja, nekaj malega je na voljo na povezavi (Reciklaža fotonapetostnih modulov). Sicer pa so objave o recikliranju modulov še vedno dokaj redke, bo jih pa glede na problematiko vedno več «, mi je v intervjuju dejal največji poznavalec fotonapetostnih modulov v Sloveniji mag. Denis Lenardič.

Ostale elektrarne naj ne bi imele naravi spornih gradnikov, prav tako ne transformatorske postaje. Vsi električni stroji vsebujejo nekaj olja v ležajih. Za transformator ima olje nalogo izolatorja in hlajenja, pri generatorjih, motorjih in reduktorjih pa ima olje nalogo zmanjševanja trenja. Za vetrno elektrarno dr. prof. Rafko Mihalič v intervjuju pravi »da ena vetrnica vsebuje med 100 in 250 litri olja. Večino olja vsebuje dvižni transformator, nekaj pa turbina, generator in reduktor.«

Na področju razsvetljave se poslavlja zadnje stoletje zelo pogosto uporabljena plinska razsvetljava v električno napajanih lučeh. Večina vsebuje majhen delež škodljivega živega srebra (Hg), ki ga je sicer v plinu zelo malo. Mora pa biti, saj plinu daje značilno barvo. Tako poznamo visokotlačne živosrebrne in veliko bolj uporabljene nizkotlačne živosrebrne sijalke, znane kot fluorescentne sijalka. To so gospodinjska zadnjih 20 let množično kupovala v obliki ekonomsko propagiranih varčnih »žarnic« oz. pravilno sijalk, ki so v bistvu zvite, majhne fluorescentne cevi z močnim grlom, v katerem je elektronska vžigna predstikalna naprava, in navojem E27 ali E14. Zelo problematično je odlaganje teh sijalk na smetišče.

Zelo uporabne so tudi metalhalogenidne sijalke za reflektorje in natrijeve nizko tlačne in visokotlačne sijalke. Značilna oranžna barva na križiščih in parkiriščih pove, da gre za nizkotlačne natrijeve sijalke, ki imajo izkoristek 250 lm/W, kar je do sedaj največji izkoristek razsvetljave poznan meni. V intervjuju sta mi prodajna zastopnika podjetij Zumtobel in General Electrics (obe iz Ljubljane) zagotovila, da » je plinska sijalka slepa in končana veja razvoja razsvetljave ter da ključni proizvajalci razsvetljave vse napore, ves kapital in razvojnike usmerjajo v razvoj kvalitetnejše LED razsvetljave, ki ima višje izkoristke (okrog 100 lm/W), 10 x daljšo življenjsko dobo, možnost krmiljenja in regulacije svetilnosti in barv in niso ekološko sporne.«

Baterije so bile iz svinca, mangana, NiCd in ostalih težkih kovin. Danes so v glavnem litij ionske. Megahranilniki spadajo tako kot pametni regulacijski transformatorji in pametni števcji med pametna omrežja, katerih doba šele prihaja zaradi prodora številnih razpršenih virov elektrike v nizko in srednje napetostnih (NN in SN) omrežjih. »Japonski proizvajalec je pred 10 leti podaril mariborski Elektro fakulteti 5 MW baterijo po tehnologiji iz vanadijevih ionov (vanadij redoksi baterija, VRB)« mi je v intervjuju povedal vodja razvoja Miha Žumer. Kakšna je okoljevarstvena nevarnost teh kemičnih elementov in njihovih ionov, mi ni uspelo zvedeti. Zadnja leta pa so nova stopnja manjših baterij za avtomobile iz področja litij-ionskih baterij. Tehnoloških izvedb je kar nekaj: od polimerne, do železo-fosfatne itd. V specifikacijah nisem našel opozoril o škodljivosti teh elementov naravi. So pa tehnološko boljše v smislu življenjske dobe, števila polnjenj in kapacitete energije glede na težo baterije ter navsezadnje tudi cenovno in glede minimalnega vzdrževanja. Razvoj lažjih in ekoloških baterij bo omogočil zamenjavo avtomobilov na goriva z električnimi avtomobili. Intervju z Andrejem Pečjakom, ki je največji predelovalec avtomobilov v električne avtomobile v Sloveniji: »V pregledovanju, preizkušanju baterij in pri vgradnji litij ionskih baterij v moje avtomobile nisem zaznal ekološke spornosti teh baterij!«

