



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Emisije iz prometa in električna mobilnost v osebnem prometu v

Republiki Sloveniji

Inštitut za obnovljive vire energije in učinkovito rabo eksurgije, INOVEKS d.o.o.
Cesta 2. grupe odredov 17, 1295 Ivančna Gorica, info@inoveks.si

Povzetek

V članku prikazujemo energetske pogled na električno mobilnost in s tem povezanimi emisijami. Članek primarno bazira na viru [1]. Električna mobilnost predstavlja tehnologijo s katero lahko bistveno znižamo izpuste toplogrednih plinov. Pri tem pa ne smemo pozabiti na to, da je tudi električna energija, ki pride do končnega uporabnika, obremenjena z emisijami toplogrednih plinov, ki so odvisne od načine proizvodnje električne energije v posamezni državi.

UVOD

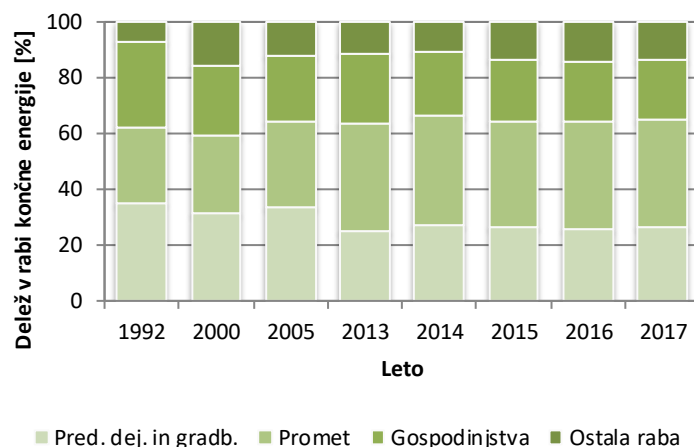
Raba energije v Sloveniji v prometnem sektorju predstavlja okoli 40 % skupne rabe energije. Pri tem pa se za ta namen uporabljajo v glavnem uvoženi naftni derivati. Uvajanje alternativnih goriv, s poudarkom na električni mobilnosti, je izpostavljena prednostna naloga na področju prometa, tudi v predlogu usmeritev za novi energetske koncept Republike Slovenije.

Promet je v zadnjem desetletju prevzel prvo mesto med sektorji po rabi energije, saj je še leta 1992 rabil 27 % končne energije v Sloveniji, v letu 2017 je bil delež skoraj 40% (Slika 1). Raba končne energije je leta 1992 znašala 3279 ktoe. V obdobju od 1992 do leta 2008 se je povečala za 60,6 %, pri čemer se je večina rasti zgodila do leta 1997 (Slika 2). Raba energije v prometu skoraj izključno temelji na fosilnih gorivih, posledica česar je nenehno naraščanje emisij toplogrednih plinov.

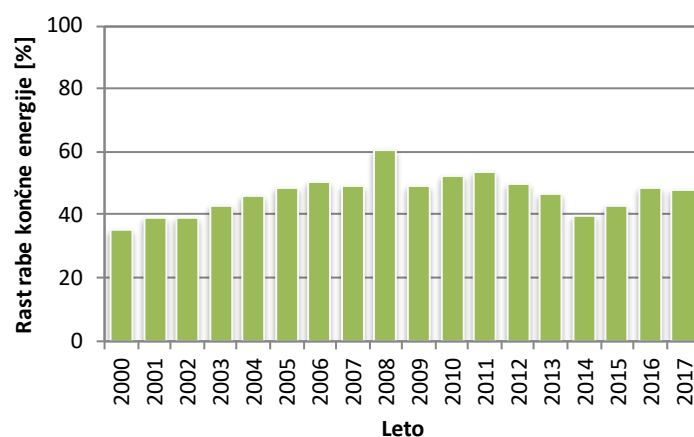
Danes avtomobili na električni pogon niso več nikakršna redkost, saj se z njihovim razvojem ukvarjajo večinoma že vsi avtomobilski koncerni in precejšnje število inštitutov. Kljub temu, da se o električnih avtomobilih veliko piše in govori, je električni promet, vsaj na slovenskih cestah, še vedno oddaljena vizija, saj zasledimo majhno število električnih predstavnikov.

