

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**MANAGEMENT TRAJNOSTNIH VIROV ENERGIJE ZA
PRIHODNOST MOBILNOSTI**

Ljubljana, marec 2023

JAN BOŽIČ

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Jan Božič, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Management trajnostnih virov energije za prihodnost mobilnosti, pripravljene v sodelovanju s svetovalcem red. prof. dr. Tomažem Čaterjem

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 TRAJNOSTNI VIRI OBNOVLJIVE ENERGIJE	4
1.1 Splošno o obnovljivih virih energije.....	4
1.2 Sončna energija	6
1.3 Vetrna energija	7
1.4 Vodna energija	8
1.5 Jedrska energija	10
1.6 Električna energija in energija vodikovih celic ter biomas.....	11
2 RAZVOJ MOBILNOSTI IN NJEN VPLIV NA OKOLJE	15
2.1 Različne vrste mobilnosti skozi zgodovino	15
2.2 Učinki mobilnosti na okolje	17
2.2.1 Premik k trajnostni mobilnosti	18
2.2.2 Ukrepi trajnostne mobilnosti	20
2.2.3 Infrastruktura za alternativna goriva.....	25
3 UPRAVLJANJE PRIDOBIVANJA TRAJNOSTNIH VIROV ENERGIJE	27
3.1 Upravljanje trajnostnih virov energije (TVE) na Norveškem in v Kaliforniji	27
3.2 Model BEAM.....	33
3.3 Model PLEXOS.....	34
3.4 Strategija prevzemanja in polnjenja priključnih električnih vozil (PEV) s scenariji.....	36
3.4.1 Letni sistemski stroški adaptacije različnim scenarijem.....	45
3.4.2 Najboljši scenariji za zmanjšanje izpustov na predvideno raven	48
4 RAZVOJ TEHNOLOGIJE V AVTOMOBILSKI PANOZI V PRIHODNJE	54
4.1 Trenutno stanje tehnologij na področju mobilnosti in predlogi za prihodnost.....	54
4.2 Sinteza glavnih ugotovitev prihodnje najverjetnejše usmeritve avtomobilske panoge glede na smernice skrbi za okolje, zakonodaje in potrošništva	55
4.3 Časovnica predvidenega prehoda na mobilnost ničelnih toleranc.....	59
5 KRITIČNA TVEGANJA UPRAVLJANJA TRAJNOSTNIH VIROV ENERGIJE	62

5.1 Sinteza ugotovitev glavnih tveganj upravljanja s trajnostnimi viri energije	62
5.2 Predlagani možni ukrepi za zmanjšanje kritičnih tveganj.....	63
SKLEP.....	64
LITERATURA IN VIRI.....	65
PRILOGE	71

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava vhodnih stroškov za postavitev različnih tipov infrastruktur za alternativna goriva in stroškov goriva na kilometer v primerjavi s klasičnimi opcijama.....	26
Tabela 2: Glavni parametri modela PLEXOS	36
Tabela 3: Ključna predvidevanja po modelu BEAM z različnimi modeli vozil in lokacijami polnjenja.....	42
Tabela 4: Vsi scenariji povečevanja deleža PEV po modelu PLEXOS z različnimi načini upravljanja omrežja za polnjenje	43
Tabela 5: Podrobni skupni letni sistemski stroški v Kaliforniji za vse scenarije in rezultati načrtnega omejevanja obnovljivih virov energije	46
Tabela 6: Primerjava različnih lastnosti med najbolj priljubljenimi modeli osebnih vozil za vsako vrsto pogona.....	58
Tabela 7: Opredelitev glavnih tveganj upravljanja OVE in njihovega izvora.....	62
Tabela 8: Možni ukrepi za zmanjšanje potencialnih tveganj.....	64

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz delovanja osnovnega modela za premik k trajnostni mobilnosti.....	22
Slika 2: Koraki ukrepov modela znotraj določenega časovnega obdobja	22
Slika 3: Proizvodnja surove nafte na Norveškem	29
Slika 4: Smer razvoja trga vozil na Norveškem za obdobje 2011–2021, glede na vrsto pogona.....	30
Slika 5: Prikaz delovanja modela BEAM	34
Slika 6: BEAM simulacija prikazuje prilagodljivost trajanja polnjenja med tednom in povpraševanje po energiji glede na lokacijo in časovno dolžino polnjenja.....	39
Slika 7: Namenska omejitve čiste energije	40
Slika 8: Skupno delovanje modela BEAM in PLEXOS, ki vključuje vse scenarije	41
Slika 9: Skupni letni sistemski stroški za vse scenarije v Kaliforniji	45
Slika 10: Izognjeno povečanje skupnih stroškov sistema za vse scenarije glede na neupravljanje strategijo polnjenja PEV	47

Slika 11: Primer odpreme med večdnevnim zatišjem obnovljivih virov energije v portfelju z večdnevnim skladiščenjem	50
Slika 12: Letna namenska omejitev obnovljive energije (v GWh) za vsako strategijo polnjenja in vse scenarije sprejetja PEV	51
Slika 13: Najbolj verjeten scenarij prevzema PEV in znižanja emisij s štirimi ključnimi dejavniki	52
Slika 14: Strategija prehoda na ničelne izpuste emisij s pomočjo OVE do leta 2050	54
Slika 15: Simulacija postopnega prehoda v trajnostno mobilnost	58
Slika 16: Časovnica prehoda v brezogljivo družbo z vmesnimi cilji	61

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

BEAM – Model mobilnosti in polnjenja priključnih električnih vozil, temelječih na agentu

BEV – Baterijska električna vozila

CAISO – Neodvisni operater sistema iz Kalifornije

ČU – Časovno upravljano polnjenje (čas uporabe)

DCFC – Hitro polnjenje na enosmerni tok

ENA – Opolnomočen nišni agent

ETS – Enotni sistem trgovanja z emisijami

EU – Evropska unija

HPTE – Hitre polnilnice na enosmerni tok

IDO – Integriran del omrežja

IKT – Informacijske in komunikacijske tehnologije

MATSim – Model simulacije mobilnosti z več agenti

NTP – Nacionalni transportni plan

OVE – Obnovljivi viri energije

PEMFC – Polimerna gorivna celica

PEMFS – Utripajoče elektromagnetno polje

PEV – Priključna električna vozila

PHEV – Priključna hibridna električna vozila

PLEXOS – Model sektorske distribucije moči

SOFC – Oksidirajoče baterijske celice v trdnem stanju ter njihova stopnja napoljenosti

SPTE – Soproizvodnja toplote in električne energije

SZP – Stisnjen zemeljski plin

TGP – Toplogredni plini

TVE – Trajnostni viri energije

TZP – Tekoč ohlajen zemeljski plin

VVGC – Vozila na vodikove gorivne celice

UVOD

V današnjem času prevladuje mnenje, da je bilo 20. stoletje zlata doba mobilnosti in avtomobilizma. Nobenega dvoma ni, da je ta panoga močno vplivala na sam razvoj prevoza ljudi in dobrin ter premostila časovne prepreke pri potovanjih, kot si jih ljudje, živeči v 19. stoletju, sploh niso mogli predstavljati. Mnogi avtomobilski navdušenci avtomobilsko obdobje od začetka osebnih prevoznih sredstev pa vse do naftne krize v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja vidijo kot zlato dobo. Na koncu stoletja je cestni promet postal številka ena v priljubljenosti tako prevoza ljudi kot blaga. Ali se nam obeta konec načina mobilnosti, kot ga poznamo v 21. stoletju? Glede na izzive sodobnega sveta, tu mislimo predvsem na varstvo okolja, ekologijo in uporabo tehnologij prejšnjega stoletja, ter če sledimo sodobnim smernicam, bi morda lahko sklepali tako. Vendar avtomobilnost kljub temu iz leta v leto narašča. Trenutna letna uporaba prevoznih sredstev za vse vrste namenov se je samo od lani podvojila in bo po projekcijah dosegla 80 trilijonov kilometrov v letu 2050 (Dulac, 2014).

Vizija, kot jo poznamo, tradicionalni vrednoti avtomobilnosti – ki sta posameznikova svoboda in prilagodljivost - ter uporaba novih prebojnih tehnologij se bodo združile v eno kot prevoz ljudi in dobrin. Da bomo dosegli trajnostno prebojnost, bodo potrebne elektrifikacija, avtomatizacija in povezljivost (souplezljivost), ki bodo povezane v ustrezno strategijo. Medtem bi se lahko osredotočili še na privlačne cilje »šest ničel«: nič emisij, nič energije, nič zastojev, nič nesreč, nič praznega in nič stroškov. Ti cilji nas bodo vodili do nove ekonomije, trajnostne ekologije in v bolj učinkovite rabe našega časa (Jones, Roos & Womack, 1990).

Vlade po vsem svetu se spopadajo z naraščajočim problemom onesnaževanja zraka z emisijami izpušnih plinov in posledično namenjajo veliko virov za izboljšanje kakovosti zraka. Doseganje cilja očiščenja zraka bo zahtevalo naložbe v tehnologije za čistejši zrak tako v javnem kot tudi v zasebnem sektorju. Potreben bo tudi premik od tradicionalnih hiš k pametnim hišam s podprto infrastrukturo za trajnostno polnjenje električnih vozil. Prav tako bo potrebna uporaba obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE): fotogalvanskih sistemov, vetrne energije in energije različnih sistemov biomas. Dodatno bo potrebno tudi razogljčiti transportni sektor, ki bi lahko predstavljal priložnost za pospešeno splošno razogljčenje. Statistike kažejo, da je cestni promet odgovoren za 14 % vseh izpustov toplogrednih plinov (TGP). Obstaja pa več možnosti za čisto energijo, med drugim največ obetajo električna vozila (PEV). Med tehnologijami in strategijami so dobra alternativa javni prevoz na zemeljski plin, po teži lažja vozila, elektrifikacija železnic, hibridna tehnologija motorjev, zamenjava goriv z vodikom in biomaso ter večja proizvodna učinkovitost glavnih onesnaževalcev (Foiadelli, Longo & Yaïci, 2018).

Široko uveljavljanje in integracija priključnih električnih vozil (PEV) in obnovljivih virov energije (OVE) lahko skupaj in celostno pripomoreta k razogljčenju (dekarbonizaciji) transportnih, elektrotehničnih in energetske sektorjev. Pretekle študije nakazujejo strategije

za upravljanje in integracijo polnilne infrastrukture, ki pridobiva električno energijo iz obnovljivih virov energije v električno omrežje, vendar je vrednost teh strategij v tako velikem obsegu zaenkrat nejasna zaradi nezadostne skupne zastopanosti trga električne energije in polnjenja priključnih električnih vozil (Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai, 2019).

Tema magistrskega dela se nanaša na okoljsko problematiko izpustov toplogrednih plinov pri prevažanju ljudi z osebnimi vozili, podrobneje na primerjavo učinkovitosti dizelskih, bencinskih, hibridnih, električnih vozil in vozil na vodikove celice ter biomaso in na njihov emisijski odtis v okolju. Glavno problemsko vprašanje moje raziskave se nanaša na električna vozila, ki so po mnenju (Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai, 2019) v manjše breme okolju. Kalifornija lahko služi kot zgled za razširitev na druga področja sveta in širše družbe. Njen primer je podrobneje predstavljen v 3. poglavju te naloge. Pri pripravi naloge je bila v pomoč obsežna literatura, ki opredeljuje strategijo širjenja in polnjenja električnih vozil z obnovljivimi viri energije po dveh raziskovalnih modelih za področje Kalifornije in Norveške. Območje Kalifornije je bilo izbrano za idealno, ker je najbolj napredno na svetu in ker si prizadeva prestrukturirati celoten park prevoznih sredstev v popolnoma brezemisijско območje. V študijah so se raziskovalci sicer med drugim osredotočili tudi na manjše območje znotraj Kalifornije, in sicer na San Francisco z okolico (The Bay Area). Delo, ki je bilo narejeno na tem področju, se še nadgrajuje, in sicer tako, da povezuje visokopremostitveno mobilnost z modeli porazdelitve električne energije v omrežje, ki z merljivo vrednostjo upravlja polnjenje z le-tem, pri čemer pa električna energija v 50 % izvira iz obnovljivih virov. To velja za scenarij z do 5 milijoni priključnih električnih vozil v Kaliforniji do leta 2025, s postopno razširitvijo na druga območja po svetu (Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai, 2019).

Namen magistrskega dela je priti do zadovoljivih rešitev postopnega zmanjšanja in razogljičenja izpustov toplogrednih plinov v prometu s primerno strategijo trajnostnih oblik pridobivanja obnovljive energije za osebna vozila do leta 2035 in brezogljično mobilnost do leta 2050. Na podlagi danega scenarija bom ugotovil najbolj učinkovito in primerno strategijo izmed treh strategij, ki jih podaja literatura za uresničitev cilja elektrifikacije prometa z osebnimi vozili. Ta vključuje pridobivanje električne energije za vozila do 50 % iz obnovljivih virov. Glavni namen je torej pomagati oziroma predlagati avtomobilski panogi in širši družbi, ki uporablja izdelke te panoge za osebno mobilnost, najoptimalnejšo strategijo, ki bo s pomočjo učinkovitega upravljanja s trajnostnimi viri energije in uporabo naj sodobnejših tehnologij uspela drastično zmanjšati izpuste toplogrednih plinov za čistejše okolje in bolj trajnostno mobilnost, kar bo postopoma vodilo v brezogljično mobilnost celotne panoge.

Cilj magistrskega dela je preučiti raziskovano področje prihodnje mobilnosti z osebnimi vozili s primarnim fokusom na priključna električna vozila, ki jih poganja energija, pridobljena iz trajnostnih obnovljivih virov energije, in nato raziskovano področje uporabiti na tri najboljše možne dane scenarije iz literature ter se opredeliti za najbolj smiselnega.

Pomembnost tega dela sloni predvsem na zavedanju in ozaveščanju družbe, da toplogredni plini segrevajo ozračje in onesnažujejo okolje, zato je premik naše družbe v brezogljivo mobilnost nadvse pomemben za ohranjanje čistega zraka, zdravja ljudi, živali, rastlin in biotskega ekosistema ter za razvoj učinkovitih neškodljivih prevoznih sredstev. Cilj magistrskega dela je tudi opredeliti, ali so električna vozila manj škodljiva za okolje, in med seboj primerjati izpuste CO₂, porabo goriva in proces pridobivanja energije za vozila, opredeljena v raziskavi v skladu z izbrano strategijo.

Med pisanjem magistrskega dela bom sledil štirim raziskovalnim vprašanjem:

- Ali lahko dosežemo znatno znižanje emisij pri mobilnosti hitreje, če povečamo delež pridobivanja energije za to mobilnost iz obnovljivih virov energije?
- Ali lahko znižamo izpuste toplogrednih plinov povzročenih s prevoznimi sredstvi s trenutnih 14 % na 5 % ali manj s povečano uporabo obnovljivih virov energije v elektroenergetskih omrežjih do leta 2035, ko začne veljati zakon v Evropski uniji (v nadaljevanju EU) o prepovedi prodaje novih vozil z motorjem na notranje izgorevanje?
- Katere oblike trajnostne energije so najbolj primerne in učinkovite za uporabo v panogi avtomobilizma in osebne mobilnosti?
- Kateri strateški modeli upravljanja trajnostnih virov energije so najbolj koristni za prehod na zeleno, okolju prijazno mobilnost in tehnološko razvito avtomobilsko panogo?

Na podlagi teh bom izbral najprimernejši in najbolj smiseln strateški model upravljanja s trajnostnimi viri energije, ki bo v pomoč avtomobilski panogi in s katerim bo obdobje fosilnih goriv postopoma prešlo v obdobje trajnostnih virov energije. V skladu z ugotovitvami moje raziskave se bo področje avtomobilske industrije tudi v praksi lažje usmerilo v nadaljnje razogljivenje mobilnosti ter pametnejšo uporabo obnovljivih virov energije za doseg teh ciljev.

Metode, ki jih bom uporabil za preverjanje raziskovalnih vprašanj, bodo: deskripcija, kompilacija, komparacija, analiza ter sinteza. Teoretično podlago za področje raziskovanja bom prikazal s pomočjo kompilacije literature in virov ter podrobnejše deskripcije tistih avtorjev vsebin, ki bodo najbolj relevantni za moje delo. Temu bo sledil empirični del, v katerem bom s pomočjo analize podatkov in sinteze glavnih dognanj in ugotovitev prišel do vsebinske celovitosti tega dela. Komparativna metoda bo med delom občasno uporabljena za primerjavo različnih pridobljenih podatkov, z namenom kronološke razvrstitve ali primerjave nehomogenih enot podatkov (organizacij, panog) v istem časovnem obdobju.

V magistrskem delu bodo uporabljeni tako sekundarni kot primarni podatki. Najprej bom pridobil sekundarne podatke in z njimi osnoval teoretični okvir, in sicer iz literature in virov, ki so dostopni v fakultetni knjižnici (bibliografski sistem Cobiss) ter na spletu (iskalnik Google, baze: Proquest, Forbes, Science Illustrated, Science Direct). Med sekundarne vire sodijo tudi podatki, ki jih bom našel preko različnih drugih uradnih institucij, vezanih na tematiko mobilnosti, trajnostnih virov energije ter energetske panoge. Primarni viri podatkov

bodo odgovori dveh intervjuvancev, s katerima bosta opravljena poglobljena razgovora v razponu do dveh ur in sicer z avtomobilskim novinarjem in strokovnim sodelavcem v energetiki pri podjetju GEN energija d.o.o. Ostali primarni viri vsebujejo lastna opažanja pri opravljanju raziskave.

Poleg uvoda in sklepa je magistrsko delo sestavljeno iz petih poglavij, v katerih je obravnavana in jasno opredeljena, predstavljena ter opisana problematika. V prvem poglavju so opisani splošni energetske pojmi, ki so temeljna podlaga za drugo poglavje, ki opredeljuje razvoj mobilnosti skozi zgodovino, njen vpliv na okolje glede na tip energije, ki se uporablja, ter prehod na trajnostne vire z alternativnimi viri energije in ustrezno infrastrukturo. Kasneje, v tretjem poglavju, je na podlagi tega znanja prikazan način pridobivanja in upravljanja z viri energije po dveh učinkovitih modelih za dve najbolj napredni območji na tem področju, ki služita kot zgled ostalim, kako izvesti prehod na zeleno mobilnost čim bolj učinkovito. Pri tem bodo prikazani različni scenariji in stroški prilagoditve. Za konec, v zadnjih dveh poglavjih in sklepu, bodo predstavljene moje glavne ugotovitve in predlogi raziskave za nadaljnjo usmeritev na področju energetike in avtomobilske panoge, glede na trenutno situacijo, ki je pod pritiskom zelenega prehoda s strani potrošnikov, okoljevarstvenih smernic in evropske zakonodaje (evropski Zeleni dogovor). Predstavljena je tudi sinteza kritičnih tveganj upravljanja trajnostnih virov energije in konkretni predlogi ukrepov za njihovo zmanjševanje, preprečitev ali odpravo pojavnosti.

1 TRAJNOSTNI VIRI OBNOVLJIVE ENERGIJE

1.1 Splošno o obnovljivih virih energije

OVE vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov. To so: sončno sevanje, veter, biomaso, vodni tok v rekah ali tokovi morja (hidroenergija), fotosinteza, s katero rastline gradijo biomaso, in zemeljski toplotni tokovi. V naravi jih nikoli ne zmanjka, saj se obnovljajo dokaj hitro ter so dokaj enakomerno porazdeljeni. Večina obnovljivih virov energije, razen geotermalne in energije biomaso, izvira iz sprotnega sončnega sevanja. Neke vrste obnovljivi vir je tudi shranjena sončna energija. Dež, vodni tokovi ter veter so posledica kratkotrajnega shranjevanja sončne toplote v atmosferi. Biomasa se nabira v teku obdobja rasti v enem letu, kot na primer slama, ali več let, na primer v lesni biomaso. Med obnovljive vire energije štejemo tudi človeško delo, kar se kaže v obliki kolesarjenja oziroma peš hoje kot trajnosten, a zamuden način transporta (Debeljak, 2009).

Zajemanje obnovljivih virov energije ne izčrpa vira. Nasprotno pa z uporabo fosilnih goriv v kratkem času izčrpamo energijo, ki se je shranjevala tisoče ali milijone let. Zaradi tega se fosilna goriva (nafta, premog, zemeljski plin, šota) ne štejejo med obnovljive vire, čeprav se nekateri viri lahko obnovijo v zelo dolgem časovnem obdobju v prvotno stanje pred začetkom izkoriščanja.

OVE lokalno zmanjšujejo odvisnost od uvoženih virov energije in povečujejo energetska varnost, poleg tega pa industrija OVE kot eden najhitreje rastočih sektorjev spodbuja zaposlenost in razvoj podeželja. V primerjavi s fosilnimi gorivi pri rabi energije iz OVE nastajajo manjše emisije toplogrednih plinov, kar prinaša pozitivne učinke na kakovost okolja. Okolju prijaznejše in učinkovitejše tehnologije rabe OVE privlačijo naložbe za obnovo zastarelih tehnologij za pridobivanje energije. Razpršenost in dostopnost OVE omogoča boljšo uskladitev energije z lokalnimi potrebami. S povečanjem uporabe postajajo OVE cenovno konkurenčni fosilnim gorivom. To energijo naj bi uporabljali tako, da zadovoljimo svoje sedanje potrebe, ne da bi s tem vplivali na potrebe naših zanamcev in prihodnjih generacij.

OVE so alternativa fosilnim gorivom in pomagajo nižati emisije toplogrednih plinov, diverzificirati oskrbo z energijo in zmanjšati odvisnost od nezanesljivih in nestanovitnih trgov s fosilnimi gorivi, zlasti z nafto in plinom. V zadnjih 15 letih se je zakonodaja EU na področju spodbujanja tovrstnih virov energije zelo razvila. Leta 2009 so voditelji EU določili cilj, da mora biti do leta 2020 20 % energije, ki se porabi v EU, iz obnovljivih virov. Leta 2018 so se dogovorili, da mora do leta 2030 ta delež doseči 32 %. Julija 2021 je bila sozakonodajalcema glede nove podnebne ambicije EU predlagana sprememba ciljnega deleža na 40 % do leta 2030 (Ciucci, 2021). V Sloveniji je najpomembnejši obnovljiv vir energije lesna biomasa, sledi vodna energija, v zadnjih letih pa je razvoj najbolj dinamičen pri izkoriščanju sončne energije in bioplina. K povečani porabi obnovljivih virov energije v bodoče bodo poleg navedenih virov energije dodatno prispevali potenciali energije vetra in geotermalne energije.

Predlogi ključnih ukrepov zajemajo:

- dodatna finančna podpora električni energiji v obliki subvencij, proizvedeni iz OVE in v soprodukciji le-te iz toplotnih virov (SPTE),
- pospešena priprava prostorskih načrtov za dodatno izgradnjo energetske infrastrukture državnega pomena, ki izkorišča OVE,
- proaktivna vloga države pri identifikaciji in prostorskem umeščanju okoljsko sprejemljivih lokacij za izkoriščanje OVE (predvsem vodne in vetrne energije),
- možnost pridobitve ugodnih kreditov Eko sklada, j.s., ter nepovratnih sredstev Eko sklada, j.s., s pomočjo pristojnega ministrstva za energijo,
- državno sofinanciranje daljinskih sistemov na lesno biomaso s subvencijami, ki uporabljajo najnovejše tehnologije,
- povečanje kapacitet proizvodnje in injiciranja plinov iz OVE (npr. vodik in sintetični metan) v plinovodne sisteme.

1.2 Sončna energija

To je energija, ki prihaja od sonca v obliki sončnega sevanja. S pomočjo fotovoltaike in priležnih konstrukcijskih elementov, lahko učinkovito uporabimo sončno energijo za hlajenje in ogrevanje prostorov, dnevno svetlobo, kuhanje, toplo sanitarno vodo in za visokotemperaturne procese v industriji. Solarna tehnologija je pasivna ali aktivna glede na način zajema, pretvorbe in distribucije same solarne energije. Aktivne solarne tehnike delujejo na principu fotovoltaike in kolektorjev za izkoriščanje sončne energije. Pasivne pa vključujejo nebesno usmerjenost stavb in uporabo energetsko najučinkovitejšega materiala.

Poleg tega, da je obnovljiv vir energije, je tudi vrsta vira, ki je na voljo vsem enako, ne glede na industrijsko ali gospodarsko razvitost države. Zanj ni potrebno plačevati davka, porabe niti koncesijskih dajatev. Ljudje so jo v večji meri začeli izkoriščati šele pred desetletjem ali dvema, ko je postalo vse bolj očitno, da zaloge fosilnih goriv niso večne in da so za gospodarski in industrijski razvoj količinsko omejene. Surovine, ki jih lahko količinsko ovrednotimo, so se pokazale kot izredno strateško pomembne ob vseh preteklih in trajajočih kriznih, političnih ali vojnih konfliktih, kar za sončno energijo pride v poštev samo pri skladiščenju, pri pridobivanju pa ne. Ovire pri izkoriščanju sončne energije se zato po večini kažejo v sposobnostih skladiščenja viškov, drage začetne investicije v infrastrukturo in neobvladljiv faktor vrtenja zemlje, kar pomeni, da sonce ne sije vedno povsod in enako močno, zato je ta vir potrebno kombinirati z drugimi obnovljivimi viri energije.

Sončno obsevanje predstavlja največji dotok energije na zemeljsko površino in v njeno ozračje. Delimo ga na globalno, difuzno, direktno in odbito. Globalno sončno obsevanje je vsota direktnega, difuznega in odbitega sevanja, ki pada na vodoravno ploskev. Nanjo vplivajo različni dejavniki: astronomski (pot zemlje okoli sonca, sončna aktivnost), meteorološki (oblačnost, vlažnost zraka, prepustnost ozračja) in reliefni (nadmorska višina, oblika reliefa). Difuzno sevanje nastane s sipanjem direktnega in odbitega sevanja na molekulah, aerosolih in kristalčkih v zraku. Difuzno in odbito sevanje postaneta pomembna v oblačnem vremenu, ko direktnega sevanja ni. Direktno sevanje je sevanje, ki prispe na sprejemnik sončne energije neposredno brez odbojev (Kastelec, Rakovec & Zakšek, 2007, str. 127).

Zaradi hitrega razvoja so potrebe po energiji, predvsem električni, iz dneva v dan večje. EU se je zato odločila za strategijo povečanja izrabe obnovljivih virov energije, in sicer predvsem zaradi vedno večje onesnaženosti zemlje in podnebnih sprememb, ki so posledica izkoriščanja omejenih zalog fosilnih goriv in industrij, ki so od teh neobnovljivih virov energije odvisne.

Sončno obsevanje so prvič neposredno pretvorili v električno energijo konec petdesetih let prejšnjega stoletja za oskrbo satelita z elektriko, a se potem fotovoltaični sistemi zaradi cen in nizkih izkoristkov do osemdesetih let niso uporabljali. Danes so sistemi bolj dostopni, vstopna cena opreme se niža, izkoristki so višji, država pa nudi finančne spodbude (zlasti pri

odkupu energije). Prednosti sončne energije so med drugim: brezplačnost, skladanje z okoljem in neonesnaževanje, proizvodnja in poraba potekata na istem mestu, z viškom energije lahko oskrbujemo druge.

Letno sončno obsevanje predstavlja večjo količino energije kot vse svetovne zaloge premoga, urana, nafte in zemeljskega plina skupaj. Na poti skozi zemeljsko atmosfero sončno sevanje oslabi, ker se razprši na plinskih molekulah, prašnih delcih in dimu, absorbira pa se zaradi interakcije z različnimi molekulami.

1.3 Vetrna energija

Energija vetra je oblika sončne energije, ki se tvori s kroženjem zraka v zemeljskem ozračju. Veter je gibanje zraka v atmosferi, ki ga povzroča neenakomerna razporeditev zračnega pritiska horizontalno ali pa vertikalno. Zrak se giblje z območij visokega zračnega pritiska na območja nizkega. Veter ne piha neposredno z enega območja na drugo, ampak na njegovo smer vplivajo različne sile (odklonilna, centrifugalna, itd.).

V meteorologiji se uporablja Beaufortova lestvica s številčnimi oznakami od 0 do 12. Hitrost vetra se hitro spreminja, zato je lahko v enem dnevu različna. Meri se na meteoroloških postajah. Na osnovi teh stalnih merjenj lahko določijo frekvence hitrosti vetra. Iz podatkov o frekvencah lahko narišejo krivulje verjetnosti hitrosti vetra. Iz njih se lahko dobro oceni značilnosti vetra v posameznih krajih. Hitrost vetra raste skupaj z višino iznad površine tal. Hitrost blizu površine pada zaradi trenja. Ločimo stalne, dnevne, periodične in lokalne vetrove.

Vetrna energija je skupni izraz za postopke pridobivanja energije iz premikanja zračnih mas. Najpogosteje gre za sistem vetrnice, ki energijo vetra pretvori v mehansko ali električno energijo. S tem pojmom označujemo predvsem kinetično energijo zraka, ki jo vetrnice koristijo za proizvodnjo električne energije. Osnovni del vetrnice je turbina, katere lopatice so oblikovane tako, da ob natekanju zračnega toka povzročajo njeno rotacijo. Kinetična energija vetra se tako pretvarja v mehansko (rotacijsko) energijo turbine, le-ta pa se v generatorju pretvarja v električno. S tem postopkom se teoretično lahko pretvori največ 60 % kinetične energije vetra, v praksi pa je ta številka bližje od 20 do 40 %. Moči vetrnih elektrarn se gibljejo od nekaj sto kilovatov (600 KW) do nekaj megavatov (5 MW). Najpogosteje se uporabljajo turbine z nazivno močjo od 1,5–3 MW. Elektrarne z večjo močjo proizvedejo več električne energije. Z razvojem se te moči vedno bolj povečujejo (Murko, 1985, str. 81–99).

Preden se odločimo za postavitev elektrarn na veter, moramo izvesti natančne meritve vetra na izbranih lokacijah. Meritve vetra se opravijo s posebnimi merilnimi napravami, imenovanimi anemometri. Opravljene morajo biti na ustreznih višinah, pri čemer je treba upoštevati, da se z oddaljevanjem od zemeljskega površja hitrost vetra povečuje. Iz meritev se dobijo podatki o hitrosti, smeri, sunkovitosti vetra in na podlagi njih nato ocenimo

potencialno količino električne energije, ki bi jo proizvajala elektrarna na veter na tem območju. Polja vetrnih elektrarn se v večjem številu navadno postavi na grebene, kjer pihajo ugodni vetrovi, ter na širša območja ob obali, kjer je lahko izkoristek dosti višji kot v notranjosti pokrajine. Največja polja vetrnih elektrarn se nahajajo v Kaliforniji in na Kitajskem. Znotraj držav EU pa se ta nahajajo v Nemčiji, na Danskem, v Španiji in v Italiji.

Dve glavni prednosti vetrnih elektrarn sta enostavna tehnologija in brezogljčna proizvodnja električne energije iz zračnih mas. Glavni slabosti pa sta fizični vizualni vpliv na okolico ter povzročanje hrupa v bližini obratovanja. Če primerjamo velike črpalke za surovo nafto, ladijske tankerje, jedrske elektrarne in njene težave z odpadnim jedrskim gorivom ter možnosti nesreč v zvezi z neobnovljivimi viri energije, so slabosti vetrnih elektrarn skoraj zanemarljive.

1.4 Vodna energija

Vodna energija ali hidroenergija je energija tekočih voda, kar je posledica gibanja naravnega vodnega kroga. Hidrologija ali vodoslovje je fizična in geografska veda o vodah. Hidrologija je študij gibanja, distribucije in kakovosti vode po celotni zemlji. Proučuje kopensko in podtalno vodo ter kroženje in lastnosti vode v naravi (Orel, 1986).

Voda je eden izmed najstarejših virov energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Kar 21,6 % vse električne energije na svetu je proizvedene z izkoriščanjem energije vode oz. hidroenergije. Hidroenergijo so začeli izkoriščati naši predniki že pred dvema tisočletjema. Več stoletij je hidroenergija namesto človeka opravljala fizično delo. Uporabljali so jo predvsem za neposreden pogon mlinov, žag, črpal in podobnih naprav. Kasneje so ljudje ugotovili, da lahko hidroenergijo pretvorijo v električno energijo.

Ljudje so izkoriščanje hidroenergije v energetske namene skozi vso zgodovino izpopolnjevali in povečevali njen obseg. Rezultat tega razvoja so velike hidrocentrale, ki imajo moč od nekaj 100 do 1.000 MW. Danes se hidroenergija koristi predvsem za proizvodnjo električne energije. Izkoriščanje vodne energije je odvisno od mnogih geografskih in klimatskih pogojev. Nekatere države na ta način proizvedejo pretežni delež celotne električne energije (npr. Norveška).

Postavitev velikih hidroelektrarn pomeni seveda velik poseg v okolje, ki se kaže kot: vpliv na naravno okolje (sprememba vodnega toka, struge reke, tal, reliefa in klime), vpliv na rastlinstvo in živalstvo ter v manjši meri na urbano okolje (sprememba prostora, odstranitev ali prestavitev obstoječih objektov).