Za najbolj pogoste elektromotorje, trifazne asinhronske motorje (AM), 1-f AM nisem zasledil informacij, da bi bili ekološko sporni. Prav tako istosmerni (DC) motorji niso ekološko sporni, a namesto njih prihajajo BLDC (brez krtačni na istosmerni tok) ali EC (elektronsko komutirani) motorji. Te motorje množično izdeluje za ročna vrtna orodja, klime in sesalnike prav podjetje Domel. Intervju z mag. Borisom Benedičičem, vodjem razvoja motorjev v Domelu: » Domel ima zelo velik svetovni delež teh motorjev in v razvoju zelo hitro razvija nove izdelke, da mu Kitajci ne morejo slediti s kopiranjem, na vsake tri leta razvijemo nov tip motorja. BLDC so v osnovi trifazni sinhronski motorji, ki imajo običajno na rotorju vgrajene trajne magnetne iz redkih zemelj«
»Trajni magneti za sinhronske generatorje visokih izkoristkov v vetrnicah so iz lantanidov: neodima, prozeodima. Te trajne magnetne se izdelujejo samo na Kitajskem, ki ima monopol nad njimi, ker je pridobivanje redkih zemelj zelo ekološko umazan proces.« (Mihalič, Kako zelena)«

3.4 Umazano delovanje, sevanja kot je elektromagnetno sevanje

Najnevarnejši pojavi v elektroenergetiki so kratki stiki in posledično pojav električnega oblaka (plazme, ioniziranega zraka), ki doseže velike temperature tja do 10.000 stopinj. Plazma v stikalnem polju, bloku ali celici zaradi oblaka lahko ubije delavca, ki za vrati celice še ne ve, da je znotraj bloka ali celice nevarni oblok. Oblok v transformatorju ali transformatorski postaji tudi zaneti olje in v parih sekundah pride do velike eksplozije olja. Požari pa povzročijo tudi številne škodljive in nevarne snovi v ozračju. Kratki stiki povzročajo gorenje transformatorja, kablov, generatorjev in motorjev. Tu se sprošča ogromno nevarnih plinov. Iz gorenja plastike sklepam, da pri gorenju termoplastov in ogljikovodikov nastaja rakotvoren plin dioksin.

Elektromagnetno sevanje povzročajo veliki tokovi, magnetno polje (B) pada s kvadratom oddaljenosti. Naboj pa povzroča elektrostatično polje (E), ki prav tako pada s kvadratom oddaljenosti. Korona je ionizirajoče sevanje zaradi visoke napetosti. Vse te probleme rešuje stroka s prepletanjem vodnikov in s počasnim umikom kablov v zemljo.

»Poboji ptic niso tako nevarni pri VE kot so poboji netopirjev, zato iz Amerike kmetje sporočajo, da morajo na poljih uporabljati več insekticidov, za katere so prej poskrbeli koristni netopirji. Hitrih sprememb tlaka ptičja pljuča zdržijo, ne pa pljuča netopirjev.« (Mihalič, Kako zelena)

