



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Primož Zupan

ELEKTRIČNA VOZILA: REŠITEV ALI NOVA

TEŽAVA?

Diplomsko delo

Krško, januar 2022

ELEKTRIČNA VOZILA: REŠITEV ALI NOVA TEŽAVA?

Diplomsko delo

Študent: Primož Zupan
Študijski program: Visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje Energetika
Mentor: viš. pred. dr. Milan Medved
Lektorica: Natalija Žveglič, prof. slovenščine in biologije



ZAHVALA

Zahvaljujem se predavatelju in mentorju, dr. Milanu Medvedu, za izkazano zaupanje in strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala gre staršem in partnerki Esteri za vso podporo in spodbudne besede.

Zahvaljujem se tudi lektorici Nataliji Žveglič za korektno opravljeno delo.

ELEKTRIČNA VOZILA: REŠITEV ALI NOVA TEŽAVA?

Ključne besede: električna vozila, e-mobilnost, rudarjenje, baterije, okoljske dileme

UDK: 629.331.064.5(043.2)

Povzetek

V diplomskem delu smo predstavili pozitivne in negativne vidike pri masovnem uvajanju električnih vozil z analizo vseh procesov, ki nastopajo v življenjski dobi e-avtomobila. Prav tako smo predstavili problem baterij in razpoložljivost surovin, potrebnih za njihovo proizvodnjo v globalnem smislu ter okoljske probleme, ki jih intenzivno rudarjenje povzroča v regijah, kjer se surovine nahajajo. Opisali smo tudi obremenitve, ki bi nastale na distribucijskih omrežjih električne energije ob masovnem uvajanju e-vozil. V nalogi smo opredelili tudi različne pristope, ki jih uporabljajo države EU pri vzpodbujanju prehoda v e-mobilnost.

ELECTRIC VEHICLES: A SOLUTION OR A NEW PROBLEM?

Key words: electric vehicles, e-mobility, mining, batteries, environmental dilemmas

UDC: 629.331.064.5(043.2)

Abstract

In the diploma thesis we presented the positive and negative aspects of mass introduction of electric vehicles by analyzing all the processes that occur in the life of an electric car. We also presented the problem of batteries and the availability of raw materials needed for their production in a global sense, as well as the environmental problems caused by intensive mining in the regions where the raw materials are located. We also described the loads that would occur on the electricity distribution networks with the mass introduction of electric vehicles. It also identified various approaches used by EU countries in promoting the transition to e-mobility.

IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Priloga 6 – IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

UNIVERZA V MARIBORU
Fakulteta za energetiko
(ime članice UM)

IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študent-a/-ke: Primož Zupan
Študijski program: Visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje Energetika
Naslov zaključnega dela: Električna vozila: rešitev ali nova težava?

Mentor: viš. pred. dr. Milan Medved
Somentor: _____

Podpisan-i/-a študent/-ka Primož Zupan

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

Uveljavljam permisivnejšo obliko licence Creative Commons: CC-BY-NC-ND (navedite obliko)

Datum in kraj: Krško, 1.12.2021

Podpis študent-a/-ke:



KAZALO VSEBINE

ZAHVALA	III
ELEKTRIČNA VOZILA: REŠITEV ALI NOVA TEŽAVA?	IV
ELECTRIC VEHICLES: A SOLUTION OR A NEW PROBLEM?	V
IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA	VI
KAZALO VSEBINE	VII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO TABEL	X
UPORABLJENI SIMBOLI	XI
UPORABLJENE KRATICE.....	XII
1 UVOD	1
2 OSNOVNO O ELEKTRIČNIH VOZILIH	4
2.1 DEFINICIJA ELEKTRIČNEGA VOZILA	4
2.2 RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZIL.....	5
2.3 VRSTE ELEKTRIČNIH VOZIL	6
2.4 KLJUČNE POSTAVKE BATERIJSKIH SISTEMOV	8
2.4.1 Tipi baterij.....	9
2.4.2 Li-ion baterije	11
2.4.3 Načini polnjenja baterij.....	16
2.5 OGLJIČNI ODTIS ELEKTRIČNEGA VOZILA	16
3 PREDNOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL	20
3.1 PRISTOPI PRI SPODBUJANJU PREHODA V E-MOBILNOST	21
3.2 SUBVENCije IN SPODBUDE	22
3.3 OHRANJANJE KAKOVOSTI ZRAKA	24
4 SLABOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL	26
4.1 PRIKLJUČNA ELEKTRIČNA VOZILA KOT BREME	26
4.2 OKOLJSKE DILEME IN IZKORIŠČANJE DELOVNE SILE	28

5 TREND NARAŠČANJA ELEKTRIČNIH VOZIL	35
5.1 NARAŠČANJE EV V SLOVENIJI.....	35
5.2 NARAŠČANJE EV V SVETU	36
5.3 NARAŠČANJE POTREB PO BATERIJAH ZA EV	38
5.4 OBETI ZA ELEKTRIČNO MOBILNOST	39
6 INFRASTRUKTURA POLNILNIH MEST	42
6.1 POLNILNICE V SVETU	42
6.2 POLNILNICE V SLOVENIJI.....	43
7 PROIZVODNJA ENERGIJE V SLOVENIJI	44
7.1 ENERGIJA IZ OVE V PROMETU.....	45
7.2 DODATNE POTREBE PO ELEKTRIČNI ENERGIJI ZARADI UVEDBE EV.....	48
8 PRIDOBIVANJE SUROVIN ZA IZDELAVO BATERIJ IN ELEKTROMOTORJEV.....	51
8.1 REDKE KOVINE ZA MOTORJE	51
8.2 KOVINE ZA BATERIJE	52
8.3 REDKE KOVINE ZA BATERIJE.....	54
9 SISTEM OD VOZILA DO OMREŽJA (V2G)	57
10 ŽIVLJENJSKI CIKLUS BATERIJ – RECIKLIRANJE.....	61
11 ZAKLJUČEK	64
VIRI IN LITERATURA	66

KAZALO SLIK

SLIKA 2.1: TESLINA BATERIJA 4680 [12]	11
SLIKA 2.2: APLIKACIJE RAZLIČNIH KATOD PO SEGMENTIH [14]	12
SLIKA 2.3: PADEC CENE GRAFENA V ZADNJEM DESETLETJU [18]	14
SLIKA 2.4: OHRANJANJE KAPACITETE BATERIJ, V PRIMERJAVI Z EPC [19]	15
SLIKA 3.1: PRODAJA IN DRŽAVNE SUBVENCije ZA ELEKTRIČNE AVTOMOBILE PO SVETU [31].....	24
SLIKA 4.1: ODTEKANJE NEOČIŠČENE ODPADNE VODE V NASTALO JEZERO »BAOTOU« [38]	30
SLIKA 5.1: NARAŠČANJE ELEKTRIČNIH VOZIL V SLOVENIJI 2016–2020 [41]	35
SLIKA 5.2: NARAŠČANJE EV V SVETU V OBDOBJU 2010–2020 [31]	37
SLIKA 5.3: NARAŠČANJE EV, LAHKIH KOMERCIALNIH EV TER ELEKTRIČNIH AVTOBUSOV V SVETU [42].....	37
SLIKA 5.4: ZAHTEVE PO BATERIJAH ZA EV GLEDE NA PREVOZNO SREDSTVO IN REGIJO [31]	38
SLIKA 5.5: PREDVIDENO NARAŠČANJE EV V SVETU 2020–2030 [31]	40
SLIKA 5.6: PREDVIDENA SVETOVNA POTREBA PO BATERIJAH GLEDE NA PREVOZNO SREDSTVO V OBDOBJU 2020–2030 [31].....	41
SLIKA 6.1: ŠTEVILO HITRIH IN POČASNIH JAVNO DOSTOPNIH POLNILNIC ZA EV [31]	42
SLIKA 6.2: POLNILNICE PO SLOVENIJI [43]	43
SLIKA 7.1: VIRI ENERGIJE [45]	44
SLIKA 7.2: DELEŽ PROMETA V STRUKTURI KONČNE PORABE ENERGIJE V REPUBLIKI SLOVENIJI [2]	47
SLIKA 8.1: SESTAVA TESLINIH BATERIJ [50].....	52

KAZALO TABEL

TABELA 2.1: TIPI BATERIJ IN NJIHOVE LASTNOSTI [8]	10
TABELA 3.1: RAZLOGI, ZAKAJ SO EV NA NORVEŠKEM CENEJŠA OD KLASIČNIH AVTOMOBILOV [30]	23
TABELA 5.1: ŠTEVILO NOVIH REGISTRACIJ EV V SLOVENIJI IN EU LETA 2019 IN 2020 [41]	36
TABELA 7.1: PREDPISANI CILJNI IN REALIZIRANI ENERGIJSKI DELEŽI OVE V PROMETU [2]	46
TABELA 7.2: RAZLIKA MED DEJANSKO IN PORABO, KI JO PRIKAZUJE RAČUNALNIK [47]	48

UPORABLJENI SIMBOLI

<i>W</i>	-	vat
<i>kg</i>	-	kilogram
<i>h</i>	-	ura
kW	-	kilovat
GWh	-	gigavatna ura
kWh	-	kilovatna ura
TWh	-	teravatna ura

UPORABLJENE KRATICE

BEV	-	baterijsko električno vozilo
CO ₂	-	ogljikov dioksid
EPC	-	ekvivalent polnega cikla
EREV	-	električno vozilo s podaljšanim dosegom
EU	-	Evropska unija
EV	-	električno vozilo
IEA	-	Mednarodna agencija za energijo (International Energy Agency)
IEC	-	Mednarodna komisija za elektrotehniko (International Electrotechnical Commission)
L	-	kategorija dvo-, tri- in štirikolesnikov (lahka vozila)
LFP	-	litij-železo fosfat
Li-ion	-	litij-ion
M1	-	kategorija osebnih vozil
MNZ	-	motor z notranjim zgorevanjem
N1	-	kategorija lahkih komercialnih vozil
NCA	-	nikelj-kobalt-aluminij
NiCd	-	nikelj-kadmij
NiMH	-	nikelj-metal-hidrid
NMC	-	nikelj-mangan-kobalt
NO _x	-	dušikov oksid
OVE	-	obnovljivi viri energije
Pb	-	svinec
PHEV	-	priključno hibridno vozilo
PM ₁₀	-	trdi delci premera 10 μm

- SDS - Scenarij trajnostnega razvoja (Sustainable Development Scenario)
- SODO - sistemski operater distribucijskega omrežja z električno energijo
- STEPS - Scenarij veljavnih politik (Stated Policies Scenario)
- V2G - Sistem od vozila do omrežja (Vehicle to Grid)
- ZDA - Združene države Amerike

1 UVOD

V zadnjem času smo v svetu priča porastu električnih vozil (EV). Sočasno s porastom pa se porajajo mnoga vprašanja o tem, kaj nam le-ta prinašajo pozitivnega in kaj negativnega. Na področju EV se spremembe dogajajo zelo hitro, zato lahko iz dneva v dan odpiramo nove dileme in vprašanja.

Seveda je uvajanje EV odvisno tudi od politik posameznih držav ter podpore pri nakupu in uporabi električnih avtomobilov. Uporaba tovrstnih vozil bi lahko prispevala k podnebnim spremembam – zopet pozitivno ali negativno, odvisno od vira energije.

Namen diplomskega dela je raziskati in predstaviti tako pozitivne kot negativne plati uvajanja EV. Torej je cilj poiskati, ali gre pri EV za rešitev ali za novo težavo v elektroenergetskem sistemu. S pomočjo raziskav in literature bomo prikazali spoznanja z obeh vidikov in predstavili svoje mnenje glede masovne uporabe EV, ob upoštevanju različnih povezanih dejavnikov.

V prvem delu bomo predstavili osnovne informacije o električnih vozilih, kot so različne definicije EV, zgodovinski razvoj ter vrste le-teh. Vsako vrsto EV bomo podrobneje predstavili. Prav tako bomo opredelili ključne postavke baterijskih sistemov. Na tem mestu bomo predstavili tipe baterij ter načine polnjenja baterij. Nadalje bomo pozornost namenili ogljičnemu odtisu EV.

V tretjem poglavju bomo predstavili prednosti EV. Pri uvajanju vsake novosti je namreč ključnega pomena, kako je le-ta ljudem predstavljena in ali ljudje v njej najdejo neko dodano vrednost. V tem poglavju bomo omenili tudi pristope, s katerimi države spodbujajo ljudi k uporabi EV. Osredotočili se bomo na subvencije in spodbude ob uvedbi

EV. Omenili bomo dobro prakso z Norveške. V nadaljevanju bomo pozornost namenili tudi razmisleku o ohranjanju čistega zraka. Pogledali bomo, kako je z onesnaževanjem in čistočo zraka v Sloveniji.

V četrtem poglavju bomo predstavili slabosti EV. Najprej se bomo osredotočili na to, kako lahko priključna električna vozila (PHEV) obravnavamo kot breme, saj polnjenje lahko vpliva na električno omrežje. V nadaljevanju bomo opisali okoljske dileme EV in pri tem omenili države, kjer je ta problem še posebej pereč. Prav tako bomo kot negativni vidik opredelili ceno, saj so EV, v primerjavi s klasičnimi, še vedno dosti draga.

V petem poglavju bomo opisali trend naraščanja EV tako v Sloveniji kot v svetu. Na tem mestu bo smiselno predstaviti naraščanje potreb po baterijah za delovanje EV. Na koncu poglavja bomo predstavili tudi napovedi za električno mobilnost.

Šesto poglavje bo namenjeno infrastrukturi polnilnih mest. Predstavili bomo podatke o polnilnicah v svetu in v Sloveniji.

V sedmem poglavju se bomo osredotočili na proizvodnjo energije v Sloveniji. Predstavili bomo uredbo obnovljivih virov energije (OVE) v prometu (na primer predpisane in ciljne energijske deleže OVE v prometu za posamezna leta). Prav tako se bomo dotaknili dodatnih potreb po električni energiji zaradi uvedbe EV. Pogledali bomo, ali bi tudi v Sloveniji potrebovali dodatne količine električne energije.

V osmem poglavju bomo osvetlili še vidike pridobivanja surovin za izdelavo baterij in elektromotorjev. V podpoglavju Kovine za baterije bomo opisali najpomembnejše. Prav tako bomo predstavili tudi redke kovine, potrebne za proizvodnjo EV.

V devetem poglavju bomo predstavili sistem od vozila do omrežja. Omenili bomo prednosti, izzive in raziskave, ki se osredotočajo na omenjena vozila.

V desetem poglavju bomo opisali življenjski cikel baterij. Osredotočili se bomo na izzive, ki jih predstavlja njihovo recikliranje. Še posebej bomo pozornost namenili recikliranju litij-ionskih (Li-ion) baterij.

2 OSNOVNO O ELEKTRIČNIH VOZILIH

2.1 DEFINICIJA ELEKTRIČNEGA VOZILA

EV je v direktivi 2007/46/ES Evropskega parlamenta in Sveta, z dne 5. 9. 2007, definirano na naslednji način: »Električno motorno vozilo je vozilo, ki ga poganja izključno električna energija, ki je uskladiščena v baterijah, ki so vgrajene v vozilu [1]«. Torej gre za vozila, kjer baterija napaja elektromotor, ki poganja pogonska kolesa, tako da je mehanskih prenosov čim manj. Med EV sodijo električna kolesa, osebni avtomobili, transportna vozila in podobno. Ko govorimo o EV, hitro začnemo razmišljati, katere so njihove prednosti. Ena od njih je manj onesnaževanja okolja preko izpustov toplogrednih plinov in manj hrupa [1].

Na podoben način z elektromotorjem delujejo tudi hibridna električna vozila, ki jih direktiva 2007/46/ES opredeli kot motorna vozila z vsaj dvema različnima pretvornikoma energije in dvema različnima sistemoma za skladiščenje energije v samem vozilu za njegov pogon. Še ena definicija pravi, da so hibridna električna vozila tista, ki za namene mehanskega pogona pridobivajo energijo iz dveh spodaj naštetih virov shranjene energije oziroma moči v vozilu:

- goriva,
- naprave za shranjevanje električne energije oziroma moči (kot recimo baterije, kondenzatorja, generatorja) [1].

Če pa vozila uporabljajo motor z notranjim zgorevanjem (MNZ) kot pretvornik energije za raznovrstne kombinacije pogonskih goriv kot na primer fosilna goriva (bencin, dizel), biogoriva, avtoplin, mešanico biogoriv in fosilnih goriv, komprimirani zemeljski plin, vodik in podobno, ne sodijo med hibridna vozila. Večje število EV v prihodnosti bo vplivalo na

povečano obremenitev elektroenergetskega omrežja, še zlasti distribucijskega. Potrebno ga bo prilagoditi, da bo lahko še dalje zagotavljalo kvalitetno in zanesljivo oskrbo z elektriko, za kar bodo potrebna dodatna finančna sredstva [2].

2.2 RAZVOJ ELEKTRIČNIH VOZIL

Mnogi menijo, da so EV novost, vendar so se akumulatorska vozila pojavila celo pred bencinskimi ali dizelskimi. Leta 1828 je Anyos Istvan Jedlik izumil elektromotor s komutacijo in z navitji, nekaj desetletij pozneje, leta 1859, pa je Gaston Plante izdelal prvi svinčeni akumulator. Če ga primerjamo s prvim štiritaktnim motorjem, ki je bil patentiran v letu 1876, ali s prvim uporabnim dvotaktnim motorjem, ki ga je Benz izumil leta 1879, ali s prvim dizelskim motorjem, ki so ga izumili leta 1892, lahko EV tudi v tem pogledu konkurirajo preostalim. Britanec Thomas Parker je prvo uporabno EV izdelal leta 1884 [4]. Nekateri pa za prvo EV štejejo vozilo, ki ga je izumil Škot Robert Anderson že leta 1839, a se ni moglo primerjati s parnimi vozili v Angliji v tistem obdobju [3].

Konec 19. stoletja naj bi se po razvitih državah uporabljalo več EV kakor bencinskih, saj so tedaj MNZ opredeljevali kot nezanesljive ter hrupne [4]. Zaradi napredka pri bencinskih in dizelskih motorjih so le-ta prehitela uporabo EV. K umiku prevoznih sredstev z MNZ v ozadje so prispevali tudi naftni lobiji, ki so se vedno bolj krepili. Vendarle so pritiski okoljevarstvenikov ter energetska kriza pripomogli, da so proizvajalci pričeli razmišljati o novejših tehnologijah. Uvodni komercialni korak k uporabi EV je prispevalo indijsko-ameriško podjetje The Reve Electric Car Company. V letu 2001 so predstavili EV REVA, ki je imelo doseg 80 kilometrov [5]. Ob vse strožjih okoljevarstvenih pogojih danes vse več proizvajalcev vozil vlaga veliko kapitala za razvoj EV. Poleg tega tudi države z različnimi pristopi in pogoji vlagajo v razvoj primerne infrastrukture ter spodbujajo k razvoju le-teh.

V prihodnjih letih bodo na spremembe v avtomobilski industriji in na pogostejše uvajanje EV zagotovo odločilno vplivali sledeči dejavniki:

- konkurenčnost cen z MNZ,

- doseg EV,
- zanesljivost in varnost EV,
- trajnost in vnovična prodajna prednost, primerljiva s konvencionalnimi vozili,
- prilagojenost vozil za specifične potrebe,
- udobnost, način uporabe, kamor umeščamo dostopnost, dolžino polnjenja, čas med posameznimi polnjenji,
- udobno parkiranje.

Prva EV so bila v Sloveniji registrirana leta 2007, od tedaj se njihovo število povečuje. Izbira EV je še vedno omejena, čeprav glavni proizvajalci ponujajo vedno širšo izbiro modelov in velikosti EV. Leta 2017 je bilo v Evropi 33 različnih modelov priključnih EV ter 28 modelov baterijskih EV. Še vedno je pri nakupu EV dolg dobavni rok, prav tako so okrnjene možnosti glede dodatne opreme, modela ter motorja. V primerjavi s konvencionalnim vozilom je nakupna cena višja, kar povprečno pomeni 40 % dražji nakup, četudi so skupni stroški lastništva takega vozila pri nekaterih modelih lahko celo nižji. Eden od poglavitnih vzrokov za počasnejše uvajanje EV so predvidevanja morebitnih kupcev o dosegu vozila. Menijo, da želeno razdaljo ne bi bilo možno doseči brez vmesnega polnjenja. Po 100 km vožnje ga je namreč potrebno polniti na hitri polnilnici za 20–30 minut. Čeprav število polnilnic po Evropi raste, jih je na številnih mestih še vedno premalo. Poleg tega so podatki o polnilnicah pomanjkljivi ali pa polnilnice niso standardizirane [2].

2.3 VRSTE ELEKTRIČNIH VOZIL

EV lahko razvrstimo v 4 skupine [6]:

- baterijska električna vozila (BEV),
- priključno hibridna električna vozila (PHEV),
- električna vozila s podaljšanim dosegom (EREV),
- električna vozila s pogonom na gorivne celice.

Najosnovnejši tip vozila, ki za pogon uporablja elektromotor, je BEV. Vozilo pridobiva električno energijo preko baterijskih sklopov, ki jih lahko večkrat napolnimo. Polnijo se preko polnilnic iz javnega električnega omrežja in so različno močne. Veliko energije avtomobil pridobi tudi preko regeneracije zavorne energije v električno [7].