Leta 2014 je bilo v Sloveniji registriranih 133 električnih osebnih avtomobilov oziroma samo okoli 0,01% vseh vozil. Konec leta 2018 pa je od 1437444 registriranih vozil, od tega 1143150 osebnih avtomobilov, 1308 osebnih avtomobilov poganjala elektrika [2]. Iz statistike lahko razberemo, da so električno gnana vozila v porastu, vendar bi morala po nacionalnem energetskega programu do leta 2020 doseči kar 2,7 % voznega parka. Uvajanje alternativnih goriv, s poudarkom na električni mobilnosti, je izpostavljena prednostna naloga na področju prometa, tudi v trenutnem predlogu usmeritev za pripravo novega energetskega koncepta Republike Slovenije [3].

Slika 2.1 prikazuje deleže rabe energije po sektorjih v naši državi od osamosvojitve naprej in kako je ta raba rastle skozi leta do danes. Rast lahko smiselno povežemo tudi z že prej omenjenim podatkom o večanju števila registriranih vozil. Vidimo, da delež rabe končne energije v prometu znaša 38,5% za leto 2017.



Slika 1: Deleži sektorjev v rabi končne energije [4]



Slika 2: Rast rabe končne energije glede na leto 1992 [4]

Sklepamo lahko, da bi imela zamenjava vrste energenta v dobrih 40 % vse končne energije, ki jo danes predstavlja promet, znaten učinek na emisije. Posledično bi seveda pričakovali nižje emisije in manj škodljiv vpliv na naravno in urbano okolje. Ne smemo pa spregledati zamenjave, ki se pri tem zgodi. Primarno energijo pretežno uvoženih fosilnih goriv naftnega izvora zamenjamo z električno energijo. Ob tem pa naletimo na problem emisij pri pretvorbi goriv v električno energijo. Družba prihodnosti bo morala temeljiti na visokem deležu obnovljivih virov energije (OVE) pri oskrbi z energijo. To je potrebno za obvladovanje podnebnih sprememb in za povečanje konkurenčnosti ter zanesljivosti oskrbe z energijo. Glavni problem je motorni promet, kjer je sicer s tehničnim napredkom voznega parka viden pozitiven trend zmanjševanja emisij, vendar se zaradi vse večjega števila vozil ti učinki zmanjšujejo. Zaradi porasta števila motornih vozil in številnejših migracij se je posledično povečala tudi poraba motornih goriv, s tem pa tudi emisije. Predpostavljamo da rastoč promet močno obremenjuje okolje in da je v interesu vseh zmanjševanje emisij, ki izvirajo iz prometa, ter da je uvedba drugačne tehnologije v promet nujna in da bi ob pravem odnosu električni promet pomenil večjo energetske neodvisnosti in stabilnejšo ekonomijo [5]. Izpuščeni toplogredni

plini iz prometa so se v Sloveniji od leta 1986 do leta 2012 povečali za 185 %; pa tudi drugje po Evropi izpusti toplogrednih plinov (TGP) iz prometa močno presegajo splošno rast. Na področju prvih članic EU so v obdobju 1990-2012 narasli za 9 %, v celotnem območju zdajšnje EU pa za 14 % (v Sloveniji v tem času za 111 %). Največ toplogrednih plinov v prometu povzročata cestni promet, kjer jih nastane 99,2 %. Dokaj visok delež izpustov iz prometa glede na skupne izpuste (31 % leta 2012) in ne dovolj striktni ukrepi za njihovo zmanjšanje otežujejo zavezo Slovenije za doseg obveznosti iz Kjotskega protokola. Slovenija si z Akcijskim načrtom za energetska učinkovitost za obdobje 2014–2020 (AN URE 2020) skladno z zahtevami Direktive 2012/27/EU o energetska učinkovitosti zastavlja, da raba primarne energije v letu 2020 ne sme presegati 7,125 mio. toe, v primerjavi z letom 2012 se ne sme povečati za več kot 2 % in si zastavlja nacionalni cilj izboljšanja energetske učinkovitosti za 20 % do leta 2020 [6].