3.5 Umazani izpusti

»Kitajske TE na premog spustijo letno v ozračje 600 ton živega srebra, kar je veliko večji in veliko bolj škodljiv vpliv na živo naravo kot CO₂.« (Mihalič, Zelena energija). Tu so v elektroenergetiki najhujša onesnaževanja s strupi in škodljivimi snovmi. Na prvem mestu je premogova termoelektrarna (TE) . TE Šoštanj, ki vsako uro pokuri 1.000 ton lignita, in odloži okrog 300 ton rahlo radioaktivnega pepela, ki ga skladiščijo v opuščene rudniške jaške. Ker je v njem veliko gline, ne prepušča pronicanje padavin in nad njim nastaja največje umetno jezero v Sloveniji: Velenjsko jezero. Skozi dimnik pa bruha 700 ton ogljikovega dioksida vsako uro ali 5 mio ton na leto. CO₂ povzroča toplo gredo. TE Šoštanj uspe zadržati z dragimi čistilnimi napravami 90 % proizvedenega SO₂, a kljub temu ta Šaleška dolina še močno smrdi po žveplu in nekaj ga uide v atmosfero in se odloži kot kisel dež. Podatkov v tonah na leto nimam. Pred 40 leti je žveplov dioksid povzročil v radiju 100 km okrog Šoštanja ekološko katastrofo: kislina zemlja, uničenje gozda, vrtnin, kovine, betona in zdravja. Določene TE na premog uspešno mešajo SO₂ z apnencem, da pridobivajo gips kot odpadke čistilnega procesa in t.i. gips plošče za sodobno gradnjo montažnih hiš in prenavljanja notranjih prostorov. Gips se uporablja tudi v instalacijah za pritrjevanje instalacijskih cevi v kanalih zidov, ter za pritrjevanje razvodnic in omaric v zanje narejenih vdolbinah. Hkrati hladilna voda ogreva mimotekočo reko Pako za največ 2 dovoljeni stopinji Celzija.

Rakotvorni plini, ki nastajajo pri gorenju v kurilnem kotlu in v dizel motorjih so dušikovi oksidi. Zaradi deloma nepopolnega gorenja nastaja zelo strupen in agresiven plin ogljikov monoksid. Problematični so tudi prašni delci, čeprav imajo v TE kar tri vrste filtrov: ciklonskega, kondenzatorskega in vodnega. Podatkov koliko prašnih delcev letno izbruha TEŠ nimam. Je pa Slovenija ena najbolj umazanih držav po kriteriju velikega števila prašnih nanodelcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zraku (Oddelek za proučevanje zraka), predvsem zaradi individualnih kurišč in dizelskih motorjev. Sem pa med raziskovanjem virov za ta referat našel podatek, da TE na premog bruha v ozračje ogromno težkih kovin in predvsem živega srebra, kar do sedaj v učbenikih, na ekskurzijah v TE Šoštanj in revijah nisem zasledil (Mihalič: »Zelena energija«)

Plinske elektrarne povzročajo zelo malo CO₂, nič žveplovih in dušikovih oksidov. Pretežno v molekulah CH₄ izgoreva največ vodika in nastaja voda. So najbolj čiste fosilne elektrarne, in se tudi množično gradijo, problem je drago gorivo, ki je v Evropi zaradi Putinovega monopola 6x dražje kot v ZDA. Biotermalne ali bioplinske elektrarne s plinom iz smetišč so poškodovane zaradi korozivnih elementov v plinu (intervju z inženirjem na smetišču Barje, ki upravlja s to elektrarno, po telefonskem pogovoru). Še hujši vpliv teh agresivnih soli in kislin je v geotermalnih elektrarnah, ki črpajo te agresivne snovi iz notranjosti zemlje in večina učbenikov izpusti to slabost.

TE na tekoče gorivo vsebujejo dizelski agregat in so majhnih moči. Večje so zgolj v Italiji. Pri nas je velika v TE Brestanici, ki je namenjena za pomoč v ustavljanju JE Krško v primeru nesreče in izpada elektroenergetskega omrežja. Teh elektrarn je veliko, saj jih kar množično uporabljajo ključni objekti: letališča, bolnice, RTV, IT centri, banke, zavarovalnice, vojska, policija, vzdrževalci transformatorskih postaj in obrtniki itd. kot rezervno napajanje v primeru izpada električnega omrežja, predvsem pa vikendi in planinske kočice, ki nimajo možnosti biti priklopljena na električno omrežje. So ne samo precej hrupni (100 dB), ampak povzročajo veliko CO₂. Pa tudi manjši delež strupenega CO, škodljivega SO₂, rakotvorne NO_x ter veliko smrt povzročajočih prašnih nanodelcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zraku.