S tehnološkega vidika je BEV enostavnejše od hibridnega, ker nima klasičnega MNZ. Problem teh vozil je, da se pogon napaja le iz baterije, zaradi česar je cilj zagotoviti njeno čim hitrejše polnjenje. Toda potrebe po vedno daljših razdaljah, narejenih z enim polnjenjem, se odražajo tudi v težnjah k večjim kapacitetam baterij. Kapacitete najnovejših EV so približno 60 kWh, kar pomeni, da je z njimi možno prevoziti do 400 km, to pa naj bi zadoščalo za dnevne in največkrat tudi za tedenske potrebe [8].

V naslednjo skupino uvrščamo PHEV. Slednje ima klasičen motor z MNZ ter elektromotor, ki deluje s pomočjo energije baterije. Elektromotor se uporablja na primer v mestih oziroma za krajše razdalje ter pri nižji hitrosti. Še dodatno pripomore k zmanjševanju onesnaževanja v mestu funkcija "idle-off", ki omogoča, da vozilo med mirovanjem za najrazličnejše funkcije (radio, klima, luči ...) porablja zgolj električno energijo. MNZ se vključi v primeru močnejšega pospeška in ob višji hitrosti. V najnovejših hibridnih vozilih so zmogljivejše baterije, ki se jih lahko polni v klasičnih električnih polnilnicah, zaradi česar je možno premagovati občutno daljše razdalje, preden pride do prehoda na pogon z MNZ [9].

PHEV je z vidika tehnologije praktično enako hibridnemu vozilu. Razlikujeta se v tem, da hibridnih vozil ne polnimo preko vtičnice, ampak se polnijo z zaviranjem, kakor tudi s preseženo energijo MNZ. PHEV poleg omenjenega lahko polnimo še z električno energijo iz omrežja, zato lahko krajše razdalje prevozimo samo na elektriko. PHEV so prilagodljiva kar zadeva uporabo primerne vira za pogon vozila. Tako se je možno izogniti negativnim posledicam zaradi slabše razvite polnilne infrastrukture [8].

Še tretja vrsta vozila je električno vozilo s podaljšanim dosegom. V primerjavi s priključnim hibridom gre v veliki meri za serijske hibride. Za pogon skrbi elektromotor, ki ga napajajo baterije, le-te pa se z elektriko napolnijo preko omrežja. Če se baterija izprazni, začne

delovati manjši MNZ, ki poganja električni generator. Slednji polni baterije, ki poganjajo elektromotor. V tem primeru govorimo o BEV, ki mu povečanje dosega omogoči bencinski motor. Čeprav je odvisno od tega, kako velika je posoda za gorivo, lahko takšno vozilo preseže 500 kilometrov. Podobno kot pri drugih električnih vozilih je tudi pri tem mogoče regenerativno zavirati, kar pripomore k dodatnemu polnjenju baterij [10].

Naj na koncu omenimo še električno vozilo s pogonom na gorivne celice, ki dobi električno energijo preko elektrokemičnega pretvornika v gorivnih celicah. Največkrat se kot gorivo uporabi plin vodik. Ta vozila potrebujejo vodik in kisik za proizvodnjo električne energije, ki se shrani v vgrajeno baterijo, le-ta pa poganja elektromotor. Med pretvarjanjem vodikovega plina sta stranska produkta voda in toplota in ne prihaja do dodatnega onesnaževanja okolja. Ni pa zanemarljivo, da lahko pride do onesnaževanja okolja v fazi proizvodnje vodika, a tovrstna možnost mobilnosti zmanjšuje izpuste vsaj za 30 % v primerjavi s klasičnimi vozili z MNZ. Vozila s pogonom na gorivne celice uvrščamo med EV, ker se v celoti polnijo z elektriko, a se v primerjavi z drugimi EV polnijo primerljivo s klasičnimi vozili z MNZ. Doseg omenjenih vozil je okoli 400 kilometrov [9].

2.4 KLJUČNE POSTAVKE BATERIJSKIH SISTEMOV

Na trgu je veliko raznovrstnih tehnologij baterij z različnimi cenami in zmogljivostjo. Pomembni lastnosti sta tudi teža in kapaciteta baterije, ker si proizvajalci želijo proizvajati čim manjše in občutno lažje baterije. Le-te so ključnega pomena, saj se pogon EV zagotavlja iz kemijske energije, ki je shranjena v baterijskih sistemih. Tehnologija baterij je tista, ki opredeljuje, kakšni bodo največji tokovi polnjenja. Do leta 2015 so bile najbolj aktualne Li-ion in NiMH baterije, v manjši meri pa tudi klasične svinčene baterije. Trenutno pa se skoraj izključno uporabljajo Li-ion baterije [8].

Dopustna moč in tok baterije določata hitrost polnjenja in praznjenja baterije. Višji tok polnjenja povzroča, da se baterija segreva, kar ima negativen vpliv na življenjsko dobo in na to, koliko energije se shrani. Hitrost polnjenja in praznjenja je eden najodločilnejših

dejavnikov pri izbiri baterij in tudi pri postopnem vključevanju EV na trg. Trenutno je čas polnjenja vozil z MNZ primerljiv zgolj s sistemom menjave baterij, ki ne traja dlje kot nekaj minut [8].

Na težo vpliva specifična moč baterije. Slednja je maksimalna moč na enoto mase (W/kg). Torej to pomeni, da večja kot je specifična moč, lažja je baterija [8].

Specifična energija baterije pa predstavlja količino energije, shranjene v enem kilogramu oz. litru baterije. Večja kot je specifična energija, manjše so dimenzije baterij in manjša je tudi masa baterije [8].

Življenjska doba baterij je odvisna od načina njihovega polnjenja. Lahko je krajša od predpisane, kar se dogaja, če polnimo baterije, ko te še niso povsem prazne. Dolgoročna posledica je manjše število ciklov polnjenja baterije [8].

Velik pomen v elektromobilnosti ima varnost, na kar ima vpliv kemijska sestava baterij. Pri izbiri moramo biti pozorni na tip in material baterije [8].

2.4.1 Tipi baterij

Na trgu najdemo različno kvalitetne in zmogljive baterije. V nadaljevanju omenjamo nekaj tipov [8]:

SVINČENE BATERIJE (Pb):

- so klasične;
- uporabljamo jih za zagon motorja pri visoki moči;
- so še vseeno primerne za uporabo v električnih vozilih.

NICKEL-METAL HIDRIDNE BATERIJE (NiMH):

- zagotavljajo lahko večje količine shranjene energije;
- ker imajo manjši spominski efekt, se uporabljajo v hibridnih električnih vozilih.

NICKEL-CADMIUM BATERIJE (NiCd):

- primerne so za več polnjenj;
- gostota shranjene energije je nizka;
- ker vsebujejo strupene snovi, se jih skoraj ne uporablja več.

LI-ION BATERIJE:

- gostota energije je visoka, zato so pogosto v uporabi;
- ker so nizke teže, se vse pogosteje uporabljajo v električnih vozilih in v večini modernih elektronskih naprav (mobilni telefoni).

LITIJ-POLIMERNE BATERIJE (LiPo):

- naprednejše baterije;
- nizka gostota energije, a večje število ciklov polnjenja;
- zaradi občutljive kemije lahko pride do požara, če se predre;
- občutljiva na pretirano izpraznjenje in prenapolnjenje;
- življenjska doba ni omejena samo na število ciklov, temveč tudi časovno;
- občutljiva na nizke in visoke temperature.

V tabeli 2.1 so prikazani tipi baterij z lastnostmi.

Tabela 2.1: Tipi baterij in njihove lastnosti [8]

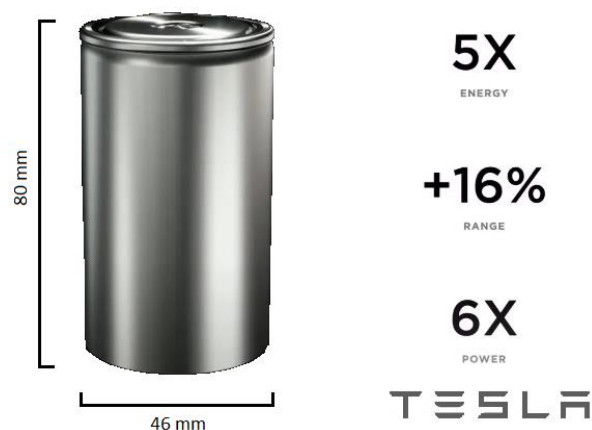
Tip baterije	Specifična energija (Wh/kg)	Gostota energije (Wh/liter)	Specifična moč (W/kg)	Število ciklov	Izkoristek	Lastno praznjenje v 24 h
Pb	40	60–75	180	500	82,50 %	1 %
NiCd	60	50–150	150	1350	72,50 %	5 %
NiMH	70	140–300	250–1000	1350	70 %	2 %
Li-ion	125	279	180	1000	90 %	1 %
LiPo	200	300	>3000	150–250		

2.4.2 Li-ion baterije

Ker se v sodobnih EV uporabljajo skoraj izključno Li-ion baterije, se bomo na tem mestu posvetili le-tim. EV porabijo 60 % svetovne proizvodnje li-ion baterij. Pri tej bateriji se litijevi ioni med praznjenjem premikajo od anode (negativne elektrode) proti katodi (pozitivni elektrodi), pri polnjenju pa od katode k anodi. Litij je ena izmed najlažjih kovin, zato imajo baterije nizko težo. Eden od problemov je, da lahko zaradi tekočega elektrolita ob ekstremnih pogojih pride do vžiga le-teh. Spodaj bomo predstavili novejšo Li-ion tehnologijo [11].

TESLINE NAJNOVEJŠE NCA BATERIJE:

Tesla je septembra 2020 predstavila njihovo najnovejšo nikelj-kobalt-aluminijevo (NCA) baterijo 4680. Iz slike 2.1 je razvidno, da je baterijska celica večja in povsem na novo zasnovana. Z dizajnom so se izognili težavam pregrevanja. Celica ima 5x večjo gostoto energije, 6x večjo moč, doseg vozila pa poveča za 16 %. A to je le del razvoja. Poleg tega je vredno omeniti, da se v katodi namesto kobalta uporablja nikelj, v anodi pa več silicija. S samo izboljšano strukturo baterijskega sklopa, ki ima že sam po sebi funkcijo konstrukcijske stabilnosti vozila, so dodatno uspeli zmanjšati težo, število potrebnih delov in stroške izdelave. Z vsemi inovacijami, ki so jih implementirali v baterijski sklop, jim je uspelo ceno ene kWh baterije zmanjšati za 56 %, gostoto energije pa za 54 % [12].



Slika 2.1: Teslina baterija 4680 [12]

LFP BATERIJE:

Ena od prednosti litij-železo fosfatnih (LFP) baterij je ta, da je katoda trša. Zaradi tega se lahko baterija do konca izprazni in napolni, poleg tega je zmožna hitrejših polnjenj. Vse to bistveno ne poslabša njene življenjske dobe. Baterije so tudi požarno veliko varnejše, v primerjavi s katodami na osnovi niklja. Ker je katoda narejena iz železovega fosfata, ki ga je na svetu veliko več kot niklja, so baterije veliko cenejše, hkrati pa ne vsebujejo spornega kobalta. Slabost te baterije pa je manjša specifična gostota energije, zaradi česar imajo EV krajši doseg. To je še posebej opazno v hladnem vremenu, kar so rešili z ogrevanjem baterij [13]. Težava le-teh je tudi slabše delovanje v hladnem vremenu. Zaradi dolge življenjske dobe in nizke cene so primerne za shranjevanja električne energije v stacionarnih hranilnikih, kar jim omogoča optimalne delovne pogoje, tako da se je možno približati čim višji življenjski dobi.

- Tesla:

Podjetje Tesla zaradi pomislekov glede dolgoročne razpoložljivosti niklja preusmerja vse več EV na LFP baterije, kar vidimo na sliki 2.2. Leta 2020 je direktor Tesle Elon Musk, omenil, da se je specifična energija LFP baterij dovolj izboljšala, da jih je zdaj smiselno uporabljati v vozilih nižjega cenovnega razreda, saj so cenejše in ne vsebujejo kobalta. Poleg tega bo zaradi uporabe LFP baterij na voljo več dragega niklja za proizvodnjo NCA baterij v Teslinih višje cenovnih vozilih. Na ta način sedaj v gigatovarni Shanghai proizvajajo novi Tesla Model 3 Standard Range Plus z LFP baterijami. Podobno nameravajo storiti v ZDA [14].



Slika 2.2: Aplikacije različnih katod po segmentih [14]

- BYD:

Kitajsko podjetje BYD je razvilo LFP baterijo, ki jo imenujejo Blade. Le ta na novo definira varnostne standarde baterij pri EV. Baterija ni samo bistveno varnejša, ampak premore kar 50 % boljši izkoristek prostora zaradi njenega optimalnega oblikovanja. V limuzino srednjega razreda BYD Han EV spravijo 76,9 kWh baterijo brez odrekanja prostora. S to kapaciteto ima Han EV kar 605 km doseg. BYD v ospredje postavlja odpornost Blade baterije na poškodbe. Pri testiranju so jo prebadali z žebli, jo stiskali, upogibali, segrevali na 300 °C ter polnili na preko 260 % polnilne kapacitete. Nobeden od teh testov ni povzročil, da bi se baterija vnela in zagorela. Pri samem prebadanju in zvijanju se ni segrela niti preko 60 °C, medtem ko so ostale primerljive Li-ion baterije divje zagorele ter presegle temperature 500 °C [15].

NOVOSTI LI-ION BATERIJ:

- BATERIJA S TRDNIM ELEKTROLITOM

So v osnovi Li-ion baterije. Razlika je le, da je elektrolit v trdnem stanju namesto v tekočem, kakor je to pri konvencionalnih Li-ion baterijah. To bateriji preprečuje možnost vžiga v primeru poškodb ali napak. Takšen način izgradnje ji omogoča večjo stabilnost, učinkovitost ter višje hitrosti polnjenja in praznjenja. Tehnologija omogoča večjo energijsko gostoto ter manj sestavnih delov, zato bo njihova izdelava enostavnejša. Zaradi nižjih proizvodnih stroškov bodo tudi cenovno dostopnejše [16].

- GRAFEN

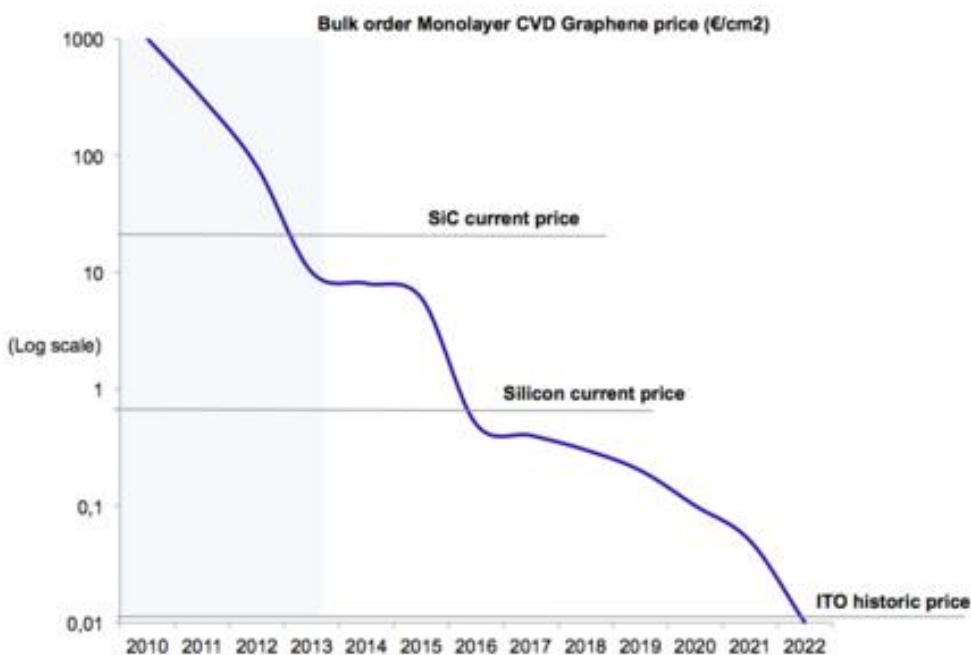
Grafen je izjemno dober prevodnik električne in toplotne energije. Je kemično stabilen, zelo prožen in izjemno lahek. Velja za trajnostni in okolju prijazen material, z nešteti možnostmi uporabe. Grafenske baterije so lažje, manjše, imajo daljšo življenjsko dobo, večjo kapaciteto ter lahko obratujejo pod zahtevnejšimi pogoji. Veliko krajši je tudi čas polnjenja kot pri katerikoli bateriji do sedaj. Te baterije bi EV omogočile izjemno hitro polnjenje in sicer iz sedanjih 30–90 min (na superpolnilnicah) na le nekaj minut. V primerjavi z navadno Li-ion baterijo ima grafenska tudi do 5x večjo gostoto specifične

energije. To bi v praksi pomenilo veliko manjše in lažje materije. Zaradi delovanja pod višjimi temperaturami, ki v EV znašajo okoli 60 °C, bi bila učinkovitost baterije veliko boljša [16]. Trenutno manjše količine Li-ion baterij izboljšujejo z uvajanjem grafena v anodo. S tem ji izboljšajo zmogljivosti.

Grafen je debeline le enega atoma. Površina enega kvadratnega metra snovi tehta le 0,77 miligrama. Je trši od diamanta in 200x močnejši od železa ter ima boljšo električno prevodnost od bakra [17].

Vsako leto je na področju grafena na tisoče patentov. V manjših količinah je grafen že na trgu. Težje pa je napovedati, kdaj bo prišel na trg v velikih količinah. Glavna sporna točka je njegova cena. Vendarle smo z napredki v tehnologiji pričali strmemu padcu cene. Kot vidimo na sliki 2.3, je cena tanke plasti kemijsko parne depozicije (CVD) grafena v zadnjem desetletju padla za več tisoč odstotkov. Zato lahko pričakujemo, da bo v prihodnosti vse več uporabe grafena v baterijah za EV [18].

Graphene is intrinsically cheap due to low marginal cost!



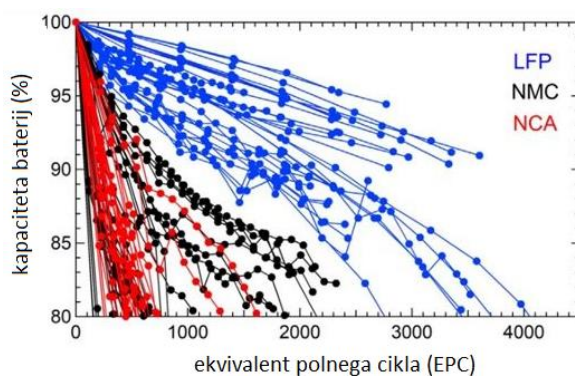
Slika 2.3: Padec cene grafena v zadnjem desetletju [18]

DEGRADACIJA LI-ION BATERIJ:

Nedavni neodvisni testi degradacije Li-ion baterij razkrivajo veliko presenečenje. V nasprotju s trditvami mnogih proizvajalcev Li-ion baterij na osnovi nikelj-mangan-kobalt (NMC) kemije je LFP kemija boljše, varnejša, ponuja daljšo življenjsko dobo in je cenejša od NMC in NCA. Kemija LFP je ena najstarejših tehnologij, NMC pa relativno nova. Pri EV je prednostna izbira zaradi manjše teže in večje gostote energije na kilogram [19].

Rezultat testa degradacije komercialnih Li-ion celic je, da imajo LFP baterije daljšo življenjsko dobo kot NMC in NCA. Ta podatek je v nasprotju s splošno razširjenim prepričanjem, da so NMC celice bolj trpežne in imajo daljšo življenjsko dobo. V strogih poizkusnih pogojih so se komercialno dostopne Li-ion baterije vseh treh vrst večkrat izpraznile in napolnile od 0 % do 100 %. Rezultat raziskave kaže, da imajo LFP baterije bistveno daljšo življenjsko dobo pod preučeni pogoji. Testi so bili izvedeni v nacionalnem laboratoriju Sandia. Študija je preučila vpliv temperature, globino praznjenja in tok praznjenja na dolgoročno degradacijo Li-ion baterij [19].

Baterije so bile napolnjene in izpraznjene v rangih 0 %–100 %, 20 %–80 %, 40 %–60 % ter v temperaturnem razponu 15 °C–35 °C. Na sliki 2.4 vidimo, da je zadrževanje kapacitete LFP baterij najboljše z 2500–9000 ekvivalentom polnega cikla (EPC), sledi NMC z 200–2500 EPC, najslabša pa je NCA tehnologija z 250–1500 EPC. Do zaključka študije testiranja LFP baterij večina sploh ni dosegla 80 % kapacitete [19].



Slika 2.4: Ohranjanje kapacitete baterij v primerjavi z EPC [19]

2.4.3 Načini polnjenja baterij

Baterija je ključen sestavni del EV. Slabost pri tem je, da jo je treba polniti. V glavnem sta se pri oskrbi EV z električno energijo razvila dva načina. Pri prvem načinu gre za uporabo zamenljivih baterij. V tem primeru izpraznjeno baterijo v polnilnici zamenjamo s predhodno napolnjeno. Pri drugem načinu gre za uporabo vgradnih baterij, ki jih polnimo neposredno iz polnilnice. Pri tehnologiji vgradnih baterij prihaja do hitrih izboljšav. Nove tehnologije omogočajo polnjenje z večjo močjo iz omrežja, kar vodi do krajšega časa polnjenja ter večjega dosega EV. Z razvojem vgradnih baterij so postale zamenljive baterije manj popularne [20].