Pretvarjanje energije vode v koristno energijo je okolju prijazen način proizvodnje električne energije. Elektrarne na rekah pa prav gotovo negativno spreminjajo izgled prvotne narave z zajezitvami, nasipi, zapornicami, strojnicami in postroji za odvod energije.

Ta proces je možno povezati z nujnimi ukrepi za reguliranje toka za pridobitev obdelovalne zemlje in za zaščito pred poplavami ob visokem vodostaju. Kakršne koli prednosti in slabosti predstavljajo takšni posegi v naravo in kulturo prostora, predstavljajo vodne elektrarne s stališča ekologije pretvarjanje obnovljive energije in s tem varčevanje fosilnih virov. Razen tega omogoča urejeno in pazljivo ravnanje z okoljem pri obratovanju vodne elektrarne ohranitev, morebiti tudi izboljšanje trenutnega naravnega in kulturnega stanja.

Pretvorba hidroenergije v električno energijo poteka v hidroelektrarnah. Z izjemo starih mlinov, ki jih poganja teža vode, izkoriščajo moderne hidroelektrarne kinetično energijo vode, ki jo ta pridobi s padcem. Električno energijo pridobivamo v hidro- in termoelektrarnah, ki pa imajo zelo različne značilnosti. Tisti izvor, ki prevzame večji delež, ima dominantnejšo vlogo in opredeljuje proizvodnjo električne energije. V deželah, kjer pridobivajo večji del električne energije z izrabljanjem vodnih moči, je kakovost proizvodnje odvisna od režima voda, zato morajo posvetiti proučevanju voda vso pozornost. Proizvodnja hidroelektrarne je odvisna od trenutnih vodnih razmer. Le pri elektrarnah z velikimi akumulacijskimi bazeni je mogoče zmanjšati neugodne lastnosti elektrarn zaradi neenakomernih dotokov (Kuščer & Moljk, 1965).

Količina pridobljene energije je odvisna tako od količine vode kot tudi od višinske razlike vodnega padca. Glede na to razlikujemo pet vrst različnih hidroelektrarn:

- pretočne hidroelektrarne,
- akumulacijske hidroelektrarne,
- pretočno-akumulacijske hidroelektrarne,
- male hidroelektrarne,
- črpalne hidroelektrarne.

Shranjevanje energije je pomembno za elektrarne, ki zagotavljajo električno energijo v omrežje (termo- in jedrske elektrarne), da lahko delujejo z največjim možnim izkoristkom. Najboljše so pri shranjevanju večjih proizvodnih presežkov električne energije (delujejo kot shranjevalnik), kar bo ključno v prihodnosti, ko bodo izpadi zaradi preobremenjenosti omrežja bolj pogosti, ker bo čedalje več odjemalcev. S takim sistemom elektrarn pa se lahko časovno obdobje izpadov predvidi, nadomesti in skrajša, ker imamo na voljo presežke energije shranjene za take situacije. Nudijo nam:

- nadzor nad močjo in frekvenco v omrežju,
- skoraj takojšnjo rezervo za več ur v primeru nepričakovanih izpadov električne energije,
- hiter sprejem odvečne moči v primeru nenadnega izpada omrežja zaradi prevelike obremenitve le-tega,
- preizkušeno zanesljivost, visoko razpoložljivost in dolgo življenjsko dobo,
- visoke prihranke, ki so posledica boljšega izkoriščanja elektrarn, ki zagotavljajo energijo v omrežje.

1.5 Jedrska energija

Jedrska energija se v večini uporablja za proizvodnjo električne energije za industrijske in gospodinjne namene v večjem obsegu s pomočjo jedrskih reaktorjev. V manjšem obsegu pa se uporablja tudi v vojaške namene (pogon plovil: letalonosilk, podmornic in bojnih ladij) ter kot jedrsko orožje. Plovil na jedrski pogon je bilo zgrajenih že več kot 150 od prvega, ki je nastalo leta 1959 v Sovjetski zvezi (ledolomilec Lenin).

Tako kot mnoge običajne termoelektrarne proizvajajo električno energijo z izkoriščanjem toplotne energije, ki jo sproščajo fosilna goriva, jedrske elektrarne pretvarjajo energijo, ki se sprošča iz jedra atoma prek jedrske cepitve, ki poteka v jedrskem reaktorju. Toplota se odstrani iz reaktorske sredice s hladilnim sistemom, ki uporablja toploto za pridobivanje pare, s tem pa poganja parne turbine in je povezan z generatorjem, ki nato proizvaja električno energijo in jo odda v omrežje. Ta pa jo nato odpremi končnim odjemalcem.

Jedrske elektrarne so v letu 2015 proizvedle 10,7 % svetovne električne energije za civilno rabo. Mednarodna agencija za jedrsko energijo (angl. International Atomic Energy Agency, v nadaljevanju IAEA) je v poročilu leta 2019 zabeležila 443 operativnih jedrskih reaktorjev v 31 državah (OECD & IAEA, 2019). Vsi obstoječi jedrski reaktorji temeljijo na razcepu težkih jeder, že več desetletij pa potekajo vzporedne raziskave, namenjene izrabi jedrskega zlivanja v mirnodobne namene, ki ne zajemajo jedrskega orožja.

Mnenja o rabi jedrske energije si nasprotujejo. Po eni strani jo nekateri okoljevarstveniki hvalijo kot izdaten energijski vir, ki ne prispeva k učinku tople grede, po drugi strani jo ostali okoljevarstveniki kritizirajo zaradi problema jedrskih odpadkov in težkih posledic ob morebitnih jedrskih nesrečah. Za pomembnejše jedrske nesreče veljajo Černobil (1986), Fukušima-Daiči (2011) in Otok treh milj v Pensilvaniji (1979). Prav tako je bilo nekaj nezgod podmornic na jedrski pogon. Raziskave varnostnih izboljšav se nadaljujejo, da bi se lahko jedrsko zlivanje, ki je varnejše, uporabljajo tudi v prihodnosti. Od leta 2012 je v izgradnji 68 novih jedrskih elektrarn v 15 različnih državah (OECD & IAEA, 2019). Ocene proizvodnje dodatnih zmogljivosti so se od zadnje nesreče 2011 v Fukušimi prepolovile do leta 2035.

V nasprotju z elektrarnami na fosilna goriva je edina snov, ki zapušča hladilni stolp jedrskih elektrarn, vodna para, ki ne onesnažuje zraka ali povzroča globalnega segrevanja. Analiza življenjskega cikla emisij ogljikovega dioksida kaže, da je jedrska energija primerljiva z obnovljivimi viri energije (Sovacool, 2008, str. 2950). Emisije pri zgorevanju fosilnih goriv so mnogo višje. Po podatkih Združenih narodov o učinkih radioaktivnega sevanja (v nadaljevanju UNSCEAR) redno obratovanje jedrskih elektrarn, vključno z jedrskim gorivnim ciklom, povzroča radio-izotopne izpuste v okolje, ki znašajo 0,0002 mSv (milisieverta) na leto (UNSCEAR, 2008).

Spremembe podnebja nam bodo v bližnji prihodnosti povzročale vremenske ekstreme, nekaterim smo priča že pospešeno zadnjih 20 let, trenutno pa se to kaže najbolj z visokimi

poletnimi temperaturami in milimi zimami, ko na nekaterih lokacijah vsakoletni sneg ne zapade več. Priča smo tudi zmanjšanju ravni padavin, kar povzroča suše. To vpliva na jedrsko infrastrukturo, saj manjši vodostaji zaradi suše ne omogočajo zadostnega hlajenja, ki ga nuklearka potrebuje za nemoteno obratovanje. Če se bo globalno segrevanje pospešeno nadaljevalo, obstaja možnost povečanja teh motenj, kar omejuje proizvodnjo elektrike (Mitchell & Urban, 2011, str. 15).

Jedrsko energijo je junija lani (2022) Evropska komisija potrdila kot zeleno v okviru programa Zeleni dogovor za postopen prehod v brezogljično družbo. Primerja se z obnovljivimi viri energije v tem, da ne eni ne drugi ne proizvajajo toplogrednih plinov in imajo nizke emisije izpustov v celotnem življenjskem obdobju. Stroški obeh oblik energije so najvišji v fazi izgradnje. V primerjavi z vetrno energijo ima jedrska energija višje stroške obratovanja in vzdrževanja.

1.6 Električna energija in energija vodikovih celic ter biomas

Električna energija je eden temeljnih virov energije sodobne družbe. Je dejavnik, ki omogoča tehnološki razvoj in sodoben način življenja. Skozi zgodovino je omogočala razvoj družbe v smeri udobnejšega in kakovostnejšega bivanja. Danes si težko predstavljamo življenje brez električne energije, v vsakdanjem življenju smo se navadili na uporabo raznolikih naprav na več področjih:

- v industriji,
- za domačo rabo,
- v zdravstvu,
- v prometu.

Predvidoma bo poraba električne energije v prihodnosti še močno naraščala iz dveh glavnih razlogov:

- Naše delovno okolje postaja vse kompleksnejše in potrebe po električni energiji se zaradi uporabe novih naprav v omrežju povečujejo (kljub upoštevanju učinkovitejše rabe energije - napredek tehnologije z boljšim izkoristkom).
- Uresničevanje ciljev učinkovite rabe energije pomeni prehod z uporabe okolju manj prijaznih virov energije (npr. fosilna goriva) na povečanje uporabe okolju prijaznejše energije iz obnovljivih virov energije (npr. električna vozila, toplotne črpalke za ogrevanje).

Pri tem je seveda z okoljevarstvenega vidika najpomembnejše, iz katerih virov oziroma s kakšnimi tehnologijami proizvajamo to električno energijo.

Električna energija je med najuporabnejšimi vrstami energije, saj jo:

- znamo proizvesti iz primarnih virov energije, kot so energija fosilnih goriv, vodna, sončna, vetrna in jedrska energija, ter iz drugih oblik,
- lahko brez večjih izgub prenašamo na velike razdalje,
- lahko enostavno pretvarjamo v druge vrste energije: toplotno, svetlobno in kinetično za uporabo doma in v industriji,
- pri spreminjanju v druge vrste energije ne onesnažujemo okolja.

Zaradi zgoraj navedenih lastnosti pravimo, da je električna energija kakovostna oblika energije.

Glavna slabost električne energije je, da je neposredno ne moremo skladiščiti, saj gre pravzaprav za tok energije, kar pomeni, da mora v elektroenergetskem sistemu vedno veljati ravnovesje med proizvodnjo in porabo električne energije. Za to ravnovesje skrbijo operaterji sistema (v Sloveniji ELES) po principu primarne, sekundarne in terciarne regulacije.

Skladiščimo jo tako najpogosteje v obliki kemične energije v akumulatorjih, manj pogosto pa kot mehansko kinetično energijo z vztrajniki. Problemi gospodarnosti naprav za skladiščenje električne energije so nizek izkoristek, visoka cena in teža. Kljub temu so akumulatorji pogost sestavni del električnih naprav, zlasti prenosnih naprav ter vozil.

Električno energijo proizvajamo v elektrarnah, in sicer s pretvorbo iz drugih oblik energije, predvsem iz:

- potencialne energije fosilnih goriv,
- jedrskih goriv,
- termične energije,
- plinske energije,
- sončne energije,
- vodikove energije,
- vetrne energije,
- vodne energije,
- energije biomas.

Procesi pretvorbe iz drugih oblik energije v električno energijo se v elektrarnah vršijo večinoma prek turbin in električnih generatorjev. Primarne oblike energije torej pretvarjamo v kinetično energijo. Ta se v turbinah pretvarja v mehansko delo, ki poganja generator in se tako pretvarja v električno energijo (Skupina GEN, 2022b).

Gorivna celica je naprava, ki spremeni kemično energijo goriva v električno energijo s pomočjo kemične reakcije in oksidanta. Najpogostejše gorivo je vodik, lahko pa se uporablja tudi druga fosilna goriva (zemeljski plin, alkohol - metanol) in druge ogljikovodike. Gorivne celice se razlikujejo od baterij v tem, da potrebujejo vir goriva in oksidanta za delovanje (Khurmi & Sedha, 2014, str. 390).

Obstaja več vrst gorivnih celic, vse pa imajo negativno anodo in pozitivno katodo ter elektrolit. Elektroni tečejo od anode do katode v enosmernem toku. Glavna razlika med celicami je tip elektrolita. Različen je tudi čas zagona, in sicer ena sekunda pri utripajočem elektromagnetnem polju (angl. PEMFS) in do deset minut pri oksidirajočih celicah v trdnem stanju (angl. SOFC). Obstajajo tudi različne velikosti, manjše proizvajajo napetost 0,7 V, ki so vezane zaporedno za večjo napetost (Nice & Strickland, 2011). Gorivne celice imajo izkoristek 40–60 %, kar je več kot izkoristek klasičnega batnega motorja (20–40 %), vendar manj od klasičnih baterij za električna vozila (80-90 %). Celice poleg elektrike proizvajajo tudi toploto, v tem primeru je lahko izkoristek 85 %. Trg gorivnih celic vztrajno raste in je bil leta 2020 ocenjen na 50 GW (Prabhu, 2013).

V mojem primeru nas zanima predvsem uporaba vodikovih gorivnih celic za osebno mobilnost. Ko gre za uporabo gorivnih celic za pogon vozil, je uporaba polimernih gorivnih celic (angl. PEMFC) na prvem mestu. Polimerne gorivne celice imajo dobre lastnosti in omogočajo hitro vožnjo, hitro speljevanje in se dobro obnašajo pri spreminjanju obremenitve. Polimerne gorivne celice imajo tudi pri mestni vožnji visok izkoristek (pogon/gorivo), in sicer 36 %, medtem ko ima klasičen motor na notranje izgorevanje le 15 % izkoristek. Prav tako ima gorivna celica zaradi nizke obratovalne temperature nizko stopnjo izpustov v okolico. Kot gorivo lahko v vozilih uporabljamo tekoče gorivo, kot je na primer etanol, kar je s stališča polnjenja rezervoarja ugodno, medtem ko je uporaba vodika za polnjenje rezervoarja še v fazi razvoja. Možna je uporaba zemeljskega plina, metana ali bencina, ampak slednja opcija ni okoljsko vzdržna. Trenutno je v prometu že kar nekaj osebnih vozil in avtobusov s pogonom na gorivne celice. Prvi prototip (NECAR – New Electric Car) je bil na cesto postavljen že leta 1994 (BMW Serija 7 in Mercedes-Benz modeli: 1, A, B, GLC). Elektromotor v modelu NECAR dosega moč okoli 70 KW in najvišjo hitrost 140 km/h. Prvi serijski avtomobil na vodikove celice je bil Toyota Mirai leta 2014.

Vodik je nepogrešljiv vir energije za doseg prehoda v nizkoogljično družbo, saj ga je mogoče uporabljati za skladiščenje in prevoz vetrne, sončne in električne energije iz drugih obnovljivih virov in z njim napajati transport in številne druge stvari (Toyota Slovenija, 2021).

Energija biomase je celotna masa rastlinskega, živalskega organizma, populacije ali celotne biocenoze na enoto površine ali prostornine v določenem času. Celotno biomaso biocenoze sestavlja masa proizvajalcev, porabnikov in razkrojevalcev. Biomasa proizvajalcev nastaja v procesu fotosinteze in je tudi skupno ime za odmrl organski material, predvsem rastlinskega izvora, ki ga človek lahko uporabi za pridobivanje energije (Mitchell & Urban, 2011, str. 22). Poznamo več oblik:

- les kot najbolj razširjen vir predvsem za pridobivanje toplote,
- trsje in slama,
- hitro rastoče, visoko energijske kulturne rastline (oljna ogrščica, sladkorni trs, koruza),
- organski odpadki (živinorejski in komunalni odpadki, kanalizacijska voda).

Biomasa je glede na svoj 14 % delež v strukturi svetovne oskrbe z energijo med najpomembnejšimi nefosilnimi, obnovljivimi viri energije. V mnogih državah v razvoju je biomasa primarni vir energije, kar bi lahko olajšalo prehod na izključno trajnostne oblike energije. Nekatere od teh držav že tako pokrivajo več kot 80 % svojih potreb po energiji.

V Evropi se delež biomase pri oskrbi z energijo močno spreminja glede na naravne danosti države. V alpskih in nekaterih skandinavskih deželah je delež biomase v primarni oskrbi z energijo skoraj 20 %, evropsko povprečje pa znaša 2–5 %. V Sloveniji uporabljamo biomaso predvsem za ogrevanje iz lesne biomase, imamo pa tudi štiri bioplinarne, ki pridelujejo plin iz bioloških komunalnih odpadkov, zlasti ob predvidenem povečanju tovrstnih odpadkov zaradi doslednega ločenega zbiranja (Skupina GEN, 2022a).

Prednosti biomase lahko opredelimo predvsem z vidika, da:

- prispeva k čiščenju gozdov in narave,
- zmanjšuje izpuste CO₂,
- zmanjšuje uvozno odvisnost,
- zagotavlja razvoj podeželja,
- je enostavna za shranjevanje,
- so biogoriva biorazgradljiva in nestrupena,
- je dolgoročni potencial vira energije.

Pri tem pa moramo upoštevati tudi nekatere negativne učinke biomase:

- visoka cena tehnologije za izrabo biomase in biogoriv,
- pomanjkanje organizacij za logistiko biogoriv,
- večje površine za gojitev rastlin za pridobivanje bioenergije namesto za pridelavo hrane,
- podražitev cen hrane.

Obstaja več tehnoloških možnosti, ki lahko uporabijo različne tipe biomase za obnovljive vire energije. Tehnologije za pretvorbo lahko sproščajo energijo neposredno v obliki toplote ali električne energije ali pa jo pretvorijo v drugo obliko energije, kot sta biogorivo ali gorljiv bioplin. Za nekatere vrste virov biomase lahko obstajajo številne možnosti uporabe, spet druge lahko uporabljamo samo z eno ustrežno tehnologijo. Poznamo štiri glavne tehnologije pretvorbe:

- termična pretvorba,
- kemična pretvorba,
- biokemična pretvorba,
- naravna pretvorba.

Elektrarne na biomaso so na splošno redko zastopane in v večini primerov se pojavljajo v smislu soproizvodnje toplote in električne energije. Princip delovanja teh elektrarn je

soroden termoelektrarnam, vendar s to razliko, da imajo elektrarne na biomaso manj izpustov ogljikovega dioksida (CO₂).

Strateške usmeritve na področju rabe biomase spodbujajo izkoriščanje kmetijske in gozdne biomase v energetske namene na način, ki ne ogroža oskrbe prebivalstva s hrano, ki bo zmanjšal izpuste toplogrednih plinov in bo ohranjal pridelovalni potencial kmetijskih zemljišč ter proizvodni potencial gozdov. Ne bo povečal negativnih učinkov na zdravje in počutje ljudi, okolja ter narave za socialno vzdržen razvoj. Izkoriščanje biomase v energetske namene lahko ob pravilnih usmeritvah prispeva nova prizadevanja za proizvodnjo čistejše električne energije v namene prihodnje trajnostne mobilnosti iz gospodarne rabe naravnih danosti (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2012).

2 RAZVOJ MOBILNOSTI IN NJEN VPLIV NA OKOLJE

2.1 Različne vrste mobilnosti skozi zgodovino

Skozi zgodovino se je potreba po mobilnosti vedno večala, da pa se je konstanto razvijala, je potrebovala nek tehten razlog. Ta razlog je bil v večini primerov hitrejše premagovanje večjih razdalj, kar je omogočalo trgovanje z bolj oddaljenimi kraji in s tem poganjalo lokalna gospodarstva. Po tem takem govorimo o razvoju mobilnosti skozi zgodovino predvsem kot o tehnološki inovaciji. Preboji in odkritja v tehnologiji so omogočili ljudem potovati dlje, raziskati več teritorijev in s tem razširili svoj vpliv na večja področja. Najbolj primitivna odkritja na tem področju segajo v čas kožnih pokrival za stopala, lesenih desk kot smuči in snežnih čevljev, kar je omogočalo hojo na daljše razdalje lažje kot pa z boso nogo. Z iznajdbo novih tehnologij v mobilnosti se je potovalni čas skrajšal, prevoz težjih tovorov pa olajšal. Dandanes se raziskovalci na tem področju stalno trudijo iznajti čim bolj učinkovite metode mobilnosti s čim manjšimi stroški izvedbe.

Mednarodna trgovina menjave dobrin je bila glavni faktor za razvoj globalnega transporta in mobilnosti v predmodernem času. Svet je začel delovati bolj kot enotna svetovna ekonomija že leta 1500, po odkritju Novega sveta z vpeljavo svetovne delovne sile, v veliki meri sestavljene iz zasužnjenih ljudi ter multilateralne trgovine. Prodaja tekstila, srebra in zlata, začimb, sužnjev in luksuznih dobrin se je razvila na podlagi kopenskih ter vodnih poti po vsej Evraziji, Afriki ter kasneje v Novem svetu (Frank, 1998, str. 361–387).

V grobem poznamo štiri tipe mobilnosti, ki se lahko nato delijo na še bolj podrobne kategorije:

- kopenska,
- vodna,
- zračna,
- vesoljska.

Prva primitivna kopenska oblika transporta so bila poleg hoje izdolbena debla dreves, v katera so nalagali tovor in jih vlekli z vrvmi. Najpomembnejša iznajdba v zgodovini kopenske mobilnosti pa je vsekakor kolo. Prvič predstavljeno v poezijah Sumercev okoli leta 3500 pred Kristusom, je vodilo v razvoj kolesa kot prve oblike transporta, predvsem tovornega. Prvi vozički so bili narejeni iz enega kosa, pod katerim sta bili pritrjeni dve kolesi na osi. Kasneje, ko so iznašli fiksno os, da sta se kolesi lahko vrteli neodvisno drug od drugega, je voz postal pogosto prevozno sredstvo na Bližnjem vzhodu okoli leta 2000 pred Kristusom (Lay, 1992, str. 25–28). Za nadaljnjih 5.000 let ni bilo večjih napredkov v mobilnosti, saj so bili vozovi, ki so jih vlekli voli ali konji, najbolj napredna tehnologija, vse dokler ni leta 1780 James Watt izumil parnega stroja.

Na podlagi tega izuma je bila odprta prva javna železnica na parni pogon leta 1825 v Angliji. Železnica kot oblika mobilnosti je postala za naslednji dve stoletji najpomembnejša oblika premikanja ljudi in dobrin na evropski celini in v širšem svetu. Ob njej so se razvijala vsa pomembnejša ekonomska in socialna središča (Hamilton, 1968, str. 24–30).

Z industrijsko revolucijo so se pojavila prva plovila na parni pogon in kasneje so na tej osnovi nastale ladje na dizelski pogon. Kot najnovejša oblika plovil, so se v 20. stoletju pojavile podmornice in letalonosilke na jedrski pogon. Zgodovina pomorstva je imela zato pomembno vlogo pri iznajdbi in razvoju naprednih navigacijskih tehnik, oceanografije, kartografije in hidrografije.

V 13. stoletju je bil izumljen magnetni kompas, ki je olajšal čezmorska potovanja. Pred iznajdbo kompasa so se mornarji za navigacijo zanašali na kopenska znamenja in zvezde. Kompas je mornarjem omogočal, da so začrtali pot na zemljevidu s pomočjo namagnetene igle, ki vedno kaže proti severu. To jim je omogočalo potovanje tudi, ko je bilo vreme slabo in megleno. Potovanje se je skrajšalo zaradi bolj linearnih poti. V tem času so Portolanove karte s pomočjo kompasa plovne poti naredile bolj učinkovite, časovno krajše in točne. Leta 1761 je bil izumljen morski kronometer (Huth, 2013, str. 106–108).

Za razliko od zrakoplovov, ki so bili sposobni prevažati ljudi, so bili prvi zrakoplovi nasploh v obliki zmajev na vrvi, izumljeni na Kitajskem 200 let pred Kristusom (Brown, 1922). Upodobil jih je tudi Leonardo da Vinci, eden prvih ljudi, ki je skiciral objekte, s katerimi bi lahko človek poletel (Wallace, 1972, str. 102). Kmalu zatem so v 18. stoletju znanstveniki v atmosferi odkrili vodik, s katerim so po izumu balonov polnili zračne ladje za prevoz ljudi, a so to po več smrtnih nesrečah zaradi visoke vnetljivosti vodika kmalu opustili. Vodik je kasneje nadomestil helij (Robinson, 1973, str. 285). Različne mehanske teorije v tem obdobju, predvsem tekoča dinamika in Newtonovi zakoni gibanja, so pripomogli ustvariti temelje moderne aerodinamike, ki se uporablja še dandanes pri vseh prevoznih sredstvih.

Letalski promet, kot ga poznamo danes, je doživel razmah po drugi svetovni vojni, ko so veliko število transportnih letal pretvorili v potniška. Sovjeti in Britanci so prvi na svetu ponudili redne letalske linije z letali na reaktivni pogon, kar je označilo začetek reaktivne

dobe letalstva (Edge, 1994). Na začetku 21. stoletja se je letalstvo usmerilo v brezpilotne letalnike, sprva vojaške, nato tudi v komercialne namene, velike premike pa spremljamo tudi v današnjem obdobju, ko je govora o avtonomnih letih potniških letal z letali na bolj trajnostne vire pogona. Eden glavnih igralcev na tem področju je slovenski podjetnik Ivo Boscarol s svojim podjetjem Pipistrel iz Ajdovščine (Sarsfield, 2020).

Prva človeška vesoljska odprava na svetu je bila leta 1961 misija Vostok 1 (rus. Boctok-1) zahvaljujoč Sovjetskemu vesoljskemu programu. Glavna arhitekta sta bila Sergei Korolev in Kerim Kerimov, Jurij Gagarin pa je bil kot prvi astronaut in človek v vesolju. Glavna arhitekta sta svoje uporabljeno znanje temeljila na astronautski teoriji Konstantina Ciolkovskega, ki je kot prvi na svetu ustvaril realistični koncept poleta v vesolje konec 19. stoletja. Leta 1969 je NASA z ekspedicijo Apollo 11 prvič v zgodovini pristala na Luni s človeško posadko (Sparrow, 2019). Danes, v 21. stoletju, raziskava vesolja postaja vse bolj zanimiva za vse več držav in podjetij, ker je tehnologija na tem področju tako hitro napredovala. Med drugim tudi za napredna zasebna podjetja, kot so Elon Muskov SpaceX, ki si želi premožnejšim ponuditi tudi vesoljski turizem. Prvi turistični polet je bil izveden leta 2020 s poletom na Mednarodno vesoljsko postajo.

V zadnjih stotih letih smo bili torej priča eksponentnem povečanju mobilnosti kot še nikoli v zgodovini človeštva, tako ljudi kot tudi blaga. Rast mobilnosti je prinesla velik družben napredek in gospodarski razvoj. Ob vsem tem napredku pa smo zadnjih 50 let, vse od naftne krize v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja priča zmanjševanju nekaterih prednosti, ki nam jih je mobilnost prinesla, predvsem zaradi naraščanja števila prebivalstva na svetu in večje dostopnosti le-te večji masi ljudi. Problem nastane, ker trajnostne mobilnosti ni mogoče izvajati v revnih državah in v državah v razvoju, saj le-te nimajo sredstev ali pa niso sposobne teh ciljev enako hitro uresničevati kot nekateri bolj razviti deli sveta. Njihove potrebe po hierarhiji Maslowa niso zadovoljene niti na prvi stopnji. Tako je naša družba postavljena pred nove izzive, katerih cilj je zagotoviti čim bolj učinkovit in nemoten zeleni prehod na trajnostno mobilnost ter hiter napredek na tem področju za vse prebivalce sveta.

2.2 Učinki mobilnosti na okolje

Učinki mobilnosti na okolje so veliki, saj je osebna mobilnost velik potrošnik energije in večinski porabnik svetovnih zalog nafte. To ustvarja onesnaževanje zraka z drobnimi delci in trdimi delci dušikovega oksida, ki imata večinski delež pri globalnem segrevanju zaradi izpustov ogljikovega dioksida (Berntsen, Fuglestvedt, Myhre, Rypdal & Skeie, 2008, str. 454–458). Znotraj transportnega sektorja cestni promet prispeva k temu največ (40 %), sledijo tovornjaki (34 %), nato ladje in letala (skupaj 22 %), najbolj čisti pa so vlaki (4 %). Od vseh izpustov na svetu predstavlja mobilnost 14 % celotnega onesnaževanja okolja (Keller, 2016).

Potencialni **negativni učinki** mobilnosti na okolje so lahko v prvi vrsti prepoznani kot degradacija kakovosti zraka, kar posledično vpliva na zdravje ljudi zaradi izpustov

toplogrednih plinov, povečano tveganje za globalno segrevanje, degradacija vodnih virov, hrup in fragmentacija okolja. Znotraj te interakcije okolja s stopnjo onesnaženosti igra veliko vlogo zgoščenost urbane infrastrukture, saj večja naseljitvena območja pomenijo večje število ljudi, kar posledično pomeni večjo obremenjenost okolja z izpušnimi plini, ker je potreba po mobilnosti prebivalstva večja (sploh, če je slaba infrastruktura za javni prevoz) kot pa na nekem manj naseljenem območju, kjer živi manj ljudi (Dursun, Elif, Hande & Sinasi, str. 279–288).

Kot **pozitivne učinke** mobilnosti na okolje bi lahko opredelili predvsem nove čistejše oblike mobilnosti kot je e-mobilnost, saj ne povzroča hrupa in emisij. Problem pri e-mobilnosti nastane, ko upoštevamo način pridobitve te energije za pogon teh prevoznih sredstev. Če na primer polnimo električni avtomobil iz omrežja, ki je pridobilo to električno energijo s kopanjem premoga in kurjenjem v termoelektrarni, nismo naredili nič; če je ta električna energija prišla iz obnovljivih virov energije (sonce, voda, veter, jedrska), pa lahko govorimo o pozitivnih brezogljčnih prevoznih sredstvih, ki nimajo vpliva na okolje. Poleg teh sodobnih sredstev in načinov mobilnosti gre upoštevati tudi hojo in kolesarjenje kot za okolje pozitivno staro obliko mobilnosti, vendar pa so taki načini premagovanja razdalj bolj primerni za zgoščena urbana območja, kjer so manjše razdalje.

Pri elektromobilnosti nas bi moralo najbolj skrbeti dejstvo, kako reciklirati in ponovno uporabiti odslužene baterijske celice, saj te pogosto vsebujejo nevarne rudnine, ki reagirajo z določenimi kemičnimi elementi za pogon električnega prevoznega sredstva. Dobra novica je ta, da lahko reciklirano baterijsko celico skoraj v celoti ponovno uporabimo za novo prevozno sredstvo, ko ta odsluži svojemu namenu. Za motor z notranjim izgorevanjem tega ne moremo reči, saj lahko recikliramo le okoli 40 %, ostalo pa pristane na deponijah, kjer onesnažuje okolje. Velik problem pa lahko nastane, če se kemikalije iz gorivnih celic v električnem vozilu razlijejo (največkrat pri poškodbah podvozja, ker so nameščene čim nižje v vozilu zaradi nizkega težišča, ki izboljša vozne lastnosti vozila) ali pa zagorijo ob kratkem stiku, vročini ali pri polnjenju. Zato bo pomemben razvoj baterij v trdnem agregatnem stanju.

Obstaja skupna družbena volja, da se zaščiti planet Zemljo in okolje. Podnebne spremembe povzročajo verigo vremenskih ekstremov po vsej Evropi. Cestna mobilnost, ki največ prispeva k onesnaževanju, je močno povezana s tem pojavom zaradi izpustov trdih delcev in toplogrednih plinov. Posledično tudi okolje vpliva na cestno mobilnost z ekstremnimi vremenskimi pojavi. S tega vidika mora mobilnost rešiti veliko izzivov. Premagati mora izzive okolja, družbe in ekonomije. Energija mobilnosti je velik vir izpustov z učinkom tople grede (ima okoli 25-odstoten delež), kar izhaja predvsem iz fosilnih goriv.

2.2.1 Premik k trajnostni mobilnosti

Eden ključnih ciljev v Evropi je zato izvedba politike mobilnosti za premik k trajnostni mobilnosti. To je tudi razlog, zakaj se morajo sistemi mobilnosti razviti in standardizirati, učinkovitost mobilnih storitev se mora povečati, obenem pa je treba zmanjšati ali preprečiti

onesnaževanje okolja. Odklop motoriziranih prevoznih sredstev iz onesnaževanja okolja je naloga inženirjev, učinkovito ekonomsko povečanje odklopa mobilnosti pa naloga za ekonomiste (Tanczos & Torok, 2008, str. 105–110).

Očitne prednosti za širšo družbo so vzrok za vse odločnejše usmerjanje k trajnostni mobilnosti na vseh ravneh upravljanja, od lokalnega do globalnega. Ta premik otežujejo predvsem dolgoletni ustaljeni načini delovanja gospodarstva, institucij in posameznikov, zaradi česar je to vse prej kot lahka naloga. Pomembni premiki se vedno začnejo na mikro ravni (tj. občine, regije), preden se razširijo na državno in nato na mednarodno raven. Eden največjih izzivov za pripravljane in izvajanje novih strategij je zagotovo ozaveščanje in prepričevanje prebivalcev in lokalnih odločevalcev v opustitev starih in sprejetje novih možnosti, ki so na voljo. Čeprav so cilji lahko razumljivi in se z njimi strinja širša javnost, pa sta pomanjkanje vsakdanjih praktičnih izkušenj s konkretnimi ukrepi trajnostne mobilnosti in sam prehod lahko resna ovira za njihovo širšo implementacijo in uporabo.