Jedrska elektrarna Krško (JEK) je prav tako kot TE na premog velika proizvajalka odpadne toplote. S 35% izkoristkom pridela 730 MW elektrike, a kar okrog 1500 MW odpadne toplote iz 2.200 MW toplotne energije goriva. JEK večino odpadne toplote tako kot TEŠ spušča v ozračje: kot paro skozi

velike vodne hladilne stolpe. Velik delež pa jo spušča v reko Savo, ki jo sme po predpisih segreti samo za dodatni 2 stopinji. »JEK vsako leto iz reaktorja potegne tri leta staro gorivo, kar znaša tretjina vsega goriva. To je od okrog 50 ton približno 17 ton. To so srednje in nizko radioaktivni odpadki. Letno pridelamo 35 ton odpadkov, ki jih stiskamo in hranimo v sodih že 40 let v domačem skladišču ter čakamo ali jih bomo uspešno prodali ali pa bomo sami zgradili v Sloveniji lastno skladišče, v gostih kameninah, globoko v zemlji.« iz intervjuja z mag. Pribožičem iz JE Krško. »Ob delovanju jedrske elektrarne Krško nastane na 1 kWh približno 3 tisočinke grama visoko radioaktivnih odpadkov (izrabljenega goriva) in približno 1 stotinka kubičnega centimetra nizko in srednje radioaktivnih odpadkov. Količine so res izredno majhne, potrebno pa je upoštevati, da je potrebno s temi odpadki zaradi njihove radioaktivnosti ravnati drugače kot z navadnimi odpadki. Finančna sredstva za ravnanje z radioaktivnimi odpadki se zbirajo sproti od vsake proizvedene kWh in nabirajo v posebnem skladu. Za primerjavo je zanimivo, da v termoelektrarni na premog nastane na 1 kWh približno 1000 gramov odpadkov. To je skoraj v celoti ogljikov dioksid, ki gre naravnost v zrak. Za enkrat še ni nobene možnosti odlaganja in TE tudi nimajo sklada, v katerem bi se od vsake kWh nabirala finančna sredstva za odlaganje odpadkov.« (Radioaktivni odpadki, Pogosta vprašanja, spletna stran icjt.si).

3.6 Estetika, videz, vklapljanje v okolje

Elektroenergetski objekti so po navadi veliki. Miha Žumer, inženir in vodja razvoja v Elektro Gorenjska: »Velikih objektov se pri nas ne bo več gradilo, morda samo še daljnovod Okroglo-Udine. Večino 20 kV in 400 V daljnovodov bodo počasi skrili v zemljo kot kablovode. Danes smo v našem podjetju to uspeli spraviti na 60 % omrežja. Kar predvsem pomeni veliko obratovalno varnost, a tudi estetiko. Rastle bodo samo male elektrarne: plinske in male vodne in sončne, ki se lepo vklaplajo v okolje. Morda se bo naredil drug blok jedrske elektrarne na obstoječi lokaciji.«

3.7 Umazana razgradnja, reciklaža

Najprej mi pride na misel razgradnja JEK in skladiščenje radioaktivnega materiala, za katero že sedaj dajemo Slovenci in Hrvati letno nekaj milijonov evrov na varčevanje. V intervjuju mi je vodič po JEK g. Pribožič povedal številko, da bo razgradnja stala približno toliko kot stane gradnja 1.000 MW JE danes: okrog 3 milijarde €.

Sklepam, da bo toliko stala tudi razgradnja TE Šoštanj. Reciklažni velik problem bodo fotonapetostni moduli in živosrebne sijalke.

4 Matrika (primerjalna metoda: 1 okoljsko najslabše, 10 okoljsko najboljše)

	Gradnja	Gorivo	Gradniki	Delovanje	Odpadki	Estetika	Razgradnja
TE Šoštanj	1	1	8	1	1	1	1
JE Krško	1	2	8	9	3	2	1
TE plin, PPE, SPTE	8	5	8	9	9	7	8
TE nafta	8	3	8	4	4	8	8
AKU ČHE	1	10	8	10	10	3	8
AKU HE	2	10	8	10	10	4	8
Pretočne HE	6	10	8	10	10	5	8
Male HE	4	10	10	10	10	9	9
Fotonapetostne	9	10	7	10	10	10	1
Vetrne	1	10	3	6	10	1	5
Bioplinske SPTE	7	10	8	9	8	6	8
RTP stikališča GIS	8	x	8	8	4	5	8
RTP stikališča HIS	7	x	8	8	5	7	7
RTP stikališča AIS	6	x	8	8	10	8	6
Transformatorsko olje	x	x	1	6	1	x	6