Komisija EU je za standardizacijo IEC (Mednarodna komisija za elektrotehniko) določila sledeče načine polnjenja [8]:

- počasno polnjenje iz klasične vtičnice za gospodinjstva;
- počasno polnjenje za gospodinjstva, pri čemer se uporablja specialna polnilna naprava z vgrajeno zaščitno napravo ter standardiziranim vtikačem polnilnega kabla;
- hitro ali počasno polnjenje; pri tem se uporabljajo posebni vtikači z vgrajenim zaščitnim in nadzornim sistemom; polnjenje EV krmilimo s pomočjo krmilne postaje;
- hitro polnjenje preko zunanega polnilca oziroma usmernika; tudi pri tem načinu polnjenje EV krmilimo s pomočjo krmilne postaje.

2.5 OGLJIČNI ODTIS ELEKTRIČNEGA VOZILA

Trije nemški raziskovalci: profesor fizike na Univerzi v Kölnu, Christoph Buchal, izvedenec za energijo, Hans-Dieter Karl, in profesor ekonomije na Univerzi v Münchnu, Hans-Werner Sinn, so leta 2019 objavili študijo, v kateri trdijo, da je ogljični odtis EV v Nemčiji večji od dizelskega. Študija govori o tem, da ob upoštevanju emisij ogljikovega dioksida (CO₂) pri izdelavi baterij in nemške energetske mešanice, v kateri je velik del električne energije iz

termoelektrarn, EV obremeni okolje med 11 do 28 % bolj kot dizel. Po njihovem mnenju so do podnebja najbolj prijazna vozila na metan, pri katerih so izpusti CO₂ za 1/3 nižji kot pri dizel pogonu [21].

Študija primerja dva avtomobila srednjega razreda, in sicer Tesla Model 3 Long Range (75 kWh baterija) in Mercedes C220 d, glede na porabo električne energije in dizelskega goriva. Kot osnovo polnjenja električne Tesle so uporabili mešanico nemške električne energije iz leta 2018. Študija vsebuje tudi raziskavo, koliko energije je potrebne pri obdelavi litija, kobalta in mangana, ki jih potrebujejo za izdelavo litij-ionske baterije za EV.

Pri izdelavi baterije za Teslo Model 3 naj bi ustvarili od 10.875 kg do 14.625 kg CO₂. Pri prevoženih 15.000 kilometrih na leto bi po desetih letih proizvedli od 73 do 98 gramov CO₂ na kilometer samo zaradi izdelave baterije. K izpustom zaradi proizvodnje baterije so dodali še izpuste, ki nastanejo pri proizvodnji električne energije iz nemškega omrežja in dobili izpuste CO₂ med 156 in 181 gramov na kilometer. Ob tem so zapisali, da je to precej več od Mercedesovega dizla [22].

Dodali so, da so vozila na metan do podnebja najbolj prijazna, saj so izpusti CO₂ za tretjino nižji kot pri vozilih z dizelskem pogonom. Vodik-metanska tehnologija po njihovem mnenju dolgoročno prinaša korist, ker bo omogočila shranjevanje presežkov električne energije iz sončnih in vetrnih elektrarn. Le-teh bo z rastjo OVE vse več. Na portalu centra za ekonomske študije (ifo) so povzeli tudi kar nekaj kritik, zapisanih v študiji. Med drugim avtorji nasprotujejo evropski regulativi, ki pri nekaterih kalkulacijah uvršča EV med vozila z ničelnimi izpusti CO₂. Kritični so do nemškega pogleda, ki se osredotoča na BEV, čeprav imajo MNZ na metan in vodikove tehnologije po njihovem mnenju večji potencial. Metanske tehnologije so praktično idealne za prehod od vozil na zemeljski plin na pogon z metanom, ki bo v prihodnosti pridobljen iz brezogljčnih virov [22].

Nemška energetika je med ogljično najbolj obremenjujočimi v EU. Razlog za to je visok delež proizvodnje električne energije iz termoelektrarn. Leta 2018 je bila nemška

energetika z 408 g/kWh CO₂ več kot sedemkrat bolj umazana od francoske z 57 g/kWh CO₂. To je posledica zapiranja jedrskih elektrarn. Proizvodnjo pa deloma nadomeščajo s premogovnimi, plinskimi, sončnimi in z vetrnimi elektrarnami [23].

Številni raziskovalci se s študijo Buchala, Karla in Sinna ne strinjajo, saj naj bi vsebovala številne pomanjkljivosti.

Auke Hoekstra iz Tehnične univerze v Eindhoven pravi, da so v študiji raziskovalci ignorirali številne zadeve kot na primer:

- onesnaževanje zraka dizelskega vozila (dieselgate),
- niso upoštevali možnosti uporabe EV za stabilizacijo elektroenergetskega omrežja,
- za porabo energije so upoštevali standard NEDC namesto WLTP, ki je nov standard s točnejšimi rezultati; študije so pokazale, da so odstopanja od NEDC do realnih vrednosti pri dizelskih in bencinskih avtomobilih v povprečju 40 % večja, pri EV pa le 8 %,
- podali so nerealno visoke emisije za proizvodnjo baterij,
- niso upoštevali, da Tesline baterije izdelujejo z uporabo zelene energije,
- niso upoštevali, da bo poraba električne energije skozi celotno dobo vozila postajala bolj zelena,
- podcenili so življenjsko dobo baterije (samo 150.000 km), kar pri Tesli pomeni, da bi se napolnile in izpraznile le 300-krat; če smo pesimistični in uporabimo 600 EPC, govorimo o življenjski dobi baterije vsaj 300.000 km,
- niso upoštevali, da se baterije ob koncu življenjske dobe v vozilu lahko še dolgo uporabljajo v druge namene – stacionarno shranjevanje električne energije.

S popravki napak v študiji so se emisije CO₂ Mercedesa 220d povečale s 141 na 221 g/km, medtem ko so se emisije Tesle Model 3 zmanjšale s 167 na 83 g/km. Posledično EV dejansko 62 % manj obremeni okolje kot dizel in ne med 11 do 28 % bolj kot dizel, kakor so napisali prej omenjeni nemški raziskovalci [24].

Vsekakor bo ob prehodu na OVE ta obremenitev na okolje vse manjša. Če vzamemo za primer, da za proizvodnjo baterij in električne energije, potrebne za polnjenje EV, uporabljamo OVE, tehtnica močno prevaga na stran EV, v primerjavi z dizlom.

3 PREDNOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL

Ključno pri uvajanju vsake tehnološke novosti je, kakšne informacije dobijo ljudje o njej. Tako je tudi z uvajanjem EV na trg. Javnost mora v njih videti dodano vrednost oziroma prednosti, ki bodo predstavljene v nadaljevanju.

Avtomobili z električnim pogonom omogočajo projektantom večjo svobodo projektiranja. Pri konstruiranju EV morajo pripraviti seznam specifik takega vozila. Pomembno je vedeti njegove prednosti in slabosti. Ena od prednosti je nizka potreba po vzdrževanju. Za doseganje čim boljših vozniških karakteristik je ključno čim nižje težišče vozila. Najboljša rešitev je konstruiranje EV s šasijo, tako da se prilagodijo motorji na način, da ostane dovolj prostora za baterije [25].

Cilj je, da bi bila polnjenja EV v veliki večini izvedena doma ali na sedežih podjetij, še zlasti v nočnem času. Dodatna polnjenja bi lahko bila izvedena ob poslovnih zgradbah in na pomembnejših prometnicah. Kar nekaj takih polnilnic je pred večjimi trgovskimi centri in poslovnimi stavbami. Ob povečanem številu EV se pričakuje porast zanimanja trgovcev za postavitev polnilnic za komercialne namene. V tem primeru bodo ključnega pomena spodbude občin in dobaviteljev vozil. Z razvojem in povečanim številom prodanih EV se bo znižala cena le-teh, kar bo prav tako povzročilo porast nakupa teh vozil [5].

EV nimajo tako velikega ogljičnega odtisa kot vozila z MNZ. To ima pozitiven vpliv na kakovost življenja v mestih, saj je onesnaževanje okolja zmanjšano. Poleg tega EV spodbujajo k večjemu izkoriščanju OVE, ki jih lahko uporabimo za polnjenje, ter kažejo možnosti za čistejši transportni sektor [26].

Električna vozila so tišja in ne onesnažujejo okolja z izpusti CO₂, zaradi česar bi morala imeti prednost ob vstopu v stroga središča mest. Ta dejavnik je eden od največjih

potencialov EV, da se uspešno vključijo v celostno sliko trajnostnega prometa ter omogočijo okolju in ljudem prijaznejši promet. EV zaradi čistosti in tišine uspešneje sobivajo ob drugih načinih trajnostnega prometa, kot sta na primer kolesarjenje in hoja [5].

Pri proizvajalcu Renault so se odločili za pristop, ki znova odraža prednosti EV. Kupec kupi zgolj vozilo, baterijski sklop pa najame od podjetja Renault Nissan Slovenija (R. N. S.). Pri tem bi bila cena vozila primerljiva s klasičnimi vozili, za najem baterije kupec plača med 70 in 80 eur mesečno pri prevoženih 12.000 km letno. Prednost je, da kupcu vozila ni potrebno kupovati dragih baterij. Podjetje R. N. S. za iztrošeno baterijo, ki ne dosega več kapacitete vsaj 75 %, zagotovi zamenjavo baterije na svoje stroške. Vozilo Renault ZOE naj bi porabilo nekje od 15 do 18 kWh električne energije, kar znaša približno 2 eur na 100 km. Prav tako se občutno zmanjša strošek vzdrževanja vozila, saj ni potrebno menjati olja in oljnih filtrov. Zaradi koriščenja energije iz zavor ob zaviranju se občutno zmanjša tudi obraba zavornih delov [5].

3.1 PRISTOPI PRI SPODBUJANJU PREHODA V E-MOBILNOST

Največji razvojni izziv je ublažitev podnebnih sprememb, s katerimi se spoprijemamo. Slovenija, EU ter druge države članice Pariškega sporazuma so se zavezale k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov, da bi tako rast globalne temperature zadržale pod 2 °C. Slovenija s tem namenom izvaja različne aktivnosti, s katerimi emisije toplogrednih plinov zmanjšuje oziroma omejuje njihovo rast. Leta 2016 so v Sloveniji emisije, ki jih v ozračje prispevajo osebna vozila, predstavljale 65 % vseh emisij v prometu. Cilj mnogih evropskih in tudi slovenskih dokumentov je ravno zmanjšanje negativnih učinkov porabe fosilnih goriv v prometu. Ta cilj je možno doseči tako, da zmanjšamo prometno povpraševanje, povečamo energetske učinkovitost prevoznih sredstev ter zvišamo delež alternativnih, bolj trajnostnih energetskih virov in oblik prometa. S tem mislimo na goriva oziroma vire energije, ki vsaj deloma nadomeščajo uporabo naftnih virov pri oskrbi prometa z energijo in lahko prispevajo k razogljičenju prometa. Poleg tega omogočajo izboljšanje okoljskih kazalcev delovanja prometnega sektorja. Med drugim govorimo o električni energiji,

vodiku, biogorivih, sintetičnih in parafinskih gorivih, utekočinjenem in stisnjenem zemeljskem plinu in utekočinjenem naftnem plinu [2].

Pomemben ukrep, ki je povezan s temo diplomskega dela, je spodbujanje uporabe EV v prometu. Slovenija spodbuja uporabo EV z nepovratnimi finančnimi spodbudami v vrednosti 4500 EUR za nakup EV. Poleg tega omogoča kreditiranje nakupa električnega in hibridnega vozila ter spodbuja njegov nakup z zmanjšano stopnjo davka na motorna vozila in oprostitvijo plačila letne dajatve za uporabo vozil v cestnem prometu [27].

3.2 SUBVENCije IN SPODBUDE

Cilj EU do leta 2030 je doseganje 60 % tržnega deleža EV v okviru vseh novih prodanih vozil. Od tega bi bila polovica vozil, ki so zgolj BEV [28]. Za doseganje zapisanega cilja je ključno, da države članice spodbujajo nakup EV. Te spodbude se po državah razlikujejo. Ponekod poleg EV spodbujajo tudi nakup kombijev, avtobusov in ostalih prevoznih sredstev. To strategijo je sprejela tudi Slovenija in s tem spodbuja državljane k uporabi alternativnih goriv. Naj dodamo, da v Sloveniji po letu 2030 ne bo možna prva registracija vozil z ogljičnim odtisom, večjim od 50 g CO₂ na kilometer [29].

S ciljem, da bi EV naredili čim bolj privlačna, mnoge članice EU (vključno s Slovenijo) spodbujajo k nakupu s finančnimi in nefinančnimi ukrepi. V Sloveniji obstaja Eko sklad, ki preko javnih pozivov in z nepovratnimi finančnimi spodbudami spodbuja predelavo klasičnih vozil v EV ali nakup novih EV, saj so vozila z MNZ zaenkrat cenovno dostopnejša kot EV [27].

Dobro prakso spodbujanja nakupa EV imajo na Norveškem. Uvedli so pakete spodbud, s katerimi promovirajo uporabo EV in prispevajo k razvoju trga le-teh na Norveškem. Ena od spodbud je ta, da avtomobili, ki bolj onesnažujejo okolje, plačajo višji davek na vozila. Vozila z manjšim deležem onesnaževanja pa plačajo nižji davek. Torej kupci vozil z MNZ plačajo višji davek kot kupci EV. Na višino davka vplivajo še teža vozila, izpusti CO₂ in

dušikov oksid (NO_x). Tako so na Norveškem EV večinoma cenovno ugodnejša od vozil z MNZ kljub njihovi višji uvozni ceni [30].

Iz tabele 3.1 razberemo, da na Norveškem trenutno Volkswagen Golf stane 34.076 evrov, medtem ko Volkswagen e-Golf 33.286 evrov. Razlika nastane, ker je pri nakupu vozila z MNZ potrebno plačati davek na izpuste CO₂ in NO_x, težo vozila ter 25 % davek na dodano vrednost. Teh davkov pri nakupu EV ni.

Tabela 3.1: Razlogi, zakaj so EV na Norveškem cenejša od klasičnih avtomobilov [30]

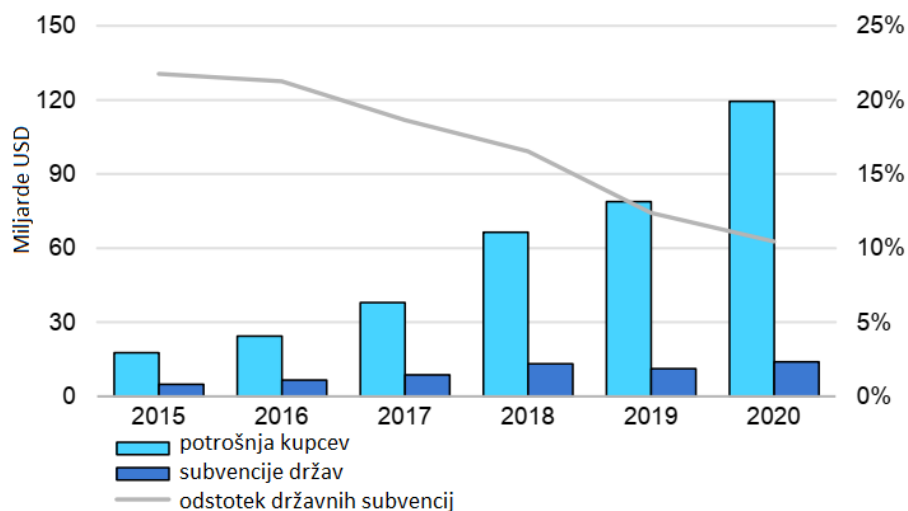
	Volkswagen Golf (EUR)	Volkswagen e-Golf (EUR)
Uvozna cena	22.046	33.037
CO ₂ davek (113 g/km)	4.348	/
NO _x davek	206	/
Davek na težo vozila	1.715	/
Davek za razgradnjo vozil	249	249
25 % DDV	5.512	/
Maloprodajna cena	34.076	33.286

Naj na tem mestu omenimo, da na začetku Norveška ni imela pristojbin za EV na javnih parkiriščih in trajektih. Toda ob zelo hitrem povečanju uporabe EV uvaja nacionalno pravilo, da se lahko EV zaračuna največ 50 % višine pristojbin na javnih parkiriščih in trajektih [30].

Zapisane spodbude kažejo, da je smiselno še naprej uporabljati te strategije za porast uporabe EV in ozaveščati ljudi o prednostih, v primerjavi z vozili z MNZ. Poleg spodbud za nakup daje Norveška velik poudarek tudi na razvoj polnilne infrastrukture, ki ima velik vpliv na promocijo EV med ljudmi [30].

Kakor je razvidno na sliki 3.1, so kupci v letu 2020 za EV porabili 120 milijard USD, države po celem svetu pa so s subvencijami prispevale 14 milijard USD. Države za subvencije

letno namenijo 25 % več, vendar je rast prodaje veliko večja, tako da se je procentualno gledano odstotek državnih subvencij iz leta 2015, ko je bil 22 %, zmanjšal na zdajšnjih 11,66 %.



Slika 3.1: Prodaja in državne subvencije za električne avtomobile po svetu [31]

3.3 OHRANJANJE KAKOVOSTI ZRAKA

Onesnaženost zraka v Sloveniji se izboljšuje. V letu 2020 se je vrednost nevarnih PM₁₀ delcev zmanjšala. V Sloveniji smo še do nedavnega beležili višje povprečje nevarnih delcev v zraku kot drugod po Evropi. To je posledica nepravilnega kurjenja, iztrošenih kurilnih naprav in izpustov v prometu. Še posebej zaskrbljujoče je dejstvo, da smo po onesnaženosti zraka vse do lani spadali med bolj onesnažene države. Takšen zrak pa terja visoko umrljivost, zlasti zaradi bolezni dihal.

V Sloveniji koncentracijo nevarnih PM₁₀ delcev na 22 različnih točkah nadzira ARSO. 24-urna mejna koncentracija je lahko nad 50 µg/m³ največ 35x v koledarskem letu. V letošnjem letu se to ni ponovilo.

Kakovost zraka je pri nas eden večjih okoljskih problemov. Ko je ARSO ugotovil preseganje z delci, bi morali v skladu z Direktivo 2008/50/ES v dveh letih izdelati in izvesti ukrepe iz

Načrtov kakovosti zraka. Toda do leta 2013 nismo izvajali ukrepov, niti nismo imeli sprejetega načrta. Najbolj kritična območja so bila Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto in Zasavje, kjer so več let zapored zabeležena preseganja PM₁₀ delcev. Evropska komisija je zaradi neuresničevanja direktiv proti Sloveniji sprožila postopek, ki še ni zaključen.

Leta 2013 je Slovenija pripravila sedem načrtov kakovosti zraka. Ukrepi se izvajajo že nekaj let, kakovost zraka pa se izboljšuje. Leta 2020 ni več preseganj na nobenem od problematičnih območij. Ukrepi se nanašajo tako na osebni in tranzitni promet kot tudi na ogrevanje stavb (zastarele kurilne naprave). Kažejo se kot učinkoviti.

Vlada trenutno razmišlja o sprejetju novega programa: Operativni program ohranjanja kakovosti zunanega zraka za vso Slovenijo. Ker je bila strategija z Načrtom kakovosti zraka pravilna, so ukrepi za nov Operativni program zastavljeni podobno, le da so še bolj razširjeni [32].

4 SLABOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL

EV imajo poleg zapisanih prednosti tudi slabosti. Eden od glavnih problemov EV je recikliranje, kar bomo opisali v posebnem poglavju. Prav tako je slabost ta, da so EV trenutno še vedno precej draga, še posebej v primerjavi z vozili z MNZ. Vendarle lahko pričakujemo, da se bo cena nižala z večanjem števila EV. Slaba stran je tudi velika masa baterij. V nadaljevanju predstavljamo še nekaj drugih slabosti.

4.1 PRIKLJUČNA ELEKTRIČNA VOZILA KOT BREME

Kot že zapisano, priključna električna vozila v omrežju obravnavamo kot električno breme, saj se baterije v teh vozilih polnijo z energijo iz omrežja. Čeprav ima vsako vozilo svoje karakteristike polnjenja, je mogoče določiti nekaj skupnih lastnosti:

- velikost odjemne moči (oz. napetostno/časovno odvisna karakteristika),
- čas odjema električne energije,
- način priključitve za polnjenje (3-fazno ali 1-fazno),
- lokacija polnjenja.

Vsako vozilo ima lasten odjemni diagram zaradi različnih lokacij in časa priklopa. Osnovni odjemni diagram kaže začetni in končni čas polnjenja ter velikost odjemne moči. Razlika je v tem, kako lastniki vozil le-ta polnijo. Ključno je, ali ga napolnijo do konca v nekem časovnem obdobju ali pa ga morajo v enem dnevu polniti tudi večkrat zaradi omejenih kapacitet baterij [8].