Vsak način prevoza ima svoje prednosti in slabosti z vidika kapacitet, fleksibilnosti, porabe energije, varnosti in vpliva na okolje. Za obliko mobilnosti, ki najbolje zadosti potrebi po mobilnosti, se je potrebno odločiti na podlagi prednosti in slabosti vsake od oblik. Vrste prevozov se lahko kombinirajo na načine, ki poudarijo njihove prednosti. Tako se vzpostavi transportna veriga, ki je bolj učinkovita, stroškovno ugodnejša in bolj trajnostna, kar prispeva k hitrejšem premiku do enakovrednostnih oblik mobilnosti za širšo družbo.

Trg pogosto povzroči, da v ceno proizvoda ali storitve niso vključeni vsi stroški. Trajnostni pristop zahteva, da onesnaževalec plača polno ceno, s ponotranjenimi stroški vred. Spoštovanje tega načela zahteva reformo trga – odstraniti je treba spodbude za prekomerno rabo naravnih virov in uničevanje okolja. V zadnjih nekaj letih se na ravni Evropske unije prehod na trajnostne vire lajša predvsem z emisijskimi kuponi, s katerimi želijo spodbujati velike in male onesnaževalce, da čim hitreje zamenjajo svojo staro tehnologijo za novejšo in upoštevajo nove okoljevarstvene smernice, ki se nanašajo na prekomerno rabo virov, degradiranja okolja, kakovosti zraka in izpustov toplogrednih plinov. Učinki bodo predvidoma vidni, ko bo za vse veljalo enako, saj večji onesnaževalci potrebujejo več emisijskih kuponov za izničenje izpustov kot manjši. Ideja pri tem je, da se kuponi dodelijo odstotkovno glede na količino izpustov posameznega podjetja, da se ohranja ravnovesje, s tem pa enake pravice do trgovanja s temi kuponi, ne glede na velikost onesnaževalca.

Oblikovanje trajnostne mobilnosti zahteva, da ima preprečevanje posledic onesnaževanja prednost pred njihovim zdravljenjem. Zaradi tega je upoštevanje načela celostnega pristopa izjemnega pomena. Upoštevanje navedenih načel bi pripomoglo k zmanjšanju nezaželenih učinkov mobilnosti. Zavedajoč se tega sta tako EU kot Slovenija številna od teh načel vključili v svoje politike mobilnosti, katerih cilj je lažji, hitrejši in učinkovitejši premik k trajnostni mobilnosti (Keuc, Keuc & Nastav, 2004, str. 1–12).

V naslednjem podpoglavju bo torej definiran osnovni model, omenjen v zgornjem odstavku, po katerem se bodo ravnali ukrepi za premik k trajnostni mobilnosti, s podrobnejšimi modeli pa bo to prikazano v poglavju 3. Upravljanje pridobivanja trajnostnih virov energije.

2.2.2 Ukrepi trajnostne mobilnosti

Cestni promet je v današnjem času eden največjih razlogov za povečane izpustov toplogrednih plinov. Ta sektor tudi beleži največji delež povečanja izpustov toplogrednih plinov, ki prispevajo k onesnaženju ozračja. Kljub temu je cestni promet ključen segment tako za ekonomsko konkurenčnost kot tudi za komercialno in kulturno menjavo in je zato igral glavno vlogo v Lizbonski pogodbi za konkurenčnost, rast ter zaposlovanje v EU. Še več, avtomobilska panoga je največji enotni proizvodni sektor na svetu ter eden največjih generatorjev bogastva in zaposlitev v EU (Nieuwenhuis, Vergragt & Wells, 2004, str. 5–11).

Problem za družbo in politiko nastane, ko se postavi vprašanje, kako obdržati družbene in ekonomske prednosti mobilnosti in hkrati zmanjšati negativne ekonomske, okoljske in socialne posledice prometa. Politične rešitve za te vztrajajoče probleme so se osredotočale predvsem na tehnološki napredek in do neke mere na modalni premik, vendar se je na tem področju naredilo premalo, da bi imelo vpliv na tako velik porast povpraševanja po mobilnosti. Tehnološki napredek zmanjšanja emisij in glasnosti vozil je bil hitro izničen s povečanjem števila vozil, z njihovo težo, velikostjo motorja, frekvenco in dolžino opravljenih poti (Evropska komisija, 2001, str. 264).

Povečanje potreb po mobilnosti, predvsem cestne, predlaga tako potrebo po radikalnih spremembah v tehnoloških napredkih namesto postopne kot tudi integrirane pristope k zmanjšanju povpraševanja in k spodbujanju modalnega prehoda. Kot zagovarjajo (Kemp & Rotmans, 2004; Nykvist & Whitmarsh, 2008, str. 115–127), so radikalne sistemske inovacije – »tranzicija« – v kopenski mobilnosti nujno potrebne za odmik od trenutnega režima k bolj trajnostnim sistemom mobilnosti. Takšna tranzicija pa bo verjetno zahtevala tako tehnološke kot tudi institucionalne spremembe (električne in vodikove gorivne celice, prilagojena mobilnost, delo na daljavo in politike zelenih con). To modeliranje je namenjeno kot predlog ukrepov, kako se bo ta tranzicija zgodila in kakšni pogoji morajo biti izpolnjeni, da bo prišlo do gladke izvedbe.

V kontekstu analiz podnebnih sprememb se model osredotoča na proces uporabe novih nizkoogljčnih tehnologij kot ukrep za prehod na trajnostno mobilnost. Tehnologija, ki je najbolj obetavna na dolgi rok, predvideva vozila na vodikove gorivne celice in popolnoma električna vozila. Bailie in drugi (2009, str. 56–67) so raziskali ta pristop z vidika emisij in prikazali scenarije za Združene države Amerike (v nadaljevanju ZDA). Ukrep prehoda na vodik lahko zmanjša emisije toplogrednih plinov ob predpostavki, da se energija pridobiva iz ogljično nevtrálnih virov, vendar navajajo, da bo tranzicija počasna, ker so naftni lobiji veliko vložili v infrastrukturo in razvoj motorjev na notranje izgorevanje in bodo poskušali to tehnologijo zadržati čim dlje za svoje lastne koristi in dobiček.

Makroekonomski modeli na tem področju še niso bili uporabljeni v večji meri, so pa uporabili ekonomske procese bolj podrobno po strukturi od spodaj navzgor (angl. bottom-up approach) v modeliranju mobilnostnih mrež in tehnologij, ki zajemajo mobilnost in podnebne spremembe, vendar ne naslavljajo problemov institucionalnih strukturnih sprememb. Modelirna literatura zatorej ne naslovi temeljnega vprašanja za trajnost in podnebne spremembe: Kako se socialne in institucionalne strukture spremenijo in uvedejo spremembe ter katere so nujne, da se le-te spremenijo in uvedejo kot ključne za radikalen prehod na trajnostno mobilnost?

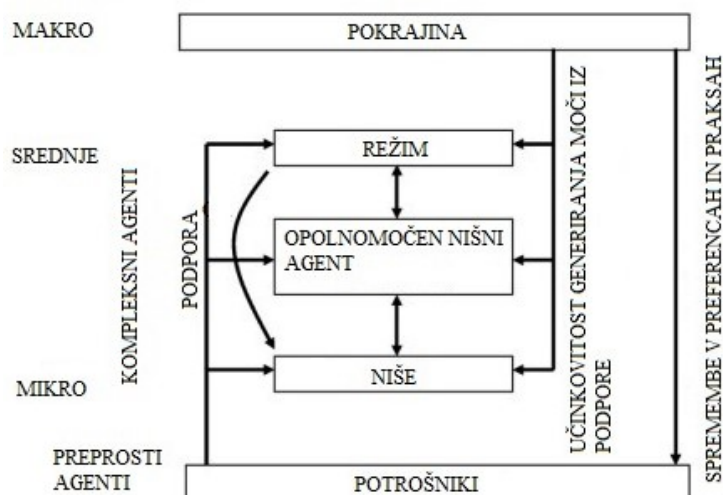
Analiza in model predstavljata inovativen pristop k simuliranju ukrepov za prehod (radikalnih in sistemskih sprememb) znotraj družbenih sistemov. Model je implementacija generične tranzicijske strukture, opisane v Bergman in drugi (2008a). Bergman in drugi (2008b, str. 93–114) so podrobno opisali mehanizme v modelu. Struktura modela je zasnovana na »večravninski perspektivi«, ki sta jo zasnovala Kemp & Rip (1998, str. 327–399) in zajema tri funkcionalne ravni: nišo, režim in pokrajino. S povečano strukturnostjo (Giddens, 1984) in koordinacijo aktivnosti od posameznih tehnologij in gibanj v povojih preidemo na večji obseg družbenih struktur in institucij.

Tranzicijska teorija poudarja medodvisnost institucij in infrastruktur, ki gradijo družbene sisteme in podsisteme, ki so ustvarili različne tipe ovir, ki zadušijo inovacije (Berkhout, Smith & Stirling, 2005, str. 1491–1510). Ti družbeni sistemi sestojijo iz ekonomskih, socialnih, kulturnih, infrastrukturnih in regulativnih podsistemov, ki so povezani z naborom družbenih skupin. Stabilnost in kohezija družbenih sistemov temeljita na utrjenih kognitivnih, normativnih in regulativnih institucijah (Geels, 2005). Te institucije predstavlja koncept režima. Režim lahko razumemo kot določen nabor praks, pravil in predpostavk, ki prevladujejo v sistemu in njihovi igralci (van Asselt, Kemp & Rotmans, 2001, str. 15–31). Pomembni so, ker se režimi osredotočajo na sistemsko optimizacijo namesto na sistemske inovacije, ker navade, obstoječe kompetence, naložbe, regulacije, prevladujoče norme in pogledi na svet delujejo tako, da ugotovijo vzorec obnašanja, ki rezultira v začrtani potni odvisnosti, potrebni za tehnološki in družbeni razvoj (Berkhout, Smith & Stirling, 2005b, str. 1491–1510; Geels, 2005).

Tranzicija potrebuje kvalitativne inovacije, ki jih realizirajo različni udeleženci, kar spremeni strukturo sistema. Raziskovalci so zatorej izpostavili niše – individualne tehnologije in akterje izven vidnega polja režima – prostor za radikalne inovacije (Geels, 2005; van Asselt, Kemp & Rotmans, 2001, str. 15–31, 2001; Berkhout, Smith & Stirling, 2005, str. 1491–1510). Režim je lahko pod grožnjo niše ali pa zaradi sprememb na širši pokrajini ekonomskih, ekoloških in kulturnih trendov. Lahko pa tudi od notranjih neporavnanosti med režimskimi akterji (Geels, 2005). Ko je grožnja prepoznana, režimski akterji mobilizirajo vire znotraj tega režima in v nekaterih primerih tudi znotraj niše, da se odzovejo na to grožnjo (Geels & Schot, 2007, str. 399–417; Berkhout, Smith & Stirling, 2005, str. 1491–1510). Tranzicija se zgodi, ko se režim transformira ali pa se zgodijo spremembe v režimu. V transformaciji se režim odzove na sistemske in pokrajinske

spremembe tako, da spremeni nekatere prakse in pravila ter zamenja nekatere institucije in akterje. Po drugi strani pa, ko se režim ni sposoben spremeniti, se sesede ali pa ga zamenja novi režim, ki je bolj prilagojen novim pogojem, ki so posledica spremembe režima. Ta hierarhična struktura (slika 1) oblikuje osnovo za dinamiko modela.

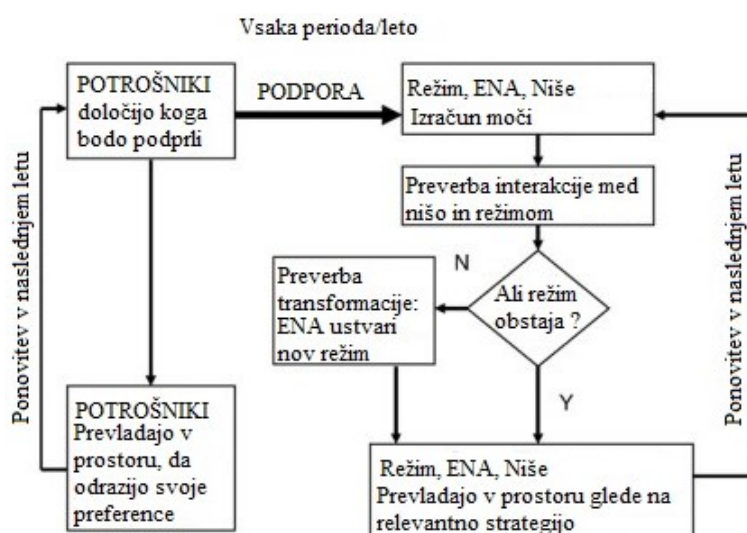
Slika 1: Prikaz delovanja osnovnega modela za premik k trajnostni mobilnosti



Prirjejeno po Bergman in drugi (2008a) in Bergman in drugi (2008b, str. 93–114).

Koraki ukrepov modela znotraj določenega časovnega obdobja (periode) so prikazani na sliki 2.

Slika 2: Koraki ukrepov modela znotraj določenega časovnega obdobja



Prirjejeno po Bergman in drugi (2008a) in Bergman in drugi (2008b, str. 93–114).

Model je dinamična simulacija. Položaji agentov režima in niš so v praktičnem prostoru začetne točke vsakega časovnega obdobja. Položaj preprostih agentov v praktičnem prostoru

določa raven podpore režimu in nišam. Režim in niše se prilagodijo praksam, tj. se premaknejo v praktični prostor glede na podporo, ki jo imajo tam, njihovo dano učinkovitost v pokrajini in njihovo implementirano kulturo kot regijo v praktičnem prostoru, ki jih omejuje. Preprosti agenti, ki so naključno razdeljeni po praktičnem prostoru, se tudi premaknejo po praktičnem prostoru glede na vpliv signalov pokrajine. To lahko spremeni njihovo dodelitev podpore v prihodnjih časovnih obdobjih. Režim in niše so v medsebojni interakciji, kar igra ključno vlogo pri dinamiki modela. Model vsebuje naslednje štiri mehanizme interakcij:

- prilagoditev je sprememba v praksi, da se poveča moč ali podporo. Agenti stalno spreminjajo svoj položaj v praktičnem prostoru,
- pojavnost niš se zgodi na lokacijah v prostoru, kjer obstajajo podporniki, ni pa bližnjih agentov,
- če režim posrka nišo vase, dobi režim nove prakse,
- preoblikovanje je sprememba enega agenta v drugega. Ko pridobi dovolj moči, postane niša Opolnomočen nišni agent (angl. Empowered Niche Agent, v nadaljevanju ENA) ali pa ENA postane nov režim. Ko zgubi moč, se režim preoblikuje v ENA ali pa ENA postane nova niša. Preoblikovanje je možno v vseh smereh in je nujno za spremembo režima.

Za mobilnost na zemeljskem površju je trenutno najbolj razširjena tehnologija motorjev na notranje izgorevanje. Le-ta je široko priznana kot trenutni družbeno-tehnološki režim osebne mobilnosti. Nizkoogljične tehnološke in vedenjske alternative sta podrobneje opisala Button in Hensher (2003), medtem ko so bile v diskusiji opredeljene alternativne družbene strukture mobilnosti. V teh diskusijah zasledimo preprosto taksonomijo alternativnih ukrepov, ki bi omogočili lažji prehod na trajnostno mobilnost:

- inovativna vozila in tehnologije goriv, kot so biogoriva, mehanski hibridi, priključni hibridi in vodikove gorivne celice ter popolnoma električna vozila,
- sprememba v lastništvu vozil – »car sharing«, učinkovitejši javni prevoz,
- spodbujanje nizkih potreb po mobilnosti s spremembami v življenjskem slogu: delo in šolanje od doma, spletni nakupi z dostavo na dom za večino izdelkov, urbano življenje s povečano rabo informacijskih in komunikacijskih tehnologij (v nadaljevanju IKT) in infrastrukture (več mešanih con za počasne načine mobilnosti: hoja in kolesarjenje, električni skiroji).

Ti trije alternativni ukrepi mobilnosti definirajo novo nišo v trenutni infrastrukturi režima. Agenti za avtomobilsko tehnologijo tvorijo režim avtomobilov z motorji na notranje izgorevanje in tri niše (alternativni ukrepi): hibridna vozila, vozila na biogoriva in vozila na vodikove gorivne celice. Ostale niše sledijo pozitivnim spremembam vzorcev lastništev vozil ter javnega prevoza (odmik od lastništva prevoznega sredstva do mobilnostnih storitev). Urbana IKT tehnologija – nizka potreba po mobilnosti (delo/šola in nakupovanje

od doma) in prevzemanje počasnih načinov mobilnosti (hoja, kolesarjenje in električni skiroji) ter povečanje mešanih con v mestih.

Glede na obsežno literaturo in pretekle analize trendov evropske mobilnosti in preteklih del na področju razvoja tranzicijskih scenarijev trajnostne mobilnosti, lahko prikažemo integrirani tehnološkovedenski scenarij za prehod v brezogljlično družbo. Predpostavljajoč, da smo sedaj skoraj na polovici scenarija, glede na omejitve časovnega okvira, ki zajema trenutno obdobje prvega pol stoletja z začetkom v letu 2000 in koncem v letu 2050, ko v Evropi dosežemo podnebno nevtralnost, kar je tudi del Zelenega dogovora v Evropski uniji. Scenarij ter konkretna časovnica prehoda bosta podrobneje opisana in prikazana v podpoglavju 4.3 Časovnica predvidenega prehoda na mobilnost ničelnih toleranc.

Razogljičenje cestnega prometa je ključno pri omejevanju globalnega porasta temperatur ozračja za dve stopinji do leta 2050. Danes je transportni sektor skoraj popolnoma odvisen od fosilnih goriv in v zrak izpusti več kot 20 % vsega ogljikovega dioksida in gotovo bo ta delež v prihodnjih letih še naraščal. Kot kažejo napovedi, se bo do leta 2050 dvignil na 35 % in vodil k povišanju temperatur za štiri stopinje, če seveda ne bomo ukrepali. Scenarij, po katerem se bo ozračje ogrelo le za dve stopinji do leta 2050, namreč v enakem obdobju zahteva zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida za 40 %. Povprečni izpusti na kilometer se morajo zmanjšati za več kot 70 %, in to kljub povečanju izpustov v oglično bolj intenzivnem cestnem tovornem transportu, ladijskem in zračnem prometu. To je tudi opredeljeno v smernicah EU Zelenega dogovora, opisanega v nadaljevanju s konkretnimi ukrepi, ki jih vsebuje za tematiko trajnostne mobilnosti.

Zeleni dogovor je celovit načrt za vzpostavitev trajnostnega gospodarstva in doseganje podnebne nevtralnosti do leta 2050. EU namerava s pomočjo ambicioznih ciljev, področnih strategij in akcijskih načrtov, zakonodaje, financiranja in investicij ter koordinacije z ukrepi držav članic v naslednjih letih občutno pospešiti zeleno in digitalno preobrazbo. Izhodišče preobrazbe so znatno večje ambicije pri zniževanju izpustov toplogrednih plinov, ki jih dopolnjujejo ostali cilji trajnostnega razvoja na področjih ekonomskega, socialnega in ekološkega razvoja. Evropska komisija je v Zelenem dogovoru opredelila tri ključne ukrepe, ki bodo pripomogli k trajnostni mobilnosti:

- **Spodbujanje kombiniranega prometa in pametne mobilnosti:** Poudarek na preusmeritvi tovornega prometa s cest na železniški in rečni ladijski promet, razvoj sistemov pametnega upravljanja s prometom ter storitev trajnostne mobilnosti za zmanjševanje zastojev in onesnaženosti, zlasti v urbanih okoljih.
- **Pospešeno vključevanje ogličnega odtisa prometa v cene:** Ukinitve subvencij na fosilna goriva, razširitev EU enotnega sistema trgovanja z emisijami (v nadaljevanju ETS) na sektor prometa in zmanjšanje števila brezplačno razdeljenih emisijskih kuponov za letalski promet, zaostritev emisijskih standardov za avtomobile in kombinirana vozila ter proučitev možnosti vključitve cestnega prometa v EU ETS, reguliranje dostopa do evropskih pristanišč za največje onesnaževalce.

- **Pospešeno uvajanje trajnostnih alternativnih goriv:** Povečanje proizvodnje in uporabe trajnostnih goriv za različne načine osebne mobilnosti, podpora izgradnji infrastrukture polnilnih in oskrbnih mest za vozila brez izpustov in z nizkimi izpusti (priključni hibridi, električna vozila in vozila na vodikove gorivne celice).

2.2.3 Infrastruktura za alternativna goriva

Specializirana infrastruktura je potrebna za napajanje alternativnih goriv – zemeljski plin, biogoriva, električna, vodik – tako kot tudi za klasični gorivi bencin in dizel. Podobno kot leta, se lahko infrastruktura uporablja v zasebne, javne ali poslovne namene. V osnovi pa so vsi nameni enaki – napolniti vozilo za nadaljnjo vožnjo, zato so tudi potrebe in prakse za to infrastrukturo enake. Nekateri poslovni operaterji (flote) potrebujejo dovoljenje za polnjenje na zasebnih infrastrukturah. Stroški postavitve infrastrukture se lahko močno razlikujejo glede na tip goriva, hitrost polnjenja in podzemno kapaciteto skladiščenja derivatov. Območja z večjo frekvenco obiskov (letališča, točilne/polnilne postaje za flotne pogodbenike) načeloma zato potrebujejo hitrejša točilna mesta in več le-teh ter z večjo kapaciteto zalog. Razvoju in postavitvi nove infrastrukture torej zapoveduje povpraševanje po posamezni vrsti goriva na neki lokaciji, zato ni vedno smotrno vse vrste goriva namestiti na vse nove in potencialne lokacije, ker to narekuje povpraševanje na trgu.

Negotovost glede frekvence obiska za specifično vrsto goriva in stopnja uporabe je glavna ovira za postavitev infrastrukture, ki ponuja vse vrste goriv ter preprečuje ponudnikom črpalne infrastrukture, da dosežejo ekonomijo obsega, zato se jim vedno taka postavitve ne splača. V zadnjih letih so tako vladne subvencije pripomogle k postavitvi novih alternativnih polnilnih postaj, kljub večjim vhodnim stroškom, kot so potrebni za klasična točilna mesta, ki ponujajo bencin in dizel. Financiranje na daljši rok, z nižjimi obrestnimi merami za vlagatelje, je tudi pripomoglo k premagovanju začetnih ovir in odločitvi o postavitvi alternativne infrastrukture za bodoče ponudnike. Pri tem naletimo na tri glavne ovire, ki govorijo v prid infrastrukturi za klasična goriva:

- Obstoječa bencinska in dizelska infrastruktura v večinski meri že obstaja in dobro konkurira potencialnim novim konkurentom, saj so vstopni stroški že zdavnaj pokriti.
- Trenutni obseg uporabe alternativnih goriv se ne zdi zadosten za pokritje vstopnih in fiksnih stroškov infrastrukture za alternativna goriva.
- Za nekatere oblike alternativnih goriv (stisnjen in tekoč ohlajen zemeljski plin SZP/TZP, etanol E85, vodik) tehnologija za rezidenčno polnjenje še ne obstaja ali pa je njena izvedba izven okvirov masovnih točilnih mest zelo draga.

Nekatere izmed teh treh ovir se da lepo rešiti tako, da se že obstoječo infrastrukturo za bencinske in dizelske derivate preoblikuje na način, da se poleg le-teh omogoči ponudbo alternativnih goriv, kar nekatera točilna mesta že izvajajo (Dougherty & Nigro, 2014, str. 12). Največkrat vidimo naknadno dodan terminal za stisnjen zemeljski plin (SZP) ali tekoč

ohlajen zemeljski plin (TZP) ter biogorivo etanol E85, ki vsebuje 15 % koruzne mešanice poleg standardnih točilnih mest za bencin in dizel. Te tri oblike so tudi najbolj pogoste, ker so dodatni stroški vzpostavitve relativno nizki. Zapleta se pri dodajanju električnih polnilnic in polnilnic za vodik, ki se po navadi postavijo samostojno na večja parkirišča in redko poleg že obstoječe klasične točilne infrastrukture. Veliko vprašanje nastane, kaj se bo zgodilo s točilnimi mesti klasičnih derivatov po letu 2035, ko stopi v veljavo njihova prepoved in bo obstoječa infrastruktura primorana v prestrukturiranje ali rušenje, ker je ne bo tako lahko spremeniti v infrastrukturo izključno za alternativna goriva, ker točilna mesta prvotno niso bila postavljena s tem namenom. To nam potem da misliti, ali se sploh splača na tako kratek rok (za naslednjih 13 let) dodajati alternativne oblike goriva na obstoječo točilno infrastrukturo, saj bi po koncu obdobja klasičnih goriv bilo nemara ekonomsko manj smiselno prestrukturiranje kot pa popolnoma nova gradnja, namenjena izključno alternativnim gorivom. V tabeli 1 so prikazani primerljivi vhodni stroški postavitve točilne/polnilne infrastrukture ter stroški na prevožen kilometer za vsako vrsto goriva.

Tabela 1: Primerjava vhodnih stroškov za postavitev različnih tipov infrastrukture za alternativna goriva in stroškov goriva na kilometer v primerjavi s klasičnimi opcijama

Tip infrastrukture	Tip goriva	Cena za eno enoto infrastrukture	Strošek goriva na kilometer**
Hitrost »Level 2«: domača polnilnica	Elektrika	400 €-5.500 €	0,03 €
Enosmerni tok (DC): hitra polnilnica		50.000 €-150.000 €	
SZP domača počasna polnilnica	Zemeljski plin	5.000 € + montaža	0,06 €
SZP hitra polnilnica		675.000 €-1 milijon €	
TZP hitra polnilnica		350.000 €-1 milijon €	
Osrednja proizvodna polnilna postaja	Vodik	1 milijon €	0,12 €
Klasična točilna postaja	Bencin/dizel	50.000 €-150.000 €	0,08 €/0,10 €

Legenda: ** predpostavljamo, da električno vozilo prevozi 5,8 km/KWh; bencinski/dizelski ali avto na SZP porabi 6 l/100 km; vozilo na vodikove gorivne celice prevozi 120 km s kilogramom vodika, ki stane 14 €/kg; pri čemer elektrika stane 0,16 €/KWh, SZP 1€/l, bencin 1,35 €/l in dizel 1,60 €/l. (Cene veljajo za september 2022).

Prirjeveno po Alternative Fuel Data Center (2014).

Kot lahko razberemo iz tabele 1, je najučinkovitejša alternativna infrastruktura javna ali domača polnilnica za priključna električna vozila. Tej sledijo zemeljski plin ter klasična derivata bencin in dizel. Najdražja alternativna opcija je dandanes naložba v vodikove gorivne celice, saj trenutno tudi obstaja le eno uspešno serijsko proizvedeno vozilo na ta pogon – Toyota Mirai. Z leti, ko bo tehnologija vodikovih gorivnih celic postala pogostejša, bodo tudi vhodni in obratovalni stroški padli in bodo takšna vozila, ki so trenutno zelo draga, kot tudi infrastruktura imeli več smisla, zlasti po letu 2035. Do takrat pa so opcije stisnjenega

zemeljskega plina, hibridnih vozil in električnih avtomobilov bolj smiselni nadomestki za zmanjšanje izpustov emisij toplogrednih plinov v okolje.

Večji problem pri realizaciji polnjenja električnih avtomobilov nastane, ker veliko ljudi nima svojih garaž ali parkirnih mest in nimajo možnosti za zasebno stensko polnilnico »Level 2«. Ljudem v blokih in večstanovanjskih hišah bi bilo treba urediti infrastrukturo hitrih polnilnih postaj na parkiriščih in zagotoviti polnjenje ob polni zmogljivosti omrežja v nočnih urah, ko poraba električne energije v zasebne in gospodarske namene ni tako velika, zato je posledično tudi manj nepričakovanih izpadov zaradi preobremenjenosti omrežja. Evropska komisija se je v letu 2021 zavezala tudi za problem, ki ga predstavlja dejstvo, da po njihovih podatkih večina električne infrastrukture obstaja v petih najbogatejših članicah EU, zato je za ostale voznike, ki niso iz teh članic, težje potovanje z električnimi vozili na daljše razdalje. S sprejetjem ukrepa, ki začne veljati januarja 2025, želijo te težave premostiti z izgradnjo hitrih polnilnih postaj na vsakih 60 km na avtocesti (trenutno je šele vsaka deseta polnilna postaja hitra). Ukrepi so bili sprejeti v okviru paketa za EU podnebje, rabo zemljišč, transport in davčne politike »Fit za 55«, ki želi zmanjšati emisije toplogrednih plinov v Evropi za 55 % do leta 2030 v primerjavi z letom 1990. Paket vsebuje tudi popravljen direktivo iz leta 2014 glede infrastrukture za alternativna goriva, ki to direktivo spreminja v uredbo.

3 UPRAVLJANJE PRIDOBIVANJA TRAJNOSTNIH VIROV ENERGIJE

3.1 Upravljanje trajnostnih virov energije (TVE) na Norveškem in v Kaliforniji

Zahvaljujoč visokim davkom pri nakupu novih vozil ima norveška vlada velik in močan vpliv na instrumente podnebne politike. Dosledna uporaba instrumentov za izvajanje teh politik bi lahko prepolovila izpuste toplogrednih plinov iz osebnih vozil na Norveškem v naslednjih dveh desetletjih. Glede na večjo energijsko učinkovitost elektromotorjev v priključnih električnih vozilih v primerjavi z vozili z motorjem na notranje izgorevanje bi se skupna poraba energije celotnega norveškega parka osebnih vozil znatno zmanjšala v korist celotne družbe, še posebej pa za voznike tovrstnih vozil. Tako ima tudi javni potniški promet nepogrešljivo vlogo v vsakdanjem norveškem javnem življenju, s tem pa tudi veliko manevrskega prostora za izboljšave in zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. V igri so zelo ambiciozni načrti za izboljšane poti prevozov in kakovosti storitev, vendar se mora spremeniti tudi način pogona teh vozil, v nasprotnem primeru to na zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov ne bo imelo vpliva. V tem primeru je smiselna vpeljava mestnih potniških vozil na metan, stisnjen zemeljski plin, kar že postaja standardna praksa v vseh norveških mestih, in nenazadnje na električni pogon ter na vodikove gorivne celice, ko bo to infrastruktura, ki je že v pospešenem razvoju, dopuščala.

Upoštevati moramo, da je Norveška ena od reliefno najbolj razgibanih držav v Evropi, zato je tudi morala ubrati zelo inovativne gradbene ter inženirske rešitve za izgradnjo učinkovite

cestne in železniške infrastrukture. Med njih spadajo številni mostovi, viadukti, tuneli, avtoceste in železnice pa tudi številne trajektne povezave med fjordi, ki zarežejo globoko v celino, kjer ni vedno moč zgraditi mostov ali tunelov za premostitev teh geografskih ovir. Izboljšanje cestne infrastrukture izboljša povezljivost in skrajša čas potovanja, vendar pa tudi omogoča višje hitrosti, kar posledično tako na kratek kot tudi na dolgi rok zviša izpuste toplogrednih plinov iz osebnih in tovornih vozil, zato je potrebno uvesti in dosledno nadzorovati hitrostne omejitve ter sankcionirati kršitelje. Sčasoma bo to postal manjši problem, ker bodo vozila postala bolj čista in manj obremenjujoča za okolje. Norveška vidi odklop (angl. decoupling) kot učinkovito strategijo za koridorje v tovornem prometu, zlasti železniškem, kot dobro trajnostno opcijo razogljičenja tovornega cestnega prometa, ki znatno pripomore k izpustu toplogrednih plinov v ozračje. Ta strategija bi te izpuste tako rekoč izničila, saj so železnice popolnoma električne.

Okoljski davek in vladne subvencije za čistejša vozila bi znatno povečali zaupanje, poštenost in učinkovitost davčnih politik v očeh potrošnikov. To bi imelo vesplošno podporo ljudstva, saj je Norveška zelo bogata z obnovljivimi viri energije, zlasti z vodnimi viri. Teoretično bi iz tega naslova lahko poganjala celoten park popolnoma električnih osebnih vozil, saj bi bilo za to potrebno nameniti le šest odstotkov celotne proizvodnje električne energije iz naslova virov hidroenergetske tehnologije (Alfsen & Fridstrom, 2014).