ENERGIJA V PROMETU

Slovenija se je s članstvom v Evropski uniji zavezala k doseganju ciljnih vrednosti emisij toplogrednih plinov podpisanih v Kjotskem protokolu. Promet je pri tem sektor, v katerem se potroši največ fosilnih goriv. Leta 2012 je raba energije v prometu znašala 1953 ktoe. Gledano na predhodno leto je bila višja za slaba 2 %, za 59 % glede na leto 2000, glede na leto 1992 pa višja za 120 %. Leta 2008, ko je bil dosežen maksimum v opazovanem obdobju, je bila nižja za 6 %. V cestnem prometu je rabljeno daleč največ energije in je leta 2012 predstavljalo dobrih 97 % skupne rabe. Delež prometa v celotni rabi končne energije v Sloveniji, ki je leta 1992 znašal 24,4 % je leta 2002 narasel na 31,6 %. Raba energije v prometu skoraj izključno temelji na 99 % na fosilnih gorivih, med katerimi je leta 2011 močno prevladovalo dizelsko gorivo s 65,0 %, sledil je motorni bencin s 30,8 %. Tekoča goriva, katerih poraba se v prometnem sektorju še povečuje, z 51 % deležem ostajajo najpomembnejši energent. Za razliko od prometa se raba energije v industriji zmanjšuje.

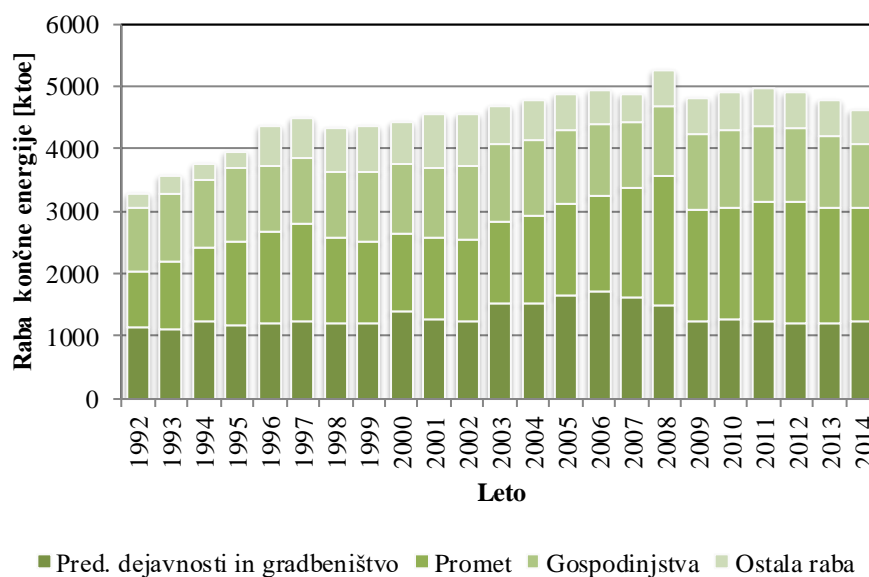
V trenutnem stanju tehnike so motorna kolesa, osebni avtomobili in manjša dostavna vozila že primerni za prehod na električni pogon. Leta 2010 so v Sloveniji te vrste vozil predstavljale 85 % vseh motornih vozil v cestnem prometu, njihova poraba goriv je znašala 73,5 % porabe v cestnem prometu, delež izpustov CO₂ pa je bil 73,9 %. Omenjeni deleži in številke dajejo razlog, da lahko na osnovi novih tehnologij, e-mobilnost igra pomembno vlogo pri varovanju okolja in zagotavljanju trajnostne rabe energije. Tabela 1 prikazuje strukturo rabe energije v prometu. Osebna vozila v letu 2013 predstavljajo 62,1 % rabe energije prometa, kar je 33 % rabe končne energije (Slika 3).