Polnjenje vozil lahko vpliva na omrežje. Če polnimo z večjimi močmi, lahko pride do večjih obremenitev elektro vodov in transformatorjev. Poleg tega je možnost, da se pojavijo padci napetosti v omrežju, kar lahko vpliva na kakovost električne energije [8]. Torej se bo

ob rasti števila EV občutno povečala potreba po električni energiji. Povečanje števila tovrstnih vozil negativno vpliva na distribucijsko omrežje, in sicer povzroča nestabilno napetost, pregrevanje transformatorskih postaj ter preobremenitve omrežja [33].

Če priklopimo polnilne postaje večjih moči na električno omrežje, moramo pred tem pridobiti soglasje elektrodistributerja, ki preveri, ali sploh obstaja možnost priklopa ter vpliv polnilnice na ostalo omrežje.

Pri polnjenju vozil v zasebnih polnilnicah oziroma preko gospodinjanskega priključka je nekoliko drugače. Če priključna moč EV, v primerjavi s preostalim odjemom gospodinjstva, ni višja od priključne moči odjemnega mesta, je lastnikom omogočeno, da vozila polnijo, kadar jim najbolj odgovarja. Ker pa prihaja do večjega števila odjemalcev električne energije v gospodinjstvu, imamo različne odjemne diagrame. Za enakomeren prikaz odjemnih diagramov in realno sliko moramo uporabiti faktorje sočasnosti, ki omogočijo zmanjšano vrednost skupne konične moči. Zaradi tega konice pri posameznih odjemalcih ne nastanejo istočasno [8].

Na čas polnjenja vpliva energija, ki jo potrebujemo za polnjenje baterije. Moč polnjenja je opredeljena s specifikacijo polnilca, ki ga ima vgrajenega skoraj vsako EV. Polnilci namreč omogočajo polnjenje EV preko gospodinjanske vtičnice z najnižjo močjo (okrog 3,6 kW).

Prav tako je možno polnjenje na stacionarni polnilni postaji – tako javni kot tudi zasebni. Tu se vozilo polni z malo večjo močjo (nekaj 10 kW).

Najhitrejši način polnjenja EV so hitre polnilnice. Slednje obratujejo z enosmernim ali izmeničnim tokom, z močjo nekaj več 10 kW. Baterijo je pri normalnih kapacitetah mogoče napolniti že v 30 minutah ali še nekoliko hitreje. Toda zaradi večjih moči tovrstnih polnilnic je potrebno pridobiti soglasje elektrodistributerja. Oceniti mora, ali je v omrežju možno priključiti takšno polnilnico ali potrebuje ojačitev [8]. Vendarle se EV polni dalj časa kot vozilo z MNZ, ki ga poganja dizel ali bencin. Ker je čas zelo pomembna vrednota v današnjem svetu, je daljši čas polnjenja ena od ključnih slabosti EV. Le-ta se za zdaj še ne morejo primerjati z vozili z MNZ, zaradi česar pomembno vlogo igra politično ozaveščanje k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov. Zaradi tega so potrebne subvencije in druge

ugodnosti, da bi pritegnili kupce. Sicer pa se pričakuje, da bodo iz leta v leto bolj konkurenčna, a se bo hkrati znižala potreba po subvenciji kot spodbudi, da se ljudje odločijo za nakup vozila [34].

Zaenkrat EV še ne omogočajo dosegov, ki bi bili primerljivi z vozili z MNZ [26]. Pomislek o nedoseganju zelenih razdalj predstavlja barikado za odločitev za nakup EV. Zaradi tega se večja podjetja trudijo odpravljati ta primanjkljaj z neprestanim povečevanjem dosega vozila [35].

4.2 OKOLJSKE DILEME IN IZKORIŠČANJE DELOVNE SILE

Zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv nam povzroča nove okoljske katastrofe. EV so narejena iz kovin in mineralov. Problem predstavlja njihovo izkopavanje. Pri izdelavi vozil z MNZ le-teh ne potrebujemo. Popolnoma čista energija ne obstaja. Ko ljudje izdelujemo stvari, onesnažujemo okolje. Okoljske dileme zelenih energij so velikokrat spregledane, a industrijske in politične težave so številne. Prehod na čisto energijo ni tako nedolžen. Onesnaževanje okolja zaradi naših potreb oz. tehnologij se odvija nekje drugje po svetu. V tem podglavju bomo odprli nekaj pogledov na to, kako so lahko stranski produkti pridobivanja surovin za EV hujši od posledic uporabe fosilnih goriv.

Od proizvajalcev EV največkrat slišimo le prednosti, kot na primer to, da bomo poleg ohranjanja čistega okolja pridobili nova delovna mesta. Toda proizvajalci dobro vedo, da EV niso tako čista, kot nam govorijo. Nafto smo le zamenjali za druge redke surovine, kot so zlato, srebro, kositer, platina. So pa tudi bolj eksotične, o katerih vemo manj. Te so evropij, samarij, gadolinij, ki imajo fizične in kemijske karakteristike, ki omogočajo, da EV sploh deluje. Vozila z MNZ tudi uporabljajo redke kovine, ki omogočajo nadstandardna delovanja. Pri EV je njihova vloga veliko pomembnejša, saj so nujna za delovanje. Tako je recimo neodim ključen, saj je potreben v elektromotorjih kot sestavina v zlitinah, ki se uporabljajo za izdelavo skrajno močnih trajnih magnetov. Baterija je ključna sestavina EV. Tehta lahko do polovice teže vozila. Za najboljši izkoristek le-teh električna baterija vsebuje med drugimi tudi kobalt, grafit, litij [36].

Redke kovine niso prisotne samo v EV. Nujno potrebne so tudi v napravah za pridobivanje OVE (vetrnicah, fotovoltaičnih celicah,...), ki jih potrebujemo za uspešen prehod z dizelskih na EV. Čista energija trenutno predstavlja le 7 % svetovne proizvodnje električne energije. Leta 2050, s preходом na OVE, bosta sončna in vetrna energija pokrivali skoraj polovico svetovnih potreb po električni energiji. Po dolgih desetletjih odvisnosti od nafte vse bolj prihaja nova globalna odvisnost – odvisnost od redkih kovin, ki jih večinoma pridobivamo daleč stran od urbanih področij razvitega sveta: kobalt v Kongu; litij v Avstraliji, Čilu in Boliviji; tantal, cirkonij in kositer v Indoneziji. Številni rudniki po svetu trenutno proizvajajo na milijone ton teh nujno potrebnih surovin. Največ teh strateških surovin je na Kitajskem [36].

Tudi v naši bližini se pripravljajo na tovrstna vlaganja. V Srbiji se krepijo okoljevarstveni protesti zaradi odprtja rudnika litija, ki ga je britansko-avstralsko podjetje Rio Tinto napovedalo v bližini Loznice na zahodu Srbije, kjer so odkrili velika najdišča "jadarita", zmesi litija in bora. Litij je ključen element za baterije telefonov, prenosnikov in EV. Po nekaterih podatkih leži Srbija na enajstih največjih zalogah litija na svetu [37].

KITAJSKA:

Za proizvodnjo čistih tehnologij je neizbežno tudi ustvarjanje umazanih odpadkov. Če želimo videti onesnaženje, narejeno iz naših lepih čistih izdelkov, za katere si predstavljamo, da pridejo iz tovarne, kjer delajo ljudje v belih plaščih, moramo iti na Kitajsko, v njihove industrijske cone. Kitajska proizvaja 70 % grafita. Veliko se ga proizvede v provinci Heilongjiang. To je mesto, kjer kitajska vlada ne dovoli snemanja. Rafinirajo ga na zastarel način. Ljudje tam delajo dan in noč, skoraj brez zaščite, v okolju, kjer je skoraj nemogoče dihati. Ob daljši izpostavljenosti brez zaščitne maske lahko prihaja do silikoze – poklicne bolezni, ki prizadene pljuča zaradi vdihovanja prahu, ki vsebuje prost silicijev dioksid. Zrak je nasičen z drobnim črnim prahom, ki vsebuje fluorovodikovo kislino. Pri dolgotrajnem vdihavanju je zelo strupen in lahko povzroči celo smrt. Problem je, ker grafitne ostanke raztrosijo po podeželju, v radiju več kot deset kilometrov. Ogromna

preproga strupenega odpadka je postopoma prekrila to bivšo kmetijsko regijo. Tukaj drevesa nimajo več listov in vse rastline so bolne, a je onesnaževanje tabu tema. Kmetje nimajo pravic. Če postanejo preglasni, jih aretirajo. Ta življenja ne štejejo veliko, v primerjavi z milijardami, ki jih grafit prinese Pekingu. Kitajska ima na tisoče rudnikov redkih kovin in rafinerij. Indij, antimon, galij, volfram, germanij so razporejeni po celotni državi. Kitajska pozicija redkih kovin na svetovnem trgu je zelo pomembna. Povpraševanje po redkih kovinah za nove energetske industrije se bo naglo povečevalo tudi naslednjih 20–30 let. Za nekatere redke kovine povpraševanje raste za 25 % na leto. Plačujejo veliko okoljsko in človeško ceno, da omogoča hitrejšo tranzicijo k zelenim energijam. Na nekaterih območjih morajo prebivalci zapustiti svoje domove. Celotne vasi so zapuščene, ker je okolje preveč onesnaženo. Večina podjetij zahteva zniževanje proizvodne cene. Namesto da bi očistili odpadno vodo, pline in ostale odpadke, preden jih spustijo nazaj v okolje, jih na skrivaj odvržejo, ne da bi jih obdelali, ali pa jih očistijo le, kadar jih vlada nadzoruje [36].

V mestu Baotou je Kitajska zgradila ogromne industrijske centre. Prebivalci mesta so predani rafiniranju redkih kovin. Glavno onesnaženje teh tovarn je neočiščena odpadna voda, kar vidimo na sliki 4.1. Tukaj je nastalo ogromno umetno jezero iz črne vode, nasičene s kisljinami in težkimi kovinami, kot sta fluor in živo srebro, na nekaterih lokacijah tudi torij, ki je radioaktivna kovina. Onesnažena voda iz proizvodnje redkih kovin prodre v zemljo ter iz zemlje v podtalnico [36].



Slika 4.1: Odtekanje neočiščene odpadne vode v nastalo jezero »Baotou« [38]

Ti viri onesnaženja so cena, da naše vetrne elektrarne, sončni paneli in naša EV lahko proizvajajo "čisto" energijo v Evropi. Celotne regije na drugem koncu sveta so uničene. Najhuje pa je, da ti strupeni izpusti še naprej slabšajo atmosfersko onesnaženje celotnega planeta [36].

Kitajska ima prav tako 75 % rezerv vseh redkih kovin na svetu. Niso pa zadovoljni le s tem, saj želijo tudi monopol v končnih izdelkih. Ni jim dovolj, da so le dobavitelji poceni surovin, materialov in izdelkov. Želijo biti proizvajalci in izvozniki novih visokotehnoloških izdelkov. Na jugu Kitajske, v starem ribjem pristanišču v mestu Shenzhen, je danes hitro rastoč ekonomski center. Mesto z 12.000.000 prebivalci raste s hitrostjo kitajskih tehnoloških podjetij. Eno najpomembnejših je BYD, ki je v desetih letih postalo ogromno avtomobilsko podjetje, kjer izdelajo 400 vozil na dan. Večina je namenjena kitajskemu trgu. Tukaj je onesnaženje tako veliko, da oblasti preusmerjajo ves promet na elektriko, saj želijo zamenjati vse avtomobile, taksije in avtobuse z avtomobili brez emisij. 16.000 avtobusov v mestu Shenzhen je 100 % električnih. Te znamke bodo prišle v Evropo in bodo težka konkurenca evropskim proizvajalcem vozil. Kitajska je že uvedla nacionalizacijo lastništva surovin in pričakovati je, da ji bodo ostale države sledile [36].

ČILE:

Zelene tehnologije ne potrebujejo le redkih kovin, ampak tudi vrsto drugih kovin. Za izgradnjo vetrnice potrebujemo povprečno 20 ton aluminija in do 500 ton jekla. EV lahko vsebuje 80 kg bakra, kar je 4-krat več kot v vozilu z MNZ. Ta kovina je zelo pomembna pri proizvajalcih čistih tehnologij. Preskok na elektriko potrebuje veliko bakra za potrebe vetrnic. Dosti ga je potrebnega tudi za prenos električne energije. Obstoječa omrežja bo potrebno dodatno povezati zaradi številnih polnilnic EV. Če vzamemo primer bakra, smo ga do sedaj v celotni dobi sveta proizvedli približno 1 milijardo ton. Če nadaljujemo s trenutno rastjo, bomo morali 1 milijardo ton bakra še enkrat proizvesti v naslednjih 30-ih letih. Torej je zahteva, ki jo trenutno pričakujemo, ogromna. S potrebo po neredkih kovinah je veliko drugih držav pod pritiskom zaradi proizvodnje surovin za zelene

tehnologije. To je tema, o kateri so promotorji energetskega prehoda diskretni. Da izmerimo obseg škode, si pogledjmo primer iz severnega Čila v rudniku Chuquicamata. To je največji rudnik bakra z izkopanim prostorom na svetu. Gre za državni rudnik, dolžine 4,3 km, širine 3 km in globine več kot 900 m. Ker se globalna zahteva povečuje, se zvišuje tudi število strojev in zaposlenih. V letu 2019 so proizvedli in rafinirali 330.000 ton bakra. Leta 2020 so proizvodnjo povečali na 470.000 ton, kar je zgodovinski rekord. Ta rudnik poseduje s 13 % svetovnih rezerv bakra. A globlje kot se koplje, več delovne sile in strojev potrebujejo za izkop iste količine kot v višjih plasteh. S trenutno potrebo zaloge hitro kopnijo, zato geologi napovedujejo resno težavo z dobavo bakra v naslednjih letih. Zelo alarmantne so tudi napovedi o padcu proizvodnje, z vrhom proizvodnje leta 2030–2040. Tako kot grafit na Kitajskem tudi rudniki bakra onesnažujejo reke in zemljo s strupenimi izpusti težkih kovin. V tej regiji imajo težave z vodo neposredno zaradi rudarjenja, saj je za proizvodnjo in rafiniranje potrebno ogromno vode. Rudnik Chuquicamata ima porabo vode 2000 l/s, na nekaterih območjih te puščave pa ni deževalo že 500 let. Veliko vode, potrebne za življenje in namakanje, porabi rudarska industrija. Porabi je več, kot je narava proizvede, naravne rezerve pa kopnijo. Da bi izmerili posledico rudarjenja, ni dovolj, da analiziramo samo rudnik, ampak moramo analizirati cel sistem, ker je cona onesnaženja razširjena na več tisoč kvadratnih kilometrov. V mestih, kjer poteka prevoz rude, je zrak zelo onesnažen. Glavni vzrok smrti je pljučni rak. Na določenih predelih vsak deseti prebivalec trpi ravno zaradi tega. Nekateri dokazi kažejo na to, da zaradi rudarjenja postajajo pljučne bolezni dedne [36].

NORVEŠKA:

Na Norveškem so prebivalci ponosni, da spadajo med okolju najbolj prijazne države. Tukaj so ulice čiste, domačini pa dihajo čist zrak. Energetska tranzicija se je pričela že pred 20-imi leti in elektromobilnost je postala skoraj religija. Danes je vsak drugi novi avtomobil električen, kar je svetovni rekord. Leta 2019 je bilo na norveških cestah že preko 200.000 električnih avtomobilov. Do leta 2025 naj bi bili vsi novi prodani avtomobili brez emisij. Oslo je polno polnilnic. Leta 2020 jih je bilo 400, do leta 2025 pa jih načrtujejo 8.000.

Norvežani imajo veliko prednosti ob uporabi EV. Do lani so imeli uporabniki zastonj cestnino, veliko predelov omogoča zastonj parkiranje, oproščeni so plačilu davka na dodano vrednost. Norveška je lahko za zgled drugim državam, saj so pri njih zelene energije dominantne, hkrati pa spada med največje izvoznike nafte in zemeljskega plina. Vendarle ni vse tako nedolžno. Politiki se zavedajo od kod prihajajo redke kovine, a za njih to ni tako pomembno, kot je elektrifikacija Norveške. Za oblast se kalkulacija CO₂ emisij konča na državni meji. Toda relokacija onesnaženja proizvodnje EV drugje na svetu je pomembna tema. Norvežani se zavedajo, da niso rešili vseh okoljskih težav, s tem, ko uvažajo avtomobile, ki ne onesnažujejo okolja na njihovem ozemlju. Na ta način se je namreč rešil problem onesnaževanja zraka v transportnem sektorju le na lokalnem nivoju [36].

BOLIVIJA:

Države, ki so bile do sedaj revne, lahko postanejo bogate. Državi, kot sta Čile in Bolivija, imata velike rezerve litija. Te države morajo čim prej zgrabiti priložnost, dokler je potreba po litiju velika. S svetovno potrebo po baterijah je potreba po litiju zares v porastu, saj naj bi se v naslednjih 20-ih letih povečala za 20x. V Boliviji je morje soli, ki pokriva več kot 5.000 kvadratnih kilometrov površine. Gre za nikogaršnjo zemljo z največjo zalogo litija na svetu. Podjetje YLB – Yacimientos de Litio Bolivianos ocenjuje, da imajo med 50–60 % svetovnih rezerv z litijem. Upajo, da bodo v prihodnosti lahko postavili ceno in s tem omogočili boljše pogoje življenja v Boliviji, kakor to danes počne Kitajska z mnogimi redkimi kovinami. Ker niso bili sami sposobni zgraditi tako velike tovarne, so za pomoč prosili Kitajsko. Ker država na lokalnem nivoju nima velike zahteve po litiju, se zanašajo na izvoz. Izvažajo ga povsod po svetu, največ na Kitajsko, ker je njihov partner. Do leta 2022 bo svetovni trg litija vreden 45 milijard dolarjev. Doba po olju je unikatna priložnost za to državo. Sanjajo o izvozu zelenih tehnologij, proizvedenih iz lastnih sredstev. Pričeli bodo z industrializacijo in ustvarjanjem višje dodane vrednosti. Trenutno se usmerjajo k izdelavi baterij v velikem obsegu. Kakor Bolivija tudi veliko drugih držav sanja o svojem mestu v globalni ekonomiji. A tudi tukaj ni vse tako rožnato. Rudarjenje litija onesnažuje zrak in

prispeva h globalnem segrevanju. Odvisno od metode rudarjenja je poraba vode med 400 do 2.000 litrov za kilogram litija. Na številnih območjih rudnikov se že soočajo s hudim pomankanjem vode [36].

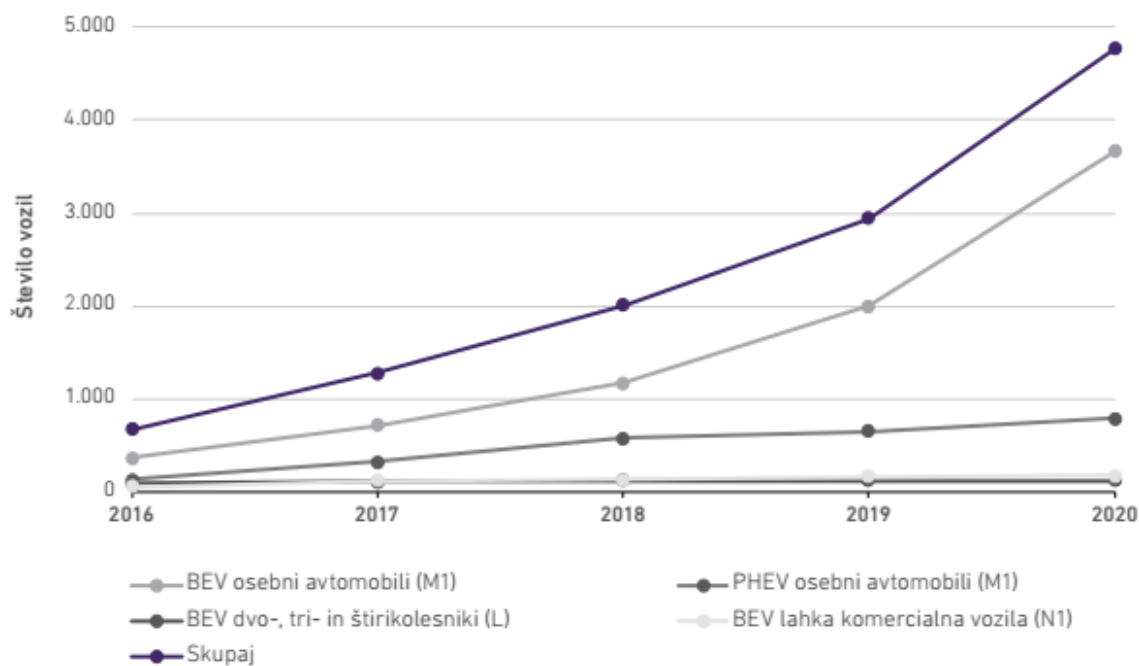
KONGO:

Še eno od negativnih plati pri izdelavi EV bomo predstavili na primeru Konga. Amnesty International izpostavlja, da v tej državi ljudje rudarijo v ne vrednih razmerah, prihaja tudi do izkoriščanja otroške delovne sile. Velike družbe (kot so na primer Apple, Microsoft, Samsung, BMW in Renault) največkrat sploh ne vedo, od kod prihaja kobalt v njihovih baterijah. Amnesty International namreč opozarja, da je pri analiziranih podjetjih premalo preglednosti, saj podjetja večino podatkov o dobavnih verigah kobalta ne želijo izdati [39]. Največja izvoznica kobalta je ravno Demokratična republika Kongo. Kljub različnim ocenam naj bi bilo od 60 do 80 % izkopa iz industrijskih rudnikov, kjer delo poteka 24 ur na dan. Preostanek (med 20 in 40 %) je izkopen brez strojev, na roke [40]. Zaradi tega je Amnesty International pozval podjetja, ki izdelujejo EV, naj razmislijo, na kakšen način želijo proizvajati le-ta, saj s trenutnim načinom kršijo človekove pravice [39].