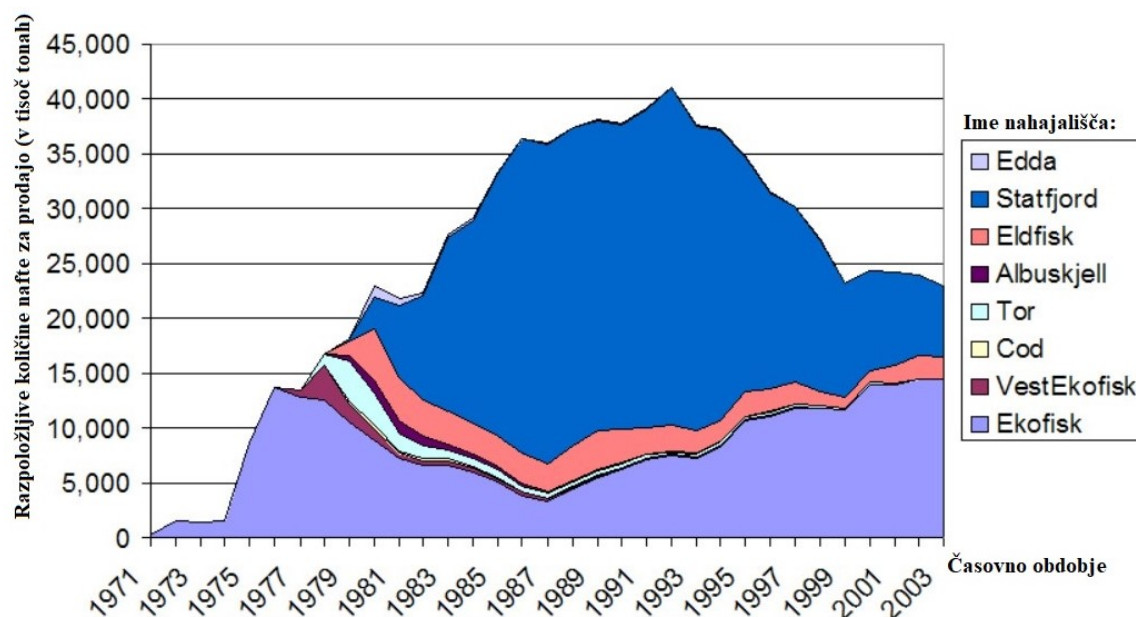
Zdi se torej dvomljivo, ali imajo mehanizmi za doseganje ciljev podnebne politike zadostno težo pri doseganju nasprotujočih si ciljev in pomislekov. Predlog za uvedbo zakona o podnebnih spremembah za uveljavljanje in spremljanje zmanjševanja toplogrednih plinov je v pospešeni obravnavi v norveškem parlamentu.

Davek na vrsto goriva in zgostitev prometa (zlasti na območjih večje populacije) sta primera dobre ekonomske prakse, posrednih davkov, ki lahko pomagajo ponotranjiti uporabo marginalnih zunanjih stroškov za določene aktivnosti. V našem primeru je to uporaba osebnih avtomobilov za mobilnost, ki povzroča lokalno in globalno degradacijo okolja ter izgubo časa ob prometnih zamaških za voznike. Na to temo je bila opravljena javnomnenjska raziskava, ki je dala mešane rezultate. Večina uporabnikov je bila skeptičnih do učinkovitosti teh davkov, razen če so prihodki od davkov res šli v namen, za katerega so bili predpisani, torej za boj proti podnebnim spremembam in za naložbe v okolju prijaznejše tehnologije za mobilnost. Takšna strategija lahko pripomore k vpeljavi ambicioznih ciljev podnebnih politik, to pa je odvisno tudi od deleža proračuna, ki ga vlada nameni za izvedbo te strategije. Sprejemanje javnosti je zato v splošnem večje, ko se prihodki od davka v strategiji porabijo učinkovito; za zmanjšanje onesnaženosti na lokalni ravni, zmanjšanje zgoščenosti prometa na ključnih vpadnicah. Prihodki od davka na zgoščenost so zato večkrat višji od blaginje. Glavno vprašanje, ki ima velik vpliv na javnost, je torej, kako pravilno porabiti ta sredstva.

Norveška je te politike uspešno uveljavila in izkoristila trend ter se zavezala k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov. To pa je lahko naredila zahvaljujoč prav izhodni tehnologiji trenutno večinske pogonske tehnologije mobilnosti - fosilnih goriv. Leta 1963 je Norveška

naznanila suverene pravice nad naravnimi viri v Severnem morju, tako so leta 1966 v Severnem morju prvič vrtali za nafto, našli pa so jo tri leta kasneje, 21.8.1969. Jasno je bilo, da so našli veliko nahajališče surove nafte in zemeljskega plina, kar prikazuje slika 3. To jim je omogočilo postati ekonomsko samozadostni in brez potrebe po včlanitvi v EU, saj je država postala na podlagi teh nahajališč zelo bogata.

Slika 3: Proizvodnja surove nafte na Norveškem

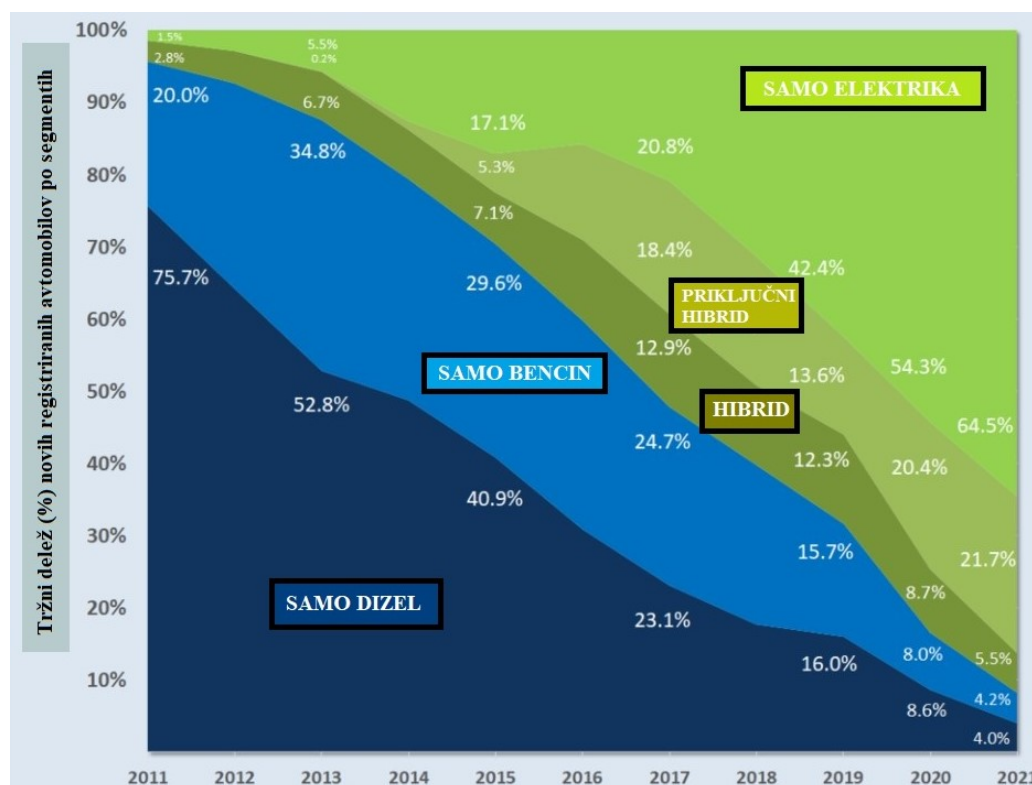


Prirejeno po Baten (2016, str. 30).

Povečana konkurenčnost med ponudniki nafte predstavlja tudi izziv v okviru debate o fosilnih gorivih. Očitni prehod na obnovljive vire energije lahko pri ponudnikih okrepi željo po kopičenju obstoječih zalog derivatov, da sredstva ne zgubijo dobička. Zgodovina obdavčenja naftnih proizvodov in proizvodov, ki izpuščajo velike količine ogljikovega dioksida v ozračje, v EU tako spodbuja in podpira prehod stran od fosilnih goriv na druge alternativne vire energije (Bradley, Burton, Canzi, Froggatt & Stevens, 2020, str. 98).

Norveška je torej geografsko zelo razgibana dežela z velikim zalogami naravnih virov in ima s tem velik potencial za izkoriščanje teh naravnih danosti za učinkovit prehod na trajnostne oblike virov energije. Država to s pridom izkorišča, saj 98 % svoje elektrike pridobi iz svojih 1.166 hidroelektrarn, kar poganja okolju prijazen vozni park s 647.000 vozili (28 % vseh vozil, od teh kar 17 % popolnoma električnih). Trg z okolju prijaznimi vozili je tako na Norveškem največji na svetu, saj je skoraj vsak tretji prodani avtomobil hibrid (priključni, mehanski) ali pa popolnoma električni priključni. Slika 4 nam prikazuje smer razvoja trga vozil na Norveškem za obdobje zadnjih 10 let.

Slika 4: Smer razvoja trga vozil na Norveškem za obdobje 2011–2021, glede na vrsto pogona



Prirejeno po Norwegian Road Federation (OFV) (2021).

Poleg upravljanja in izkoriščanja vodnatosti norveških rek za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarnah, ima Norveška še druge možnosti upravljanja z obnovljivimi viri energije:

- vetrna energija,
- priobalna vetrna energija,
- plimovanje,
- bioenergija iz lesa.

Ima pa Norveška omejene možnosti za izkoriščanje vira obnovljive energije iz sonca, torej iz solarnih panelov, kar pa bo večji adut drugega najuspešnejšega območja na svetu, ki služi za zgled trajnostne mobilnosti – Kalifornije, ki bo opisana v nadaljevanju. Pomanjkanje možnosti izkoriščanja solarne energije na Norveškem pripisujemo predvsem visoki geografski širini (med 60 in 75 stopinjami severno od ekvatorja). Ob obalah prevladuje oceansko podnebje z veliko padavinami zaradi vpliva severnoatlantskega toka, na severu je subarktično podnebje, v notranjosti pa hladno gorsko in celinsko podnebje z občutno bolj mrzlimi zimami, s pogosto meglo, vetrom in dežjem ter z malo sončnimi dnevi. Pozimi je na severnem delu države polarna noč, ko sonce zaide za več mesecev, kar onemogoča proizvodnjo električne energije iz tega vira, saj ni sevanja sončne svetlobe. Norveška ima torej omejene vire na področju solarne energije, vendar je kljub temu ena izmed večjih proizvajalk solarne silikona in silikonskih solarnih celic na svetu.

Nacionalni transportni plan (v nadaljevanju NTP) je določil politike in ukrepe za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov iz osebnih avtomobilov, tovornjakov, ladij, letal in gradbene mehanizacije za polovico do leta 2030. Za doseg tega cilja med drugim NTP postavlja cilj, da morajo biti vsi novi avtomobili, avtobusi in lahka gospodarska vozila od leta 2025 dalje brezemisijski, torej popolnoma električni ali na vodikove gorivne celice. Do leta 2030 morajo biti težka dostavna vozila, 75 % novih avtobusov na dolge razdalje in 50 % novih tovornjakov brezemisijska vozila. Poleg tega bi moralo 40 % vseh ladij v pomorskem prometu na kratkih razdaljah uporabljati biogoriva ali nizkoogljične alternative. Predlagana strategija navaja, da bodo vsi novi avtomobili z motorjem na notranje izgorevanje, ki se prodajajo, morali biti priključni hibridi ali na biogoriva, kjer prva opcija ni mogoča, do popolne prevlade brezemisijskih vozil. Dodatno temu bi morale vladne agencije v največji možni meri spodbujati uporabo biogoriv in tehnologij z nizkimi ali ničelnimi emisijami v zasebnih in najetih vozilih ter plovilih. Načrt torej poziva k podpori hitre uvedbe vozil brez emisij, pa tudi k zmanjšanju obstoječih tehnologij ter predlaga več vlaganj v čistejši javni prevoz, hojo in kolesarjenje (Blaker, 2016; Cobb, 2016).

Tako kot Norveška, je Kalifornija ena od vodilnih držav na svetu za zgled, kako uspešno upravljanje z obnovljivimi viri energije lahko učinkovito zagotavlja električno energijo za premik k trajnostni mobilnosti. Zgoraj je bila že omenjena, ker se od Norveške razlikuje po tem, da ima med obnovljivimi viri ravno največ sončne energije, medtem ko je ima Norveška najmanj.

V lanskem letu zabeležen delež elektrike, pridobljen iz obnovljivih virov energije, v Kaliforniji dosega 49,4 %, preostalo so neobnovljivi viri – premog in toplotni odpad po 0,2 % vsak ter zemeljski plin 50,2 %.¹ Poleg solarne energije, ki v Kaliforniji predstavlja največji delež vira obnovljive energije v državi (17,1 %), so pomembni še naslednji viri:

- veter, ki poganja vetrne elektrarne (7,8 %),
- voda, ki poganja hidroelektrarne (7,5 %),
- vodni vreli za geotermalno energijo (5,7 %),
- les za biomaso (2,8 %),
- jedrska energija (8,5 %).

Leta 2018 je bil v Kaliforniji sprejet zakon »Bill 100«, ki določa nadaljnje smernice do brezogljicne mobilnosti in družbe do leta 2050. Zakon povečuje zahteve za pridobivanje električne energije izključno iz obnovljivih virov energije do leta 2045, kar je pet let prej, kot je to cilj v EU. Na poti do tam pa so postavili še dva vmesna cilja, in sicer – 50 % do 2026 in 60 % do 2030 (Dillon, 2018). Pred enim letom (marec 2022) pa je Kalifornijska komisija za javne službe (angl. CPUC) že odobrila načrt za dodatno postavitev sončnih elektrarn z 18,8 GW moči, vetrnih elektrarn z 6,7 GW moči ter baterij za shranjevanje

¹ Podatke za mojo raziskavo sem prilagodil po evropski zakonodaji, saj ameriška zakonodaja jedrske energije in energije iz akumulacijskih hidroelektrarn (angl. big hydro) ne šteje med obnovljive vire. Podatki so za predlansko leto 2021 (California Energy Commission, 2021).

presežkov električne energije s kapaciteto 14,7 GW po ceni 18 c/KWh, kar bi pospešilo delež električne energije iz obnovljivih virov na 73 % do leta 2032 (Rai-Roche, 2022). To naj bi zadostovalo za vse večje potrebe po električni energiji ter zmanjšalo možnosti izpadov omrežja zaradi nepredvidljivih vremenskih pojavov (kot je bilo npr. lansko ekstremno vročinsko obdobje, ki je prizadelo Kalifornijo).

Kalifornija je med drugim imela v zgornjem odstavku predstavljena dejstva kot strateške cilje v povojih že leta 2010, ko je delež pridobljene električne energije iz obnovljivih virov energije znašal le 3,4 %. Sprejela je pametne odločitve glede na svoje podnebje in lego, da vlaga v nizkstroškovne obnovljive vire energije, sedaj pa je vse odvisno od učinkovitega upravljanja teh virov in infrastrukture. Na področju obnovljive energije in poti do popolnega razogljičenja sprejema nekatere od najagresivnejših pristopov na svetu. Ti ambiciozni koraki naprej pa niso brez težav in izzivov, med katerimi je eden ključnih, če ne celo najpomembnejših, shranjevanje odvečne/presežkov proizvedene električne energije. Za hitro razogljičenje električnega omrežja je Kalifornija sprejela pametno strateško odločitev – izgradnjo gigavatov obnovljive energije, ki je globalno najcenejši vir električne energije, da se odstrani od dražjih, onesnažujočih elektrarn na fosilna goriva.

Proizvedene količine pa niso vedno potrebne na trgu, zato so presežki energije namensko omejeni (angl. curtailment) ali izklopljeni v mesecih, ko je povpraševanje po električni energiji nižje. Glede na to da v Kaliforniji nizkstroškovna in dolgoročno shranjena električna energija ni dostopna, je torej z vidika potrošnikov pametna poteza, da država nadaljuje z naložbami v proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov in tako zadosti največjemu povpraševanju po le-tej.

S takšnimi koristnimi naložbami pa se izognejo izgorevanju fosilnih goriv med dragimi poletnimi meseci, kar pomembno pripomore k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov v ozračje. Na določeni točki ves presežek energije, proizvedene v mesecih z nižjim povpraševanjem, postane poslovna priložnost za državo. Do realizacije te poslovne priložnosti lahko pride kot odgovor na težavo, ki nastane; prvič zaradi daljših izpadov električne energije, ki so lahko nepredvidljivi, trajajo dalj časa (tudi več dni) in so pogostejši zaradi preobremenjenosti omrežja ali pa zaradi namensko ustvarjenih omejitev. Drugič, na trg vstopajo nove oblike nizkstroškovnega, dolgotrajnega (opredeljeno kot osem ur in več) ter večdnevnega (opredeljeno kot 24 ur in več) shranjevanja energije, ki rešujejo prej omenjeno težavo.

Te tehnološke investicije so torej v zagotovilo dolgoročnih koristi prebivalcem Kalifornije, ki vključujejo zanesljivost in odpornost električnega omrežja, utrjenega in napajanega z obnovljivimi viri energije v vseh vremenskih razmerah ter letnih časih. To prispeva k boljši kakovosti zraka, ustvarja nova delovna mesta na področju energetike in transporta ter botruje k lokalnemu razvoju gospodarstva in na celotni ravni zvezne države (Burger, Houck, Scott & Wilson, 2022).

3.2 Model BEAM

BEAM (angl. Agent-based PEV mobility and charging model) prikazan na sliki 5, je model mobilnosti in polnjenja priključnih električnih vozil, temelječih na agentu in je podaljšek odprtega vira transportnega sistema, modeliranega po Simulaciji mobilnosti z več agenti (angl. Multi-Agent Transportation Simulation ali okrajšano MATSim), pri katerem se simulira posameznika in njegovo podrobno interakcijo s transportnim sistemom (npr. osebna vozila na različni pogon). Ti agenti vozijo različne razdalje s priključnimi električnimi vozili (PEV) in sprejemajo odločitve o polnjenju vozila za maksimiziranje svojega dometa upoštevajoč stanje napoljenosti baterije (angl. State-Of-Charge), nadaljnje potrebe po mobilnosti do konca dneva, lokacijo, število bližnjih polnilnic, tip polnilnic (hitre ali standardne), ceno in razdaljo do naslednje aktivnosti (Campbell, Gopal, Pozdnukhov, Sheppard & Waraich, 2017). Za referenco je v modelu uporabljena povprečna dnevna prevožena razdalja v Kaliforniji, konkretno v mestih San Francisco in Los Angeles, ta znaša 40 km.

BEAM-ov model obnašanja polnjenja vključuje pogoje, ki simulirajo razliko med BEV (baterijsko električno vozilo) in PHEV (priključno hibridno električno vozilo), pri čemer polnjenje stran od doma predstavlja manjšo uporabno vrednost voznikom PHEV, kar predstavlja njihov manjši občutek po nujni potrebi polnjenja. BEAM simulacija odda podatke vsakega PEV po polnjenju vključujoč:

- čas začetka in konca polnjenja,
- končni čas aktivne dostave moči,
- lokacijo polnjenja,
- vrsta polnilnice (hitra ali standardna),
- dostavljena energija (KWh),
- maksimalno moč polnilnice ter upravljanja polnjenja vozila.

S temi izhodnimi podatki lahko v nadaljevanju prikažemo (podpoglavje 3.3 Model PLEXOS) scenarije polnjenja PEV za model PLEXOS (angl. Power sector dispatch model); Model distribucije sektorske moči. Najprej pa povejmo, kaj BEAM modeliranje sploh predstavlja:

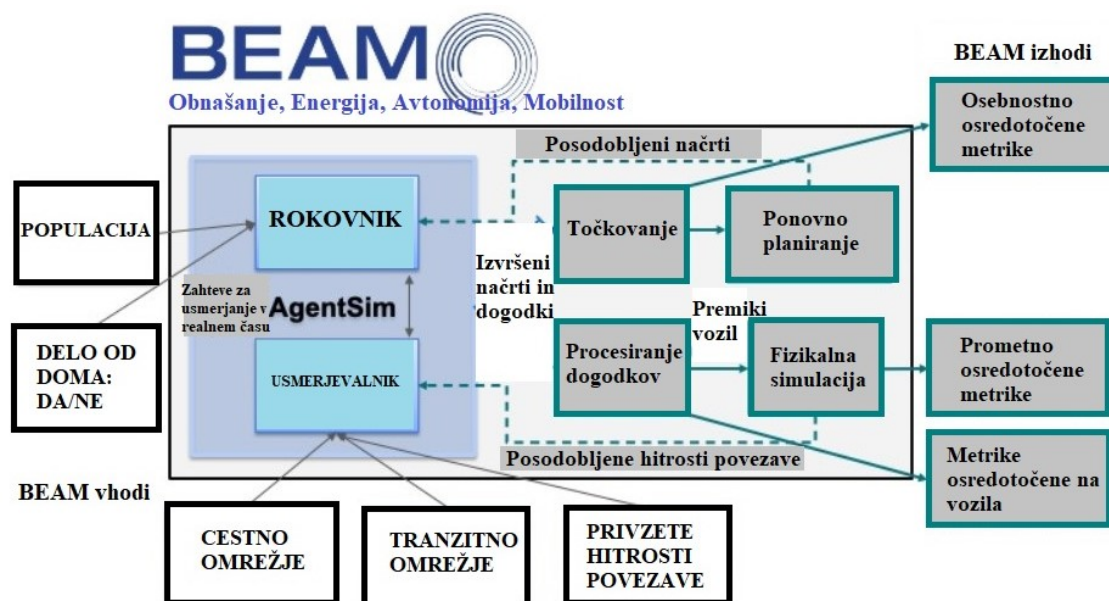
B (Behavior) – Ljudje vsak dan sprejemajo odločitve, ki vplivajo na njihovo vpletenost v širok sistem mobilnosti. Skozi analizo preferenc se lahko z modelom BEAM virtualno prikaže, kako ljudje te odločitve sprejmejo in kako bo to vplivalo na samo delovanje sistema, ko se postopoma vključi nove tehnologije in politike mobilnosti.

E (Energy) – Omogoča podrobno analizo spreminjajočih se trendov mobilnosti kot tudi prikaz morebitnih učinkov postopne uvedbe priključnih električnih vozil in prednosti upravljanja polnjenja za podporo zanesljivosti omrežja ter dostop do nastajajočih trgov za storitve prilagodljivosti omrežja.

A (Autonomy) – Od pametnih naprav do popolnoma avtonomnih vozil se bosta transport in energetska gospodarstva preoblikovala s sposobnostjo izboljšanja vozil in naprav z inteligentnim zaznavanjem ter odzivanjem na svet okoli njih. Medsebojno povezanih vplivov teh hitro razvijajočih se tehnologij preprosto ni mogoče razumeti ločeno. BEAM torej služi kot poskusna steza za nove ideje pri upravljanju profilov polnjenja priključnih električnih vozil ali ocenjevanju priložnosti in izzivov, povezanih s popolnoma avtonomnimi vozili, ki bodo dejavna na cestnih omrežjih v 21. stoletju.

M (Mobility) – BEAM torej omogoča analizo novih tehnologij na način, ki v celoti upošteva tekočo naravo mobilnosti v urbanih sistemih. Nova tranzitna postaja preoblikuje mobilnost ljudi, ki živijo in delajo v bližini. Dinamično določanje cen pri ponudnikih prevoznih storitev spreminja obremenitev prometa v realnem času. Nove polnilnice za priključna električna vozila povečajo tako sprejemanje kot tudi vsakodnevne odločitve o tem, katero vozilo voziti. BEAM zagotavlja integrirano analitično okolje za razvrščanje teh kompromisov med množico konkurenčnih možnosti in ponudnikov storitev mobilnosti.

Slika 5: Prikaz delovanja modela BEAM



Prerejeno po Campbell, Gopal, Pozdnukhov, Sheppard & Waraich (2017).

3.3 Model PLEXOS

PLEXOS (angl. Power sector dispatch model); Model distribucije sektorske moči je najmočnejša enotna programska platforma na svetu za energetska modeliranje in napovedovanje, temelječa na treh osnovnih parametrih, ki so v soodvisnosti z variabilnimi viri energije (glej tabelo 2). Njegov zmogljiv simulacijski mehanizem analizira conske in modalne energetske modele, ki segajo od dolgoročnega naložbenega načrtovanja in vse do kratkoročnih, urnih ter znotraj-urnih tržnih simulacij distribucije različnih vrst energije.

Ponuja precizne in prilagodljive simulacije predvsem za trge z električno energijo, vodo, plinom in obnovljivimi viri energije. Medtem ko lahko druge tržne simulacije ponudijo samo simulacijo za posamezno vrsto energije, lahko PLEXOS to ponudi za vse energetske tržne variacije hkrati. Rezultat omogoča odkritje skrite vrednosti hkratne primerjave s soodvisno sooptimizacijo simulacije energetskega trga (Deane, 2019).

PLEXOS je torej komercialna programska oprema, ki je brezplačna za nekomercialne raziskovalne in akademske namene. Oprema lahko optimizira elektroenergetski sistem v različnih časovnih lestvicah od dolgoročnega (6–40 let) do srednjeročnega (1–5 let) ter do kratkoročnega (manj kot eno leto) časovnega obdobja.

V tej analizi smo osredotočeni predvsem na kratkoročno in srednjeročno modeliranje, ko PLEXOS modelira običajno celo leto urnih in polurnih optimizacij elektroenergetski sistem. Modelira torej vsako obdobje trgovanja in kronološko doslednost v celotnem obdobju optimizacije. Modelira lahko tudi zagone in izklope generatorjev ter spremljanje stanja enot skozi čas.

Znotraj modela PLEXOS se veter in drugi obnovljivi viri energije v svojem bistvu obravnavajo kot »brezplačni« generirani stroški pri proizvodnji (tj. mejni stroški so enaki nič), čeprav se lahko to spremeni, ko uporabnik pride do končnega izdelka (elektrike). To odraža trenutno situacijo v Kaliforniji, za katero se običajno odločijo upravljavci vetrnih elektrarn, saj delujejo kot zbiralci cen, za to pa ne ponudijo nič. Ti generacijski viri se razlikujejo od konvencionalnih fosilnih goriv zaradi njihove spremenljivosti in prekinitve (nestalnosti) v daljšem časovnem obdobju. Na splošno veljajo za neodpremljive in predstavljajo nekatere izzive za delovanje in modeliranje distribucijske sektorske moči. Sčasoma, ko bo več obnovljivih virov vključenih v takšno modeliranje distribucije sektorske moči, bo natančno modeliranje teh virov v prihodnjih elektroenergetskih sistemih postalo izjemnega pomena (Chiodi, Deane, Gallachoir & Gargiulo, 2010, str. 4–5).

Spremenljivost se pojavlja v različnih časovnih lestvicah: veter ima lahko na primer sezonske razlike kot tudi dnevne in urne spremembe. Na splošno zelo kratkoročna nihanja v znotrajminutnem in medminutnem časovnem okviru so majhna glede na nameščeno zmogljivost. V takšni analizi, povezani z modeliranjem elektroenergetskega sistema, so urne in dnevne variacije pomembne. Težave z elektroenergetskim sistemom, povezane s spremenljivostjo vetrne in drugih oblik obnovljivih virov energije, so dobro dokumentirane pri Mednarodni agenciji za energijo (angl. International Energy Agency, v nadaljevanju IEA) (IEA, 2008, str. 5; IEA, 2011, str. 5).

Variabilnost virov energije v sistemu moči lahko povzroči težave pri uravnoteževanju sistema in prevzemanju obveznosti ter otežuje odpošiljanje energije iz običajnih elektrarn. Na splošno večja kot je variabilnost znotraj elektroenergetskega sistema, bolj mora biti le-ta prilagodljiv na spremembe. Vprašanje variabilnosti za obnovljive vire energije je mogoče do neke mere ublažiti tako, da se vire razširi na veliko geografsko območje ali pa se ustvari raznolik portfelj proizvodnje energije z obnovljivimi viri, saj vsaka izmed oblik obnovljivih

virov niha v različnih časovnih okvirih. S komplementarnostjo je mogoče doseči pomembne koristi teh ciklov fluktuacij (IEA, 2008, str. 6). Geografske razširjenosti spremenljivih virov je dobro razumeti kot slabo korelirane vire, saj lahko zgladi skupno neto variabilnost (tj. povpraševanje minus proizvodnja skupnega vira).

Tabela 2: Glavni parametri modela PLEXOS

PLEXOS	
Zmogljivost, min. stabilna proizvodnja, maks. proizvodnja, stopnja klančine, stopnja toplote ² , min. čas izpada in delovanja, stopnja okvar, stopnja in čas vzdrževanja	Tehnični parametri
Posamezni stroški goriva, variabilna stopnja vzdrževanja in obratovanja, zagonski stroški, stroški glede na vrsto goriva in izpuste CO ₂	Ekonomski parametri
Izpusti (CO ₂ , NO _x , SO _x , itd.)	Okoljski parametri

Prirejeno po Chiodi, Deane, Gallachoir & Gargiulo (2010, str. 9).

Zdaj, ko smo opisali in predstavili oba modela, ki bosta pripomogla k nadaljnjemu učinkovitemu upravljanju obnovljivih virov energije za trajnostno mobilnost, se lahko osredotočimo na implementacijo obeh modelov na našo raziskavo za obe že prej omenjeni območji s poudarkom na Kaliforniji, kar bo podrobneje prikazano s scenariji v naslednjem podpoglavju 3.4 Strategija prevzemanja in polnjenja (priključnih električnih vozil) PEV s scenariji.

Glede na to, da Kalifornija pridobi največji delež obnovljive energije iz sonca, bi bil idealen vir proizvodnje električne energije s sistemom fotovoltaike (angl. PV). Kalifornija ima mediteransko klimo in s tem mile zime in veliko sončnih dni na leto ter malo dežja, kar je odličen pogoj za implementiranje strešnih fotovoltaičnih sistemov za proizvodnjo lastne električne energije na domu ali pa kot naložba podjetja v svoje poslovne zgradbe, da zniža variabilne stroške porabe električne energije svojih poslovnih zgradb in opreme, ki pri proizvodnem procesu koristi električno omrežje. Polega sonca lahko Kalifornija izkorišča svoje gole planote za vetrne elektrarne in silo pacifiškega oceana pri valovanju ter plimi in oseki za plimske elektrarne.

3.4 Strategija prevzemanja in polnjenja priključnih električnih vozil (PEV) s scenariji

Za prilagoditev in prevzem vse večjega števila priključnih električnih vozil (PEV) in zadovoljevanje sorazmernega naraščajočega povpraševanja po elektriki za polnjenje teh vozil, je potrebna sodobna in razvita elektroenergetska infrastruktura. Električno omrežje in sorodna infrastruktura igrata pomembno vlogo pri komercializaciji PEV.

Zatorej veliko znanstvenikov raziskuje vplive PEV na električno omrežje in korelacijo izpustov glede na proizvodnjo energije. V skladu s tem elektroenergetska podjetja

raziskujejo vpliv PEV na distribucijsko omrežje, nadgradnjo distribucije omrežij in namestitve pametnih števecov za nadzor ter spremljanje polnjenja vozil (Bennion, Bryan, Giedd, Kramer & Markel, 2009).

Zaradi značilnosti električnega sistema in danih razumljivih predpostavk o povečanju števila PEV ter njihovega pospešenega preboja na trg v bližnji prihodnosti, so znanstveniki prepoznali lokalno distribucijo električne energije kot najbolj prizadet del verige z nereguliranim polnjenjem PEV. Pametno regulirano omrežje bi lahko pomagalo pri obvladovanju tega vprašanja, ker omogoča boljšo komunikacijo in upravljanje elektroenergetskega omrežja. Pametno omrežje se osredotoča na električno in informacijsko infrastrukturo, obsega pa tri glavna področja:

- upravljanje odjema električne energije,
- ustvarjanje, distribucijo in shranjevanje električne energije,
- spremljanje in nadzor pametnega omrežja.

Spremljanje in nadzor sta potrebna za zagotovitev pravilnega delovanja vseh električnih sredstev, ki so del omrežja. Upravljanje povpraševanja in porazdeljeno ustvarjanje ter shranjevanje presežkov proizvedene električne energije, bi omogočalo bolj učinkovito delovanje celotnega sistema.

V tem kontekstu dodaja tudi integracija pametnega omrežja z obnovljivimi viri energije nadaljnje koristi v smislu prihranka energije in emisij. Po drugi strani pa se poveča sama kompleksnost sistema, ki zahteva uvedbo dodatnega nadzora za uspešno in učinkovito upravljanje. Rezultati raziskave torej kažejo, da brez kakršne koli strategije inteligentnega polnjenja lahko pride do preobremenitve omrežja, kar povzroča nepredvidljive izpade, posledično pa to vpliva na stabilnost, varnost in skrajšano življenjsko dobo sistemov elektroenergetskega omrežja (Gong, Marano, Midlam-Mohler & Rizzoni, 2012, str. 404–412).

V nadaljevanju bodo predstavljeni trije scenariji, ki so del ambiciozne strategije, omenjene v zgornjih odstavkih, ki temelji na povečanju prevzemanja števila PEV na poglobljenem primeru območja zvezne države Kalifornije. Povečanje PEV z zdajšnjih 0,5 milijona v zvezni državi Kaliforniji opredeljuje tri glavne scenarije rasti do leta 2025:

- do 0,95 milijona (osnovni scenarij),
- od 2,1-2,5 milijona (srednji scenarij),
- do 5 milijonov (cilj).

Tako obsežno povečanje števila električnih vozil, ki se polnijo na enotnem električnem omrežju, zelo obremenjuje obstoječe zmogljivosti razpoložljive energije in pripelje do velikih izpadov električne energije iz omrežja. Upoštevati moramo, da se največ izpadov zgodi spomladi, nekje v mesecu maju. Največje obremenitve omrežja in najvišje cene električne energije pa so v mesecu juliju. Temu lahko pripomore tudi, vendar v manjšem

številu, kot je v zadnjih nekaj letih, vse večje število elektronskih naprav v naših domovih, vendar tukaj govorimo o dosti močnejših in bolj potratnih napravah.