Tabela 1: Struktura rabe energije v prometu [7]

		2000	2005	2010	2012	2013
Avtomobili	%	73,6	67,4	61,9	62,2	62,1
Tovorna vozila	%	19,5	26,4	32,9	33,6	33,6
Avtobusi	%	2,7	2,4	1,9	1,3	1,2
Motorji	%	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4
Železnice	%	1,9	1,9	1,3	1,2	1,2
Letala	%	2,1	1,6	1,6	1,3	1,5

Slika 3 prikazuje rabo končne energije, izraženo v ktoe (1 toe je enak 41,87 GJ oziroma 11,63 MWh). Tabela 2 prikazuje podatke o količinah električne energije na pragu elektrarn. V zadnjem stolpcu je prikazan del, ki je proizveden za Hrvaško. Končna raba energije oz. raba končne energije oz. energetska končna raba je energija uporabljena v sektorjih industrije (predelovalne dejavnosti in

gradbeništvo), prometa, gospodinjstev in drugih uporabnikov (storitve in ostala poraba) in ne vključuje rabe v transformaciji, lastne rabe energetskega sektorja in neenergetke rabe.



Slika 3: Raba končne energije po sektorjih v ktOE [7]

Tabela 2: Količine EE in instalirane moči elektrarn [8]

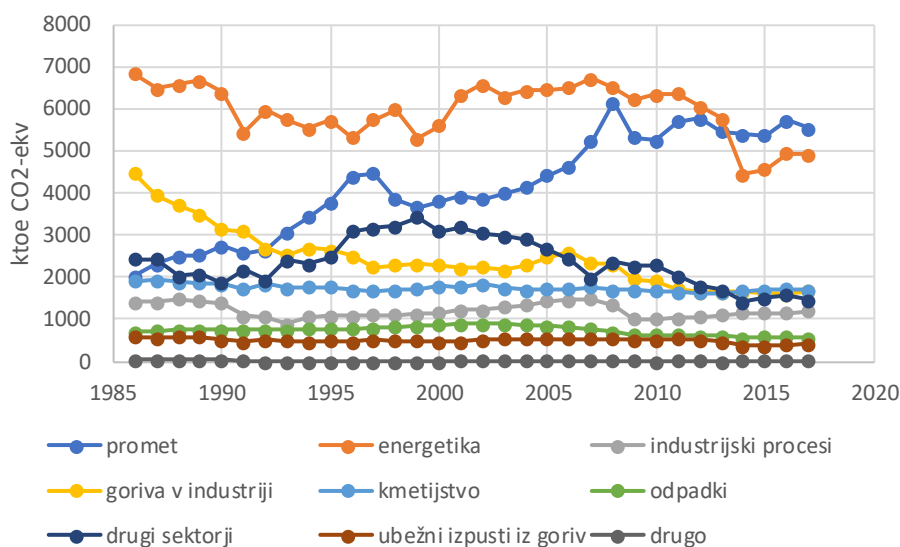
	SKUPNA PROIZVODNJA (GWh)	KONČNA RABA (GWh)	DEJANSKA DELOVAN MOČ (MW)	1/2 EE iz NEK ZA HRVAŠKO (GWh)
2017	15398	13623	3619	2984
2016	15546	13125	3537	2716
2015	14187	12895	3360	2686
2014	16486	12559	3453	3031
2013	15117	12587	3434	2518
2012	14705	12540	3351	2622

Tabela 3 prikazuje ekvivalent ogljikovega dioksida (CO₂-ekv), ki je produkt, količine (mase) posameznih toplogrednih plinov pomnožene z njihovimi potenciali globalnega segrevanja. S tako dobljeno preračunano vrednostjo je omogočeno, da se vpliv različnih toplogrednih plinov združi v isti enoti, kar predstavlja poenoten ogljični odtis. Izraža se z enoto ekvivalenta ogljikovega dioksida (CO₂-ekv).