5 TREND NARAŠČANJA ELEKTRIČNIH VOZIL

5.1 NARAŠČANJE EV V SLOVENIJI

V prihodnosti bo širša uporaba EV vplivala na profil porabljene električne energije v Sloveniji. Na sliki 5.1 je prikazan graf naraščanja EV v Sloveniji za obdobje 2016-2020. Leta 2020 je bilo skupaj 4769 EV, kar je 62 % več kot leto prej. Najbolj se je število povečalo zaradi BEV v kategoriji osebnih vozil (M1), pri katerih je letna rast 188 %. Tudi število PHEV se je v kategoriji M1 povečalo, vendar za malce več kot 48 %. Skupno EV (BEV in PHEV) predstavljajo 0,39 % vseh osebnih avtomobilov v Sloveniji. Število dvo-, tri- in štirikolesnikov (lahki BEV – kategorija L), se je povečalo le za 3 %. Rast lahkih komercialnih BEV (kategorija N1) pa je 11 % [41].



Slika 5.1: Naraščanje električnih vozil v Sloveniji 2016–2020 [41]

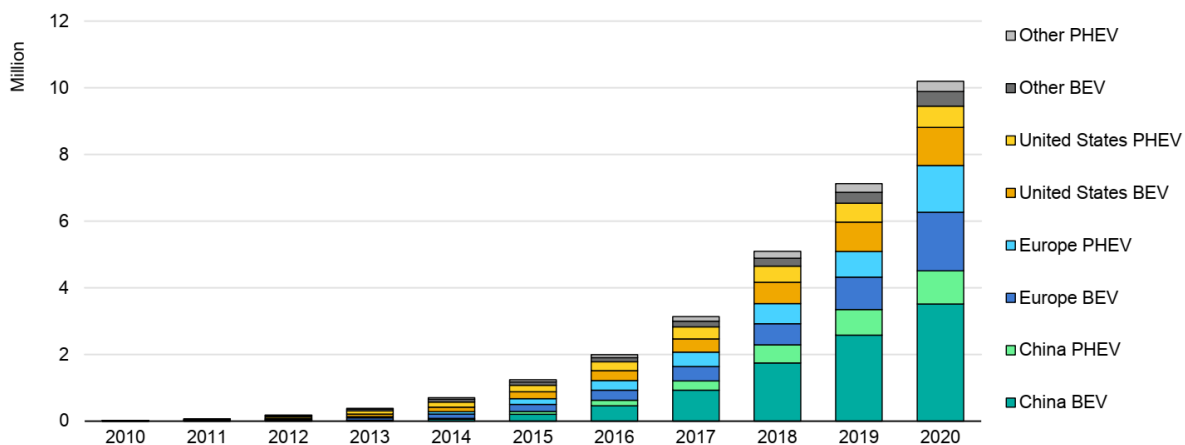
Število novo registriranih BEV in lahkih BEV v Sloveniji kaže na pomembno povečanje vpeljave EV v zadnjem letu. Zmanjšanje novih registracij je le pri lahkih komercialnih (N1) BEV. Na novo se je torej registriralo 157 % več vozil glede na prejšnje leto. V tabeli 5.1 je primerjava novo registriranih EV med Slovenijo in Evropo [41].

Tabela 5.1: Število novih registracij EV v Sloveniji in EU leta 2019 in 2020 [41]

		Slovenija			Evropska unija		
		2019	2020	Razmerje	2019	2020	Razmerje
Osebna vozila (M1)	BEV	578	1.667	288,4 %	246.788	527.112	213,6 %
	PHEV	81	120	148,1 %	140.422	514.228	366,2 %
Lahka vozila (L)	BEV	3	4	133,3 %	43.390	45.457	104,8 %
	PHEV	0	0	/	0	0	/
Komercialna vozila (N1)	BEV	41	18	43,9 %	20.728	28.655	138,2 %
	PHEV	0	0	/	42	552	1314,3 %
SKUPAJ		703	1.809	257,3 %	451.370	1.116.004	247,2 %

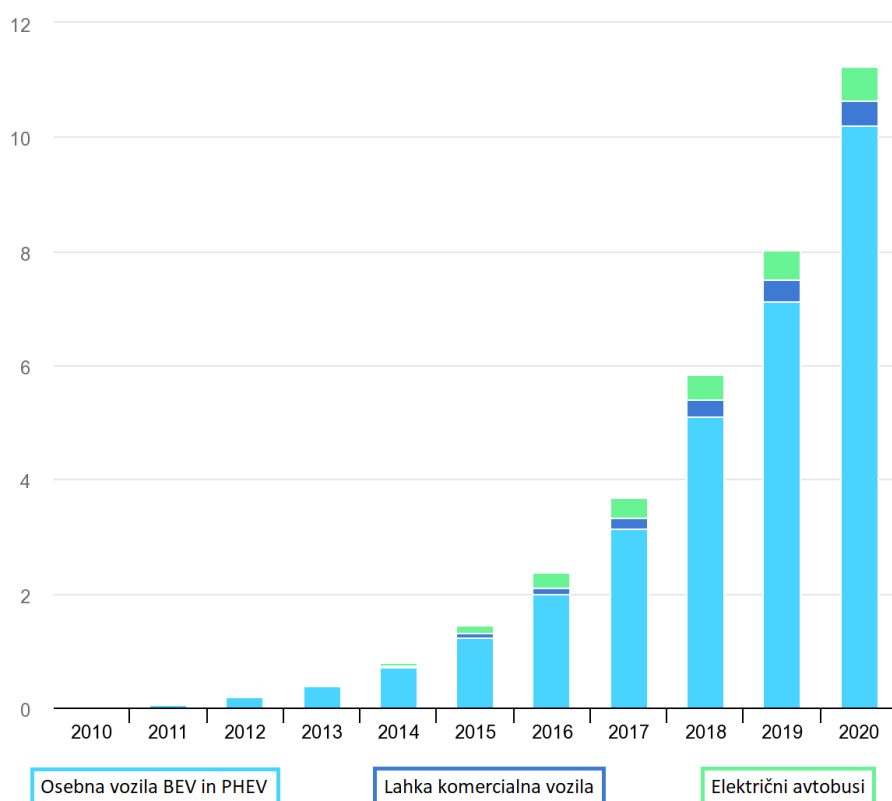
5.2 NARAŠČANJE EV V SVETU

Kot je razvidno iz slike 5.2, svetovna prodaja osebnih EV strmo raste. Po desetletju hitre rasti je konec leta 2020 število registriranih EV preseglo 10 milijonov, kar predstavlja 43 % rast, v primerjavi z letom 2019. Trenutno je na svetu 1 % EV, v primerjavi z vozili z MNZ. BEV predstavljajo 2/3 novih registracij EV. Največje število EV imajo na Kitajskem, s 4,5 milijona, sledi pa ji Evropska unija s 3,2 milijona EV [31].



Slika 5.2: Naraščanje EV v svetu v obdobju 2010–2020 [31]

Na sliki 5.3 je prikazano naraščanje celotnega sektorja EV. Vključno z lahкими komercialnimi vozili ter električnimi avtobusi. Število električnih avtobusov se je od leta 2019 do 2020 povečalo iz 500 tisoč na 600 tisoč, število lahkih komercialnih BEV pa se je povečalo na iz lanskoletnih 340 tisoč na 435 tisoč [31].

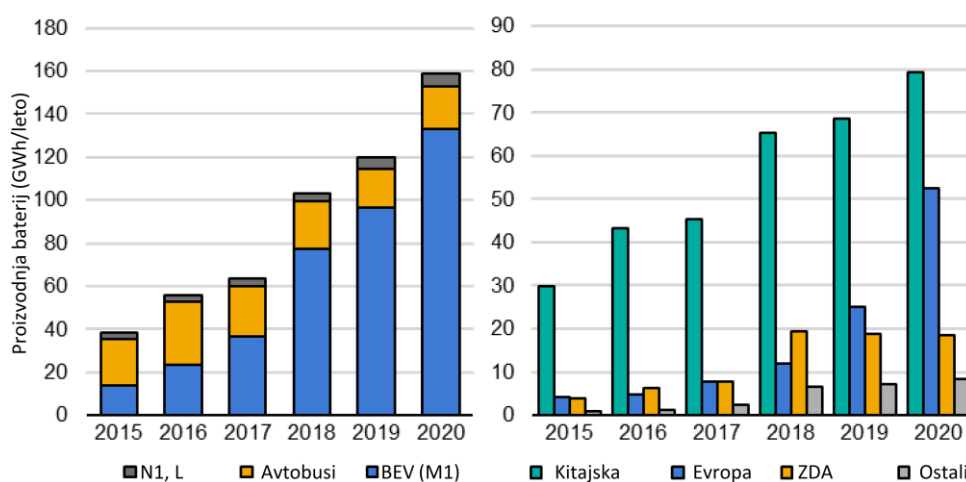


Slika 5.3: Naraščanje EV, lahkih komercialnih EV ter električnih avtobusov v svetu [42]

5.3 NARAŠČANJE POTREB PO BATERIJAH ZA EV

Proizvodnja Li-ion baterij za potrebe EV je leta 2020 znašala 160 GWh, kar je 33 % več kot leta 2019. Naraščanje odraža 41 % povečanje registracij električnih avtomobilov in stabilno povprečno kapaciteto baterij 55 kWh za BEV ter 14 kWh za PHEV. Zahteve po baterijah za druge načine prevoza so se povečale za 10 %. V proizvodnji baterijskih celic še naprej prevladuje Kitajska, s kar 70 % svetovne proizvodnje [31].

Kitajska je leta 2020 predstavljala največji delež povpraševanja po baterijah s skoraj 80 GWh, medtem ko je imela Evropa največ odstopno porast s 110 % in je dosegla 52 GWh. V ZDA je bilo povpraševanje stabilno pri 19 GWh, kar vidimo na sliki 5.4 [31].



Slika 5.4: Zahteve po baterijah za EV glede na prevozno sredstvo in regijo [31]

NMC je še vedno prevladujoča kemija za Li-ion baterije, z 71 % deležem. NCA kemija, ki jo med drugimi uporablja podjetje Tesla, predstavlja približno 25 %, kemija LFP pa je pri EV ponovno pridobila delež, vendar je še vedno pod 4 % [31].

Cena baterij se je v letu 2020 znižala za 13 %, v primerjavi z letom 2019, in dosegla 137 USD/kWh. Ob nakupih večjih količin so ocenjeni stroški 100 USD/kWh (VW ID3). V Evropi je povpraševanje po baterijah preseglo domačo proizvodnjo. Danes so glavne tovarne baterij v Evropi na Poljskem in na Madžarskem. Proizvodna zmogljivost je približno 35

GWh na leto, napovedana zmogljivost do leta 2025 pa bi lahko bila do 400 GWh. Trend v Evropi je bil leta 2020 očiten, saj so napovedane ali v izgradnji številne nove tovarne baterij s podporo Evropske investicijske banke. V ZDA so tako korejski kakor tudi domači proizvajalci baterij naznanili velike naložbe v trg, na katerem trenutno prevladuje skupno podjetje Tesla-Panasonic [31].

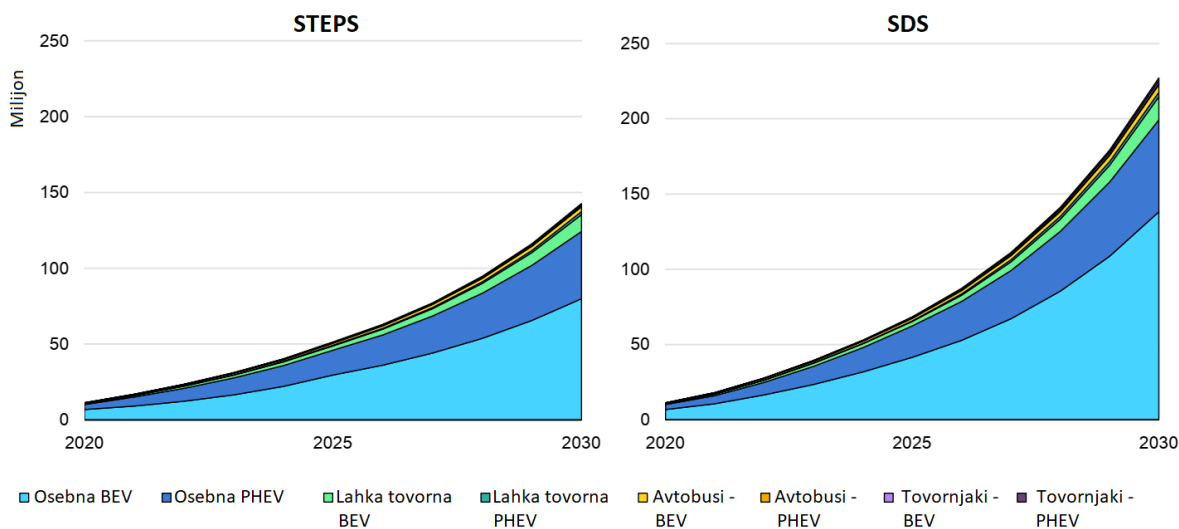
5.4 OBETI ZA ELEKTRIČNO MOBILNOST

Napoved raziskuje dve možnosti elektrifikacije cestnega prometa v prelomnem desetletju 2030. Ocenjuje predvideno rast EV po vrstah prevoza in regijah ter raziskuje posledice e-mobilnosti na polnilno infrastrukturo, zahteve po energiji in baterijah, emisije toplogrednih plinov in prihodke od obdavčitve goriva za cestni promet. Ta pogled na e-mobilnost temelji na scenariju, ki je grajen po najnovejših podatkih gonilnih sil politike in tehnoloških napredkov: Scenarij veljavnih politik (STEPS) in scenarij trajnostnega razvoja (SDS) [31].

STEPS je osnovni scenarij Mednarodne agencije za energijo (IEA) o svetovnih energetskih obetih in perspektivah energetske tehnologije. Ta scenarij odraža vse obstoječe politike, ambicije in cilje politik, ki so jih sprejele ali napovedale vlade po svetu. Vključuje trenutne politike in predpise, povezane z EV, ter pričakovane spremembe ob uresničenih napovedanih izboljšavah [31].

SDS temelji na treh stebrih: zagotoviti svetovni dostop do energije za vse do leta 2030, bistveno zmanjšati emisije onesnaženja zraka in izpolniti globalne podnebne cilje v skladu s Pariškim sporazumom. Cilj je do leta 2070 doseči neto emisije nič ter globalno povečanje temperature pod 1,7–1,8 °C. Za doseg tega cilja scenarij zahteva hitro zmanjšanje ogljičnega odtisa pri proizvodnji električne energije, spremembe pri načinu vožnje, uporabo javnega prevoza ali ne motoriziranega prevoza (kar ima za posledico zmanjšanje letnih prevoženih kilometrov in število vozil) [31].

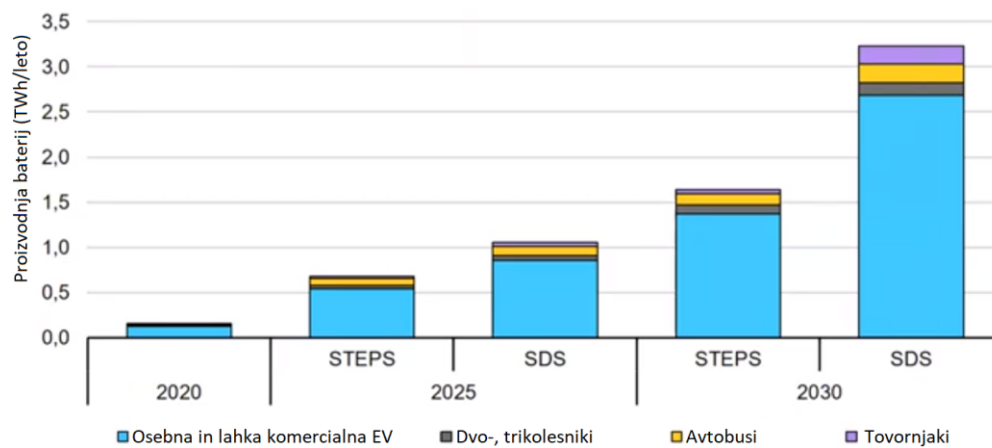
Slika 5.5 prikazuje primerjavo predvidenega naraščanja EV po obeh scenarijih in njihove razlike. Vidimo, da je predvideno strmo naraščanje. Po STEPS do leta 2030 pričakujemo naraščanje iz zdajšnjih 10 na 120 milijonov osebnih BEV in PHEV oz. 145 milijonov iz zdajšnjih 11 vseh EV skupaj, po SDS pa predvidevamo naraščanje za kar 200 milijonov osebnih BEV oz. 230 milijonov vseh EV.



Slika 5.5: Predvideno naraščanje EV v svetu 2020–2030 [31]

Scenarija ne vključujeta električnih dvo- in trikolesnikov, saj jih je enostavno elektrificirati zaradi njihove lahke teže, uporabe na krajše razdalje in relativno malih baterij. Rast le teh se predvideva iz zdajšnjih 290 milijonov na 385 po STEPS in kar na 490 milijonov po SDS [31].

Na sliki 5.6 je prikazana predvidena svetovna potreba po baterijah po obeh scenarijih. Tako bi potreba po baterijah iz letošnjih 160 GWh do leta 2030 narasla na 1,6 TWh po STEPS oz. 3,2 TWh po SDS. Torej bi se proizvodnja povečala za faktor 10x ali celo 20x. Pričakuje se, da bodo osebna in lahka komercialna EV še naprej glavni porabnik baterij, v obeh scenarijih s približno 85 % celotne proizvodnje [31].



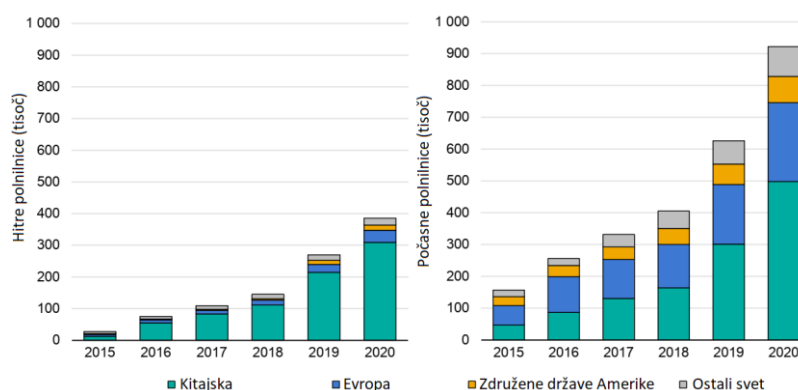
Slika 5.6: Predvidena svetovna potreba po baterijah glede na prevozno sredstvo v obdobju 2020–2030 [31]

6 INFRASTRUKTURA POLNILNIH MEST

Da bi EV dosegla polni potencial zmanjšanja emisij, je poleg dekarbonizacije proizvodnje električne energije, integriranja EV v energetske sisteme, izboljšanja proizvodnje baterij in njihovega recikliranja ključno tudi zgraditi infrastrukturo polnilnic. Polnilna infrastruktura se širi. Počasne polnilnice imajo polnilno moč pod 22 kW, hitre pa nad 22kW. Svetovno razmerje med EV na polnilnico je 8,1. Od tega je razmerje na Kitajskem 5,9, v Evropi 11,6 in v ZDA 18,0 [31].

6.1 POLNILNICE V SVETU

Medtem ko se večina polnjenja EV opravlja doma, je uvedba javno dostopnih polnilnic ključnega pomena, saj se bodo države, ki vodijo z uvajanjem EV, soočile z večjimi zahtevami lastnikov EV. Javno dostopne polnilnice so se v letu 2020 povečale na 1,3 milijona, od tega je 30 % hitrih polnilnic. Postavitev javno dostopnih polnilnic se je povečala za 45 %, počasneje od 85 % v letu 2019, najverjetneje zaradi prekinitve v delu zaradi posledice pandemije COVID-19. Kitajska vodi v svetu pri razpoložljivosti počasnih in hitrih polnilnic. Na sliki 6.1 vidimo rast polnilnic po svetu.