Zadostno zagotavljanje tako velike količine električne energije bodo zdaj po novi politiki v Kaliforniji zagotavljali v višini 50 % obnovljivi viri energije, ta delež pa se bo z leti povečeval, da bo lahko zadostil vse večjemu povpraševanju po električni energiji, ki pa mora biti proizvedena iz čistih virov. Ostalo pa so večinoma dizelski generatorji, ki so s svojimi izpusti obremenjujoči za okolje. Za uresničitev enega od treh predvidenih scenarijev pa bi se morali zgoditi dve stvari, in sicer povečanje števila generatorjev na fosilna goriva, kar bi bilo ekstremno obremenilno za okolje in celo nazadnjaško glede na trenutno strategijo. Druga stvar, na katero pa se bomo sedaj navezali in jo razvili dalje, pa je povečanje že obstoječega deleža obnovljivih virov energije na zastavljeni cilj 50 %. Da pa lahko omrežje prenese takšno znatno povečanje potratnih odjemalcev električne energije in preprečuje daljše izpade električne energije iz omrežja, ki pa so žal nepredvidljivi ali pa celo namensko povzročeni, bo potrebno učinkovito pametno upravljanje le-tega, če se bo hotelo uspešno uresničiti zastavljen cilj scenarija, predvidenega do leta 2025.

Najbolj smiselno bi bilo torej povečati delež pridobivanja električne energije iz obnovljivih virov energije in nadomestiti fosilne generatorje z okolju prijaznejšimi energenti. Seveda določeno število fosilnih generatorjev mora biti prisotnih, vsaj sedaj, ko tranzicija poteka bolj počasi, kajti današnja tehnologija še ni dodobra razvila shranjevanje energije iz obnovljivih virov energije. Slednja tehnologija, ko bo dodobra razvita, bo sčasoma v polni meri lahko nadomestila fosilne generatorje.

Za 10-kratno povečanje števila priključnih električnih vozil, predvideno v najbolj optimističnem scenariju, bi potrebovali ogromno fotovoltaičnih celic, ki pa zaradi velikega števila sončnih dni v letu in enostavnega montiranja na strehe zasebnih ali poslovnih zgradb ter kot sončna polja v puščavi Mojave, bi po mojem mnenju zadostovala za zagotovitev zadostne količine električne energije iz obnovljivega vira (sonca) in distribucije v omrežje za napajalne postaje, ki bi napajale vozila. Problem teh dveh trenutno najbolj razširjenih obnovljivih virov za pridobivanje električne energije - fotovoltaičnih celic in vetrnih elektrarn pa je, da ko ni sonca in je brezvetrje, proizvodnja električne energije ni možna.

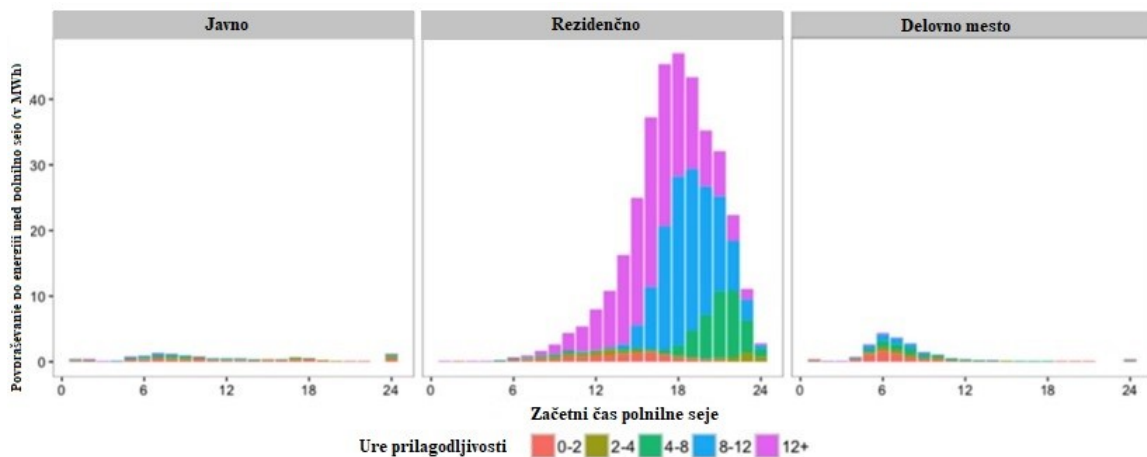
Študija predvideva, da PEV parkirajo na določenih lokacijah in ob določenem času, pri čemer v času priklopa postanejo integriran del omrežja (IDO), s tem pa potencialno precenjujejo razpoložljivost in dejansko pomanjkanje polnilnih naprav. Drugič, zanemarjanje modela polnjenja PEV v distribucijskem toku, kjer prevladujoča energija izhaja iz obnovljivih virov, lahko zajeda v trg električne energije in s tem izniči vrednost električnega omrežja. Zato je pomembno, da so distributerji jasno opredeljeni, iz katerega vira izhaja električna energija.

Problem nastane, ker večina ljudi polni svoja vozila čez noč (8–12 urni interval), kar predstavlja čas uporabe (ČU) (angl. Time-Of-Use – TOU). Ta vozila se vsak dan gibljejo po

v naprej načrtani rutinski poti. V času polnjenja (večinoma med deseto uro zvečer in osmo uro zjutraj) je električna energija cenejša in na voljo v veliki količini, temu pravimo tudi čas izven konice (angl. off-peak hours). Da bi razbremenili omrežje v času nočnih polnjenj, bi bilo potrebno energijo pridobiti iz obnovljivih virov energije (npr. sonca) in ustrezno shraniti v generator, ki bi ga imela vsaka sončna elektrarna na razpolago za kasnejšo distribucijo, da ne gre takoj v obtok. Glede na izsledke je znano, da večina ljudi ne polni vozil med delovnim časom v službi ali pa pusti vozilo v polnilni coni (angl. charging zone) in uporabi kakšno drugo prevozno sredstvo. Smiselno bi bilo, da bi vsako podjetje in rezidenčni objekti namestili fotovoltaike po površini svoje strehe in investirali v polnilno postajo na svojem parkirišču (kjer lega zgradb, nebesna usmeritev streh objektov in parkirišča to dopuščajo). Tako bi zaposleni lahko polnili svoja vozila bolj priročno (tisti, ki nimajo možnosti doma ali pa pozabijo/ne želijo polniti doma), to bi tudi razbremenilo sedanjo glavno zgostitev in prekomerno obremenjevanje omrežja med 18. uro popoldan in 6. uro zjutraj.

Slika 6 prikazuje energijo (v MWh), potrebno pri nenadzorovanem polnjenju in prilagodljivost trajanja razpoložljivosti glede na čas med koncem aktivnega polnjenja in odklopom. Največ sej polnjenja poteka doma, popoldne in v konicah obremenjenosti omrežja. Polnjenje doma za razliko od javnih polnilnic in polnilnic na delovnih mestih, ima največjo prilagodljivost (12+ ur) izmeničnega polnjenja in tako prispeva večino koristi pametnega polnjenja, ki jih vidimo v urnih rezultatih².

Slika 6: BEAM simulacija prikazuje prilagodljivost trajanja polnjenja med tednom in povpraševanje po energiji glede na lokacijo in časovno dolžino polnjenja



Prirejeno po Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai (2019).

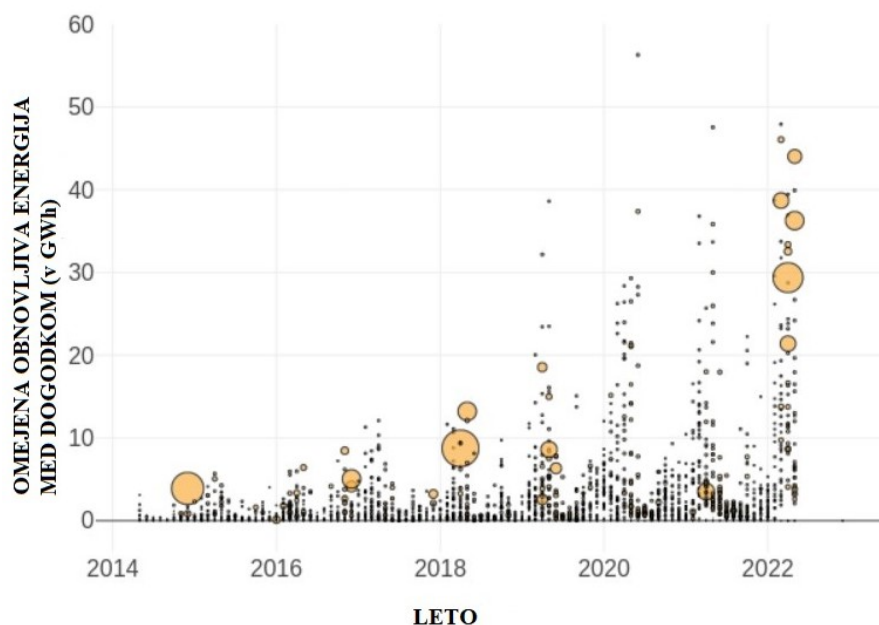
Tu nastopijo priložnosti uporabe presežkov proizvedene električne energije iz obnovljivih virov energije, ki je bila ustrezno shranjena in zadostuje za več ur ali celo več dni oskrbe. Da pa bi bolje razumeli takšen način razbremenitve omrežja in njegovo oskrbo, ko je to najbolj potrebno, moramo dobro razumeti dinamiko namenskega omejevanja (angl.

² Simulacija prikazuje stanje povpraševanja po energiji pred uresničitvijo ciljnega scenarija Kalifornija 2025.

curtailment) električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov iz ure v uro. Podatki neodvisnega sistemkega operaterja iz Kalifornije (angl. California Independent System Operator, v nadaljevanju CAISO) za obdobje osmih let (1. 5. 2014–31. 5. 2022) podrobno prikazuje količino namensko omejene energije iz obnovljivih virov. Rezultati kažejo na vse večjo možnost dolgotrajnega večdnevnega shranjevanja električne energije, ki pomaga pri hitrejši integraciji obnovljivih virov v napajalno elektroenergetsko omrežje zvezne države.

Slika 7 prikazuje posamezne dogodke namenske omejitve v osemletnem obdobju, za katerega so na voljo podatki. Prikazuje količino energije (v GWh), zmanjšane med posameznimi dogodki, velikost vsakega mehurčka pa predstavlja trajanje namenske omejitve vsakega posameznega dogodka.

Slika 7: Namenska omejitev čiste energije



Prirejeno po CAISO (2022).

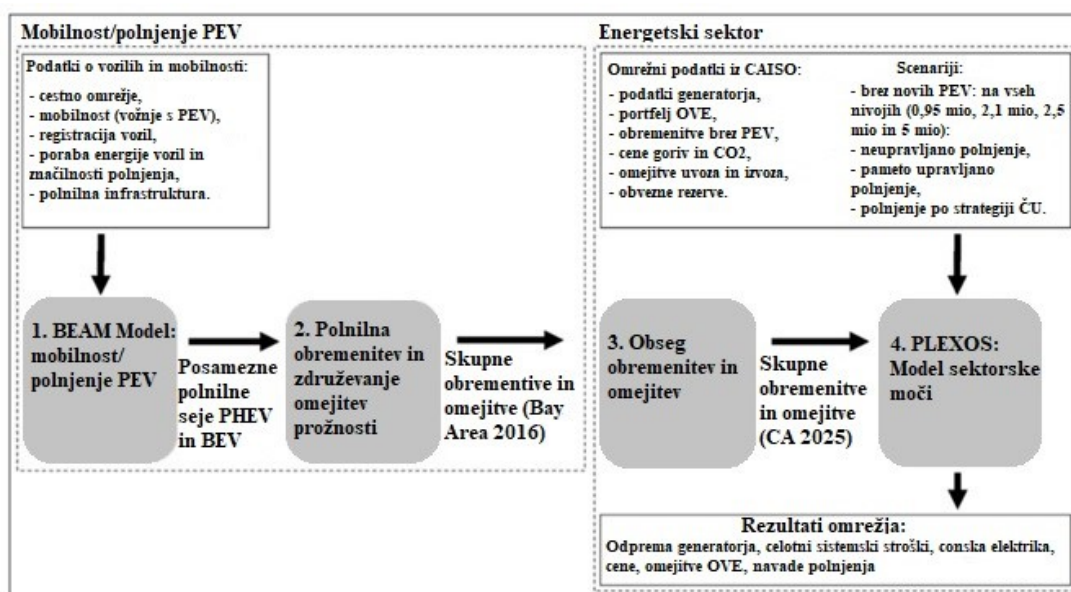
Od leta 2014 se je povprečno trajanje neprekinjenega namenskega omejevanja obnovljivih virov energije v Kaliforniji povečalo z 2,5 h na 9,5 h. Mnogi od teh dogodkov omejitve so trajali več dni, pri čemer je najdaljši dogodek trajal 71 h (skoraj tri cele dni). Količina omejene energije hitro narašča; do leta 2022 je zvezna država namensko omejila več kot 1.860 GWh sončne in vetrne energije, kar je dovolj za oskrbo več kot 200.000 domov za eno leto. Zmanjšanje med večdnevnimi dogodki je konkretno znašalo več kot 110 GWh, kar je več kot 37-krat več kot v prvem letu opazovanja, t. j. 2014.

S tem, kar smo doslej v tem podpoglavju omenili, bomo predstavili, kako učinkovito in uspešno uresničiti najboljši možni scenarij, tako da povežemo visoko-resolucijsko mobilnost z modeli distribucije električne energije v omrežje, ki količinsko ovrednoti vrednost

upravljanih pametnih polnjenj z omrežjem, ki uporablja 50 % obnovljivih virov za pridobivanje električne energije in ciljni scenarij z do 5 milijoni priključnih električnih vozil v Kaliforniji do leta 2025.

Celotna letna ocena za scenarij 2025 za kalifornijske uporabne cone (teh je 8), pri čemer se upošteva dostavljena solarna energija iz PV in učinkovitost te energije, je 298 TWh. Po načrtanem scenariju o 50 % proizvedene elektrike iz OVE, lahko po podatkih ugotovimo, da trenutno OVE dostavijo 125 TWh energije, kar je 42 % od 298 TWh. Upoštevati pa moramo slednjo vrednost, da se izognemo dvojnemu šteju še iz modela BEAM. Po teh podatkih in izračunih lahko rečemo, da za predviden scenarij manjka še 8 % energije iz OVE, da bi dosegli zastavljen cilj. Slika 8 prikazuje oba modela z vsemi možnimi scenariji. Postopki pa so podrobno predstavljeni v nadaljevanju.

Slika 8: Skupno delovanje modela BEAM in PLEXOS, ki vključuje vse scenarije



Prirejeno po Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai (2019).

PLEXOS optimizacija s konstantnimi omrežnimi parametri predvideva naslednje 4 scenarije:

- osnovni scenarij: Ni vključenih novih PEV v kalifornijsko omrežje,
- scenarij nenadzorovanega polnjenja: Nizek (0,95 mio), srednji (2,1 mio), visok (2,5 mio), cilj (5 mio) širok prevzem PEV, vsa PEV so nenadzorovano polnjena,
- scenarij pametnega polnjenja: Nizek (0,95 mio), srednji (2,1 mio), visok (2,5 mio), cilj (5 mio) širok prevzem PEV, vsa PEV sodelujejo v programu agregatnega pametnega polnjenja,
- scenarij polnjenja po ČU: Nizek (0,95 mio), srednji (2,1 mio), visok (2,5 mio), cilj (5 mio) širok prevzem PEV, vsa PEV se odzivajo na nočno polnjenje doma »izven konic« po stopnji ČU polnjenja.

Iz tabele 3 je razvidno, da je največ polnilnih postaj v rokah zasebnikov, torej rezidenčnih polnilnic v višini 68.489 enot. Te enote porabijo največ dostavljene energije, niso pa HPTE (hitre polnilnice na enosmerni tok), kar bi si večina ljudi želela. Teh je dosti manj in so primarno situirane na javnih krajih in službenih parkiriščih, kar nasprotuje teoriji o pametnem polnjenju doma čez noč med urami »izven konice«, ko je električna energija cenejša, saj bi si vsak želel, da se vozila napolnijo čim hitreje. To pa v večini primerov ni možno, ker ima polnjenje doma omejeno največjo možnost polnjenja »Level 2« s časovno omejitvijo 8-12 ur. Zato bi bile naložbe v široko uporabo solarnih celic za večino zgradb, kjer to lega omogoča, nujno. Z večjo prisotnostjo HPTE lahko zagotavljajo energijo za PEV kot tudi za samo zgradbo, in to z nižjimi stroški in manjšimi možnostmi nekontroliranih izpadov energije, ker se energija ne shranjuje, ampak neposredno potuje po najkrajšemvodu omrežja od vira do polnilne postaje in zgradbe. Tako prispeva tudi k višjemu deležu pridobivanja električne energije iz OVE, v skladu z zastavljenim načrtom 50 %.

Tabela 3: Ključna predvidevanja po modelu BEAM z različnimi modeli vozil in lokacijami polnjenja

PEV vozila in njihove karakteristike						
Znamka in model vozila	Tip vozila	Kapaciteta baterije (KWh)	Poraba (KWh/km)	L2 hitrost polnjenja (KW)	DCFC hitrost polnjenja (KW)	Število vozil
Nissan Leaf	BEV	45	0,48	7,0	50,0	16.598
Chevrolet Volt	PHEV	28	0,5	7,0	50,0	10.804
Tesla Model S	BEV	113	0,53	20,0	120,0	10.102
Toyota Prius	PHEV	12	0,47	7,0	20,0	8.599
Fiat 500e	BEV	37	0,47	7,0	50,0	3.989
Ford Fusion	PHEV	11	0,55	3,3	/	4.168
Ford C-MAX	PHEV	11	0,56	7,0	/	3.490
BMW i3	BEV	50	0,43	7,4	50,0	2.721
GEM – različni modeli	BEV	19	0,32	/	/	1.806
Volkswagen e-Golf	BEV	36	0,47	7,2	50,0	1.516
Ford Focus	BEV	50	0,51	6,6	/	1.265
Chevrolet Spark EV	BEV	30	0,45	3,3	50,0	921
Toyota RAV4 EV	BEV	63	0,71	10,0	50,0	764
Vsa ostala BEV	BEV	41	0,6	Različno	Različno	888
Vsa ostala PHEV	PHEV	17	0,76	Različno	Različno	858
Tip vozila	e-PKM (Povprečna prevožena razdalja v enem letu za posamezen tip vozila)					
BEV	17.703					
PHEV	12.231					
Tržni sektor polnilne infrastrukture	Nivo	Število polnilnic	Hitrost polnjenja (KW)	Opomba: Zmogljivosti baterij so prikazane ne glede na to, kateri od scenarijev bo dosežen za leto 2025, temveč glede na		
Rezidenčni	L2	68.489	7-20			
Delovno mesto	L1	330	1,92			
Delovno mesto	L2	4.900	7-20			
Delovno mesto	DCFC	210	50-120			

se nadaljuje

Tabela 3: Ključna predvidevanja po modelu BEAM z različnimi modeli vozil in lokacijami polnjenja (nad.)

Tržni sektor polnilne infrastrukture	Nivo	Število polnilnic	Hitrost polnjenja (KW)	napredek tehnologij v avtomobilski panogi in so za 50% primerljivo večje kot leta 2016 iz katerega so ti podatki. Predpostavki za »Vsa ostala vozila BEV« in »Vsa ostala vozila PHEV« predstavljata tehtani povprečji za vse ostale vnose.
Javni	L1	130	1,92	
Javni	L2	900	7-20	
Javni	DCFC	160	50-120	

Prirejeno po Axhausen, Horni & Nagel (2016).

V tabeli 4 sta prikazani obe strategiji upravljanja, ki odlašata širitev sistema polnilne infrastrukture pri zastavljenem cilju 5 milijonov priključnih električnih vozil v Kaliforniji do leta 2025, kar je najbolj optimističen scenarij, pri čemer je srednji cilj do 2,5 mio vozil. Rezultati kažejo, da je "pametno" polnjenje doma – ob ustrezni tarifi in v ustreznem časovnem obdobju - ukrep, ki ima največji potencial za uresničitev cilja zastavljene količine priključnih električnih vozil, ki jih napaja električna energija iz obnovljivih virov energije v Kaliforniji do leta 2025. Izvedena je bila PLEXOS optimizacija s konstantnimi parametri omrežja po osnovnem scenariju brez vključenih ali z do 0,95 mio PEV in z manj kot 12 scenariji prevzema PEV, pri katerih vsak preizkusi strategijo polnjenja pri različnih obsegih prevzeta PEV v Kaliforniji iz napovedi CEC (Fugate, Garcia, Gautam & Kavalec, 2016; Bahreinian in drugi, 2016).

Tabela 4: Vsi scenariji povečevanja deleža PEV po modelu PLEXOS z različnimi načini upravljanja omrežja za polnjenje

Vsi scenariji prevzema PEV	Cilji			
	Nizek (0,95 mio)	Srednji (2,1 mio)	Visok (2,5 mio)	Cilj (5 mio)
Število BEV (60% od vseh PEV)	570.000	1.260.000	1.500.000	3.000.000
Število PHEV (40% od vseh PEV)	380.000	840.000	1.000.000	2.000.000
Skupno število vseh PEV	950.000	2.100.000	2.500.000	5.000.000
Delež PEV (%) glede na trenutni delež vseh vozil v Kaliforniji	4 %	8 %	10 %	20 %
Letne obremenitve omrežja s PEV				
Obremenitev omrežja z Neupravljanjo strategijo polnjenja PEV (GWh)	2.728	6.030	7.179	14.358
Obremenitev omrežja s Strategijo polnjenja PEV po ČU (GWh)	2.728	6.030	7.179	14.358
Obremenitev omrežja s Pametno upravljanjo strategijo polnjenja PEV (GWh)	2.744	6.062	7.215	14.417
Obremenitev celotnega kalifornijskega omrežja s polnjenjem PEV (%)	1%	2%	2%	5%

Prirejeno po Bahreinian in drugi (2016).

Nenadzorovane seje polnjenja so bile najprej simulirane za posamezna vozila v BEAM (tabela 3) kot neupravljana, tako da se začne PEV polniti takoj, ko se ga priključi, in se zabeleži dobavljeno energijo med vsako sejo kot nenadzorovana omejitev za posamezno

PEV. Pametno polnjenje uporablja izhode iz neupravljanega BEAM-a simulacije polnjenja, za izdelavo omejitev energije in moči pri pametnem polnjenju za posamezno vozilo, podobno metodologiji, pri kateri so te omejitve značilne za prilagodljiv vir, ki ga razpošilja model PLEXOS (Axsen, Crawford, Peters & Wolinetz, 2018, str. 132–139).

Predvidevamo, da so pametno polnjena PEV priklopljena istočasno, kot če niso upravljana, vendar je čas aktivnega polnjenja v obeh obdobjih prilagodljiv, dokler je dobavljena energija enakovredna tisti v neupravljanem primeru. Prilagodljivost pametnega polnjenja je tako omejena na individualne polnilne seje namesto med različnimi sejami hkrati. Predvidevamo, da:

- vozniki potovalne potrebe preveč cenijo, hkrati pa so njihovi načrti preveč neprilagodljivi, da bi polnili ob popolnoma različnih urah v dnevu, ker polnilniki niso vsesplošno na voljo,
- gonilniki se ne odklopijo takoj po koncu aktivnega polnjenja, razen če je čakalna vrsta,
- imajo vozniki dovolj predznanja in pripravljenosti nakazati svoj pričakovani odhodni čas, ko zbiralnik načrtuje aktivno polnjenje.

V modelu BEAM (tabela 3) temelji verjetnost, da vozniki vsak dan polnijo doma, na porazdelitvi, pridobljeni iz podatkov ChargePoint (mobilna aplikacija za načrtovanje polnjenja). Podatki pravijo, da je bil domač polnilnik v uporabi 93 % vseh zabeleženih dni.

Pri vključevanju PEV v PLEXOS za neupravljanje scenarije in scenarije polnjenja po ČU, dodamo za vsako uporabno cono agregirano in prilagojeno obremenitev PEV za scenarij 2025 na obremenitev brez PEV kot fiksni profil obremenitve v PLEXOS. Pametne polnilne obremenitve modeliramo v PLEXOS kot vsoto fiksnih obremenitev plus neto generiranega pomnilniškega vira, ki ga je mogoče odpremiti. Fiksna obremenitev je neupravljana obremenitev PEV za vsako cono. Shranjevalni vir je za vsako uporabno cono odpremljen kot del celotne optimizacije PLEXOS, bodisi za odvajanje energije v času visokih cen (neupravljana PEV se v tem času ne bi polnila) ali pa bi porabila energijo v času nizkih cen (upravljana PEV se bi v tem času polnila). To predstavlja določeno količino PEV, katerih obremenitev shranjevalnik v pametnem programu polnjenja preusmeri. Shranjevalni vir začne s polno obremenitvijo na začetku vsake simulacije PLEXOS in če je optimizacija ne odpošlje, je le-ta enaka obremenitvi neupravljanega scenarija.

Omejitev skupne velikosti (v GWh) pametnega polnilnika za polnjenje, je največja razlika med maksimumom in minimumom energetske omejitve vsote PEV v vsakem uporabnem območju. Stanje napoljenosti (angl. State-Of-Charge) vira za shranjevanje omejimo na več kot urno razliko med največjo in najmanjšo vsoto energetske omejitve vsote vseh vozil. Uveljavljamo časovno spremenljive največje omejitve moči pri praznjenju pomnilniškega vira, ki ustreza neupravljeni obremenitvi. Časovno spremenljiva največja moč omejitev za polnjenje pomnilniškega vira, je odvisna od zmogljivosti vseh PEV, povezanih z omrežjem in razpoložljivimi pomnilniki v vsaki uri pri neupravljanem polnjenju. Nastavimo povratno

učinkovitost shranjevanja vira na 99 % (namesto na 100 %), tako da PLEXOS najprej odpremi generator ničelnih mejnih stroškov pred prilagoditvijo pametne polnilne obremenitve. Ker se simulacija PLEXOS izvaja enkrat mesečno, upoštevamo robne učinke z omejitvijo pomnilniškega vira, da se vrne na začetno stanje napolnjenosti do konca vsakega meseca.

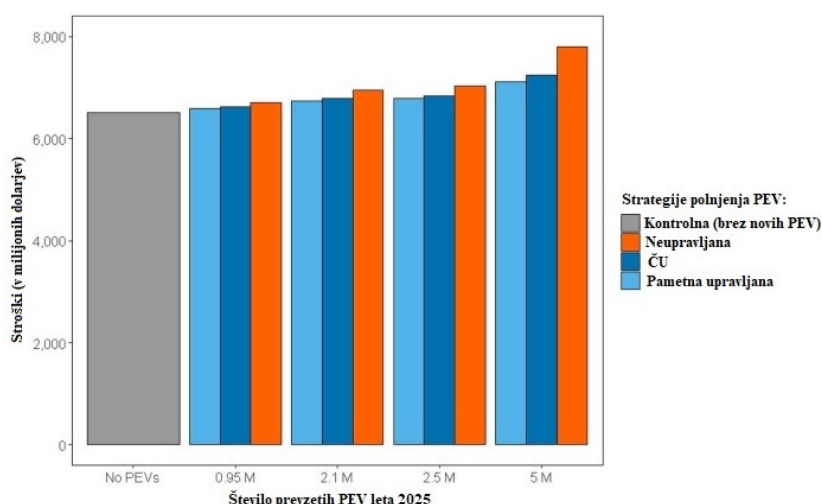
Iz rezultatov modela PLEXOS, ki so prikazani v tabeli 4, lahko vidimo, da za enako stopnjo prevzema PEV, tudi če prevzeta PEV obsegajo samo od 1 % do 5 % vseh kalifornijskih energetske obremenitve, sklepamo, da izbira polnilne strategije opazno vpliva na urno delovanje omrežja, glede na oblike neto obremenitev, urne namenske omejitve OVE ter veleprodajne cene električne energije (Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai, 2019).

3.4.1 Letni sistemski stroški adaptacije različnim scenarijem

To podpoglavje primerja skupne letne stroške sistema ter učinke namenskega omejevanja obnovljivih virov energije na njih za Kalifornijo. Ti izhajajo iz urnih interakcij polnjenja PEV za vsakega od že omenjenih scenarijev prevzemanja PEV.

Ko so PEV dodana v omrežje, se letni sistemski stroški povečajo v vseh scenarijih, zaradi dodatne proizvodnje, ki se uporablja za pokrivanje obremenitev. Vendar pa na stopnjo povečanja stroškov bistveno vpliva strategija polnjenja pri enakem številu dodanih vozil. Obstaja pomembna razlika v povečanju teh stroškov, če se vozila polnijo po pametni strategiji ali pa po ČU, v primerjavi z neupravljanim polnjenjem. Tukaj se vidi dodana vrednost dane strategije upravljanega pametnega polnjenja in to je tudi prikazano na sliki 9.

Slika 9: Skupni letni sistemski stroški za vse scenarije v Kaliforniji



Prirejeno po Jongjean, Leahy Lyon & Michelin (2012a, str. 259–268).

Ugotavljamo, da pametno polnjenje zagotavlja največjo letno vrednost med testiranimi strategijami polnjenja. Pametno polnjenje privarčuje med 120 in 690 milijonov dolarjev

skupnih letnih sistemskih stroškov v Kaliforniji. Skupni letni sistemski stroški se v primerjavi s kontrolnim scenarijem z vsakim scenarijem prevzeta večjega števila PEV povečajo, vendar bistveno manj kot, če bi prevzeta PEV polnili po neupravljeni strategiji.

Zato lahko Kalifornija z upravljanjem PEV po strategiji pametnega polnjenja prihrani približno 50 % prirastlih stroškov, ki nastanejo z dodajanjem novih vozil v omrežje, s tem pa posledično povzročajo dodatne obremenitve le-tega. Po vsej zvezni državi so ti prihranki precejšnji, v obsegu 2-10 % skupnih sistemskih stroškov z do pet milijoni pametnih PEV. Med pametnim polnjenjem povzročajo nižje skupne sistemske stroške kot pri strategiji polnjenja po ČU, vrednost prihrankov pa med obema strategijama ni velika. Podrobnejši prikaz je v tabeli 5.

Tabela 5: Podrobni skupni letni sistemski stroški v Kaliforniji za vse scenarije in rezultati načrtnega omejevanja obnovljivih virov energije

Scenarij PEV	Celotni stroški sistema (v milijonih dolarjev)				Izognjeni stroški glede na Neupravljanost strategijo (v milijonih dolarjev)		Delež izognjenih dodatnih stroškov (%)	
	Osnova	Neupravljanost strategija	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU
Brez dodatnih PEV	6.514	/	/	/	/	/	/	/
Nizek (0,95 mio)	/	6.711	6.592	6.620	119	91	60%	46%
Srednji (2,1 mio)	/	6.946	6.738	6.778	208	168	48%	39%
Visok (2,5 mio)	/	7.024	6.783	6.829	241	195	47%	38%
Cilj (5 mio)	/	7.792	7.104	7.244	688	548	54%	43%
	Namenske omejitve energije (GWh)				Namenske omejitve energije glede na Neupravljanost strategijo (GWh)		Namenske omejitve energije glede na Neupravljanost strategijo (%)	
Scenarij PEV	Osnova	Neupravljanost strategija	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU	Pametna upravljanost strategija	Strategija po ČU
Brez dodatnih PEV	1.347	/	/	/	/	/	/	/
Nizek (0,95 mio)	/	1.274	1.155	1.324	-119	50	-9%	4%
Srednji (2,1 mio)	/	1.191	953	1.294	-238	103	-20%	9%
Visok (2,5 mio)	/	1.164	902	1.287	-262	123	-23%	11%
Cilj (5 mio)	/	1.013	608	1.230	-405	216	-40%	21%

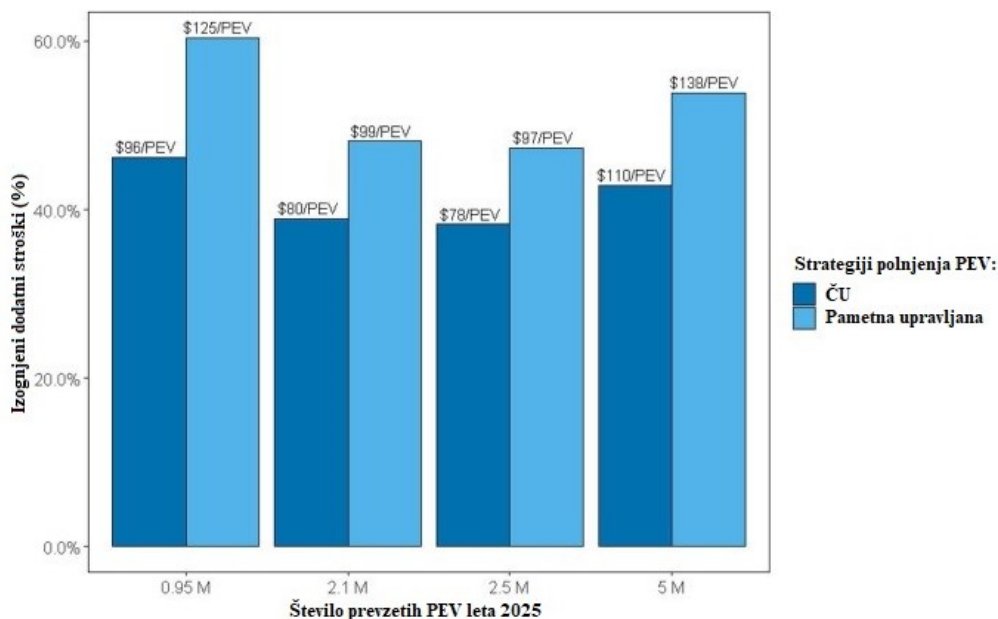
Prerejeno po Jongjean, Leahy, Lyon & Michelin (2012, str. 259–268).