Tabela 3: Izpusti iz naslova pretvorb električne energije [9]

plin	merska enota	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CO ₂	[kg CO ₂ /kWh]	0,497	0,450	0,316	0,378	0,370	0,377
CH ₄	[kg CH ₄ /kWh]	6,34E-06	5,24E-06	4,34E-06	4,55E-06	4,46E-06	4,91E-06
N ₂ O	[kg N ₂ O/kWh]	6,60E-06	5,98E-06	4,59E-06	5,45E-06	5,31E-06	5,46E-06
vsi TGP	[kg CO₂ekv/kWh]	0,499	0,452	0,317	0,380	0,372	0,379

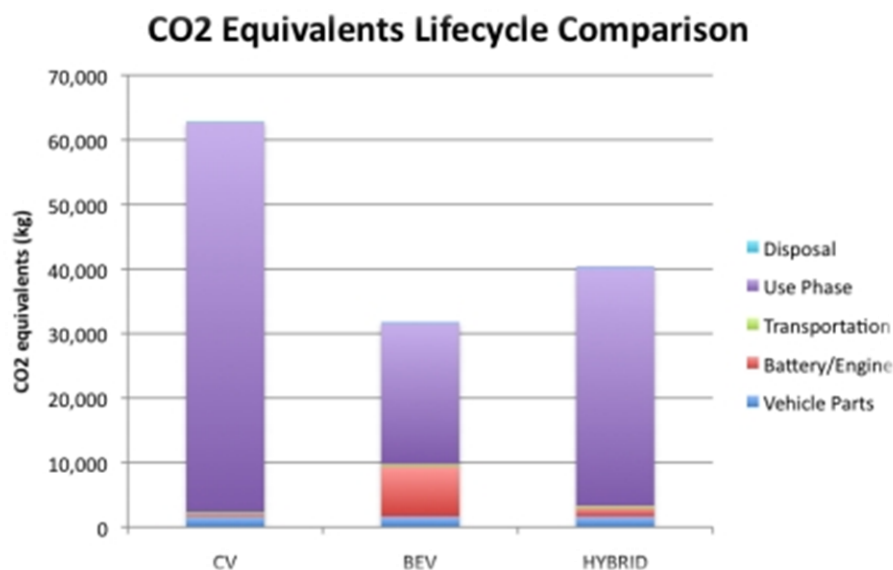
Slika 4 prikazuje emisije po sektorjih [10]. Emisije energetskega izvora so posledica zgorevanja goriv v virih električne energije in toplote, prometu, predelovalnih dejavnostih in gradbeništvu, ter storitvah in gospodinjstvih. Poleg tega so upoštevane tudi emisije, ki ne nastajajo neposredno zaradi zgorevanja goriv, so pa z energijo povezane, in sicer t.i. ubežne emisije, ki nastajajo pri pridobivanju premoga (premogovniki), transportu in distribuciji zemeljskega plina ter razžveplanju izpustov iz termoelektrarn.



Slika 4: Emisija CO₂-ekv v ktonne [10]

Splošno povprečje izpustov ekvivalenta ogljikovega dioksida na kilovatno uro v Sloveniji od leta 2002 do 2017 znaša 0,48 kg [9]. Električna energija v Sloveniji je bila v letu 2017 obremenjena s približnim povprečjem 0,38 kg emisij CO₂ za vsako proizvedeno kilovatno uro energije.