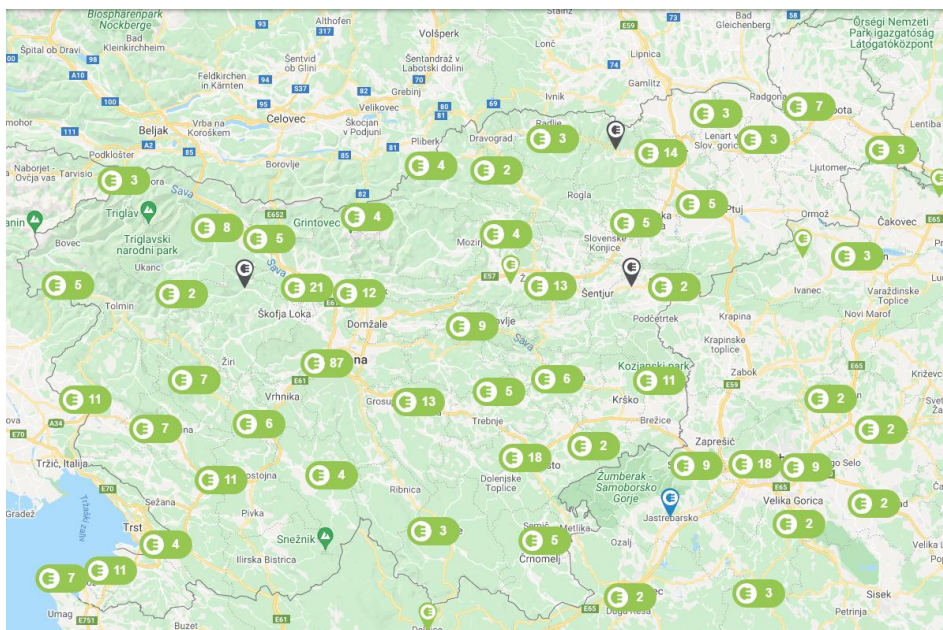


Slika 6.1: Število hitrih in počasnih javno dostopnih polnilnic za EV [31]

6.2 POLNILNICE V SLOVENIJI

Družba SODO je v sodelovanju z Ministrstvom za infrastrukturo (v nadaljevanju: ministrstvom), v okviru projekta Srednjeevropski zeleni koridorji, vzpostavila osnovno infrastrukturo hitrih polnilnic za BEV na avtocestnem križu. Leta 2015 je SODO zagnal 26 hitrih polnilnic. Kasneje so jih začele postavljati tudi elektrodistribucijske družbe. V Sloveniji so največji ponudniki storitev polnjenja Elektro Celje, Elektro Gorenjska, Elektro Ljubljana, Elektro Maribor, Elektro Primorska, Petrol, Slovenska energetska družba in Dravske elektrarne Maribor. [2].

Podatki spletnega portala Elektra Ljubljana, kjer naj bi bile zbrane vse slovenske električne polnilnice, kažejo, da seznam polnilnic obsega 606 polnilnic, ki običajno omogočajo sočasno polnjenje 2 vozil. Na sliki 6.2 so prikazane polnilnice v Sloveniji na dan 16. 7. 2021 [43].



Slika 6.2: polnilnice po Sloveniji [43]

7 PROIZVODNJA ENERGIJE V SLOVENIJI

Najprej pogledjmo strukturo virov za proizvodnjo električne energije v Sloveniji. Če le-ta ni v večini iz OVE ali vsaj nizkoogljična, za dobrobit planeta ne naredimo ničesar. Tako v Sloveniji kot tudi v svetu je največji vir toplogrednih plinov raba fosilnih goriv. V Sloveniji je okoli 80 % vseh izpustov ravno iz fosilnih goriv. Izpustov toplogrednih plinov iz prometa je kar ena tretjina vseh izpustov v okolje, kar je zelo veliko. V Evropski uniji pa je ta delež približno ena četrtnina. Glavni toplogredni plin, ki nastaja pri zgorevanju goriv, je CO₂ [44].

V letu 2020 smo v Sloveniji proizvedli 35 % energije iz OVE, 26,6 % iz fosilnih goriv ter 38,4 % iz jedrskega goriva. Pokritost porabe električne energije z domačo proizvodnjo je 92,6 %. Iz proizvodnih enot, ki so v Sloveniji priključene na prenosni ali distribucijski sistem, je bilo v naš elektroenergetski sistem prevzetih 15.748 GWh električne energije, kar pomeni 1.007 GWh več kot leto prej. Prezem električne energije se je v primerjavi z letom prej povečal iz proizvodnih naprav na OVE in iz jedrske elektrarne, prevzem iz elektrarn na fosilna goriva pa se je zmanjšal. Količine energije za obdobje 2019-2020 so povzete iz bilanc elektrooperaterjev na podlagi fizičnih pretokov [41]. Na sliki 7.1 so prikazani različni viri energije.



Slika 7.1: Viri energije [45]

7.1 ENERGIJA IZ OVE V PROMETU

V prvem odstavku 380. člena EZ-1 je zapisano, da morajo distributerji tekočih in plinastih goriv za vsako posamezno leto dati na trg biogoriva oziroma druge OVE za promet v deležu, ki je določen z akcijskim načrtom za OVE do leta 2020 glede na količino goriv, ki jo posredujejo na trg v tem letu. V tretjem odstavku 28. člena EZ-1 je zapisano, da mora vlada določiti sektorski cilj končne porabe energije iz obnovljivih virov v prometu, kar mora opredeliti v akcijskem načrtu za obnovljive vire vsako leto do leta 2020 [2].

3. člen uredbe OVE v prometu kot OVE v prometu opredeljuje biogoriva, električno energijo iz OVE, vodik iz OVE in druge iz OVE. V skladu s 5. členom uredbe OVE v prometu je določeno, da energijski delež OVE v prometu distributer goriv doseže tako, da prodaja skladna biogoriva, električno energijo iz obnovljivih virov, vodik iz obnovljivih virov ali kombinacijo navedenih goriv [2].

V direktivi 2009/28/ES je glede spodbujanja uporabe OVE v prometu zapisano, da mora vsaka članica EU leta 2020 omogočati delež energije iz obnovljivih virov v vseh različnih vrstah prometa, ki ne presega 10 % končne porabe energije v prometu v posamezni državi članici. Omenjeni delež je bil v slovensko zakonodajo umeščen preko uredbe OVE v prometu. Z isto uredbo so hkrati opredeljeni vmesni letni cilji glede energijskih deležev OVE v prometu v obdobju med leti 2017 in 2020. Slednji so prikazani v spodnji tabeli [2].

Tako je ministrstvo na podlagi uredbe OVE v prometu in določila prvega odstavka 9. člena uredbe OVE v prometu (ki pravi, da mora distributer goriv poročati ministrstvu o prodaji biogoriv in električne energije iz OVE v prometu), v skladu s Pravilnikom o posredovanju podatkov, oblikovalo spletni obrazec OVE v prometu. Le-ta omogoča elektronsko posredovanje podatkov preko spletnega portala EPOS. Gre namreč za portal za poročanje izvajalcev energetske dejavnosti, ki preverja, ali distributerji izpolnjujejo obveznosti glede dajanja biogoriv in drugih OVE za promet na trg. Na ta način morajo distributerji goriv

poročati o prodani količini goriv končnim uporabnikom ter o količinah, ki so jih sami porabili. Prvič je bilo poročanje uvedeno leta 2017 [2].

V tabeli 7.1 so predstavljeni predpisani in ciljni energijski deleži OVE v prometu, ki izhajajo iz AN OVE (Akcijskega načrta za obnovljive vire energije), sprejetega 8. 7. 2010. V spodnji tabeli so opredeljeni cilji glede energijskih deležev OVE v prometu za Slovenijo na način, kot jih prikazuje AN OVE, uredba OVE v prometu in osnutek posodobljenega AN OVE. Osnutek je bil predstavljen junija 2017, a ni bil sprejet do konca obdobja, na katerega se nanaša. Prav tako so predstavljeni realizirani energijski deleži OVE med leti 2016 in 2018 [2].

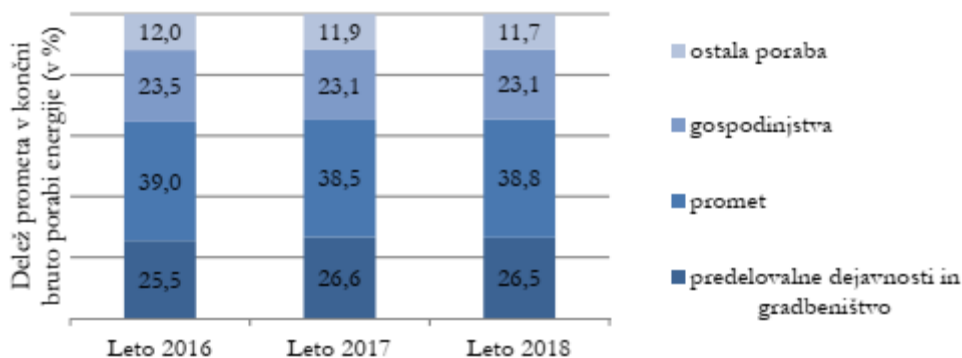
Tabela 7.1: Predpisani ciljni in realizirani energijski deleži OVE v prometu [2]

Leto	Predpisani in ciljni energijski delež OVE v prometu v %			Realiziran energijski delež OVE v prometu v %
	Veljavni AN OVE (sprejet 8. 7. 2010)	Osnutek posodobljenega AN OVE – v postopku sprejema (pripravljen 12. 7. 2017)	Uredba OVE v prometu (velja od 15. 10. 2016)	
2016	5,6	5,1	/	1,6
2017	6,6	6,2	Vsaj 6,2	2,7
2018	7,7	7,4	Vsaj 7,0	5,5
2019	9,0	8,4	Vsaj 8,4	/
2020	10,5	10,1	Vsaj 10,0	/

V tabeli 7.1 lahko razberemo, da so realizirani energijski deleži OVE v prometu v letih 2016, 2017 in 2018 nižji kot so predpisani v veljavnem AN OVE in v uredbi OVE v prometu. Tabela prikazuje, da je bil leta 2016 dosežen 1,6 % OVE v prometu, ciljni delež za to leto iz AN OVE pa je 5,6 %. V letu 2017 je razvidno, da je dosežen 2,7 % delež, ciljni delež je bil 6,6 %, za leto 2018 pa lahko razberemo, da je bil dosežen 2,7 % delež. Ciljni delež za to leto je 7,7 %. Naj dodamo, da ministrstvo ni ukrepalo za povečanje energijskega deleža OVE v prometu.

Z določili Direktive 2009/28/ES glede spodbud uporabe OVE v prometu znaša v Sloveniji ciljni delež energije iz OVE za leto 2020 v končni bruto porabi energije 25 %. Ta delež je morala Slovenija doseči z realizacijo ciljnih deležev energije iz OVE v prometu tako v sektorju hlajenja kot tudi ogrevanja, pa tudi na področju električne energije in prometa. Pri slednjem je ciljni delež OVE v prometu 10 % [2].

Slika 7.2 prikazuje delež prometa v strukturi končne porabe energije po sektorjih v Sloveniji za leta 2016, 2017 in 2018 [2].



Slika 7.2: Delež prometa v strukturi končne porabe energije v Republiki Sloveniji [2]

V aprilu 2019 je ministrstvo vlado obvestilo o neizpolnjevanju predpisanega 10 % deleža OVE v prometu in prav tako o neizpolnjevanju ciljnega deleža 25 % OVE v bruto končni rabi energije za leto 2020. Za največjo težavo pri nedoseganju cilja deleža OVE pri bruto končni porabi energije do leta 2020 ministrstvo navaja promet. Le-ta močno izstopa od ciljnega deleža v letu 2017, z deležem okoli 39 % v bruto končni porabi in le z 2,7 % deležem OVE v istem letu, kar je 6,6 %, določenega z veljavnim AN OVE. Velika količina porabljene energije v prometu občutno niža skupni delež OVE. Zaradi tega ministrstvo omenja, da ima Slovenija na področju prometa izredno nizek delež OVE ob zelo visoki porabi goriva na prebivalca Slovenije. Razlog naj bi bil neizvajanje predpisanih ukrepov s strani dobaviteljev goriv, kar kaže, da bi bilo potrebno prilagoditi prekrškovno politiko v omenjenem sektorju [2].

7.2 DODATNE POTREBE PO ELEKTRIČNI ENERGIJI ZARADI UVEDBE EV

Na spletu smo zasledili članek, da v Veliki Britaniji načrtujejo 35 milijonov EV do leta 2050. Da bi pokrili potrebe po električni energiji, bi potrebovali 30 GW moči oziroma zgraditi bi morali 10 novih jedrskih elektrarn. Preverimo, če je temu res tako. Enak izračun bomo naredili z elektrifikacijo celotnega voznega parka osebnih avtomobilov v Sloveniji.

Statistika kaže, da povprečen Anglež na leto prevozi 12.000 kilometrov [46]. Sedaj potrebujemo povprečno porabo električnega avtomobila, da lahko izračunamo porabo električne energije. Nemški ADAC je primerjal porabo petnajstih različnih BEV, ki jo bomo vzeli za osnovo.

Tabela 7.2: Razlika med dejansko in porabo, ki jo prikazuje računalnik [47]

Model	Avtomobilski računalnik (kWh/100 km)	Dejanska poraba (kWh/100 km)	Odstopanje (%)
Audi e-tron 55 quattro	22,2	25,8	13,95
BMW i3 120 Ah	15,8	18,0	12,22
Hyundai Ioniq elektro (2020)	14,3	16,3	12,27
Jaguar i-Pace (2018)	22,8	27,6	17,39
Kia e-Niro (64kWh)	16,3	18,1	9,94
Kia e-Soul (64 kWh)	16,5	18,8	12,23
Mercedes EQC 400 4Matic	23,2	27,6	15,94
Mini Cooper SE	15	17,7	15,25
Nisan Leaf e+ (62kWh)	18,7	22,7	17,62
Renault Zoe ZE50 R135	15,4	19	18,95
Renault Zoe ZE50 R110	15,1	18,5	18,38
Seat Mii electric	13,7	17,3	20,81
Tesla Model 3 Long Range	15,7	20,9	24,88

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Model	Avtomobilski računalnik (kWh/100 km)	Dejanska poraba (kWh/100 km)	Odstopanje (%)
Tesla Model 3 Standard Range Plus	16,0	19,5	17,95
VW e-up! (2018)	14,9	17,7	15,82
POVPREČJE	17,04	20,36	16,24

Kot smo videli iz tabele 7.2, se povprečna poraba razlikuje od porabe, ki jo prikazuje avtomobilski računalnik za 16,24 %. To je posledica izgub pri polnjenju EV in deloma tudi napačnega prikazovanja na računalniku. Vzeli smo povprečje, ki je 20,36 kWh/100 km. Načeloma nastanejo izgube pri polnjenju EV med 10 in 17 %, kar potrjuje odstopanje porabe.

$$A_{\text{leto}} = l \cdot A_{100\text{km}} = 12.000 \text{ km} \cdot \frac{20,36 \text{ kWh}}{100 \text{ km}} = 2.443,2 \text{ kWh}$$

Na leto povprečno EV porabi 2.443,2 kWh.

$$A_{\text{skupaj}} = A_{\text{leto}} \cdot n_{\text{vozil}} = 2.443,2 \text{ kWh} \cdot 35.000.000 = 85.512 \text{ GWh}$$

Skupaj 35 milijonov EV porabi 85.512 GWh.

$$P_{\text{skupaj}} = \frac{A_{\text{skupaj}}}{t_{\text{dni}} \cdot t_{\text{h}}} = \frac{85.512 \text{ GWh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 9,76 \text{ GW}$$

Dodatna potreba po moči brez upoštevanja izgub bi torej predstavljala 9,76 GW. V Veliki Britaniji so izgube prenosnega omrežja 8,7 % [48]. Torej pridemo do končnega rezultata 10,61 GW. Za to bi zadostovalo 10 jedrskih elektrarn z močjo 1,2 GW.

SLOVENIJA:

V Sloveniji je bilo konec leta registriranih 1.182.615 (1. 1. 2021) osebnih avtomobilov, od tega je trenutno 4.769 BEV in PHEV. Torej bi radi elektrificirali 1.177.846 vozil. Slovensko povprečje je 14.710 prevoženih kilometrov na leto, izgube v prenosnem omrežju v Sloveniji pa so 6 %. Ugotovimo, da bi letno potrebovali dodatnih 3.739 GWh električne energije, za kar bi potrebovali vir moči 426,8 MW, z upoštevanimi vsemi izgubami. Če vzamemo za primer Nuklearno elektrarno Krško (NEK), je le-ta v zadnjih desetih letih s polno močjo obratovala 92 % časa. Dobimo proizvodno moč 465 MW.

Tako v primeru Velike Britanije kot tudi Slovenije gre za poenostavljen izračun, ki predvideva samo potrebno moč elektrarn za proizvodnjo potrebne količine električne energije za vsa EV. Ne upošteva pa faktorja istočasnosti polnjenja in potrebne razpoložljive moči v vsakem trenutku dneva oz. celotne obremenitve elektroenergetskega sistema.

8 PRIDOBIVANJE SUROVIN ZA IZDELAVO BATERIJ IN ELEKTROMOTORJEV

O pridobivanju surovin in njenih okoljskih dilemah smo pisali že v poglavju 4.2. Vendarle pa je potrebno odpreti še nekatere druge vidike pridobivanja surovin.

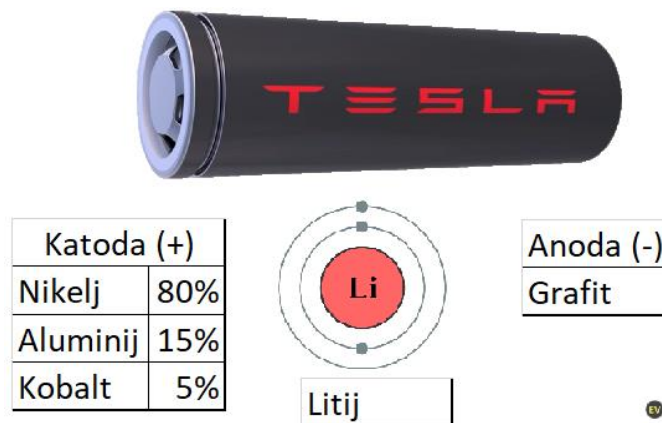
8.1 REDKE KOVINE ZA MOTORJE

Leta 2019 je 80 % vseh novih avtomobilov za izdelavo potrebovalo trajne magnete. Najpogosteje so narejeni iz redkih kovin neodim ali disprozij. Ti materiali so pogosto vezani z radioaktivnimi materiali kot na primer torij. Ločevanje materialov zahteva velike količine karcinogenih spojin, kot so sulfat, amonijak in klorovodikova kislina. Pri predelavi 1 tone redkih kovin lahko nastane do 2000 ton strupenih odpadkov. Proizvajalci vozil so seznanjeni s temi vprašanji in mnogi so podali izjave bodisi o odpravi bodisi o zmanjšanju redkih kovin v svojih električnih motorjih. Renaultov Zoe je zamenjal trajne magnete z bakrenimi navitji, BMW-jeva 5. generacija pogonskega sklopa je odpravila redke kovine, Audi pa se je za e-tron odločil za aluminijasti rotorski asinhronski motor. Številna podjetja, vključno z Bentleyjem, preiskujejo tudi preklopne reluktančne motorje za EV, ki v svojih rotorjih ne potrebujejo magnetov ali bakra. Motorji s trajnimi magneti imajo običajno boljši izkoristek v običajnih voznih razmerah kot njihove alternative, kar lahko posledično poveča doseg vožnje. Iz tega razloga smo pri Tesli videli prehod iz uporabe bakrenih asinhronskih motorjev (Model S in X) na uporabo motorjev s trajnimi magneti »IPM-SynRM« v modelih 3 in Y. Poleg tega je kitajski trg EV največji na svetu in zaradi nadzora redkih kovin večina kitajskih vozil uporablja motorje s trajnimi magneti [49].

8.2 KOVINE ZA BATERIJE

Za primer predstavimo sestavo ene izmed najpogostejših Li-ion baterij, NCA, podjetja Tesla, ki potrebuje obliko Litijev hidroksid (LiOH). Cena litija je dokaj nizka in stabilna. V Li-ion bateriji je vsebnost litija le 2 %. Tehnično bi se njihova baterija morala imenovati Nikelj-grafit. Glavna surovina v katodi oz. v celi bateriji je nikelj, v anodi pa sintetični grafit s silicij-oksидnim premazom (SiO₂), nekaj je tudi kobalta in aluminija [50].

Iz slike 8.1 je razvidna sestava Teslinih baterij, ki so trenutno največ v uporabi. Anoda je iz grafita, katoda pa 80 % iz niklja, 15 % iz aluminija in 5 % iz kobalta.



Slika 8.1: Sestava Teslinih baterij [50]

Za izdelavo baterij potrebujemo različne materiale. Opisali bomo najpomembnejše:

- LITIJ

Litija (Li) je na svetu veliko, saj je tretji najpogostejši element v vesolju. V slani obliki je prisoten skoraj povsod. Litij je ključnega pomena pri izdelavi baterij za pametne naprave in električne avtomobile. Njegove baterije so dosti lažje in trajnejše od klasičnih. Litij je pomembna kovina v vseh zmogljivejših akumulatorjih, saj ima 2 ključni lastnosti. Ima sposobnost prenosa visokih vrednosti energije ter ima najmanjšo atomsko relativno maso med kovinami (vrednost 6, 941). Prvič je delo z litijem omenjeno leta 1912, čeprav so ga

množično začeli uporabljati šele 60 let pozneje. Uporablja se v avtomobilski industriji, letalstvu, proizvodnji keramičnih in steklenih produktov ter v medicini. Litij je v baterijah ključnega pomena kot prenašalec energije. Ko je baterija polna, litijevi ioni potujejo od anode (negativne elektrode) h katodi (pozitivni elektrodi) ter obratno, ko se polni. Tedaj zbiralec električnega naboja pridobi energije iz litijevega iona [51].