V primerjavi z neupravljanim polnjenjem, strategija polnjenja po ČU zagotavlja Kaliforniji od 90 do 550 milijonov dolarjev dodane vrednosti na leto. Posledično ti prihranki v primerjavi z neupravljanim polnjenjem znašajo dodatnih 1-8 % skupnih letnih sistemskih stroškov za vse prikazane scenarije s strategijo prevzemanja in polnjenja do 5 milijonov PEV (Jongjean, Leahy, Lyon & Michelin, 2012, str. 259–268).

Pri obeh strategijah upravljanja je delež neupravljanega polnjenja enak zaračunavanju stroškov, ki se jim je treba izogniti, glede na vrednost enote PEV, nelinearno povezana naraščajoča stopnja prevzemanja PEV. Ko se deli število predvidenih PEV za vsak scenarij, so skupni prihranki stroškov sistema relativno nizki; v povprečju 120 dolarjev letno na enoto PEV s pametnim polnjenjem in približno 90 dolarjev letno na enoto PEV s strategijo polnjenja po ČU.

Izognjeni dodatni stroški (v %), so razlika v skupnih dodatnih stroških sistema glede na scenarij pametnega polnjenja ali polnjenja dodatnih PEV po ČU, glede na neupravljano polnjenje, deljeno z dodatnimi stroški neupravljanega polnjenja. Prihranek stroškov sistema na enoto PEV zaradi pametnega polnjenja in polnjenja po strategiji ČU je letno izognjeno povečanje. To je prikazano na sliki 10.

Slika 10: Izognjeno povečanje skupnih stroškov sistema za vse scenarije glede na neupravljano strategijo polnjenja PEV



Prerejeno po Alkemade & Niesten (2016, str. 629–638).

Ugotavljamo, da bi bila ta vrednost bolj razširjena med zavezanci, a ni nujno jasno, kaj bi pripadalo posameznim voznikom. Prihranek voznika ob upravljanem polnjenju bi bil odvisen tudi od drugih dejavnikov, vključno s stroški odziva ponudnikov na povpraševanje po pametnem polnjenju in stopnji uporabe strategije polnjenja po ČU. Analiza med drugim zahteva tudi družbeno perspektivo in se osredotoča na vrednost veleprodajnega trga po vsej zvezni državi, ne pa tudi na specifične poslovne modele ali modele, ki določajo stopnjo vrednosti denarne koristi na ravni posameznega potrošnika. Da bi lahko v celoti ocenili vplive na posamezne stranke, bodo bodoče raziskave morale kvantificirati tudi dodatne vrednostne tokove upravljanega polnjenja iz naslova izognjenih naložb v nadgradnjo obstoječe infrastrukture oz. porazdeljeno stacionarno shranjevanje presežkov energije, ki naredi pametno upravljanje polnjenja finančno privlačnejše za voznike (Alkemade & Niesten, 2016, str. 629–638).

V skladu s Kiviluoma in Meibom (2011, str. 1758–1767) tudi ti rezultati kažejo, da lahko pri zelo visokih ravneh PEV tako pametne strategije kot tudi strategija polnjenja po ČU odložijo kapitalske stroške za gradnjo novih proizvodnih in prenosnih zmogljivosti. V primeru ciljne strategije z do 5 milijonov PEV neupravljano polnjenje PEV sistemski vrh

obremenjeni do te mere, da približno 2.500 MWh energije obremenitve v mesecu juliju povzroči izpad za dva dni in ne prispe do uporabnikov. Z uporabo pametne ali strategije polnjenja po ČU se temu izognemo, ker se je moč prilagoditi obstoječim generatorjem brez neoskrbljene obremenitve. V simulaciji, ko ni zadostne proizvodnje za izpolnitev obremenitve (znotraj uporabne cone ali z uvozom), cena te uporabne cone poskoči do cenovnega tržnega stropa, ki je določen pri 2.000 dolarjih za MWh. Ker izračun skupnih stroškov sistema v Kaliforniji vključuje ceno, pomnoženo z neto uvozom v regijo, so visoki skupni stroški sistema za neupravljano polnjenje z do 5 milijonov PEV največji na enoto PEV pri pametnem polnjenju in polnjenju po strategiji ČU, kar poganja povečan uvoz med skoki regionalnih tržnih cen v zvezni državi okoli tega cenovnega stropa.

Rezultati torej kažejo, da brez politike upravljanja sistemskih stroškov kalifornijsko omrežje, kot je načrtovano v ciljnem scenariju s prevzemom do 5 milijonov PEV do leta 2025, lahko doseže točko zasičenosti omrežja. V tem primeru bi bili izpadi energije pogostejši in daljši, saj bi obstajalo veliko tveganje za preobremenitev in s tem kolaps elektroenergetskega omrežja. V izogib temu bi bila potrebna dodatna sredstva za naložbe v shranjevalnike, s čimer bi se izognili tako nepotrebnim izpadom kot izgubi neporabljene energije, ki bi šla v nič zaradi nezmožnosti upravljanja presežkov pri proizvodnji.

3.4.2 Najboljši scenariji za zmanjšanje izpustov na predvideno raven

Nove tehnologije upravljanja energetskega omrežja so v hitrem porastu. Ena od ključnih tehnologij za hitrejši prevzem večjega števila okolju prijaznih vozil s hkratnim izogibom motnjam elektroenergetskega omrežja in s tem posledično za zmanjšanje izpustov, je tehnologija upravljanja ogromnih baterijskih shranjevalnikov. Sama tehnologija služi distribuciji shranjene proizvedene električne energije, kajti obstajajo obdobja, ko energije, proizvedene iz obnovljivih virov, primanjkuje, spet drugič je je na pretek. To je pomembno zato, ker proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov večinoma nimamo pod nadzorom (brezvetrije, slaba vodnatost, oblačno vreme), zato jo je pametno shraniti, ko je v obtoku več kot zadosti, za časovna obdobja, ko bi je morebiti primanjkovalo.

Skupaj s to strategijo je pomembno upravljanje energetskega omrežja z načrtovanimi namenski omejitvami (angl. curtailment). Politika integracije vozil v omrežje (IDO), ki zmanjšuje omejevanje obnovljivih virov energije, je ugodna, ker namensko omejevanje – čeprav zanesljiv način ohranjanja stabilnosti omrežja – poveča operativne stroške sistema in je lahko neučinkovita pri uporabi obnovljivih virov (Bird, Cochran & Wang, 2014). Namenske omejitve se pogosto uporablja zaradi prenasičenosti omrežja, lahko pa se pojavijo tudi, ko je potrebno zagnati neprilagodljive vire in obstaja minimalna raven toplotne proizvodnje, ki presega obremenitev, zmanjšano za izvoz (Golden & Paulos, 2015, str. 36–50). Zmanjšanje omejitev lahko poveča zaupanje vlagateljev v razvoj prihodnjih projektov obnovljivih virov energije in omogoča zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov.

V obdobjih namenskega omejevanja lahko sistemi za shranjevanje energije na pravih lokacijah shranijo presežek obnovljive energije celo brez stroškov ali pa po nizki ceni, ko cene električne energije v obdobjih presežene ponudbe postanejo negativne. Dolgoročno in večdnevno shranjevanje nato uporabi poceni presežke čiste energije za upravljanje povpraševanja, zagotavljanje energije med konicami neto povpraševanja in v primeru večdnevnega shranjevanja, zagotavlja zanesljivost med večdnevnimi zatišji, ko proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov ni mogoča. Prva vsakodnevna uporaba presežka čiste energije pomaga reševati kalifornijsko »račjo krivuljo«, o kateri je veliko debate – upad neto povpraševanja po električni energiji med konicami sončne proizvodnje, ki mu sledi hitro povečanje neto povpraševanja po električni energiji, ko sonce zaide.

Če bi bila na voljo zmogljivost dolgotrajnega shranjevanja za polnjenje z namensko omejeno energijo že leta 2014, ko so začeli meritveno obdobje (Glej sliko 7 v podpoglavju 3.4) in praznjenje te energije v obdobjih največjega povpraševanja, bi lahko Kalifornija od takrat prihranila že več kot 129 milijonov dolarjev in se izognila okoli 1,1 milijona ton izpustov ogljikovega dioksida.

Drug pomemben primer uporabe presežne čiste energije je zapolnitev oskrbe z energijo med zatišji obnovljivih virov energije. Ta obdobja nizke in občasne proizvodnje so druga stran kovanca namenskega omejevanja obnovljive energije. Form Energy je analiziral 35-letne sončne in vetrne profile, uporabljene v procesu integriranega načrtovanja virov kalifornijske komisije za javne službe, in odkril 138 primerov večdnevnega zatišja pridobivanja energije iz obnovljivih virov (zatišje je opredeljeno kot obdobje, v katerem je proizvodnja iz obnovljivih virov več kot 25 % pod povprečjem).

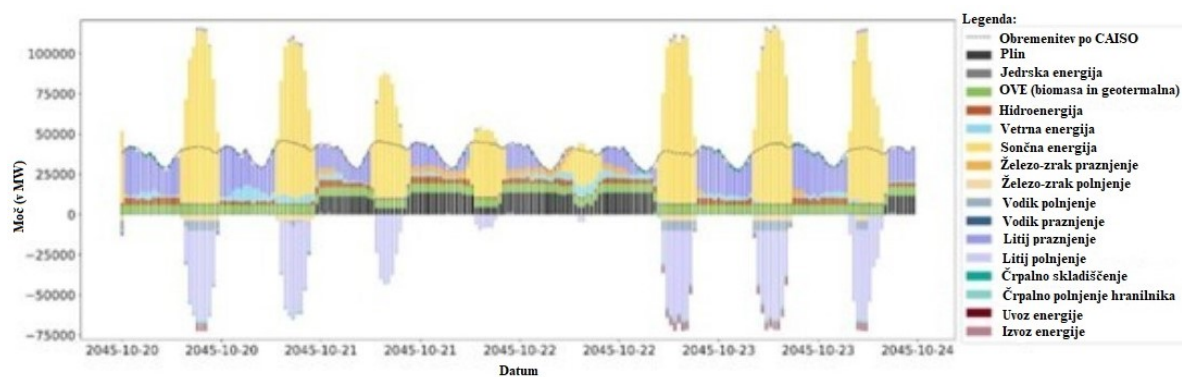
Večdnevna zatišja obnovljive energije predstavljajo največjo grožnjo zanesljivosti globoko razogljichenih omrežij. Današnje komercialne tehnologije baterij lahko ekonomično shranijo od osem do približno dvanajst ur energije, kar pomeni, da jim zmanjka moči v oblačnih, mirnih obdobjih nizke proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov, ko se ne morejo za sproti napolniti iz dneva v dan. Posledično so čiste tehnologije shranjevanja, ki lahko zagotavljajo energijo več dni, ključnega pomena za zagotavljanje poceni, čiste in zanesljive energije z zmanjšanimi izpusti.

Brez takšnih tehnologij bi načrtovalci omrežij morali zgraditi veliko več obnovljivih virov energije, kot jih omrežje za izpolnjevanje običajnega povpraševanja po energiji potrebuje. Prav tako bi morali ohraniti določen delež virov na fosilna goriva, kar bi stranke stalo več. Modeliranje brezogljичnega omrežja v Kaliforniji do leta 2045 kaže, kako je mogoče take presežke čiste energije uporabiti za zanesljivo podporo omrežja v obdobjih zatišja.

Slika 11 prikazuje, kako nižja sončna energija v oblačnem jesenskem tednu onemogoča polnjenje litij-ionskih baterij s krajšo življenjsko dobo, tako da ne morejo oddajati dovolj energije, da bi zadovoljili povpraševanje v večernih urah. Namesto tega vskoči večdnevno skladiščenje energije, ki zapolni kalifornijsko energetska vrzel, tako da obremenitev oskrbi

čisto in zanesljivo, ko je to najbolj potrebno. S frekvenco in trajanjem namenskega omejevanja proizvedene električne energije iz obnovljivih virov energije v Kaliforniji, se je pojavila priložnost za nove tehnologije dolgotrajnega in večdnevnega shranjevanja energije, ki uporabnikom zagotavljajo potrebno električno energijo v obdobjih zatišja.

Slika 11: Primer odpreme med večdnevnim zatišjem obnovljivih virov energije v portfelju z večdnevnim skladiščenjem



Prirejeno po Form Energy (2022).

Vrednost dolgotrajnih in večdnevnih tehnologij za shranjevanje energije v električnem omrežju se bo predvidoma sčasoma samo še povečala, ko bodo kalifornijski cilji razogljičenja postali strožji in bo morala država v obdobjih nizke proizvodnje elektrike iz obnovljivih virov, ekstremne vročine in ob drugih stresnih stanjih ustrezno ukrepati. Na srečo je zvezna država že naredila opazne korake v smeri uvedbe tehnologij dolgotrajnega in večdnevnega shranjevanja na trg. Kot prva med zveznimi državami je Kalifornija odobrila 126 milijonov dolarjev spodbud za predstavitev in uvedbo teh tehnologij.

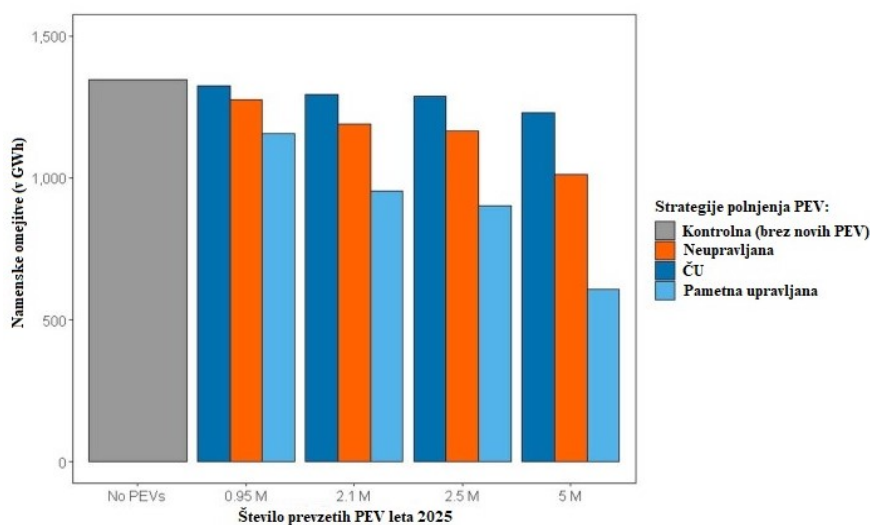
Povečanje teh nastajajočih tehnologij zahteva, da jih komunalna podjetja začnejo upoštevati pri načrtovanju virov, kar predstavlja poseben izziv modeliranja, ki ga je treba obravnavati. Zajema dinamike delovanja virov iz ure v uro in je ključ do razumevanja njihove vrednosti, ki je najbolj očitna v večdnevnih presežkih in primanjkljajih energije. Trenutni panožni standardni modeli zajemajo samo dinamiko omrežja v majhnem reprezentativnem vzorcu dni ali tednov na leto in tako podcenjujejo vrednost, ki jo lahko večdnevno shranjevanje energije zagotovi omrežju.

Nastajajoča orodja in tehnike za modeliranje omogočajo upoštevanje celotnega obsega verjetnih ekstremov omrežja in predstavljajo ekonomijo virov, ki lahko premikajo energijo čez dneve in letne čase. Kombinacija novih tehnologij za dolgoročno shranjevanje energije in boljših orodij za načrtovanje omrežja, omogoča Kaliforniji izgradnjo elektroenergetskega

omrežja, ki bo bolj zanesljivo, čistejše in veliko bolj stroškovno učinkovito³ (Burger, Houck, Scott & Wilson, 2022).

Rezultati na sliki 12 kažejo, da pametno polnjenje najbolje prenese obremenitev v časovnih obdobjih s presežkom energije iz obnovljivih virov, ko je cena negativna. Z vključenimi vsemi scenariji z do 5 milijonov PEV v primerjavi z neupravljanim polnjenjem vozil, pametno polnjenje zmanjša letno namensko omejevanje OVE za dodatnih 9–40 % oz. 120–410 GWh električne energije.

Slika 12: Letna namenska omejitev obnovljive energije (v GWh) za vsako strategijo polnjenja in vse scenarije sprejetja PEV



Prirejeno po Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai (2019).

Z delitvijo izognjenih namenskih omejitev z letno obremenitvijo PEV ocenjujemo, da približno 4 % vseh obremenitev s pametnim polnjenjem proizvedejo OVE. Le-ti bi bili drugače omejeni, če bi bila vozila polnjenja neupravljana. Nasprotno pa v vseh scenarijih sprejetja PEV strategija polnjenja po ČU povzroči večjo omejitev kot nenadzorovano polnjenje, ker večina OVE, kjer prevladuje sončna fotovoltaika, ne sovpada z nočno obremenitvijo PEV. Za zmanjšanje namenskega omejevanja pri polnjenju po ČU, bo morda potrebno v obdobju izven konic povečati obremenitve z več urami, ki sovpadajo s proizvodnjo električne energije iz sonca in vetra.

Namensko omejevanje zahteva dodatne zmogljivosti v obliki obnovljivih virov energije, kot so shranjevalniki velikih kapacitet, hitro naraščajoči generatorji in prilagodljive obremenitve za nadomestitev primanjkljajev. Posledično javna podjetja, zaradi takih zahtev zagotavljajo manj obnovljivih virov energije za izpolnjevanje predpisov.

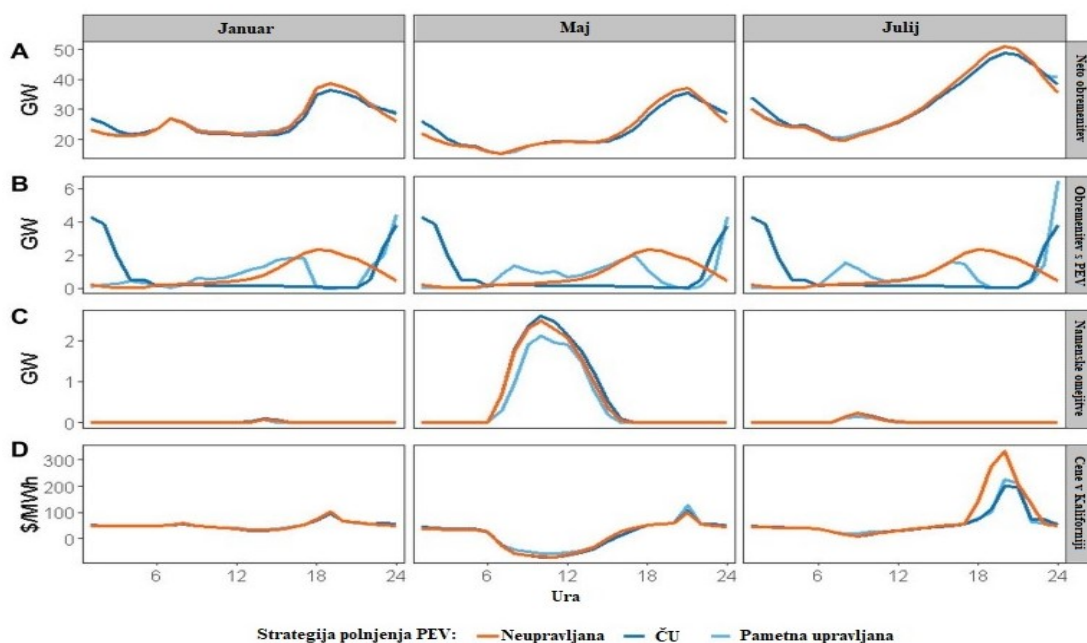
³ Zmogljivostna ponderirana povprečna učinkovitost tokokroga obnovljivih virov dolgotrajnega shranjevanja energije je trenutno 39,4 % (Energy and Environmental Economics, Inc. & Form Energy, 2022).

Dodatna denarna vrednost zmanjšanja namenskih omejitev je torej odvisna od preprečenih kapitalskih stroškov prekomernih gradenj elektrarn na obnovljive vire energije in stroškov alternativnega namenskega omejevanja zmanjšanih ukrepov. Čeprav ugotavljamo, da je letno namensko omejevanje tudi z neupravljanim polnjenjem le 1,1–1,4 % proizvodnje obnovljivih virov energije, je potrebnih še več študij o prihodnjih višjih ravneh obnovljivih virov energije. Pri večjem številu prevzemanja PEV lahko strategija polnjenja igra veliko pomembnejšo vlogo pri zmanjšanju namenskih omejitev in s tem skupnih sistemskih stroškov ter emisij v Kaliforniji (Bird, Cochran & Wang, 2014; Golden & Paulos, 2015, str. 36–50).

V Kaliforniji je trenutno registriranih 1,13 milijona okolju prijaznih vozil, kar je skoraj polovica vseh okolju prijaznih vozil registriranih v ZDA (2,6 milijona) in petina okolju prijaznih vozil registriranih v Evropi (5,6 milijona). Na podlagi tega podatka lahko sedaj predstavimo najbolj smiseln scenarij prevzema PEV v Kaliforniji do leta 2025. Po trenutnih smernicah in pospešenih zakonih za hitrejši prevzem večjega števila PEV s ciljnim scenarijem do 5 milijonov vozil pa je verjetno preuranjeno govoriti, da se bo to zgodilo že do leta 2025, zato je najbolj verjeten scenarij prevzema srednji scenarij z 2,1–2,5 milijona PEV do leta 2025.

Rezultati simulacije PLEXOS na sliki 13 kažejo, da izbira strategije polnjenja opazno vpliva na urno delovanje omrežja, glede na oblike neto obremenitev, na urne namenske omejitve OVE in veleprodajne cene električne energije. Vsi ti dejavniki pomembno vplivajo na oskrbo z energijo in zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov.

Slika 13: Najbolj verjeten scenarij prevzema PEV in znižanja emisij s štirimi ključnimi dejavniki



Prirejeno po Abhyankar, Gopal, Sheppard & Szinai (2019).

Ponazorjeni so torej ključni sistemski rezultati v urnem povprečju za tri najbolj reprezentativne mesece obratovanja omrežja s prevzemom do 2,5 milijona PEV. Rezultati so podobni tudi pri drugih scenarijih prevzemanja. Večina nenadzorovane obremenitve PEV se pojavi med 15. uro in 23. uro (vrstica B), potem ko se večina ljudi vrne domov. Nenadzorovano polnjenje prinese višje cene (vrstica D) in poslabša večerni vrh neto obremenitev omrežja OVE (sončna, vetrna in toplotna energija). Polnjenje po ČU je po zasnovi skoncentrirano čez noč na domu in traja od 22. ure do jutranjih ur (vrstica B). Polnjenje po tej strategiji ustvari bolj stabilne cene (vrstica D) ter se izogne največjim obremenitvam (vrstica A) in tudi večini namenskih omejitev OVE (vrstica C). V nasprotju s tem so PEV po PLEXOS-u pametno polnjena bolj pozno dopoldan in popoldan (vrstica B), da omogočijo zmanjšanje izpadov energije, zlasti spomladi (vrstica C), ko ponovno narasle cene padejo okoli 23. ure (vrstica D). Ta vzorec sledi času poceni proizvodnje električne energije iz OVE (vrstica D), ko so obremenitve elektrarn zaradi proizvodnje minimalne.

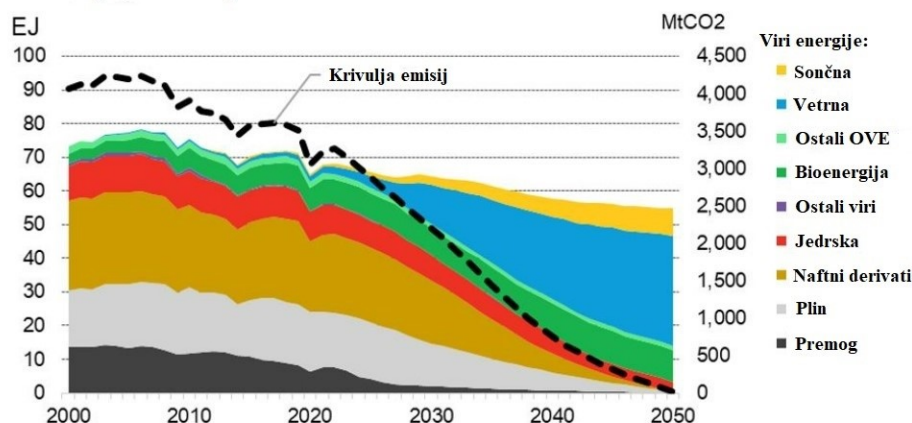
Srednja strategija prevzemanja PEV torej predlaga, da je pametno polnjenje najugodnejša strategija kalifornijske urne operacije omrežja, zaradi svoje prilagodljivosti in sposobnosti znižanja neto obremenitev omrežja, stabilnosti cen ter zmanjšanju izpadov zaradi prenasičenosti. Na podlagi tega bo lahko modeliranje za prihodnost mobilnosti na območju Kalifornije ugotovilo, kdaj in kje se lahko PEV zagotovi urno prilagodljivost za ciljno politiko integracije vozil v omrežje (IDO), odvisno od potreb po mobilnosti in razpoložljivosti infrastrukture polnilnih naprav.

Podobno kot v Kaliforniji so se tudi evropske države, predvsem skandinavske (izstopa Norveška), zavzele za pospešeno razogljičenje svojih elektroenergetskih omrežij ter cestnega prometa. Slika 14 prikazuje prevzem OVE kot izključnih virov proizvodnje električne energije po letu 2050, učinke pa vidimo že danes. Kot lahko vidimo v podrobno raziskanem primeru na področju Kalifornije, bodo k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov najbolj pripomogli OVE iz sonca, vetra in vode, ki bodo poganjali PEV s proizvodnjo energije v sončnih, vetrnih ter hidroelektrarnah. Poleg teh treh virov energije bodo še za prehodno obdobje (2035–2050) pomembni ohlajen utekočinjen in stisnjen zemeljski plin, biogoriva ter že dobro razvita hibridna tehnologija. Kasneje (po letu 2050) pa vodik, jedrska energija in sintetična goriva, ki bodo predstavljali glavne vire energije za trajnostno prihodnost mobilnosti poleg električne energije proizvedene iz OVE za pogon PEV ter VVGC.

Slika 14: Strategija prehoda na ničelne izpuste emisij s pomočjo OVE do leta 2050

"Net-zero" bi se zanašal na čisto energijo in zeleni vodik

Skupna primarna energija glede na emisije CO₂, povezane z gorivom in energijo za Evropo za scenarij "Net-zero"



Opomba: scenarij "Net-zero" predvideva razogljičenje vseh energetskega sektorjev, ki porabljajo energijo iz neobnovljivih virov do leta 2050, predvsem z elektrifikacijo in prehodom na zeleni vodik.

Prirjeno po World Economic Forum & Bloomberg (2022).

4 RAZVOJ TEHNOLOGIJE V AVTOMOBILSKI PANOGI V PRIHODNJE

4.1 Trenutno stanje tehnologij na področju mobilnosti in predlogi za prihodnost

Jasno je, da so fosilna goriva velik ekonomski strošek. Nadalje, zaradi vse večjega povpraševanja je prihodnost razpoložljivosti nafte tako gospodarska, politična kot tudi okoljska zagata. Proizvodnja fosilnih goriv še naprej predstavlja tveganja, kar povzroča gospodarsko negotovost zaradi nestanovitnosti cen na trgih. Fosilna goriva so odgovorna za znaten delež antropogene proizvodnje CO₂ kot tudi izpustov drugih onesnaževalcev. Odvisnost od njih postaja za mnoge države pereč problem. To občutljivo vprašanje ima dve glavni rdeči niti: politično vprašanje odvisnosti od tujih držav za dobavo fosilnih goriv in gospodarske težave, ki nastanejo z odvisnostjo od drugih. Izpodrivanje fosilnih goriv kot glavnih pogonskih sredstev današnje mobilnosti brez omejitev osebne in komercialne mobilnosti je tako postal glavni cilj avtomobilske panoge in vlad po vsem svetu.

Na področju mobilnosti imamo trenutno več možnosti izbire pogonskih goriv za mobilnost. Če je še pred dvema desetletjema v osebnih vozilih prevladovala uporaba dizelskega goriva (80 %), pa se v zadnjih petih letih povečuje uporaba vozil na bencinski pogon. V zadnjih desetih letih pa je najbolj napredovala tehnologija hibridnih in priključno-hibridnih vozil, popolnoma električnih vozil ter vozil na vodikove gorivne celice. Večino zaslug tega tehnološkega napredka lahko pripišemo proizvajalcema Toyota in Tesla, ki sta pred ostalimi začela masovno tržno ponujati hibridna in VVGC (Toyota) ter popolnoma električna vozila

(Tesla), skozi leta pa tudi to tehnologijo izpopolnila. Podobno kot proizvajalec Volvo, ki slovi po najvarnejših vozilih na trgu, sta Toyota in Tesla, radodarno delili svojo tehnologijo z drugimi proizvajalci, v prizadevanju za bolj trajnostno mobilnost in varstvo okolja pred izpusti škodljivih plinov.

Trenutna električna omrežja se odmikajo stran od uporabe fosilnih goriv in se usmerjajo v proizvodnjo elektrike s pomočjo obnovljivih virov energije. Med drugim električna vozila že zdaj povzročijo veliko manj izpustov skozi svoje življenjsko obdobje ne glede na vir energije, kar nakazuje, da so ena od oblik mobilnosti prihodnosti poleg VVGC. V prehodnem obdobju, v katerem smo zdaj, bodo verjetno prevladovala hibridna vozila, priključno-hibridna vozila ter vozila na bencin z nizko porabo, vsaj do leta 2035. Od leta 2035 naprej, ko začne veljati zakon o prepovedi prodaje novih vozil z motorji na notranje izgorevanje, pa pričakujemo prevlado rabljenih hibridnih vozil in postopen prevzem popolnoma električnih vozil, sintetičnih goriv ter VVGC tako v osebni kot tudi v javnem prevozu skupaj s počasnimi načini mobilnosti na bolj zgoščenih območjih populacije (hoja, kolesarjenje, električni skiroji, rolke). Na tak način bo možen doseg podnebne nevtralnosti v Evropi do leta 2050, v Kaliforniji pa so si zadali ta cilj že za leto 2045.

Proizvajalci vozil so že začeli sprejemati dejstvo, da električna vozila in VVGC na dolgi rok manj onesnažujejo. Povečanje proizvodnje električnih vozil, sintetičnih goriv in VVGC bo pomagalo zmanjšati celotni ogljični odtis. Že v zdajšnji obliki so manj obremenjujoča za okolje kot cenovno podobna ali celo cenejša vozila z motorjem na notranje izgorevanje. Z vse večjo razširjenostjo bo tehnologija postala cenovno ugodnejša, pri tem pa je velika verjetnost, da bo bolj učinkovita in trajnostno naravnana. Ekonomije obsega bodo pripomogle k izgradnji infrastrukture, učinkovitejše proizvodne tehnike, možnosti recikliranja pogonskih sklopov, zmanjšale pa se bodo potrebe po rudarjenju novih kovin, ki sestavljajo baterije, saj bo tu nastopilo znanje o recikliranju. Večja prisotnost obnovljivih virov energije v električnih omrežjih bo poskrbela za čistejšo proizvodnjo elektrike za električna vozila in prispevala k celovitem zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov v ozračje.

4.2 Sinteza glavnih ugotovitev prihodnje najverjetnejše usmeritve avtomobilske panoge glede na smernice skrbi za okolje, zakonodaje in potrošništva

Nakupne odločitve potrošnikov so ključna gonilna sila pri sprejemanju alternativnih vozil. So kompleksne in vključujejo različne subjektivne dejavnike, kot so trendi množic, osebnost kupca, pretekle izkušnje, razpoložljiv dohodek in praktične potrebe potrošnikov. Višja cena, omejen doseg in dolg čas polnjenja predstavljajo resne pomanjkljivosti, ki kupce odvrta od nakupa PEV in ostalih vozil na alternativne pogone. Prej omenjene pomanjkljivosti tudi ponudnikom omejujejo hitrejši prodor na trg PEV, v sektor osebne mobilnosti. Prodajalci se na podlagi tega zavedajo, da neprivačen produkt ne prinese dobička. Po politično-zakonodajni strani pa se od osebnih avtomobilov zakonsko zahteva, da postajajo vse bolj

okolju prijaznejši in energetsko učinkovitejši. To so torej zakonodajni in panožni standardi, ki jih urejajo predpisi glede izpustov CO₂, katerim morajo ponudniki slediti.