Midel 7131	x	x	10	10	10	x	10
Trajni magneti v BLDC motorjih	x	x	1	10	10	x	9
SF ₆ odklopniki	x	x	5	10	4	x	9
Hg sijalke	x	x	1	9	9	x	1
baterije, megahranilniki	x	x	7	9	9	8	7

Kratice: TE– termo elektrarna, JE– Jedrska elektrarna. SPTE– sproizvodnja toplote in elektrike, PPE– plinsko parna elektrarna, AKU – akumulacijska elektrarna, ČHE– črpalna hidroelektrarna, HE– hidroelektrarna, RTP– razdelilna transformatorska postaja, G- Gas, A – Air, H – Hibrid, IS – Isolated Switchgear (izolirano stikališče), BLDC– Brush Less Direct Current.

5 Diskusija

5.1 Potrjevanje hipoteze

Informacija, da se pripravlja množična menjava plina SF₆, ki je v energetiki glavni plin, ki se uporablja v odklopnikih, plinskih kabljih, stikalnih blokih, stikalnih celicah, visokonapetostnih GIS stikališčih in v tujini celo v transformatorjih, me je napeljala k sklepu, da industrija, proizvajalci elektroenergetskih komponent, sami pozorno spremljajo naravovarstvene učinke svojih naprav in iščejo ustrezne alternative zelo hitro. Evropa je vodilna v svetu na bazi SF₆ plina, ki zelo agresivno povzroča efekt tople grede. In čeprav je histerija vplivanja tople grede na podnebne spremembe še nedokazana in zelo vprašljiva (Rafko Mihalič, Vetrne elektrarne), se mi je zdel to ena od močnih značilnosti, da so podjetja prijazna okolju in naravi. Ob tem sem še dobival v Etri Kolektor in Elektro Gorenjske vedno več informacij o počasni zamenjavi klasičnega transformatorskega olja z Midel tekočino. Tretja stvar, ki potrjuje hipotezo je JE. Na ekskurzijah in v intervjuju sem dobil informacije, da je današnja tehnologija jedrskih elektrarn že 4. generacija in je v 30 letih prešla stopnje iz prve generacije, druge in tretje, kjer je vsaka vgradila nove zaščitne, varstvene in okolju prijaznejše ukrepe (Pribožič, intervju). Za hipotezo govori tudi litij ionska baterija, saj so kemiki šli v občutno čistejše materiale kot so bili prej v uporabi. V prid hipotezi govori razvoj fotonapetostnih modulov, padanje cen, novi materiali in strma 30 % letna rast obnovljivih virov zadnjih 20 let. Tudi čiste plinske elektrarne govorijo v prid hipotezi. Gradnja malih HE z hidrodinamičnim vijakom bo imela veliko manjše posege v okolje, doprinesla pa bo veliko večje moči kot ostali obnovljivi viri. Umazane TE na premog so še vedno skupaj z JE nenadomestljive in še vsaj 20 let bodo, a tu govori v prid hipotezi, da stalno razvijajo okoljevarstvene rešitve: prašni filtri, SO₂ filtri, shranjevanje CO₂ in pepela v opuščene rudnike. Množična gradnja plinsko parnih kogeneracijskih elektrarn, ki so najbolj čiste, prav tako potrjuje hipotezo. Izdelava izboljšav na kabljih, izolatorjih, elektronski opremi, golih vodih, tokovnikih, napetostnikih, varovalkah itd. in večini elementov kaže, da je industrija v prenovi uspešna.

5.2 Nasprotovanje hipotezi

Kar 80 let je trajalo, da smo iz sijalk prišli na čisto in varčno LED razsvetljavo. Proti pa govori podatek, da je že 30 let svinec eden izmed spornih elementov fotonapetostnih modulov. Proti hipotezi govorijo trajni magneti in nezmožnost filtriranja nekaterih škodljivih snovi v termoelektarnah na premog: »živo srebro in ostale težke kovine« (Mihalič, Zelena energija), dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, davek na CO₂ (ki je zgrešen birokratski ukrep). Navsezadnje sem med tem delom našel v virih podatek, da je MIDEL bil odgovor na veliko škodo, ki jo je PCB povzročal v transformatorju in so ga morali nujno zamenjati po ukazu javnosti in politike tako kot izolacijo v kondenzatorjih. Ta argument močno govori proti hipotezi in pritrjuje starim obnašanjem industrije v smeri prikrievanja, kolikor se le da. Po svoje je človeštvo inženirsko še vedno nemočno narediti tako dokaj čiste in zanesljive elektrarne velikih moči, velike megahranilnike.