V študiji iz leta 2012 je katedra CARB (California Air Resource Board) izvedla analizo vpliva emisije ekvivalenta CO₂ in vnosa energije skozi življenjski cikel za navadno bencinsko vozilo (CV), hibridno vozilo in baterijsko električno vozilo (BEV). Študija je osnovana za podporo predloga Kalifornijskega zakona za preprečevanje globalnega segrevanja. Rezultati za hibridni model so bili ustvarjeni na povprečju CV in BEV podatkov. Uporabljeni podatki vsebujejo ocene modela Kalifornijske mreže, izsledkov ANL (Argonne National Laboratory) in druge ustrezne recenzirane literature. Tako pridobljene osnovne modele so nato analizirali za različne predpostavke. Izračunana je bila tudi stroškovna učinkovitost za vsak tip vozila; za hibridno vozilo je bilo ugotovljeno, da je najbolj stroškovno učinkovito pri zmanjševanju izpustov. Izračunani so bili tudi sedanji neto stroški vseh vozil pri čemer so za hibridni model ugotovili, da je najcenejši v svoji življenjski dobi, temu sledi CV in na zadnjem mestu BEV. Glavni namen raziskave je bil preučiti vpliv na okolje vseh treh tipov vozil, pri čemer se upošteva poraba energije v življenjskem ciklu in povzročene emisije ekvivalentov CO₂ ter onesnaževanje zraka. Z vidika vplivov na okolje je bilo ugotovljeno, da imajo najmanjši skupni vpliv BEV, ki mu sledi hibrid in nazadnje CV [11]. Rezultate iz raziskave prikazuje slika 5.



Slika 5: Emisije vozil skozi faze življenjske dobe [11]

PRIMER ELEKTRIČNEGA VOZILA ZA PRERAČUN EMISIJ

Za praktično ponazoritev oz. delno analizo si pogledjmo povprečen model avtomobila iz nižjega srednjega razreda, ki ga je mogoče kupiti v obliki s klasičnim pogonom z motorjem z notranjim izgorevanjem in tudi z električnim motorjem. Tabela 4 prikazuje osnovne podatke obeh avtomobilov, ki bodo uporabljeni za primerjavo. Po podatkih različnih proizvajalcev in izkušnjah uporabnikov EV je povprečna raba EV sicer med 0,15 in 0,20 kWh/km.

Tabela 4: Podatki za primerjavo vozila [12–14]

podatek	bencinski motor	električni motor
prostornina	996 cm ³	/
max. moč	48 kW	56 kW
max. navor	90Nm	140 Nm
najvišja hitrost	160 km/h	130 km/h (elektr. omejena)
povprečje porabe na 100km goriva / raba el. energije	5,0 litra B95	15 - 20 kWh
doseg	ca. 700 km	ca. 100 km
CO ₂ izpust	126 g/km	(80/1268/EWG) 0 g/km
kapaciteta akumulatorja	/	19,2 kWh
masa	975 kg	1304 kg

Model z bencinskim motorjem po tehničnih podatkih proizvede 126 g CO₂ na km. Če upoštevamo, da električni avto rabi 20 kWh na 100 km, potem lahko izračunamo emisijo z upoštevanjem tipičnih izpustov iz naslova pretvorb električne energije, ki v Sloveniji znašajo za leto 2017 0,38 kg CO₂ na kWh. Emisija modela na električni pogon znaša torej 76 g CO₂ na kilometer. To pri analiziranem vozilu pomeni da tipični električni avtomobil v Sloveniji povzroči 40 % manj izpusta CO₂ od konvencionalne različice.

PRERAČUN EMISIJSKIH VPLIVOV UVEDBE E-MOBILNOSTI EV

Tabela 5 prikazuje povprečno število prevoženih kilometrov v Sloveniji. Če upoštevamo, da povprečni električni avto potrebuje 0,2 kWh/km, potem lahko izračunamo, da potrebujemo 2530,6 kWh/leto za vsak osebni avto.