Danes izvedljive možnosti izboljšanja porabe goriva pri konvencionalnih vozilih vključujejo:

- zmanjšanje prostornine motorjev in dodajanje turbin ter blagih hibridnih sistemov,
- neposredni vbrizg goriva,
- variabilno aktiviranje ventilov in kompresijskih razmerij,
- zmanjšanje teže vozila z uporabo lažjih materialov.

Druge obetavne alternativne tehnologije pogona vozil pa vključujejo:

- vozila na vodikove gorivne celice,
- mehanski in blagi priključni hibridi (pomožna elektrifikacija bencinskih motorjev),
- priključna električna vozila (vključno z obnovljivimi viri hibridizacije s ponovnim polnjenjem),
- zemeljski plin in biogoriva ter zlasti sintetična goriva,
- vozila z integracijo komunikacijske tehnologije V2V/V2I (komunikacija vozila z drugimi vozili v prometu in infrastrukturo).

Izvedenih je bilo več študij, katerih namen je bil oceniti vpliv električne mobilnosti na elektroenergetsko omrežje z osredotočenostjo na stabilnost omrežja in upravljanjem obremenitev med konicami. Raziskovalci ugotavljajo, da bodo potrebne znatne nadaljnje naložbe, da bo distribucijsko omrežje, zlasti transformatorji, ki jih imajo uporabniki doma, kos namestitvi in prevzemu visoke koncentracije PEV. S tem se bodo izognili nepričakovanim izpadom iz omrežja ter zagotovili zadostno količino energije odjemalcem. Prodor velikega števila PEV na trg se je izkazal za geografsko zelo variabilnega, torej je pričakovati porast PEV predvsem v naseljih, kar lahko poveča možnosti nepričakovanih izpadov in preobremenitev omrežij. Pregled priložnosti nam pokaže izzive nadzora, povezanega z možnostmi električne mobilnosti: a) težave pri nadzoru samih vozil in b) širše težave pri nadzoru izpadov zaradi preobremenitev, ki izhajajo iz interakcij vozil z elektroenergetskim omrežjem ter OVE.

V tem kontekstu integracija nadaljnjih obnovljivih virov energije v omrežje nudi dodatne koristi v smislu prihranka energije in izpustov. Po drugi strani pa poveča kompleksnost sistema, ki zahteva dodatne uvedbe ukrepov nadzora. Upravljalci energetskih omrežij bi morali redno opravljati nadzorno usmerjene analize na podlagi dnevni nihanj OVE v energetskih sistemih in njihov vpliv na zmanjšanje ali povečanje potreb po električni energiji ob polnjenju večjega števila PEV. Poleg tega bi bilo smiselno imeti računalniški pregled vpliva optimalnih algoritmov delovanja elektroomrežij za razporejanje obremenitev in redukcij na ekonomiko omrežja in izpuste. Rezultati kažejo, da imajo optimizacijski algoritmi manjši vpliv na polnilni čas infrastrukture, vendar zmanjšajo izpuste CO₂ za 90 % v primerjavi s polnjenjem z električno energijo, ki ne izvira iz OVE. To potrjuje izjemen

potencial integracije obnovljivih virov energije v omrežje za njegovo razogljičenje, ki jo leta nato posreduje za polnjenje PEV preko polnilnic.

Da pa bi lahko bolje razumeli, v katero smer se bo avtomobilska panoga usmerila v prihodnje, moramo najprej razumeti, od kod sploh energija za pogon izvira in kolikšen delež od začetnih proizvodnih sredstev, ki se pretvorijo v različne tipe energije, sploh prispe do končnega porabnika, torej posameznega vozila. Zanima nas torej predvsem učinkovitost proizvodne verige za posamezen energent, kar nam bo olajšalo odločiti se, kateri energent za pogon je najbolj smiseln in hkrati trajnosten za prihodnost mobilnosti. Ker vsi energenti za pogon vozil trenutno niso proizvedeni iz obnovljivih virov energije, moramo upoštevati proizvodno verigo energije, torej njene vire, ki smo jih v nadaljevanju opredelil v štirih proizvodnih postopkih, in kolikšen delež proizvedene energije dejansko prispe do vozila, ki ga poganja:

- bencin/dizel (1. ekstrakcija, 2. rafiniranje, 3. transport): 81,7 %,
- hibrid (koliko energije ostane za pogon vozila): 81,7 %,
- elektrika⁴ (1. proces pridobitve, 2. turbinski generator, 3. omrežje, 4. polnjenje avtomobila): 1. 97,5 %, 2. 60 %, 3. 92 %, 4. 86 %; skupna učinkovitost: 45 %,
- vodik (1. proces pridobivanja, 2. tvorjenje vodika, 3. transport, 4. kompresija, 5. pretvorba v električno energijo): 36 %.

Iz teh podatkov bi lahko sklepali, da so fosilna goriva, kar se tiče proizvodne verige bolj učinkovita kot elektrika in vodik, a pri tem sklepanju moramo biti previdni, saj so tu navedeni podatki trenutne situacije na energetske trgu. To pomeni, da zgoraj predstavljeni procesi pridobivanja energije niso v celoti izvedeni iz obnovljivih virov energije, kar bi močno povečalo učinkovitost proizvodne verige pridobivanja električne energije in vodikovih celic. Če bi torej sklepali po zgornjih navedbah, da je bolje obdržati trenutno tehnologijo mobilnosti, pa se lahko v tabeli 6 prepričamo, da so sama prevozna sredstva na alternativni pogon skozi celotno življenjsko dobo okolju bolj prijazna, sploh če bomo v bližnji prihodnosti nadomestili vsa fosilna proizvodna sredstva z obnovljivimi viri energije.

V tabeli 6 je bilo upoštevanih par predpostavk, ki so pripeljale do teh rezultatov:

- *1 l goriva je enak vrednosti električne energije 8,9 kWh (glej porabo v tabeli 6),
- primer vodikovega vozila izkazuje nižjo vrednost porabe energije zaradi pretvorbe v efektivno porabo po zaključenem procesu pridobivanja energije iz vira (drugače bi bila poraba enaka 3,5 l goriva)
- ostali izpusti, ki so vključeni v zadnjem stolpcu kot skupek izpustov CO₂, so še: žveplo, ogljikov monoksid, ogljikovodiki ter trdi delci,

⁴ Vir električne energije: 36 % zemeljski plin, 28 % premog, 19 % jedrska elektrarna in 17 % obnovljivi viri.

- izpusti, izračunani pri električnih vozilih in VVGC, bi bili bistveno nižji, če bi vir energije za te primere izhajal izključno iz obnovljivih virov energije in ne iz fosilnih goriv.

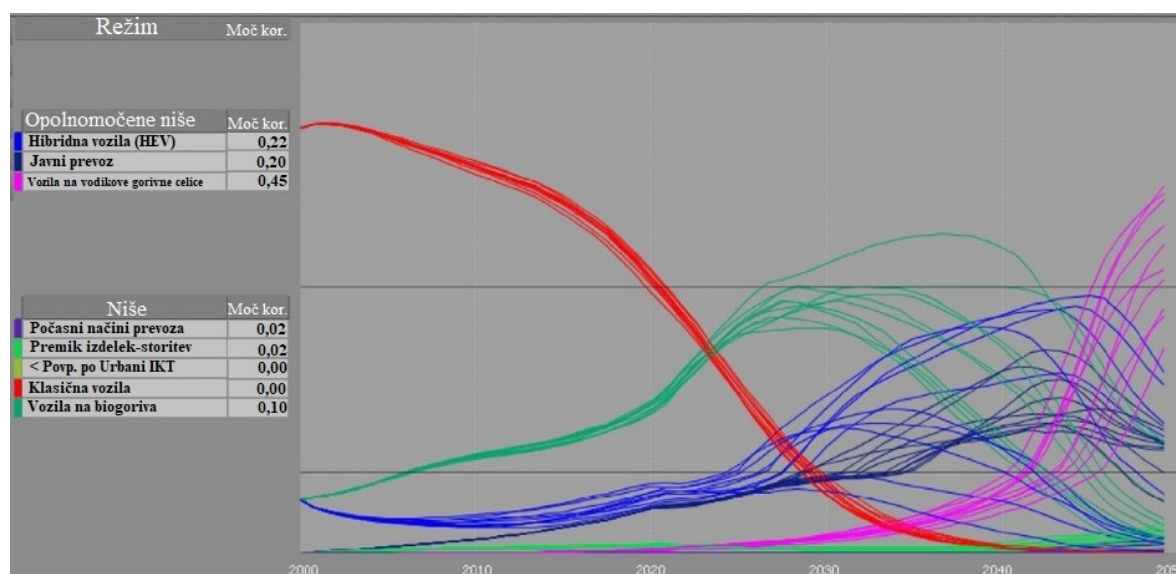
Tabela 6: Primerjava različnih lastnosti med najbolj priljubljenimi modeli osebnih vozil za vsako vrsto pogona

Proizvodni vir energije	Model vozila	Učinkovitost proizvodne verige	Poraba (l/100 km)	Prevožena razdalja (km) z 1l	Izpusti CO ₂ (g/km)
Zemeljski plin	Tesla model 3 SR+	45 %	1,8*	25,5	67
Zemeljski plin	Tesla model S LR	45 %	2,1*	21,3	80
Zemeljski plin	Toyota Mirai vodik	36 %	1,8*	20	85
Surova nafta	Toyota CH-R hybrid	81,7 %	4	22,1	110
Surova nafta	VW Golf bencin/dizel	81,7 %	6	14,9	153
Surova nafta	Povprečna poraba goriva	81,7 %	6	14,9	115

Vir: lastno delo.

To, kar smo ponazorili v tabeli 6 in še prej s procesom proizvodnje vsakega od energentov, bomo sedaj prikazali in utemeljili z grafično simulacijo tranzicijskega scenarija za vsak energent posebej na sliki 15. Na podlagi tega bomo opredelili, kateri energenti za trajnostno mobilnost so smiselni ter najbolj učinkoviti za prihodnost prevoznih sredstev. Glavni cilj te simulacije je uporabiti vse, kar smo doslej raziskali na to temo in prikazati, kako naj bi na področju mobilnosti potekal idealen prehod v brezogljihno družbo do zastavljenega cilja leta 2050. Simulacija vsebuje prikaz za časovno obdobje petdesetih let.

Slika 15: Simulacija postopnega prehoda v trajnostno mobilnost



Prirejeno po Köhler in drugi (2009, str. 2992).

Glede na zbrane podatke bo prehod dolgotrajen in postopen, pri čemer se bodo vozila na vodikove gorivne celice (VVGK), sintetična goriva in popolnoma električna vozila izkazala za najboljšo rešitev, vendar na daljši časovni rok in šele čez nekaj časa (po letu 2035), do takrat (predvidoma za naslednjih 15 let) pa bodo biogoriva in vozila na hibridni pogon glavna alternativa, ker je: a) tehnologija že zelo dobro razvita (Honda, Hyundai, Toyota, Lexus) in b) ker že večina podporne infrastrukture za taka vozila obstaja, kar pomeni, da večjih prilagajanj ne bo potrebno storiti, razen pri povečevanju števila polnilnic za PEV in točilnih mest za vodik. Poleg teh omenjenih obetavnih tehnologij pa bodo večjo vlogo v prehodu igrali tudi: javni potniški promet, »car sharing«, hoja, kolesarjenje ter različna elektrificirana prevozna sredstva, namenjena za uporabo v urbanem in primestnem okolju. Pričakovati je, da bo večina energetskih omrežij v Evropi do leta 2050 razogljivenih, saj bo proizvodnja večine električne energije predvidoma potekala izključno iz obnovljivih virov energije, vendar je preuranjeno napovedovati konkretne letnice, saj se evropske države, regije in območja pri doseganju podnebnih ciljev razlikujejo v svoji iniciativi izpolnjevanja zavezanih ciljev postopnega prehoda. Model prikazuje, da so to najverjetnejše prehodne posvojitvene tehnologije za avtomobilsko panogo. Pri tem bo potreben stalen pritisk s strani okolja in vlad na družbo in potrošniške navade, da bo izvedba prehodnih tehnologij in njihova implementacija ter normalizacija v življenjskem slogu ljudi tudi uspešna.

4.3 Časovnica predvidenega prehoda na mobilnost ničelnih toleranc

Trenutno obdobje do leta 2025: Lani je bila sprejeta resolucija o prepovedi izgradnje novih termoelektrarn na premog in izkopov iz rudnikov, kjer se ta surovina pridobiva. Prepovedali so tudi razvoj novih plinskih in naftnih polj. Do leta 2025 je predvidena prepoved prodaje novih boilerjev na fosilna goriva. Pričakuje se porast uporabe javnega potniškega prometa s pogonom na alternativna goriva (biogoriva, sintetična – metan, vodik in elektrika), napredek IKT, porast peš in kolesarskih con ter zaračunavanje zastojev v prometu ter omejevanje parkirišč. Nove tehnologije alternativnih goriv (Biogoriva, sintetična, PEV, VVGK) bodo v tem obdobju postale bolj razširjene.

Zaradi ekonomije obsega se bodo te tehnologije postopoma pocenile in tudi postale bolj dostopne večjemu številu prebivalstva, s tem pa se bo povečala širša dostopnost energetske infrastrukture za preskrbo vozil. V tem obdobju bo prišlo tudi do očitnih sprememb v družbenih odnosih. Večji pomen se bo pripisoval višji kakovosti zraka, telesni aktivnosti prebivalstva in socialnim stikom v primerjavi s pravico do osebne, motorizirane mobilnosti. Osebna mobilnost se bo verjetno še naprej odmikala od statusnih simbolov v smeri funkcionalne prevozne komoditete. V tem obdobju se bodo izpusti predvidoma zmanjšali s 35 Gt CO₂ na 30 Gt CO₂ na leto.

Obdobje 2025–2030: V tem obdobju je predviden splošen dostop do energije za vse obstoječe in novo zgrajene zgradbe, s poudarkom, da so vse nove zgradbe zgrajene in pripravljene na oskrbo s čisto energijo do leta 2030. Do tega istega obdobja je tudi

predvidena popolna opustitev premoga v vseh razvitih državah sveta. Nadalje se pričakuje proizvodnja 1.020 GW električne energije iz obnovljivih virov energije na leto (predvsem iz sonca in vetra). V težki industriji bo predvidoma vsa tehnologija prilagojena za pogon na čisto energijo. Globalni trg bo skupaj z voznim parkom trajnostne mobilnosti vseboval najmanj 60 % električnih vozil. Celotni izpusti toplogrednih plinov se bodo predvidoma zmanjšali še za nadaljnjih 7,5 Gt CO₂ letno, in sicer na 22,5 Gt CO₂.

Obdobje 2030–2035: Večina stanovanjskih in komercialnih zgradb bo opremljena z najučinkovitejšimi klimatskimi in grelnimi napravami, prav tako z belo tehniko. Vsi industrijski elektromotorji bodo predvidoma dosegli največje možne izkoristke delovanja. Predvidoma bo vsaj 50 % gospodarskih vozil (tovornjaki, kombiji ter lahka dostavna vozila) na električni pogon. Največji napredek k zmanjšanju izpustov pa bodo prispevala popolnoma brezogljivična elektroenergetska omrežja v vseh naprednih državah, prav tako pa bo z letom 2035 uzakonjena prepoved prodaje novih vozil z motorji na notranje izgorevanje. Poleg dodatnega zmanjšanja letnih izpustov CO₂ za 7,5 Gt, na 15 Gt CO₂ letno, bo to obdobje v znamenju večjih premikov k brezogljivični družbi, saj bodo z ozelenjevanjem površin zajete dodatne 4 Gt CO₂ iz ozračja, ki se jih lahko nameni za proizvodnjo sintetičnih goriv.

Obdobje 2035–2045: V tem obdobju bo predvidoma 50 % starejših zgradb prilagojenih za napajanje in uporabo čiste energije iz omrežja, prav tako pa bo predvidoma 50 % celotne globalne letalske flote uporabljalo nizko-emisijsko gorivo. 90 % težke industrijske mehanizacije na fosilna goriva bo doseglo konec svojega življenjskega cikla. Največji napredek pa bo viden na področju globalnega elektroenergetskega omrežja, ki bo predvidoma zagotavljalo 100 % električne energije iz OVE. Nadalje bo opuščena vsa uporaba in kopanje premoga v rudnikih ter črpanje nafte na naftnih poljih in ploščadih za proizvodnjo fosilnih goriv.

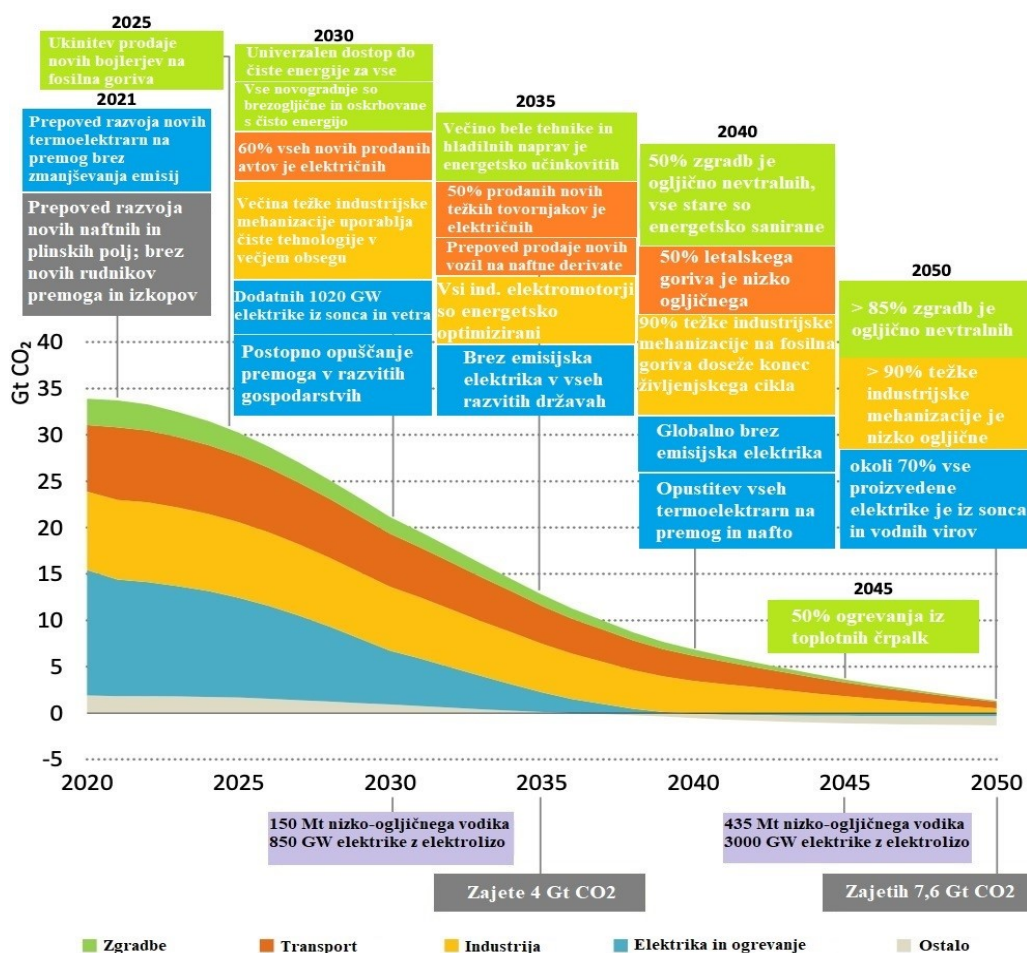
Do leta 2045 bodo 50 % toplotne energije proizvedle toplotne črpalke, Kalifornija pa bo dosegla podnebno nevtralnost. Tehnologiji vodikovih gorivnih celic in električnih vozil bosta postali nova normalnost, večina infrastrukture bo prilagojena tema dvema energentoma, saj se biogorivo ne bo širilo tako hitro kot omenjeni dve alternativni, ker imajo evropska kmetijska zemljišča omejeno zmogljivost za ta namen. Proizvedenih bo predvidoma 435 Mt nizko-emisijskega vodika in 3.000 GW elektrike z elektrolizo, letni izpusti pa se bodo predvidoma zmanjšali še za 10 Gt CO₂ letno, na samo 5 Gt CO₂ letno. Zaradi neizogibnega spreminjanja podnebja, z naraščajočimi temperaturami in vročinskimi ekstremi pa počasni načini mobilnosti (predvsem hoja in kolesarjenje) predvidoma ne bodo vedno izvedljivi.

Leto 2050 »Net-zero«: To je leto, za katero se napoveduje doseg brezogljivične družbe predvsem za evropsko celino, ambicije za doseganje tega cilja pa so seveda globalne. Napoved navaja, da bodo fosilna goriva tako rekoč opuščena najkasneje do leta 2060, dolžino vztrajanja stare tehnologije pa bodo verjetno narekovale svetovne zaloge in do določene mere kljubovalne politike nekaterih držav in naftni lobiji. Pričakovati je, da bo

najmanj 85 % vseh zgradb brezogljčnih, vsaj 90 % težke industrijske mehanizacije pa nizkoemisijske. Predvideva se, da bo skoraj 70 % svetovne električne energije proizvedene iz OVE (predvsem iz sonca in vetra). Z načrtnim ozelenjevanjem se predvideva, da bodo zajeli še dodatnih 7,6 Gt CO₂ izpustov iz ozračja, pri čemer pa bodo skupni letni izpusti CO₂ znašali največ 2 Gt na globalni ravni.

Ko bosta blažitev podnebnih sprememb (in v manjši meri trajnost) postali vključeni kot stalnica pri oblikovanju globalne podnebne politike, bodo tudi vse sodelujoče države med seboj tekmovala in sodelovale, da bodo videne kot najbolj trajnostne. S tem si bodo tako stalno prizadevale izboljševati ter implementirati vse svoje cilje in ambicije za doseg zdrave, socialno vključujoče, trajnostno naravnane, ekološke, gospodarsko močne ter brezogljčne družbe. Prikaz opisa predvidene časovnice prehoda v brezogljčno družbo lahko vidimo na sliki 16.

Slika 16: Časovnica prehoda v brezogljčno družbo z vmesnimi cilji



Prirejeno po IEA & WEF (2021).

5 KRITIČNA TVEGANJA UPRAVLJANJA TRAJNOSTNIH VIROV ENERGIJE

5.1 Sinteza ugotovitev glavnih tveganj upravljanja s trajnostnimi viri energije

Dostopna energija pod ugodnimi ekonomskimi pogoji je ključnega pomena za socialno-ekonomsko rast in razvoj vsake družbe. Zato je nadvse pomembno, da razvite kot tudi države v razvoju nenehno spodbujajo nove naložbe v elektroenergetske sisteme za vključevanje OVE. Razvoj in vključevanje OVE tako pomembno vpliva na preprečevanje in odpravo morebitnih posledic podnebnih sprememb in energetske raznolikosti. Pri tem gredo glavne zasluge rasti in razvoja predvsem uspešni obnovljivi energetske politiki. V odsotnosti enakih pogojev bodo mednarodne, državne in regijske politike morale sprejeti pomembno vlogo pri pridobivanju konkurenčne obnovljive energije, ki sloni na uspešnem upravljanju z OVE.

Podrobna zasnova in pravilnost izvajanja je vedno ključ do uspeha. Posledično oblikovalci politik še naprej posodablajo in pregledujejo politike v odziv na spreminjajoče se okolje. Hkrati pa so sprejeli perspektive tveganja in donosa ter podpiranja naložb namesto tradicionalnih perspektiv stroškov in koristi. Preprosto zanašanje na organski razvoj politik OVE, ki še vedno uporablja isto paradigmo upravljanja s tveganji, bi morebitna tveganja pustilo nerešena, kar bi lahko imelo velike posledice. Ustrezni instrumenti za obvladovanje tveganj so bistvenega pomena za financerje, razvijalce, vlagatelje in uporabnike sodobnih elektroenergetskih omrežij, ki zagotavljajo energijo iz OVE. Pojavnost negotovosti zaradi pomanjkljivosti je potrebno individualno preiskati in obravnavati z ustreznimi instrumenti ter ukrepi za obvladovanje tveganj. Da pa lahko predvidimo in preprečimo ali rešimo tveganja upravljanja z OVE, moramo najprej prepoznati različne oblike tveganj in njihove vire izvora, kar je prikazano v tabeli 7:

Tabela 7: Opredelitev glavnih tveganj upravljanja OVE in njihovega izvora

Oblika tveganja	Izvor tveganja
Zakonska	Negotovosti pri izpolnjevanju ciljev zaradi zakonskih ovir, politik ali sprememb predpisov za projekte OVE
Politična	Politični dogodki, ki vplivajo na investicije in prevzem OVE v energetske sektorju
Ekonomsko-finančna	Ekonomski ali finančni dejavniki, ki vplivajo na vrednost ali uvedbo projekta
Tržna	Negotovosti, ki jih prinašajo spremembe na trgih: ovire za dostop do trgov, spremembe tržnih pogojev, nizke zmogljivosti, distribucija in povezljivost omrežja z OVE
Tehnična	Dejavniki, povezani z vrsto tehnologije: tehnološka zrelost, zmogljivost virov in dejavniki, ki vplivajo na tehnično zasnovo in izvedbo

se nadaljuje

Tabela 7: Opredelitev glavnih tveganj upravljanja OVE in njihovega izvora (nad.)

Oblika tveganja	Izvor tveganja
Operativna	Nestalna proizvodnja zaradi zatišij OVE, zastarelo omrežje, ni sekundarnega trga
Namenske omejitve in nenamenski izpadi	Preobremenjenost omrežja in nepravilno shranjevanje presežkov proizvedene energije
Družbena	Spremembe družbenih razmer: odpor javnosti, ki vpliva na vzorce in prevzem novih tehnologij, energetska revščina, demografija
Okoljska	Spremembe v okolju, ki jih povzročajo značilnosti energetskih sistemov ali vplivi vremenskih pojavov na le-te

Vir: lastno delo.

5.2 Predlagani možni ukrepi za zmanjšanje kritičnih tveganj

Na splošno bi lahko rekli, da je upravljanje z energijo definirano kot učinkovita raba energije pri doseganju največjih možnih dobičkov z najmanjšimi možnimi stroški, pri čemer je namen energetskih podjetij ohranjanje in krepljenje konkurenčnega položaja na trgu. Je niz ukrepov, načrtov in praks za doseganje dolgoročnih ciljev. Pristopi v strategiji upravljanja kritičnih tveganj OVE zahtevajo podrobno ukvarjanje z načrtovanjem, nadzorom in spremljanjem procesov, povezanih z varčevanjem energetskih virov, stroškov energije in s tem posledično podnebja. Tveganja torej lahko uspešno preprečimo ali odpravimo z rešitvami na področju pridobivanja, dobave in porabe energetskih virov ter finančnih naložb v raziskave in razvoj energetskih sistemov s tehničnega, gospodarskega, geopolitičnega in političnega vidika. Voditelji po vsem svetu si zastavljajo cilje v zvezi z zanesljivo oskrbo in za zadostitev povpraševanju po energiji v prihodnosti. Vendar pa naraščajoče povpraševanje po energiji, zaskrbljenost glede energetske varnosti, uvedba alternativnih virov energije in vse večja okoljska vprašanja povzročajo vse več tveganj pri upravljanju energetskega sektorja.

Sistematično stališče je bistvenega pomena za upravljanje s tveganji energetskih sistemov, saj je potrebno zagotoviti, da so ključne operativne dejavnosti pregledane in optimizirane. V poslovnem in operativnem svetu je predlagana znana praktična rešitev kot celovito upravljanje s tveganji, kar prinaša kakovost upravljanju, Total Quality Management (TQM), ki je namenjen izboljšanju poslovnega operativnega delovanja (TQM pri upravljanju s tveganji zelo dobro uporablja Toyota). Zanesljiva politika upravljanja z energijo mora biti sposobna obravnavati izzive tako človeške narave, ki se večinoma nanašajo na tehnološke vidike, kot tudi na negotove dogodke iz naravnega okolja. Povzročijo lahko tveganja, ki so povezana z dragimi napakami. To lahko upravljamo s tremi glavnimi metodami:

- definiranje tveganj,
- analiziranje in vrednotenje tveganj (tj. upoštevanje prednostnih tveganj),
- predvidevanje, preprečevanje in blaženje tveganj.

V tabeli 8 so prikazani možni ukrepi za zmanjšanje potencialnih tveganj z upoštevanjem prej omenjenih glavnih treh metod za celovito upravljanje s tveganji:

Tabela 8: Možni ukrepi za zmanjšanje potencialnih tveganj

1. Izboljšanje energetske učinkovitosti porabnikov (prilagoditev energetske intenzivnosti)
2. Smiselno, intervalno zmanjšanje porabe energije (prilagoditev energetske intenzivnosti)
3. Znižanje izpustov emisij s postopno prevladujočo uporabo OVE v energetskih omrežjih
4. Izboljšanje in hitrejši prevzem tehnologij shranjevanja presežkov energije s shranjevalniki
5. Zaradi večjega prevzema shranjevalnikov iz točke 4. zmanjšanje namenskih omejitev in nepredvidljivih izpadov iz omrežja, posledično se prihrani veliko energije in stroškov
6. Dosledno upoštevanje in izvajanje standarda ISO 50001 REnMS v pametnem omrežju
7. Ustanovitev kriznih skupin/oddelkov za spopadanje s tveganji v energetskem sektorju
8. Organizirane, nadzorovane in poročane strategije upravljanja z energijo

Vir: lastno delo.

SKLEP

S tem magistrskim delom smo si prizadevali raziskati najboljše scenarije za prehod prevoznih sredstev od modelov z notranjim izgorevanjem, ki tvorijo večinski delež današnje tehnologije mobilnosti, k bolj trajnostnemu voznemu parku, ki ga poganja okolju prijaznejša energija, pridobljena iz obnovljivih virov energije, saj je taka energija v naravi krožna in ne povzroča izpustov v okolje. Alternative prihodnje mobilnosti, predstavljene v tem delu, bodo po predvidevanju postopoma nadomestile sedanjo ureditev do leta 2050, po temeljiti raziskavi pa menimo, da bo tranzicija počasna in postopa ter hitrejša predvsem tam, kjer so prisotni večji finančni vzvodi za prevzem novih tehnologij mobilnosti ter prilagoditev elektroenergetskih omrežij na OVE z učinkovitim upravljanjem le-teh. Na podlagi tega lahko torej predpostavljamo, da bodo hibridna vozila in vozila na biogoriva na trgu prevladovala vsaj še naslednjih 13 let, do uvedbe zakona o prepovedi prodaje novih vozil na notranje izgorevanje, ki je predviden v letu 2035. V postopni tranziciji do brezogljihne družbe med letoma 2035 in 2050 pa bodo po naših dognanjih prevladovala rabljena hibridna vozila in rabljena vozila na biogoriva, dokler ne bodo popolnoma električna vozila, vozila na vodikove gorivne celice in vozila na sintetična goriva ter počasne metode mobilnosti (hoja, električna kolesa in skiroji) postali večinski režim. Pri teh spremembah bodo pomembno vlogo odigrale socialne strukture, institucije, lobiji in vladne politike, saj bodo podjetja in potrošniki, ki ne bodo dovzetni do prevzema novih tehnologij zaradi osebnih ali finančnih razlogov, to storili šele, ko bo to zakonsko zahtevano. Te iste manj dovzetne posameznike lahko torej nezmožnost prevzema iz finančnih razlogov, vodi v energetsko revščino pod zakonodajno prisilo, kar ima lahko velike negativne družbene posledice v obliki protestov, uporov, nezaupanja vladi, ekonomskega in splošnega nezadovoljstva javnosti v korist interesnih elit, skupin in lobijev panog na tem gospodarskem področju.

Prikazali smo torej inovativnost prehoda na trajnostno mobilnost z modeli in scenariji ter upoštevali mnoge alternativne inovacije skupaj, da odražajo kompleksne interakcije med trenutnim stanjem na področju mobilnosti in alternativami, ter predstavili družbene in institucionalne dejavnike skupaj s strategijami uspešnega upravljanja s TVE v simulaciji radikalnih družbeno-tehničnih sprememb na področju trajnostne mobilnosti. To je tudi ključnega pomena v razpravi o podnebni politiki, saj je časovnica tista, ki bo določila dolgoročni podnebni odziv in tako zmanjšala izpuste toplogrednih plinov na predvideno raven.

Občutno znižanje izpustov in postopen prehod v brezogljicho družbo bi tako lahko dosegli z doslednim spodbujanjem, uzakonjenjem in pospešenim razvojem okolju prijaznejših tehnologij, vpeljanih v režim trenutne energetike in mobilnosti. Največji problem vidimo v trenutni neenotnosti svetovnih odločevalcev na tem področju, saj je jasno, da nerazvite države in države v razvoju večino globalnih vprašanj gledajo skozi denar in boj za preživetje. Te države nimajo ne sredstev ne tehnologij, da bi se lahko priključile tovrstnim strategijam. Po drugi strani pa imamo Ameriko, Rusijo in Kitajsko, ki se kot energetske bogate države upirajo predlogom in evropski zakonodaji ter izpuščajo ogromne količine toplogrednih plinov v ozračje s slabim sistemom recikliranja odpadkov, potratnimi vozili in težko industrijo. Dejstvo je, da se »ekologije lahko igrajo« le razvite, bogate države, ki so v stanju blaginje, ljudje so preskrbljeni, siti in pri denarju. Če pa temu več ne bo tako, bo človeka gnal zgolj zdrav razum in nagon po preživetju, kar pomeni, da bo ekologija zadnja stvar, na katero bo pomislil. Kruta, a trezna realnost. Zato je na nas, posameznikih, da si prizadevamo najprej na osebni ravni, nato pa še s kolektivnimi spremembami in naporu izboljšati kakovost zraka za zdravje ljudi, za ohranjanje biotske raznovrstnosti, lepega okolja ter sodobnega, sočutnega, neegoističnega medčloveškega sobivanja na edinem planetu, ki ga imamo, s preudarnim trajnostnim ravnanjem, ki vodi v brezogljicho družbo, da ga bodo lahko užile tudi prihodnje generacije zanamcev.