6 Ugotovitve, rešitve, ukrepi in zaključek

Hipotezo lahko v veliki meri potrdim, kljub obstoju nekaj izjem. Če bo konkurenca proizvajalcev na trgu z vladavino prava in transparentna izmenjava izkušenj porabnikov v svobodnih medijih, se ne bojim hudega ali večjih zlorab narave in človeka. Predvsem pa ne smemo dovoliti, da investicije v

elektroenergetiki vodijo politiki in birokrati, ampak jih morajo zasebni investitorji. Kajti drugače bomo plačevali najmanj 3x ceno investicij, večdesetletne izgube, nasedle investicije ali pa še mnogo hujšo ceno, predvsem zaradi uničenja narave.

1. Največ okoljske škode povzroča TE Šoštanj s 1.000 MW moči, ki je tako kot JE Krško hrbtnica elektroenergetskega sistema in zagotavlja njegovo stabilnost in obstoj. In obe bosta prevladovali vsaj še 30 let, ker alternativ istih inženirskih kvalitete še vedno ni odkritih. Poleg 300 ton pepela in 1.000 ton CO₂ vsako uro, ta elektrarna bruha preko deset okolju škodljivih snovi in je največji gradbeni poseg v okolje. Posebej zamolčane so živosrebrne spojine in ostale težke kovine. Ta elektrarna inženirsko in ekonomsko nima alternative, razen v JE.
2. Druga je JEK, ki ima prav tako gromozanski poseg v prostor in problem nekaj deset ton srednje radioaktivnih odpadkov na leto in nevarnost nesreče zaradi človeškega faktorja (terorizem), saj bi prišlo do velike evropske nesreče. Če dobivamo pravilne podatke, bi se morala obnoviti JE Krško in TEŠ pa zapreti z rudnikom Velenja, saj je JEK veliko čistejša in večkratno, redundantno zaščitena z računalniško in drugo zaščito ter dela velik dobiček s prodajo energije.
3. Tretja problematična elektrarna je velika akumulacijska HE in črpalna AKU HE zaradi velikih gradbenih posegov.
4. Četrta naravovarstvena (velik poseg v okolje, olje) pa vetrna elektrarna.
5. Peti sporni objekt po velikosti so megahranilniki in baterije povezani z razvojem električnih avtomobilov in pametnih omrežij, ki nujno potrebujejo hranjenje viškov energije. Megahranilniki (velike baterije) so ozko razvojno grlo in največja slabost elektroenergetike.
6. Šesti element so trajni magneti, ki močno onesnažujejo nahajališča na Kitajskem.
7. Plinske sijalke so zelo naravovarstveno sporne zaradi odlaganja in reciklaže, saj je živo srebro zelo strupeno in prodira v podtalnico.
8. Pretočne HE so danes izvedene v obliki pretočno-akumulacijskega tipa (primer spodnjavske elektrarne). Veliko je gradbenih del, predvsem utrjevanja bregov, 30 m dolgi temelji, jez itd. Danes je še posebno aktualno »odkritje« za male HE Arhimedov vijak, ki omogoča z zelo majhnim gradbenim posegom uporabiti nižje padce potokov in rek kot je danes minimum 10 metrov: od 1m do 10 metrov.
9. Sončne elektrarne zaradi vsebnosti svinca pri razgradnji modulov. Svinec je elektroindustrija že pred 40 letih izločila z umikom najpogostejših svinčenih energetske kablov. danes naravovarstveno nesporna.
10. Problem transformatorskega olja, katerega izliv poškoduje podtalnico za več desetletij že danes zaščitniško rešujejo z oljnimi jamami in uporabo MIDELE biorazgradljive tekočine. Plin SF₆, ki je najbolj pogost v elektroenergetiki pa je v vseh ozirih čist, le da 30x bolj agresivno kot CO₂ povzroča toplo gredo. Zato industrija že nekaj let išče zamenjavo.