- KOBALT

Kobalt so, v primerjavi z litijem, odkrili veliko prej, v letu 1738. Pridobivajo ga kot stranski produkt rudarjenja niklja in bakra. Uporablja ga v Li-ion baterijah kot material katode, v magnetih in hitrih rezilih. Poleg tega se uporablja v reaktivnih motorjih ter plinskih turbinah. Kobalt najdemo tudi v človeškem telesu v vitaminu B12. Omenjena kovina je pomembna pri polnjenju baterije; ko pride do spremembe oksidacijskega stanja s ciljem, da oksid katode, iz katere se pomika pozitivni litijev ion k anodi, ohranja nevtralnost in hkrati sposobnost porabe energije [52].

- ALUMINIJ

Aluminij so odkrili leta 1825. V zemljini skorji ga najdemo v 8 % in je eden od najpogosteje uporabljenih elementov. V zgolj 100 letih je bilo proizvedeno 29 milijonov aluminija, od tega 7 milijonov recikliranega. Recikliranje te kovine je ekonomično, ker ta proces zahteva le 5 % proizvodne energije in ne prihaja do razlik v kvaliteti. Med drugim ga uporabljamo v alufoliji in v električnih kablji. Uporaben je tudi v kombinaciji z drugimi elementi, še zlasti zaradi nizke teže in trdnosti [53].

- MANGAN

Mangan najdemo v vsakem živem organizmu. Ljudje so ga uporabljali že 30 000 let nazaj v barvah, s katerimi so slikali poslikave v jamah. Pozneje so ga začeli uporabljati za odstranjevanje blede zelene barve naravnega stekla. Mangan je krhka kovina, zaradi česar ga ne uporabljamo kot krhko kovino, pač pa kot zlitino v jeklu. Slednjemu daje trdnost in odpornost. Zlitina mangana in jekla je zelo trda in se uporablja pri gradnji železniških prog, za sefe, orožje in za zaporniške rešetke [54].

- NIKELJ

Nikelj so ljudje uporabljali že 200 let pred našim štetjem, in sicer namesto železa, saj ne rjavi. Tako nikelj kot tudi železo sta sestavna elementa meteoritov. Nikelj so prvič proizvedli leta 1775. Njegova ključna lastnost je, da preprečuje korozijo, tudi ko gre za višje temperature. K drugim kovinam ga dodajajo, da jih ščiti in ohranja. S tem namenom ga uporabljamo tudi v električnih pečicah in toasterjih [55].

- GRAFIT

Prva uporaba grafita seže 4000 let pred našim štetjem, ko so ga uporabljali kot barvo v lončarstvu. Grafit je alotropska modifikacija ogljika. Sedaj se uporablja v svinčnikih, mazivih, električnih baterijah, fotovoltaičnih celicah ... Je dober prevodnik toplote in električne energije [56].

- SVINEC

Svinec so začeli pridobivati že 6000 let nazaj v Peruju. Sprva so ga uporabljali kot barvilo za slike, zatem pa so Rimljani iz njega izdelovali vodovodne inštalacije, kovance ter krste. Uporabljali so ga tudi za glazure, kot barvo za lase in pesticid, a so ga kmalu prenehali uporabljati na ta način, saj so spoznali, da je škodljiv za zdravje. Dandanes ga uporabljamo v vozilih z MNZ in v manjši meri tudi v EV. Prav tako je uporaben kot zaščita proti radiaciji, v utežeh in municiji. Velika Britanija ga kar 40 % pridobiva z recikliranjem baterij in cevi [57]. V slovenskem podjetju TAB že vse od leta 1965 proizvajajo različne vrste svinčenih baterij. Svinec pridobivajo v Rudniku Mežica, kjer predelujejo svinec že več kot 350 let [58].

8.3 REDKE KOVINE ZA BATERIJE

Gre za elemente, ki jih uporabljajo v visoki tehnologiji. Še pred nekaj desetletji niso bili tako iskani. Največkrat jih imenujemo redke kovine, kar je dokaj ustrezen izraz, saj največkrat res gre za kovine. Lahko bi jih poimenovali celo redke zemlje, kar bi bil dobeseden prevod iz angleške besedne zveze "rare earths". Beseda »redek« je zgodovinskega izvora. Te kovine so si po lastnostih zelo podobne in jih je težko povsem

izolirati. Njihova uporaba dolgo ni bila znana. Dandanes vemo, da jih v naravi ni tako malo, da bi jih zaradi tega imenovali redke kovine [59].

Najpogosteje v to skupino umeščamo 14 elementov iz skupine lantanoidov ter elemente skandij (Sc), itrij (Y) in lantan (La).

Ti elementi so ključnega pomena v računalniški industriji, industriji telekomunikacij ter v medicini. Prav tako so vse bolj pomembni v vojaški industriji in v »zelenem gospodarstvu«.

Uporabljamo jih pri proizvodnji računalnikov, tablic, pametnih telefonov in digitalnih fotoaparatorov, laserjev, telefonskih baznih postaj, vetrnih turbin, naprav v medicinski diagnostiki, satelitov ipd. Kar je pomembno za našo nalogo, je to, da so nepogrešljivi v proizvodnji EV [59].

Ti elementi so skandij (Sc), itrij (Y), lantan (La), cerij (Ce), prazeodim (Pr), neodim (Nd), prometij (Pm), samarij (Sm), evropij (Eu), gadolinij (Gd), terbij (Tb), disprozij (Dy), holmij (Ho), erbij (Er), tulij (Tm), iterbij (Yb), lutecij (Lu) [59].

V nadaljevanju bomo opisali tiste, ki so pomembni v industriji EV.

Neodim (Nd) uporabljamo pri izdelavi močnih permanentnih magnetov v kopenskih vozilih in letalih, slušalkah, mikrofoni, računalniških diskih ter IR laserjih.

Samarij (Sm) uporabljamo za izdelavo močnih magnetov v proizvodnji vozil ter v vojaški industriji. Prav tako je uporaben za uravnavanje reakcij v jedrskih reaktorjih ter pri obsevanju rakavih bolnikov.

Evropij (Eu) uporabljamo v spojinah s fosforjem, in sicer za izdelavo barvnih zaslonov markerjev, kot na primer na evrskih bankovcih za preprečevanje ponarejanja.

Gadolinij (Gd) uporabljamo v jedrskih reaktorjih in nevtronski radiografiji ter pri označevanju tumorjev. Prav tako se uporablja pri magnetni resonanci v medicini, pri merjenju kostne gostote in diagnozi rakavih obolenj [59].

Disprozij (Dy) je zelo uporaben element. Poleg holmija ima najmočnejše magnetne lastnosti. Uporabljamo ga v računalniških diskih in v elektromotorjih v električnih avtomobilih. Uporablja se tudi v laserjih in varčnih sijalkah.

Pri večini teh elementov so bogata nahajališča prava redkost, zato jih je potrebno pridobivati iz rud z zelo majhno koncentracijo želenih elementov. Naziv »redek« tako izhaja tudi iz zahtevne tehnologije pridobivanja [59].

Lantanoide pridobivamo iz minerala minacit, ki sestoji iz primesi lantanoidov. Pri pridobivanju le-teh gre za dolgotrajne kombinacije kemijskih in fizikalnih postopkov. Gre za »umazano« in ekološko obremenjujočo kemijsko industrijo, zaradi česar so se mnoge razvite zahodne države tej proizvodnji odpovedale. Okoljska zakonodaja bi namreč ceno še dvignila. Poleg tega se je zaradi cenejše delovne sile in nižjih okoljskih standardov ta proizvodnja preselila na Kitajsko. Kitajska je s tem pridobila monopol nad večino redkih elementov in tako je postala največja proizvajalka redkih elementov, čeprav razpolaga z manj minerali kot na primer Rusija. Slednja ima po oceni 20 % svetovnih zalog, v primerjavi s Kitajsko, ki ima 12 % svetovnih zalog. Veliko povpraševanje in monopol nad proizvodnjo je močno dvignil cene teh kovin. Med letoma 2015 in 2016 je cena tone litija prešla iz 500 dolarjev na več kot 15000 [59].

Do težav prihaja pri recikliranju teh elementov pri odsluženih napravah. Reciklaža je draga in tehnološko zahtevna. V Evropi smo, v primerjavi z Japonsko, manj uspešni, saj z recikliranjem pridobimo le 1 % elementov, potrebnih za proizvodnjo. Na Japonskem z recikliranjem namreč pridobijo 10 % redkih kovin. Tako kot pri ostalih naravnih neobnovljivih virih je tudi pri redkih kovinah poraba le enosmerna in gre v vedno večjo potrošnjo, zaradi česar prihaja do vse pogostejših ekonomskih in političnih nesoglasij [59].

9 SISTEM OD VOZILA DO OMREŽJA (V2G)

Vse pogostejši so razmisleki v smeri uporabe hranilnikov v EV, za ogrevanje pametnih domov in stabilizacijo energetskega sistema. V prihodnosti bi si namreč želeli, da bodo vozila lahko pokrivala potrebe po mobilnosti in hkrati energetske potrebe posameznika in celotne družbe. Takšna vozila bi imela mnoge prednosti, kot na primer nudenje rezerve energije ob prekinitvah ali izpadih dobave električne energije in možnost za delovanje avtonomnih otočnih energetskega sistemov, ne vključenih v elektroenergetski sistem. Z energetskega vidika je integriran baterijski usmerniški sklop tisti, ki nudi oziroma bi nudil priložnost za integracijo v obstoječ sistem električnega omrežja, s poslovnega vidika pa je to še ena možnost integracije v tržišče električne energije.

Za pospeševanje zelene transformacije na področju mobilnosti je ključno sodelovanje med različnimi področji, kot so logistika, avtomobilska in finančna industrija za razvoj plačilne infrastrukture, regulatorni organi, ki omogočajo pravilno izvajanje in vnos teh poslovnih modelov, ter energetska industrija, ki skrbi za prehod na nizkoogljične tehnologije. Prav tako ne smemo pozabiti jedrske tehnologije z večjimi hranilniki in s pametnimi omrežji za pravilno delitev energije ter mikroproizvodnje iz OVE, vključujoč podporo hranilnikov, še posebej na distribucijskem omrežju [60].

V teoriji naj ne bi bilo težav glede sodelovanja in povezovanja med različnimi področji. Če imamo enotno platformo EV, ki zmorejo avtonomno vožnjo, se lahko priključijo kjerkoli in kadarkoli, plačujejo ter uravnavajo stabilnost električnega omrežja. Vseeno si oglejmo izzive.

Strojna, komunikacijska in upravljalna raven izmenjave podatkov med vozilom in polnilnico ter med oblikami priključkov zagotavljajo dva standarda, ki podpirata dvosmerno polnjenje hranilnikov EV. Gre za Chademo in CCS (Combined Charging

System). Chademo omogoča enosmerno polnjenje (DC), pri čemer je razsmernik v polnilni napravi; le-ta nudi tudi komunikacijo in upravljanje. CCS pa še dodatno omogoča polnjenje z izmeničnim tokom (AC). Toda ta dva standarda za proizvajalce predstavljata tudi negotovost z vidika izbire tehnologije ter stroškov za implementacijo. Razsmernik se namreč lahko integrira v polnilnico ali v vozilo oziroma celo v oboje v primeru kombiniranih sistemov. Ker proizvajalci ne želijo tvegati, se pogosteje odločajo za CCS priključek (vključujoč Teslo), saj zaradi sprememb direktiv in standardov Evropske unije raje izberejo način, da implementirajo vse. Zavedati pa se je potrebno, da ta sistem viša ceno vozil in nekoliko zaplete implementacijo ob upoštevanju vseh pravil v elektroenergetski industriji [60].

Pilotne raziskave vozil kot hranilnikov se največkrat osredotočajo na Chademo priključek. To pomeni, da se pretvornik AC/DC nahaja v polnilni napravi, zaradi česar je vozilo cenejše. Kljub temu je cena izvedbe celotnega sistema enaka, kot če bi bil pretvornik v vozilu. Vendarle sta lažji implementacija in prilagoditev elektroenergetskim zahtevam za priključitev naprav. Nekatera podjetja so poiskala rešitve. Nissan ima integriran enofazni polnilec za AC-polnjenje preko priključka Mennekes Type 2, ki pa ne omogoča dvosmernega polnjenja. Pri Tesli in evropskih proizvajalcih vozil kot rešitev predstavljajo CCS2, ki prav tako omogoča počasno polnjenje preko priključka Mennekes Type 2. CCS2 potencialno omogoča dvosmerno polnjenje na dva načina, in sicer preko integriranega pretvornika v vozilu kot tudi preko pretvornika v polnilnici [60].

Še en izziv pri priključevanju naprav na omrežje so striktne direktive in akti v različnih državah. V Evropski uniji jih imenujemo "Grid Code", ki definirajo protokole proizvodnje in porabe in primerne zaščite ter pogoje za priključevanje naprav na električno omrežje. Največ razhajanj je na distribucijski ravni, kar predstavlja nenehno prilagajanje in oblikovanje različnih "Grid Code" ter spreminjanje protokolov delovanja, upoštevajoč posamezno državo. V Sloveniji to upravlja SONDO – Sistemska obratovalna navodila za distribucijsko omrežje električne energije. Razmisleki v smeri prostega dostopa, ki bi omogočal konfiguracijo parametrov delovanja in prilagajanja operaterjem omrežij na daljavo (preko programskega protokola API) ali lokalno, se trenutno še ne kažejo v smeri

realizacije, saj proizvajalci zunanjim partnerjem ne dovolijo vpogleda in upravljanja. Odgovornost za delovanje vseh sklopov vozila in zagotavljanje nemotenega delovanja v celotni življenjski dobi vozila je prevelika, še zlasti zaradi hranilnikov litijeve tehnologije, ki so lahko nevarni ob neprimerni uporabi [60].

Naj zaključimo z razmislekom Kavaliča, ki pravi, da EV niso le hranilniki električne energije, ampak omogočajo tudi njen prenos. Kot rešitev vidi spremembo koncepta, in sicer iz poimenovanja Vehicle to Grid (V2G) v VasG (avtomobil kot omrežje) [60].

Koncept V2G uporabnikom poleg vse večjih potreb po električni energiji omogoča manjši posredni zaslužek na račun oddaje presežne elektrike. V Veliki Britaniji sta podjetje DriveElectric (ki se ukvarja z najemom in leasingom električnih vozil) in Nichicon Corporation (ki proizvaja opremo za izmenjavo električne energije med avtomobili in električnim omrežjem) pričela sodelovanje v projektu, s pomočjo katerega lahko uporabniki EV prejmejo vračilo električne energije iz vozila, ki je v tistem trenutku ne potrebujejo, le-ta pa gre nazaj v omrežje. Ključen napredek celotnega sistema je ta, da bi elektriko, s katero so uporabniki vozilo napolnili ponoči, ko so potrebe po električni energiji nekoliko manjše, njena cena pa posledično nižja, v sistem vračali podnevi, ko so ljudje v službah, zaradi potreb industrije pa je poraba in cena elektrike višja [61].

Dobra praksa izdelave hranilnikov energije prihaja z Nizozemske. Na stadionu Johan Crujff Arena so za izdelavo hranilnika energije uporabili tako nove kot tudi rabljene baterije avtomobila Nissan Leaf. Baterije prispevajo k upravljanju energije, proizvedene s 4.200 sončnimi paneli na strehi stadiona, moči 1 MW. Poleg tega se bo zaradi njih zmanjšala potreba po dizelskih agregatih in zmanjšale bodo konično porabo med koncerti in tekmami. Baterije bodo omogočale sistemsko rezervo ter sodelovale pri stabilizaciji elektroenergetskega omrežja [21].

Dimenzije baterijskega sistema so 3 MW in kapacitete 2,8 MWh, kar zadostuje za napajanje tisočih gospodinjstev. Sistem združuje pretvornik električne energije Eaton in približno 148 baterij avtomobila Nissan Leaf, ki areni zagotavljajo lastno oskrbo z energijo

za uporabo v objektu, poleg tega pa lahko zagotovijo rezervno moč. Kot že zapisano, bo to lahko zmanjšalo obremenitev nacionalnega omrežja in zmanjšalo porabo energije med tekmami in koncerti. Poleg tega je v areni zagotovljena precejšnja količina energije tudi med izpadi. Tako bo stadion prispeval k stabilnejšemu nizozemskemu energetskega omrežju in pokazal dobro prakso uvajanja tovrstnih pametnih inovacij za shranjevanje energije. Stadion ponuja tudi druge ekološke prednosti, kot na primer uporabo deževnice za namakanje travnate površine, LED razsvetljava, lastno vetrno turbino in polnilnice za EV. Od tega naj bi 2.000 parkirnih mest opremili z inteligentno pametno polnilno infrastrukturo, ki bo omogočala V2G. Tako bodo lahko obiskovalci tekem še dodatno prispevali k stabilizaciji omrežja [62].

10 ŽIVLJENJSKI CIKLUS BATERIJ – RECIKLIRANJE

Eden od glavnih problemov zelenih tehnologij je proces recikliranja. Naj kot primer navedemo vetrne turbine, ki imajo življenjsko dobo približno 20 let. V Nemčiji so leta 2000 pričeli s prvimi masovnimi inštalacijami vetrnih turbin in fotovoltaičnih elektrarn. Sedaj smo priča demontaži prvih inštalacij. Samo v Nemčiji je sedaj potrebno reciklirati med 20.000 in 30.000 tonami lopatic vetrnih turbin letno, kar predstavlja nov problem. Ključno je vprašanje, kaj narediti z redkimi kovinami, ki so v izrabljenih električnih baterijah, sončnih panelih, rotorjih vetrnih turbin. Zaradi pomanjkanja investicij, navkljub njihovi redkosti, jih večina sploh ni recikliranih. Če jih ne recikliramo, je to zaradi tega, ker je recikliranje dražje od rudarjenja. Poleg tega večine teh kovin, kot so na primer indij, galij, germanij, selen, tantal, ne znamo reciklirati [36].

EV potrebuje Li-ion baterije, za katere pa še ni dodelan reciklažni sistem. Četudi slednje niso tako škodljive za okolje, jih je zaradi zapletene strukture težko reciklirati. Recikliranje baterij bo v prihodnosti v avtomobilski industriji ključnega pomena, ker bomo s tem procesom pridobili okoljske in ekonomske koristi. Poleg zmanjšanja onesnaževanja, ki nastane pri rudarjenju redkih kovin, še zlasti bakra, niklja in kobalta, zmanjšamo potrebno količino novo pridobljenih pomembnih kovin. Recikliranje na nacionalni ravni povzroči, da se zmanjšuje uvoz redkih kovin, kar izboljšuje plačilno bilanco. Vendarle ima recikliranje tudi negativni vpliv na okolje, a je v večini primerov manjši kot pri sami proizvodnji [63].

Glavna podjetja za recikliranje so [64]:

- Umicore,
- Neometals,
- Glencore,
- Li-Cycle,

- Redwood Materials,
- Duesenfield.

Recikliranje Li-ion baterij je nekoliko bolj zapleteno kot recikliranje svinčenih ali Ni-MH baterij. Li-ion baterije imajo kompleksnejšo strukturo, zaradi česar je recikliranje dražje, hkrati pa bolj onesnažuje okolje. Li-ion baterija ima 100 ali več celic (v primeru Tesle 5000), za razliko od svinčenih akumulatorjev, ki vsebujejo relativno majhno število svinčenih plošč [63].

Prvi del recikliranja je pri vseh podjetjih enak. Potrebno je preveriti, da so baterije varno izpraznjene, nato jih zmeljejo v črno zmes. Pri tem procesu ločijo plastiko, baker, aluminij, tako da ostanejo v zmesi le litij, mangan, kobalt. Zatem to odpošljejo v procesne obrate, da ločijo ene od drugih.

Poznamo 2 glavna procesa recikliranja:

- Hidrometalurgijo – Uporablja kemikalije (gre za varen in čist proces, ki ga med drugim izvajajo v podjetjih American Manganese in Duesenfield) [64].
- Pirometalurgijo – Kot možnost recikliranja Li-ion baterij se uporablja taljenje pri zelo visokih temperaturah. V tem primeru se s sežigom plastike in elektrolita ustvari energija za taljenje; pri tem dobimo zlitine kobalta, bakra, niklja in železa. Iz slednjih z izpiranjem pridobivamo čiste omenjene kovine [63]. Izvaja ga na primer podjetje Redwood Materials [64].

Problemi so tudi pri sami proizvodnji baterij, ko nastajajo razni odrezki, baterije, ki ne prestanejo kakovostnega testa, proizvodne napake. Tega je lahko tudi 30 %, zato je nujno, da se te materiale reciklira. V podjetju American Manganese jim je uspelo v patentu reciklirati med 99,7 % in 100 % litija, niklja, mangana, kobalta in aluminija [64].