Tabela 5: Povprečno število prevoženih kilometrov osebnih avtomobilov [15]

	vsa goriva	bencin	diesel
povprečje (km)	12653	10235	16879

Če predpostavimo zamenjavo celega števila klasičnih avtomobilov z električnimi, lahko izračunamo koliko električne energije bi skupno rabili na mestih električnih polnilnic, pri čemer zanemarimo vse morebitne dodatne izgube. Za celotno floto osebnih avtomobilov na dan 31. 12. 2018 potrebujemo 2892,9 GWh/leto. Letna raba energije za pogon celotne flote električnih avtomobilov predstavlja 18,8 % letne proizvodnje električne energije na pragu elektrarn v letu 2017 oziroma 21,2 % končne rabe vse električne energije. To seveda pomeni, da bi se za ta odstotek dvignila raba električne energije, iz zdajšnjih 13623 GWh na 16526 GWh, kar je seveda več od trenutne proizvodnje na pragu elektrarn, vključno z deležem električne energije, ki je proizveden v NEK za Hrvaško.

ZAKLJUČEK

Če upoštevamo, da bencinski avto potrebuje 5 litrov bencina na 100 km, potem lahko ugotovimo, da potrebuje okoli 44 kWh na 100 km, ki jih pridobi direktno iz fosilnega goriva. Če upoštevamo še faktor pretvorbe električne energije v primarno energijo 2,6 [16], pri pretvorbi bencina pa upoštevamo učinkovitost rafinerije 0,85 [17], potem lahko izračunamo, da za 100 km potrebujemo 52 kWh primarne energije, za pogon električnega vozila pa ravno tako 52 kWh.

Električna mobilnost torej pridobi na pomenu predvsem pri razogljičenju vira proizvodnje. Kaj pa to pomeni za Slovenijo? Jedrska elektrarna ima moč na pragu elektrarne 700 MW, letna proizvodnja električne energije znaša okoli 5968 GWh (v letu 2017), inštalirana moč hidroelektrarn v Sloveniji je okoli 1070 MW, letna proizvodnja pa okoli 4085 GWh (v letu 2017). Če potrebujemo za e-mobilnost dodatnih 2893 GWh električne energije, potem lahko preprosto zaključimo, da potrebujemo za to zgraditi ali novo jedrsko elektrarno s približno močjo 340 MW ali pa dodatno zgraditi hidroelektrarne z močjo okoli 760 MW.

Seveda pa ne smemo pozabiti tudi na dejstvo, da pri obisku bencinske črpalke v vozilo natočimo v poprečju okoli 39 litrov goriva v minuti. To pomeni, da je moč bencinske črpalke okoli 20,5 MW oziroma 20547 kW, če upoštevamo kurilnost bencina 8,8 kWh/l. Ta moč seveda bistveno presega moč električnih polnilnic.

Na koncu velja poudariti, da smo se v pričujoči analizi fokusirali samo na energetske vidik pri eksploataciji vozila. Zato pri tem nismo upoštevali razlik pri energiji potrebni za produkcijo in razgradnjo vozil.