Literatura in viri

AKU HE Hoover, dostopno na naslovu: www.thomasnet.com/articles/electrical-power-generation/hydroelectric-power

Črpalna hidroelektrarna Avče, dostopno na naslovu: www.seng.si/che_avce/

Euroelectric Position paper, draft: »SF₆ and alternative technologies for electrical switchgear«, september 2015, kontaktna oseba Euroelectric je Henning Haeder (K. Zupanc, Elektro Gorenjska)

HE Itaipu, dostopno na naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Itaipu_Dam

HE Tri soteske, dostopno na naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam

Hegemann Guenther, »Bemerkungen zum Brennverhalten zuri Toxikologie un Ökologie von Midel 7131«, (K. Zupanc, Elektro Gorenjska)

Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča v Podgorici (del Instituta Jožef Stefan). *Najpogostejša vprašanja*. Dostopno na naslovu: <http://www.icjt.org/faqs-vsa/>

Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča v Podgorici (del Instituta Jožef Stefan). *Fizija*. Dostopno na naslovu: www.icjt.org/wp-content/uploads/presentation-Fuzija.pps

Koncilja Franci, Krupa nikoli dokončana zgodba, dostopno na naslovu: www.casnik.si/index.php/2011/11/30/krupa-nikoli-dokoncana-zgodba/

Mihalič Rafael, Kako zelena je zelena energija, video TEDx Ljubljana, 17.2.2016, dostopno na naslovu: https://youtu.be/TGFq_9Mj0co,

Mihalič Rafael, Vetrne elektrarne, ni vse zlato kar se sveti, strokovni članek, 2008, dostopno na naslovu: www.volovjareber.si/.../20081205_vetrne_elektrarne_rafael_mihalic.pdf

Mihalič Rafael, Zelena energija – bližnjica k energetski odvisnosti ali slepa ulica?, strokovni članek, Elektrotehniški vestnik 78 (5), 245-256, 2011

Miljavec Damijan, Jereb Peter, univerzitetni učbenik, Električni stroji, FE Ljubljana, 2005

Obnovljivi viri v Evropi in svetu, EU Observer, dostopno na naslovu: www.rcp.ijs.si/ceu/sl/barometri

Oddelek za okolje na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani. *Kakovost zraka: trdni delci PM10 in PM2,5*. Dostopno na naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/trdni-delci>

Pihler Jože, Stikalne naprave elektroenergetskega sistema, učbenik, FERi Maribor, 2003

Priročnik sodobnih elektroenergetskih naprav in elementov, Power Engineering Guide, Siemens, 7.1.th Edition, Publisher Siemens Aktiengesellschaft Energy Sector, Public Pro, Erlangen , Germany, 2014. Dostopno na naslovu: www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/energy-topics/power%20engineering%20guide/71/00-PEG71-120dpi.pdf

Radioaktivni odpadki, dostopno na naslovu: <http://www.icjt.org/faqs-vsa/>

Razpet Alojz, Elektroenergetski sistemi, učbenik, 4. ponatis, 1997, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana

Recikliranje fotonapetostnih modulov podjetja First Solar, dostopno na naslovu: https://www.bnl.gov/pv/files/prs_agenda/2_krueger_ieee-presentation-final.pdf

Rožman Robert, Proizvodnja električne energije, učbenik, Neviodunum, Krško, 2012,

Termoelektrarna Šoštanj, *Korporativna brošura*. Dostopno na naslovu: http://www.te-sostanj.si/si/files/default/news_fles/Korporativna%20bro%C5%A1ura%202015%20-%20SLO.pdf

Vetrne elektrarne, statistični podatki 2016, dostopno na naslovu: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/barojde16_WindEnergy_EN.pdf

Wruss Gerhard, prodajni predstavnik podjetja VA TECH ELIN Transformatoren GmbH&Co, predstavitev za Elektro Gorenjsko, 2010, »Midel 7131«, (K. Zupanc, Elektro Gorenjska)