JB Straubel je leta 2019 zapustil Teslo, da je ustanovil reciklažni center Redwood Materials. Pravi, da se materiali lahko neštokrat reciklirajo. Atomi materialov se nič ne

izrabijo, razen malenkosti, ki se izgubijo med recikliranjem. Za recikliranje uporablja pirometalurgijo. Podjetje je že profitabilno. V njegovem reciklažnem centru je možno reciklirati naslednje kovine:

- litij več kot 80 %,
- nikelj 95–98 %,
- kobalt 95–98 %,
- baker 95–98 %,
- aluminij 95–98 %,
- grafit 95–98 %.

Ker z recikliranjem ne dobimo nazaj dovolj litija, da bi postali samozadostni, ga je še vedno potrebno rudariti. Poleg tega je dandanes ceneje rudariti litij, kot ga reciklirati, kar je predvideno še za naslednjih 10 let [65]. Prav tako je pomembno tudi recikliranje niklja, ki povzroči med 60 in 70 % manj ogljika, v primerjavi z rudarjenjem. Že samo zaradi tega se recikliranje splača [66].

V življenjskem ciklu baterije gre za hierarhijo v zaporedju različnih možnih scenarijev, in sicer za [67]:

- ponovno uporabo v enaki vrsti aplikacije,
- ponovno uporabo v drugi vrsti aplikacije oziroma kaskadno uporabo,
- predelavo ali prenovo,
- recikliranje,
- odlaganje.

11 ZAKLJUČEK

Diplomsko delo obravnava številne dileme sodobnega sveta, ki vse bolj stremi k nizkoogljični družbi. Pomembni dejstvi sta tudi, da so zaloge fosilnih goriv omejene in da je nujno omejiti globalno segrevanje, kot posledico izpustov toplogrednih plinov. Namen diplomskega dela je bil prikazati prednosti in analizirati EV kot možno rešitev pri prehodu v nizkoogljično družbo, kakor tudi osvetliti težave, ki jih povzroča njihovo masovno uvajanje.

Ugotavljamo, da so slabosti prehoda na EV vezane na okoljske dileme. Delovanje rudnikov, ki pridobivajo nujno potrebne surovine za izgradnjo EV, je pogosto okoljsko problematično, glede na lokacijsko oddaljenost od razvitega sveta lahko tudi nezakonito. O takšnih primerih poročajo številni predvsem tuji mediji, kot na primer izkoriščanje delovne sile v Kongu. Kar se tiče obljube o majhnem vplivu ljudi na naravo, se bomo srečevali s številnimi ovirami. Potrebe po novih redkih kovinah bodo znova uničevale naš planet. Prav tako smo kot slabost pri masovnem uvajanju EV omenili samo izgradnjo polnilne infrastrukture, ki zahteva veliko materiala, še zlasti bakra. Nenazadnje smo spomnili tudi na ogljični odtis EV, predvsem zaradi proizvodnje baterij in neodima za elektromotorje. Dotaknili smo se problemov, ko povečanje števila EV hkrati občutno poveča potrebe po električni energiji, kar negativno vpliva na obremenitve elektroenergetskega omrežja. Lahko pride do nestabilnih napetosti, pregrevanja transformatorskih postaj ter preobremenitve omrežja.

Na tem področju potekajo izboljšave s pametnim polnjenjem EV, sistemom V2G ter shranjevanjem električne energije v baterijah. V nalogi smo prikazali tudi nekaj dobrih praks, kot je primer obravnave EV na Norveškem in energetske upravljanje stadiona v Amsterdamu. Kot glavna pozitivna spoznanja bi na tem mestu omenili opuščanje rabe

fosilnih goriv, zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov in s tem ohranjanje kakovosti zraka, ob predpostavki, da so viri električne energije za EV pridobljeni iz OVE ali pa vsaj nizkoogljivi. Poleg tega je pomembna prednost ta, da so slednja vozila tišja, čeprav je z vidika varnosti to lahko problem, če tišja vozila pešci in kolesarji ne zaznajo pravočasno.

Tako v globalnem smislu, kot tudi v Sloveniji število EV narašča. V zadnjem desetletju smo imeli eksponentno rast novih nakupov EV, takšni so tudi obeti za prihodnost. Obravnavali smo 2 možna scenarija rasti, ki predvidevata rast BEV in PHEV iz sedanjih 10 milijonov na 120- do 230 milijonov vozil do leta 2030.

Ugotovili smo tudi, da bodo potrebe po baterijah za EV naraščale v sorazmerju s proizvodnjo novih EV. Do leta 2030 se bo morala proizvodnja povečati za faktor 10 ali celo 20. EV bodo porabila predvidoma 85 % celotne proizvodnje baterij.

Kljub vsem problemom, ki jih na novo odpira uvajanje EV, je prehod na nizkoogljivi družbo obvezen. Osnova za prehod na EV je prehod na OVE, saj eno brez drugega ni smiselno.

EV bi bila prava rešitev, če bi se za njihovo uporabo posluževali pretežno OVE. Kot vemo, OVE (sonce, veter) niso vedno razpoložljivi, zato jih je v času viškov smiselno shranjevati. Kot učinkovite hranilnike bi lahko uporabljali EV, saj vozila več kot 95 % časa stojijo in bi lahko bila v tem času energetske koristne.

Diplomsko delo je pokazalo, da ne moremo enoznačno odgovoriti, ali so EV zgolj rešitev ali zgolj težava. Zagotovo prinašajo nekatere prednosti oziroma izboljšave, vendarle pa se je težko izogniti slabostim in negativnim posledicam. Uvajanje EV predstavlja vmesno fazo do novih tehnoloških preskokov, ki bodo omogočile pravi prehod v brezogljivi družbo. Z razvojem znanosti bo potrebno še nadalje skrbeti za čim bolj učinkovito zmanjševanje negativnih posledic na okolje, ki jih povzroča vedno večja človeška potreba po energiji.

VIRI IN LITERATURA

- [1] *Direktiva 2007/46/ES Evropskega Parlamenta in Sveta.* (5. 9. 2007). Dosegljivo: <https://op.europa.eu/sl/publication-detail/-/publication/665df77e-3f06-4351-8447-04b631d13446/language-sl>. [datum dostopa: 15. 6. 2021].
- [2] *Revizijsko poročilo: Udejanjanje e-mobilnosti.* (19. 8. 2020). Dosegljivo: https://www.rs-rs.si/fileadmin/user_upload/Datoteke/Revizije/2020/E-mobilnost/E-mobilnostSP16-19_RevizijskoP.pdf. [datum dostopa: 30. 6. 2021].
- [3] B. Vimpolšek. *Izbira ustreznega pogonskega goriva kot vzvoda trajnostne oblike mobilnosti:* magistrsko delo. Maribor: Fakulteta za logistiko, 2011. Dosegljivo: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=18034&lang=slv>. [datum dostopa: 15. 6. 2021].
- [4] M. Alkalaj, R. Mihalič, L. Valenčič, »Elektrifikacija prometa z osebnimi avtomobili – zakaj?«, *Življenje in tehnika*, št. 23, str. 21–28, september 2018.
- [5] B. Perše. *Organizacijski model vpeljave električnih vozil v Republiki Sloveniji:* diplomsko delo. Maribor: Fakulteta za organizacijske vede, 2015. Dosegljivo: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=47879>. [datum dostopa: 15. 6. 2021].
- [6] J. Cukjati. *Upravičenost uvedbe elektromobilnosti osebnega prometa v Sloveniji:* diplomsko delo. Ljubljana: Višja strokovna šola ICES, 2019.
- [7] J. Šujica. *Autobest: preizkus dometa električnih avtomobilov.* (24. 7. 2018). Avto magazin. Dosegljivo: <https://avto-magazin.metropolitan.si/novice/autobest-pripravi-prvi-pravi-preizkus-dometa-elektricnih-avtomobilov/>. [datum dostopa: 14. 6. 2021].
- [8] B. Blažič, I. Papič., A. Božiček, L. Herman, M. Kolenc, M. Pantoš, D. Vončina. *Sinergije zelene energije v prometu: Študija.* Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, 2015.

- [9] *How Do Hydrogen Fuel Cell Vehicles Work?* (25. 2. 2015). Union of Concerned Scientists (2019). Dosegljivo: <https://www.ucsusa.org/resources/how-do-hydrogen-fuel-cell-vehicles-work#.W93Sr5NKjIU>. [datum dostopa: 14. 6. 2021].
- [10] J. Holding. *What is a range extender and how do they work?* (4. 6. 2021). Driving Electric. Dosegljivo: <https://www.drivingelectric.com/your-questions-answered/322/what-range-extender>. [datum dostopa: 14. 6. 2021].
- [11] Lithium-ion battery. Wikipedia. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [12] V. Mitrache. *Tesla Introduces New 4680 Battery Cell, Claims 54 Percent Overall Range Boost.* (23. 9. 2020). autoevolution. Dosegljivo: <https://www.autoevolution.com/news/tesla-introduces-new-4680-battery-cell-claims-54-percent-overall-range-boost-149099.html#>. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [13] Tesla's Lithium Iron Phosphate Batteries (LFP) Explained. Youtube. Dosegljivo: <https://www.youtube.com/watch?v=WkFJR2odflik>. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [14] F. Lambert. *Elon Musk says Tesla is shifting more electric cars to LFP batteries over nickel supply concerns.* (26. 2. 2021). Electrek. Dosegljivo: <https://electrek.co/2021/02/26/elon-musk-tesla-shifting-more-electric-cars-lfp-batteries-nickel-supply-concerns/>. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [15] P. Humar. *Baterija BYD Blade je bolj odporna na poškodbe in vročino.* (1. 4. 2020). Avtomobilizem. Dosegljivo: <https://www.avtomobilizem.com/novice/baterija-byd-blade-je-bolj-odporna-na-poskodbe-in-vrocino/01-04-2020/>. [datum dostopa: 1. 7. 2021].
- [16] *Baterije prihodnosti.* Strojnik. Dosegljivo: <https://strojnik.si/baterija-prihodnosti/>. [datum dostopa: 1. 7. 2021].
- [17] B. Železnik. *Snov, ki bo (mogoče) spremenila svet.* (16. 9. 2016). Delo. Dosegljivo: <https://old.delo.si/gospodarstvo/finance/snov-ki-bo-mogoce-spremenila-svet.html>. [datum dostopa: 1. 7. 2021].

- [18] M. Spasenovic. *The Price Of Graphene*. Graphenea. Dosegljivo: <https://eu.graphenea.com/pages/the-price-of-graphene#.YUDNUn1vFPY>. [datum dostopa: 1. 7. 2021].
- [19] Y. Preger. *Degradation of Commercial Lithium-Ion Cells as a Function of Chemistry and Cycling Conditions*. Journal of The Electrochemical Society. (2. 9. 2020). Dosegljivo: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1945-7111/abae37/pdf>. [datum dostopa: 13. 9. 2021].
- [20] D. Papler, »Elektromobilnost je prihodnost prometa«, *EGES*, let. 22, št. 3, str. 5, 2018.
- [21] M. Medved, (2021). *Energetski viri: Gradivo za predavanja* [PowerPoint]. Krško: Fakulteta za energetiko.
- [22] C. Buchal, H.-D. Karl, H.-W. Sinn. *Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz?* (25. 4. 2019). FORSCHUNGSERGEBNISSE. Dosegljivo: <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2019-08-sinn-karl-buchal-motoren-2019-04-25.pdf>. [datum dostopa: 26. 8. 2021].
- [23] *Greenhouse gas emission intensity of electricity generation*. (11. 6. 2021). European Environment Agency. Dosegljivo: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-8/#tab-googlechartid_googlechartid_chart_111_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre_config_date%22%3A%5B2018%3B2019%5D%7D%7D. [datum dostopa: 31. 8. 2021].
- [24] A. Hoekstra. No, diesel is not better for the environment than electric (30.4.2019). Innovation Origins. Dosegljivo: <https://innovationorigins.com/en/diesel-better-than-electric/>. [datum dostopa: 31. 8. 2021].
- [25] D. Motaln. *Konstrukcija in regulacija električnih vozil*: diplomsko delo. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2009.
- [26] S. A. Funke, P. Plötz in M. Wietschel, »Invest in fast-charging infrastructure or in longer battery ranges? A cost-efficiency comparison for Germany«, *Applied Energy*, št. 235, str. 888-899, februar 2019.

- [27] *Eko sklad, Električna in hibridna vozila.* Dosegljivo: <https://ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/elektrina-in-hibridna-vozila>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [28] *Electrification of the transport system. Studies and reports.* (30. 6. 2017). Dosegljivo: https://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm?doc_id=46368. [datum dostopa: 6. 7. 2021].
- [29] *Infrastruktura za alternativna goriva - Projekt IDACS: ID and Data Collection for Sustainable Fuels in Europe (EU Program: Instrument za povezovanje Evrope – Connecting Europe Facility).* (20. 7. 2020). Dosegljivo: <https://www.gov.si teme/infrastruktura-za-alternativna-goriva/>. [datum dostopa: 7. 7. 2021].
- [30] *Norwegian EV policy.* Norsk elbilforening. Dosegljivo: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>. [datum dostopa: 7. 7. 2021].
- [31] *Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic.* (april, 2021). INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Dosegljivo: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [32] »Varčujem z energijo«, *Revija Varčevanje energije*, št. 77, junij 2021. Dosegljivo: <https://www.revija.varcevanje-energije.si/revija-varcujem-z-energijo-st-77-junij-2021#!mop-118>. [datum dostopa: 5. 7. 2021].
- [33] H. Shareef, M. M. Islam, A. Mohamed, »A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles«, *Renewable and sustainable energy reviews*, št. 66, str. 403–420, oktober 2016.
- [34] O. Egbue, S. Long, V. A. Samaranayake, »Mass deployment of sustainable transportation: evaluation of factors that influence electric vehicle adoption«, *Clean Technologies and Environmental Policy*, št. 19, str. 1927–1939, junij 2017.
- [35] Z. Zhu, Z. Gao, J. Zheng, H. Du, »Charging station planning for plug-in electric vehicles«, *Journal of systems science and systems engineering*, št. 27, str. 24–45, julij 2017.

- [36] J.-L. Pérez, G. Piltron. *The dark side of green energies*. Grand Angle Productions. Francija, 2020.
- [37] *V Srbiji se krepijo protesti proti odprtju rudnika*. (31. 8. 2021). RTV Slovenija. Dosegljivo: <https://www.rtvlo.si/okolje/v-srbiji-se-krepijo-protesti-proti-odprtju-rudnika-litija/592426>. [datum dostopa: 6. 9. 2021].
- [38] A. Tan. *This Toxic Lake of Black Sludge Is the Result of Mining to Create Our Tech Gadgets*. (6. 4. 2015). ABC News. Dosegljivo: <https://abcnews.go.com/Technology/toxic-lake-black-sludge-result-mining-create-tech/story?id=30122911>. [datum dostopa: 1. 9. 2021].
- [39] M. Tomšič. *Temna stran industrije baterij, o kateri se skoraj ne govori*. (15. 11. 2017). Dosegljivo: <https://siol.net/digisvet/novice/temna-stran-industrije-baterij-o-kateri-se-skoraj-ne-govori-453384>. [datum dostopa: 13. 9. 2021].
- [40] M. Tomšič. *Da lahko uporabljamo telefone in vozimo tesle, za drobiž delajo v grozljivih razmerah*. (3. 10. 2016). Dosegljivo: <https://siol.net/digisvet/novice/da-lahko-uporabljamo-telefone-in-vozimo-tesle-za-drobiz-delajo-v-grozljivih-razmerah-426949>. [datum dostopa: 13. 9. 2021].
- [41] *Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji 2020*. (2021). Agencija za energijo. Dosegljivo: <https://www.agencija.si/documents/10926/38704/Poro%C4%8Dilo-o-stanju-na-podro%C4%8Dju-energetike-v-Sloveniji-v-letu-2020/6ef6ecb0-4e1c-4ead-83eb-7da6326cd77f> [datum dostopa: 1. 7. 2021].
- [42] *Global electric vehicle stock by transport mode, 2010-2020*. (23. 4. 2021). IEA. Dosegljivo: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-vehicle-stock-by-transport-mode-2010-2020>. [datum dostopa: 19. 8. 2021].
- [43] *Portal Gremona na elektriko*. Dobljeno: <https://www.gremonaelektriko.si/>. [datum dostopa: 16. 7. 2021].
- [44] *Emisijske evidence*. GOV. Dosegljivo: <https://www.gov.si teme/emisijske-evidence/>. [datum dostopa: 1. 9. 2021].

- [45] *Renewable energy sources*. Dosegljivo: <https://www.cen.eu/work/areas/energy/renewables/pages/default.aspx>. [datum dostopa: 6. 7. 2021].
- [46] E. Yurday. Average Car Mileage UK 2021. (30. 5. 2021). Nimble Fins. Dosegljivo: <https://www.nimblefins.co.uk/cheap-car-insurance/average-car-mileage-uk>. [datum dostopa: 26. 8. 2021].
- [47] W. Rudschies. *Verbrauch laut Bordcomputer: Exakt bis voll daneben*. (21. 7. 2020). Dosegljivo: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/autotest/bordcomputer-verbrauchswerte/>. [datum dostopa: 26. 8. 2021].
- [48] B. Alves. *Amount of electricity lost in transmission in the United Kingdom (UK) from 1970 to 2019*. (5. 7. 2021). Statista. Dosegljivo: <https://www.statista.com/statistics/550583/electricity-losses-in-transmission-uk/>. [datum dostopa: 26. 8. 2021].
- [49] J. Edmondson. *Will Rare-Earths be Eliminated in Electric Vehicle Motors?* (2. 11. 2020). IDTechEx. Dosegljivo: <https://www.idtechex.com/en/research-article/will-rare-earths-be-eliminated-in-electric-vehicle-motors/21972>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [50] *Is there enough Lithium in the world Elon Musk*. Youtube. Dosegljivo: https://www.youtube.com/watch?v=Vypl_LQBARE. [datum dostopa: 1. 9. 2021].
- [51] C. Daniel. *Materials and Processing for Lithium-ion Batteries*. (18. 9. 2008). Materials and Coatings. Dosegljivo: <https://www.tms.org/pubs/journals/JOM/0809/daniel-0809.html>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [52] K. Clemens. *Understanding the role of cobalt in batteries*. (22. 3. 2018). Design News. Dosegljivo: <https://www.designnews.com/electronics-test/understanding-role-cobalt-batteries>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [53] Aluminij. Wikipedia. Dosegljivo: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Aluminij>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].

- [54] Manganese [periodic table]. Wikipedia. Dosegljivo: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/25/manganese>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [55] Nickel [periodic table]. Wikipedia. Dosegljivo: <http://www.rsc.org/periodic-table/element/28/nickel>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [56] Graphite. Wikipedia. Dosegljivo: <https://en.wikipedia.org/wiki/Graphite>. [datum dostopa: 13. 9. 2021].
- [57] Lead [periodic table]. Wikipedia. Dosegljivo: <http://www.rsc.org/periodic-table/element/82/lead>. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [58] Rudnik Mežica. Wikipedia. Dosegljivo: https://sl.wikipedia.org/wiki/Rudnik_Me%C5%BEica. [datum dostopa: 21. 7. 2021].
- [59] D. Krnel, »Boj za redke in manj redke elemente«, *Naravoslovna solnica*, let. 21, št. 2, str. 4–5, zima 2017.
- [60] S. Kavalič. *Avtomobil kot hranilnik električne energije, bo to sploh kdaj mogoče?* (29. 10. 2019). Monitor. Dosegljivo: <https://www.monitor.si/clanek/avtomobil-kot-hranilnik-elektricne-energije-bo-to-kdaj-sploh-mogoce/193826/>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].
- [61] J. Šujica. *V Veliki Britaniji vzpostavljajo sistem za vračilo električne energije iz avtomobila nazaj v omrežje.* (20. 9. 2017). Plug IN. Dosegljivo: <https://avtomagazin.metropolitan.si/plugin/v-veliki-britaniji-vzpostavljajo-sistem-za-vracilo-elektricne-energije-iz-avtomobila-nazaj-v-omrzej/>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].
- [62] J. Billington. *Johan Crujff Arena switches on Europe's largest energy storage system created from EV batteries.* (4. 7. 2018). Stadia Magazine. Dosegljivo: <https://www.stadia-magazine.com/news/stadium-sustainability/johan-crujff-arena.html>. [datum dostopa: 31. 8. 2021].
- [63] L. Gaines. *The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course.* (15. 11. 2014). Dosegljivo: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214993714000037?token=827F717BFF50EDC964DE0257DDA03FF8DC8F7AE793993DF5AA1EAAA450A792F5A6DE788D348E187946971BFF29E53C12>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].

- [64] *Solving EV's Biggest Problem - Battery Recycling Explained*. Youtube. Dosegljivo: <https://www.youtube.com/watch?v=6w78-aSTIDY>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].
- [65] *An Ex-Tesla Exec's Plan to Recycle Your Batteries*. Youtube. Dosegljivo: <https://www.youtube.com/watch?v=xtVE111SoRw&t=0s>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].
- [66] *The EV Era Has Begun: Battery recycling as a future growth industry*. Dosegljivo: https://www.youtube.com/watch?v=zCiqK3_zX5I. [datum dostopa: 22. 7. 2021].
- [67] E. A. Olivetti, G. Ceder, G. G. Gaustad, X. Fu. *Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals*. (11. 10. 2017). Dosegljivo: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2542-4351%2817%2930044-2>. [datum dostopa: 22. 7. 2021].