LITERATURA

- [1] MUHIČ, Simon idr. Transport emissions and electric mobility in private transport in the Republic of Slovenia. *Tehnički glasnik* [na spletu]. 2018, **12**(2), 98–103 [dostopano 9. 08. 2019]. ISSN 18485588. Dostopno: [10.31803/tg-20180508162744](https://doi.org/10.31803/tg-20180508162744)
- [2] STATISTIČNI URAD RS. *Osebni avtomobili, avtobusi in tovorna vozila ter prve registracije teh vozil glede na pogon in gorivo* [na spletu]. 2019 [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/20_Ekonomsko/20_Ekonomsko__22_transport__08_22221_reg_cestna_vozila/2222109S.px/table/tableViewLayout2/
- [3] REPUBLIKA SLOVENIJA MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO. *Energetski koncept Slovenije* [na spletu]. 2019 [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/energetski-koncept-slovenije/>
- [4] AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE. *Okoljski kazalci. Raba končne energije po sektorjih* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019]. Dostopno: <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/raba-koncne-energije-po-sektorjih-4>
- [5] JAVNA AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA ENERGIJO. *E-Mobilnost* [na spletu]. 2012 [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: www.agen-rs.si
- [6] REPUBLIKA SLOVENIJA MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO. *Akcijski načrt za energetske učinkovitost* [na spletu]. [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <https://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nacrt-za-energetske-ucinkovitost/>
- [7] AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE. *Okoljski kazalci. Energetska učinkovitost in raba energije v sektorjih rabe končne energije* [na spletu]. [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <http://kazalci.arso.gov.si>
- [8] REPUBLIKA SLOVENIJA MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO. *Portal Energetika - Statistika* [na spletu]. [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <https://www.energetika-portal.si/statistika/>
- [9] IJS CENTER ZA ENERGETSKO UČINKOVITOST. *Izpusti CO₂/TGP na enoto električne energije in daljinske toplote* [na spletu]. [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <https://ceu.ijs.si/izpusti-co2-tgp-na-enoto-elektricne-energije/>
- [10] AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE. *Okoljski kazalci. Izpusti toplogrednih plinov* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019]. Dostopno: <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/izpusti-toplogrednih-plinov-8>
- [11] AGUIRRE, Kimberly idr. *Lifecycle Analysis Comparison of a Battery Electric Vehicle and a Conventional Gasoline Vehicle* [na spletu]. 2012 [dostopano 8. 08. 2019]. Dostopno: <http://www.environment.ucla.edu/media/files/BatteryElectricVehicleLCA2012-rh-ptd.pdf>
- [12] AUTOEVOLUTION. *SUZUKI Splash specs* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019]. Dostopno: https://www.autoevolution.com/cars/suzuki-splash-2007.html#aeng_suzuki-splash-2007-10
- [13] GERMAN E-CARS TECHNOLOGY. *STROMOS* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019]. Dostopno: <https://www.german-e-cars.de/stromos/>
- [14] PLUGINCARS.COM. *The Stromos, For Germans Who Can't Wait for an Electric Car* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019]. Dostopno: <https://www.plugincars.com/stromos-german-e-cars-old-school-those-who-dont-want-wait-107199.html>

- [15] STATISTIČNI URAD RS. *Povprečno število prevoženih kilometrov in poraba goriva osebnih avtomobilov* [na spletu]. [dostopano 9. 08. 2019].
Dostopno: https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/30_Okolje/30_Okolje__18_energetika__07_18154_poraba_gospodinjstva/1815420S.px/table/tableViewLayout2/
- [16] PREK, Matjaž. Primary Energy Factor for Electricity Mix: The Case of Slovenia. V: *Energy Policy [Working Title]* [na spletu]. B.m.: IntechOpen, 2019 [dostopano 9. 08. 2019].
Dostopno:10.5772/intechopen.84570
- [17] PALOU-RIVERA, Ignasi in Michael WANG. *Updated Estimation of Energy Efficiencies of U.S. Petroleum Refineries* [na spletu]. 2010 [dostopano 9. 08. 2019].
Dostopno: <https://pdfs.semanticscholar.org/0a6d/05b2a7b63a6ebda0603072f32edfed1c0a33.pdf>

OPOMBA

Operacija Informiranje in ozaveščanje o potencialu učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije za sonaravni razvoj (in.OVE.in.URE) je bila potrjena na drugem Javnem pozivu za izbor operacij za uresničevanje ciljev Strategije lokalnega razvoja na območju LAS STIK v letu 2017.