LITERATURA IN VIRI

1. Abhyankar, N., Gopal, A. R., Sheppard, J. R. & Szinai, J. K. (2019, 14. november). Reduced grid operating costs and renewable energy curtailment with electric vehicle management. *Science Direct*, 136, 111–115.
2. Alfsen, K. H. & Fridstrom, L. (2014). *Norways path to sustainable transport*. Oslo: Institute of Transport Economics: Norwegian Centre for Transport Research.
3. Alkemade, F. & Niesten, E. (2016). How is value created and captured in smart grids? A review of the literature and analysis of pilot projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 629–638.
4. Alternative Fuel Data Center. (2014). *Vice Model assumptions allow a fleet manager to input key variables to understand the cost and savings from switching to CNG for fleets*. Pridobljeno 13. julija 2022 iz http://www.afdc.energy.gov/docs/vice_model.xlsx
5. Axhausen, K. W., Horni, A. & Nagel, K. (2016). *The Multi-Agent Transport Simulation*

- MATSim*. London: Ubiquity Press.
6. Axsen, J., Crawford, C., Peters, J. & Wolinetz, M. (2018). Simulating the value of electric-vehicle-grid integration using a behaviourally realistic model. *Nature Energy*, 3(2), 132–139.
 7. Bahreinian, A., Borges, E., Gage, J., McBride, B., Schremp, G., van der Werf, Y. & Yowell, G. (2016). *Staff Draft Report, Transportation Energy Demand Forecast, 2016–2026*. CEC-200-2015-008-SD. Sacramento: California Energy Commission.
 8. Bailie, A., Dougherty, W., Fencel, A., Kartha, S., Lazarus, M., Rajan, C. & Runkle, B. (2009). Greenhouse gas reduction benefits and costs of a large-scale transition to hydrogen in the USA. *Energy policy*, 37(1), 56–67.
 9. Baten, J. (2016). *A History of the Global Economy. From 1500 to the Present*. Cambridge: Cambridge University Press.
 10. Bennion, K., Bryan, J., Giedd, J., Kramer, W. & Markel, T. (2009). *Field testing plug-in hybrid electric vehicles with charge control technology in the xcel energy territory*. TP NREL/TP-550-46345. Lakewood: National Renewable Energy Laboratory.
 11. Bergman, N., Haxeltine, A., Köhler, J., Rotmans, J., Schilperoord, M. & Whitmarsh, L. (2008a). Modelling socio-technical transition patterns and pathways. *Journal of Artificial Societies & Social Simulation*, 11(3), 7.
 12. Bergman, N., Haxeltine, A., Köhler, J., Rotmans, J., Schilperoord, M. & Whitmarsh, L. (2008b). Conceptual framework for transition modelling. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 3(1–2), 93–114.
 13. Berkhout, F., Smith, A. & Stirling, A. (2005). The governance of sustainable sociotechnical transitions. *Research Policy*, 34, 1491–1510.
 14. Berntsen, T., Fuglestvedt, J., Myhre, G., Rypdal, K. & Skeie, R. B. (2008). Climate forcing from the transport sector. *PNAS*, 105(2), 454–458.
 15. Bird, L., Cochran, J. & Wang, X. (2014). *Wind and Solar Energy Curtailment: Experience and Practices in the United States*. NREL/TP-6A20-60983. Lakewood: National Renewable Energy Laboratory.
 16. Blaker, M. (2016). *Na kommer elbil-bakrusen*. Pridobljeno 11. julija 2022 iz <https://www.nettavisen.no/artikkel/ntp-na-kommer-elbil-bakrusen/s/12-95-34231975>
81
 17. Bradley, S., Burton, A., Canzi, E. G., Froggatt, A. & Stevens, P. (2016). *Expert Perspectives on Norway's Energy Future*. Pridobljeno 11. julija 2022 iz <https://www.chathamhouse.org/2020/06/expert-perspectives-norways-energy-future>
 18. Brown, B. (1922). *Chinese Nights Entertainments; Stories of old China*. New York: Brentanos, OCLC Inc.
 19. Burger, S., Houck, J., Scott, A. & Wilson, R. (2022, 19. september). *Long duration and multi-day storage tech will allow California to put surplus renewable energy to good use*. Pridobljeno 26. julija 2022 iz <https://www.energy-storage.news/long-duration-and-multi-day-storage-tech-allow-california-to-put-surplus-renewable-energy-to-good-use>
 20. Button, K. J. & Hensher, D. A. (2003). *Handbook of Transport and the Environment*. Amsterdam: Elsevier.

21. California Energy Commission. (2021). *2021 Total System Electric Generation*. Pridobljeno 27. julija 2022 iz <https://www.energy.ca.gov/data-reports/energy-almanac/california-electricity-data/2021-total-system-electric-generation#:~:text=Renewable%20energy%20generation%20increased%203.5,0.51%20percent%20increase%20from%202020>
22. California Independent System Operator. (2022). *Managing oversupply*. Pridobljeno 26. julija 2022 iz <http://www.caiso.com/informed/Pages/ManagingOversupply.aspx>
23. Campbell, A., Gopal, A. R., Podznukhov, A., Sheppard, C. & Waraich, R. (2017). *Modeling Plug-In Electric Vehicle Charging Demand with BEAM, the Framework for Behavior, Energy, Autonomy, and Mobility*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.
24. Chiodi, A., Deane, J. P., Gallachoir, P. O. & Gargiulo, M. (2010). *Modelling Electricity Generation – Comparing Results: From a Power Systems Model and an Energy Systems Model*. Cork, IE: University College, Environmental Research Institute.
25. Ciucci, M. (2021, 30. september). *Energija iz obnovljivih virov, kratki vodnik po Evropski uniji*. Pridobljeno 6. julija 2022 iz <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sl/sheet/70/energija-iz-obnovljivih-virov>
26. Cobb, J. (2016). *Norway Aiming for 100-percent Zero Emission Vehicle Sales by 2025*. Pridobljeno 6. julija 2022 iz https://www.climateaction.org/news/norway_hits_electric_car_milestone
27. Deane, P. (2019). *PLEXOS: Concise Modelling Guide*. Adelaide: Energy Exemplar.
28. Debeljak, M. (2009, 25. julij). Obnovljivi viri energije. *Delo*, 24.
29. Dillon, L. (2018, 10. september). *California to Rely on 100% clean electricity by 2045 under bill signed by Gov. Jerry Brown*. Pridobljeno 20. septembra 2022 iz <https://www.latimes.com/politics/la-pol-ca-renewable-energy-law-signed-20180910-story.html>
30. Dougherty, S. & Nigro, N. (2014). *Alternative Fuel Vehicle & Fueling Infrastructure Deployment Barriers & the Potential Role of Private Sector Financial Solutions*. Washington: U. S. Department of Energy: Energy Efficiency & Renewable Energy.
31. Dulac, J. (2014). *Global Transport Outlook 2050*. Paris: International Energy Agency.
32. Dursun, S. Z., Elif, S., Hande, D. & Sinasi, K. (2008). *Exploring impacts of road transportation on environment: a spatial approach*. *Science Direct*, 226(1/3), 279–288.
33. Edge, G. (1994). *AEC Lorries in the post war years 1945–1979*. Somerset: Roundoak.
34. Evropska komisija. (2001). *A Sustainable Europe for a better world: a European Union strategy for sustainable development*. Bruselj: Evropska komisija.
35. Foadelli, F., Longo, M. & Yaïci, W. (2018). *New Trends in Electric Vehicle Powertrains*. London: IntechOpen.
36. Form Energy. (2022). *Energy Storage for a Better World*. Pridobljeno 20. septembra 2022 iz <https://www.energy-storage.news/long-duration-and-multi-day-storage-tech-allow-california-to-put-surplus-renewable-energy-to-good-use>
37. Frank, A. G. (1998). *ReOrient: Global economy in the Asian Age*. Berkeley: University of California Press.

38. Fugate, N., Garcia, C., Gautam, A. & Kavalec, C. (2016). California Energy Demand 2016–2026. *Revised Electricity Forecast, Volume 1: Statewide Electricity Demand and Energy Efficiency*. CEC-200-2016-001-V1. Sacramento: California Energy Commission.
39. Geels, F. W. (2005). *Technological Transitions and System Innovations: a Co-evolutionary and Socio-technical Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar Publishers.
40. Geels, F. W. & Schot, J. (2007). Typology of transition pathways in socio-technical systems. *Research Policy*, 36(3), 399–417.
41. Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. Berkeley: University of California Press.
42. Golden, R. & Paulos, B. (2015). Curtailment of renewable energy in California and beyond. *Electricity Journal*, 28(6), 36–50.
43. Gong, Q., Marano, V., Midlam-Mohler, S. & Rizzoni, G. (2009). Study of PEV Charging on Residential Distribution Transformer Life. *IEEE Transactions in Smart Grid*, 3(1), 404–412.
44. Hamilton, E. (1968). *The Pictorial Encyclopedia of Railways*. London: The Hamlyn Publishing Group Ltd.
45. Huth, J. E. (2013). *Lost Art of Finding Our Way*. Cambridge: Harvard University Press.
46. International Energy Agency & World Economic Forum. (2021, 26. maj). *Are net zero emissions by 2050 possible? Yes, says IEA*. Pridobljeno 16. novembra 2022 iz <https://www.weforum.org/agenda/2021/05/net-zero-emissions-2050-iea/>
47. International Energy Agency. (2008). *Variability of Wind Power and other renewables- management options and strategies*. Paris: International Energy Agency.
48. International Energy Agency. (2011). *Harnessing variable renewables- A guide to the balancing challenge*. Paris: International Energy Agency.
49. Jones, D., Roos, D. & Womack, J. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Simon and Schuster.
50. Jongjean, A., Leahy, T., Lyon, T. P. & Michelin, M. (2012). Is smart charging policy for electric vehicles worthwhile? *Energy Policy*, 41(C), 259–268.
51. Kastelec, D., Rakovec, J. & Zakšek, K. (2007). *Sončna energija v Sloveniji*. Inštitut za antropološke in prostorske študije, Biotehniška fakulteta UL; fakulteta za matematiko in fiziko UL. Ljubljana: Založba ZRC.
52. Keller, S. (2016). *A world of thoughts on Phase 2*. Washington: ICCT. Pridobljeno 18. julija 2022 iz <https://theicct.org/a-world-of-thoughts-on-phase-2>
53. Kemp, R. & Rip, A. (1998). Technological change. V S. Rayner & E. L. Malone (ur.), *Human Choice and Climate Change* (str. 327–399). Columbus, OH: Battelle Press.
54. Kemp, R. & Rotmans, J. (2004). Managing the transition to sustainable mobility. V B. Elzen, F. Geels & K. Green (ur.), *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy* (str. 15–31). Camberley: Edward Elgar Publishers.
55. Keuc, A., Keuc, B. & Nastav, B. (2004). *Trajnostna mobilnost*. Zreče: Fokus, društvo za sonaraven razvoj. Pridobljeno 20. julija 2022 iz https://focus.si/files/Publikacije/trajnostna_mobilnost.pdf

56. Khurmi, R. S. & Sedha, R. S. (2014). *Materials Science*. New Delhi: Sultan Chand & Company Ltd.
57. Kiviluoma, J. & Meibom, P. (2011). Methodology for modelling plug-in electric vehicles in the power system and cost estimates for a system with either smart or dumb electric vehicles. *Energy*, 36(3), 1758–1767.
58. Kuščer, I. & Moljk, A. (1965). *Fizika I*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
59. Köhler, J., Whitmarsh, L., Nykvist, B., Schilperoord, M., Bergman, N. & Haxeltine, A. (2009). A transitions model for sustainable mobility. *Ecological Economics*, 68(12), 2985–2995.
60. Lay, M. G. (1992). *Ways of the World*. Sydney: Primavera Press.
61. Marano, V., Muratoni, M., Rizzo, G. & Rizzoni G. (2013). Electric Mobility: from Fossil Fuels to Renewable Energy, Opportunities and Challenges. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(21), 812–817.
62. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. (2012, 28. julij). *Strategija izkoriščanja biomase iz kmetijstva in gozdarstva v energetske namene*. Pridobljeno 14. julija 2022 iz http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/Novinarsko_sredisce/Sporocila_za_javnost__novice/Podrocje_Kmetijstva/11_05_24_SJ_Strategija_biomasa_priloga.pdf
63. Mitchell, T. & Urban, F. (2011). Climate change, disasters and electricity generation. *Strengthening Climate Resillience Discussion Paper*, 8, 15. Brighton: Institute of Development Studies.
64. Murko, V. (1985). Resslerji načrti za izkoriščanje vetrne energije. V *Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike* (str. 81–99). Ljubljana: Slovenska matica.
65. Nice, K. & Strickland, J. (2011). *How Fuel Cells Work*. Pridobljeno 12. julija 2022 iz <https://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell.htm#pt2>
66. Nieuwenhuis, P. A., Vergragt, P. & Wells, P. E. (2004). Technological change and regulation in the car industry. *Greener Management International*, 47, 5–11.
67. Norwegian Road Federation (OFV). (2021). *Bilsalget i desember og hele 2021*. Pridobljeno 25. julija 2022 iz <https://web.archive.org/web/20220120050257/https://ofv.no/bilsalget/bilsalget-i-desember-2021>
68. Nykvist, B. & Whitmarsh, L. (2008). Integrated sustainability assessment of mobility transitions: simulating stakeholders visions of and pathways to sustainable land-based mobility. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 3(1–2), 115–127.
69. Orel, B. (1986). *Energetski pretvornik I*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
70. Organization for Economic Co-operation and Development & International Energy Agency. (2019). *CO₂ emissions from fuel combustion, Highlights*. Paris: International Energy Agency.
71. Prabhu, R. (2013, 13. januar). *Stationary Fuel Cells Market size to reach 350,000 Shipments by 2022*. New Delhi: Renew India Campaign.
72. Rai-Roche, S. (2022, 14. februar). *CPUC approves plans to add 18.8GW of solar, 15GW of battery storage by 2032*. Pridobljeno 26. julija 2022 iz <https://www.pv-tech.org/cpuc->

approves-plans-to-add-18-8gw-of-solar-15gw-of-battery-storage-by-2032

73. Robinson, D. H. (1973). *Giants in the Sky: History of the Rigid Airship*. Henley-on-Thames, UK: Foulis.
74. Sarsfield, K. (2020, 10. junij). *Pipistrel Velis Electro earns first all-electric aircraft type certification*. Pridobljeno 18. julija 2022 iz <https://www.flightglobal.com/news/pipistrel-velis-electro-earns-first-all-electric-aircraft-type-certification/138779.article>
75. Skupina GEN, d. o. o. (2022a). *Biomasa*. Pridobljeno 13. julija 2022 iz <https://www.esvet.si/drugi-viri-energije/biomasa>
76. Skupina GEN, d. o. o. (2022b). *Pomen električne energije*. Pridobljeno 12. julija 2022 iz <https://www.esvet.si/energija/pomen-elektricne-energije>
77. Sovacool, K. B. (2008). Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36, 2950.
78. Sparrow, G. (2019). *Spaceflight: the complete story, from Sputnik to Curiosity*. New York: Dorling Kindersley Ltd.
79. Tanczos, K. & Torok, A. (2008). Impact of transportation on environment. *Periodica Polytechnica: Transportation Engineering*, 36(1–2), 105–110.
80. Toyota Slovenija, d. o. o. (2021). *Obnovljive tehnologije*. Pridobljeno 13. julija 2022 iz <https://www.toyota.si/company/news/2021/obnovljive-tehnologije>
81. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR. (2008). *Report to the General Assembly*. Pridobljeno 11. julija 2022 iz http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_GA_Report_corr_2.pdf
82. van Asselt, M., Kemp, R. & Rotmans, J. (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, 3(1), 15–31.
83. Wallace, R. (1972). *The World of Leonardo: 1452–1519*. New York: Time-Life Books.
84. World Economic Forum & Bloomberg. (2022, 27. april). *How much will it cost Europe to switch to clean energy by 2050?* Pridobljeno 2. novembra 2022 iz <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/bnef-european-energy-transition-2022>

PRILOGE

Priloga 1: Intervju s 1. sogovornikom (avtomobilski novinar):

1. Ali lahko po vašem mnenju dosežemo znatno znižanje emisij pri mobilnosti hitreje, če povečamo delež pridobivanja energije za dotično mobilnost iz obnovljivih virov? Če DA, kateri viri se vam zdijo za naše področje najbolj smiselni, če NE, zakaj ne?

Slovenija ima znotraj države dobro razdeljeno energetska omrežje 1/3 jedrska, 1/3 hidro, 1/3 termoelektrarne. Sogovornik meni DA, vendar ob predpostavki, da vsa energija izhaja iz OVE. OVE so nestanovitni, zato je to zapleten proces. Na dolgi rok bo to možno, vendar z nekimi nuklearkami z osnovno obremenitvijo omrežja (95 % delovne kapacitete), obremenjena omrežja bodo pogostejša, vprašanje je tudi velik investicijski zalogaj. Potrebovali bi zalogovalnike. Avtomobili bodo pripomogli k stabilizaciji omrežja, s stalnim vklopom, ki bi tudi delovali kot zalogovalniki. Potrebna bi bila nadgradnja omrežja. Država spodbuja polnjenje po nižjih tarifah. Gledati moramo celoten življenjski cikel okolju prijaznejših vozil. Iz OVE se najhitreje izravna izpust proizvodnje električnega vozila, kar pa v praksi ne poteka v vseh primerih.

2. Predpostavljamo, da se z dostopnostjo mobilnosti večajo tudi izpusti toplogrednih plinov v ozračje, trenutno promet prispeva 14 % vseh emisij škodljivih izpustov na svetu. Ali je po vašem mnenju zakon, ki bo prepovedal prodajo novih vozil z motorjem na notranje izgorevanje od leta 2035 dalje, imel znaten vpliv na prevzem okolju prijaznejših alternativ mobilnosti in povečanje uporabe OVE, ali bodo ljudje zaradi iznajdljivosti vseeno odlašali čisto mobilnost, dokler bo to mogoče?

Politika bo to dosegla s prisilo znižanja izpustov. Vprašanje je koliko vozil sploh še bo na trgu, ki niso samo na bencin in dizel do uveljavitve prepovedi, ki ne bodo neka vrsta hibrida. Vprašanje tukaj je predvsem v posameznikih, ki so manj finančno sposobni. Problem je tudi počasna cenitev baterijskih celic v avtomobilih, kar dela ta vozila manj dostopna. Dizli so čedalje manj smiselni, bencinska in hibridna vozila že več let počasi prevzemajo pobudo, električna vozila so v hitrem porastu, ampak je tehnologija še draga, tako da bo tranzicija počasna. Očitno več bo okolju prijaznih vozil in javnega prometa ter počasne mobilnosti, krajše letalske relacije bodo z zakonom prepovedane. Verjetnost sintetičnih goriv za športna vozila in redkih nišnih bencinskih vozil, ki bodo ostala na trgu, bo mogoče polniti na ta alternativni derivat. S črpanjem ogljika iz ozračja se proizvaja sintetična goriva, pri tem pa nastanejo minimalnimi izpusti za pogon teh vozil. Z obilico OVE bo neka uspešna tranzicija smiselna z enakim ali manjšim povpraševanjem, z večjim pa zna priti do nepredvidenih izpadov in preobremenitev elektroenergetskih omrežij.

3. Katere oblike trajnostne energije se vam zdijo najbolj primerne in učinkovite za uporabo v panogi avtomobilizma in osebne mobilnosti?

Jedrska energija in fuzija (žetev energija iz sonca) ter hidroelektrarne, so po mnenju

sogovornika najbolj smiselne za pridobivanje električne energije za panogo avtomobilizma, vetrna in sončna energija pa ob pogoju bolj razvitih shranjevalnikov energije. So pa posegi za izgradnjo infrastrukture po mnenju sogovornika v vseh primerih obremenjujoči za okolje in zahtevajo skrbno načrtovanje.

4. Navezujoč se na prejšnje vprašanje; kakšno je po vašem mnenju trenutno stanje tehnologij na področju avtomobilizma in kakšna je prihodnja najverjetnejša usmeritev panoge glede na predpise/smernice okoljevarstva in potrošnje?

Vsekakor v električno smer, več bo vlaganj v vodik, mogoče tudi sintetična goriva. Potencial bo v solid-state baterijah in odmik od li-ion baterij. Očiten problem je v surovinah in varnostih ukrepih. Kitajska ima trenutno monopol na področju surovin in proizvodnje baterijskih celic za vozila. Vprašanje je ali bo EU sploh uspela konkurirati. Kitajci spodkopavajo velik del trga s svojimi cenejšimi vozili. Potrebni bo tudi veliko več vlaganj v infrastrukturo.

5. Kateri strateški modeli upravljanja trajnostnih virov energije so po vašem mnenju najbolj koristni za prehod na zeleno, okolju prijazno mobilnost in tehnološko razvitost avtomobilske panoge?

Izboljšanje infrastrukture za polnjenje vozil na elektriko in vodik ter izboljšanje tehnologij shranjevalnikov. Polnjenje vozil je dobro predvsem na počasen način, saj hitre polnilnice škodujejo življenjski dobi vozil, meni sogovornik. Predvsem polnjenje po pametnem modelu in po ČU ter čez noč, po nižjih tarifah z večjim vključevanjem OVE v elektroenergetska omrežja. Ne menjamo samo porabnike, ampak hkrati tudi vire s katerimi energijo in izdelke proizvajamo, to je zahtevno, ampak mogoče. Komplementarno vključevanje OVE v sisteme, ker vsi niso stanovitni. Mogoče vključevanje tudi rezervnih plinskih elektrarn v energetske sisteme, ker omogočajo hiter vklop in izklop (predvsem s pogonom na manj obremenjujoče derivate CNG).

6. Glede na moja dognanja bodo v svetu mobilnosti ničelnih toleranc prevladovala vozila na električne baterijske celice in vozila na vodikove gorivne celice, v prehodnem obdobju, ki ga že doživljamo pa najprej vozila na biogoriva in hibridni pogon (bencin + elektrika), kakšen je vaš pogled na to kot novinar, poznavalec in raziskovalec na avtomobilskem področju?

S tem pogledom se strinjam, saj tudi politika in okoljevarstvo gre v to smer.

7. Kakšno vlogo imajo po vašem mnenju v zelenem prehodu naftni lobiji in velike svetovne proizvajalke nafte? Kako mislite, da vplivajo na upravljanje energetskih sistemov, ki se zaradi predpisov in spodbud vladajočih želijo prestrukturirati na uporabo OVE?

Lobiranje in sprejemanje okoljevarstvenih politik. Naftni lobiji težko vztrajajo na svojem, ker tranzicija že poteka. Veliko teh podjetij je že vključilo OVE v svojo ponudbo. Imajo možnost to narediti, ker imajo velike finančne vzvode, da se diverzificirajo z risk managementom.

8. Dejstvo je, da se svet neenakomerno hitro razvija, s tem pa tudi zeleni prehod. Ali se po vašem mnenju razvitejše in bogatejše države slepijo z okoljevarstvenimi ukrepi in alternativno mobilnostjo ter pričakujejo preveč, saj z globalizacijo probleme prvega sveta (draga delovna sila, energenti, onesnaževanje, surovine) samo selijo v manj razviti svet za dobiček in s tem prelagajo/prekrivajo/sebično/iluzorno rešujejo samo sebe, v resnici pa se vrtijo v začaranem krogu, v katerem se stanje ne izboljšuje?

Da, tako menim tudi sam. Outsourcing je povzročil prenos onesnaževanja v druge dele sveta. Zemlja ima eno atmosfero in če smo pri nas dosegli »Net-zero«, Kitajci pa niso, se bo na okolju vseeno poznalo. Veliko podnebnih sprememb pa po mojem mnenju ne gre v celoti pripisati človeškemu onesnaževanju. V bistvu pa trenutno govorimo samo o prenosu onesnaževanja. Lep primer so izkopi surovin za električna vozila z izkoriščanjem rudnikov na Kitajskem in v Južni Ameriki. Najboljše je ukrepanje na ravni posameznika, ki vodi v kolektivno zavest, kar se prelevi v vodenje z zgledom. Velike možnosti so v prenosu tehnologij, jih prodati naprej, da bi posledično svet potegnilo za sabo v zavednost in premik v brezogljičnost.

9. Zdi se, da je na tem področju težko priti do soglasne učinkovite rešitve. Sam sem mnenja, da bi morala vsaka država glede na svojo razvitost temu primerno prilagoditi svoje cilje zelenega prehoda, ne glede na to kakšne standarde predpisujejo naprednejše države, ki morda že imajo nekaj korakov prednosti. Kako vi to vidite?

Vsaka država mora najti neko svojo hitrost, saj je vse ekonomsko pogojeno. Države si lahko pomagajo tako finančno tako kot tudi idejno. Politike imajo povezave tudi s podjetji, ki lahko zagotovijo neke ustrezne rešitve za dotične in širše primere. Kolektivna zavest reševanja je ključna za uspešen zeleni prehod, ki pa bo v vsakem primeru postopen in dolgotrajen.

10. Kaj so po vašem mnenju glavna tveganja pri zelenem prehodu z vidika upravljanja in vključevanja trajnostnih virov v energetske sisteme in avtomobilsko panogo? Kakšne rešitve in priporočila bi predlagali energetskega sektorju ter avtomobilski panogi za čim bolj nemoten prehod mobilnosti in energetskih sistemov v brezogljično družbo?

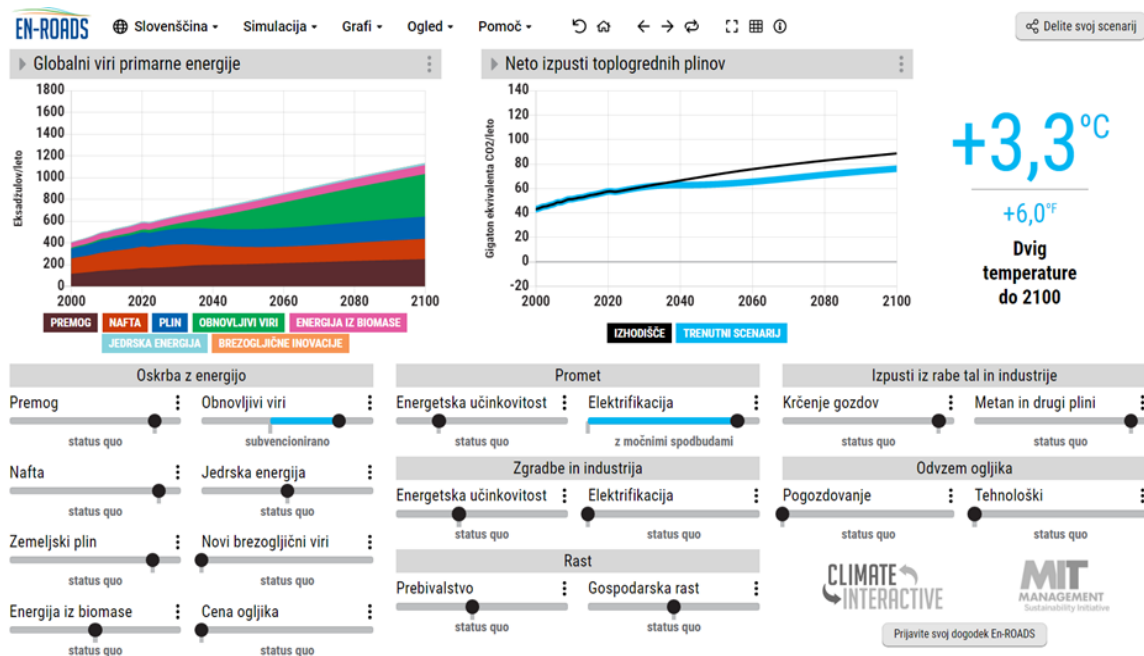
Energetska in avtomobilska podjetja morajo čim bolj sodelovati, s tem bodo lažje razvili nove tehnološke rešitve in imeli večji nadzor nad trajnostnim prehodom. Avtomobilski in energetska podjetja se počasi spreminjajo tudi v tehnološka podjetja, saj sta področji zelo povezani (npr. Petrol in Tesla). Država moram imeti tudi ugodne predpise, da niso spotika

za podjetja in energetike. Tvegan je javni sektor, ki bo moral na tem področju odpraviti predvsem birokratske restrikcije za omogočanje napredka tehnologij in hitrejšega vključevanja OVE v energetske sisteme. Dodatna tveganja, ki bi jih bilo potrebno omiliti, so tudi v neprilagodljivosti na vseh državniških nivojih vpletenih v sektor energetike in avtomobilizma, ki z lobiranjem in političnim vmešavanjem zavirajo napredek, izgubo tržnega deleža ter izgubo ugleda. Še enkrat je pomembna kolektivna zavest in enotnost tako pri uvajanju in implementaciji predpisov za zeleni prehod, ki naj veljajo za vse enako. Le tako bomo lahko uspešno in učinkovito izpolnili zadane ambiciozne cilje in prešli v zdravo ter napredno brezogljično družbo.

Priloga 2: Intervju z 2. sogovornikom (strokovni sodelavec v GEN energiji d.o.o.):

1. Ali lahko po vašem mnenju dosežemo znatno znižanje emisij pri mobilnosti hitreje, če povečamo delež pridobivanja energije za dotično mobilnost iz obnovljivih virov? Če DA, kateri viri se vam zdijo za naše področje najbolj smiselni, če NE, zakaj ne?

Znižanje emisij pri mobilnosti seveda hitreje dosežemo z obnovljivimi viri (OVE). Pomembna je "zelena" električna energija, ki jo dobimo iz OVE za proizvodnjo materialov, vgrajenih v mobilnost tako kot sama električna energija (EE) za polnjenje baterij. Učinek se lepo vidi na globalno-energetskem kalkulatorju EN-ROADS (podatki so za ves svet!) na EN-ROADS (climateinteractive.org). Treba je poudariti, da niso OVE edina tehnologija za doseganje tega cilja. Podoben učinek dobimo tudi s pomočjo jedrske energije. Najboljša kombinacija bi bila mešanica OVE + jedrske energije.



2. Predpostavljamo, da se z dostopnostjo mobilnosti večajo tudi izpusti toplogrednih plinov v ozračje, trenutno promet prispeva 14 % vseh emisij škodljivih izpustov na svetu. Ali je po vašem mnenju zakon, ki bo prepovedal prodajo novih vozil z motorjem na notranje izgorevanje od leta 2035 dalje, imel znaten vpliv na prevzem okolju prijaznejših alternativ mobilnosti in povečanje uporabe OVE, ali bodo ljudje zaradi iznajdljivosti vseeno odlašali čisto mobilnost, dokler bo to mogoče?

Pri uvajanju tega in drugih zakonov je treba biti previden, da ljudi ne pahnemo v revščino, ker cena električnih vozil bo verjetno še kar dokaj visoka. Verjetno bi zato zaradi finančnih razlogov ljudje odlašali čisto mobilnost. Druga zadeva je tehnične narave. Potrebno je prilagoditi infrastrukturo: transformatorske postaje, distribucijsko omrežje, polnilne postaje ob avtocestah. Glede na trenutno stanje sem mnenja, da je rok 2035 zelo nerealen.

3. Katere oblike trajnostne energije se vam zdijo najbolj primerne in učinkovite za uporabo v panogi avtomobilizma in osebne mobilnosti?

Električna energija in vodik.

4. Navezujoč se na prejšnje vprašanje, kakšno je po vašem mnenju trenutno stanje tehnologij na področju avtomobilizma in kakšna je prihodnja najverjetnejša usmeritev panoge glede na predpise/smernice okoljevarstva in potrošnje?

Vsi večji proizvajalci avtomobilov že razvijajo električne modele, hibride in avtomobile na vodik. V Evropi smo si jasno začrtali pot defosilizacije prometa in verjamem, da bodo upoštevani vsi ukrepi od spodbujanja javnega prometa (učinkovite rabe energije) do razvoja tehnologij v avtomobilizmu. Prihodnost je v električnih vozilih v mestnem prometu in v vodiku za večje razdalje oziroma transport.

5. Kateri strateški modeli upravljanja trajnostnih virov energije so po vašem mnenju najbolj koristni za prehod na zeleno, okolju prijazno mobilnost in tehnološko razvitost avtomobilske panoge?

Vlaganje v infrastrukturo javnih polnilnic, nizkoogljična proizvodnja električne energije, razvoj vodikove infrastrukture ter zakonske spremembe na področju subvencioniranja in prehoda na zeleno mobilnost.

6. Glede na moja dognanja bodo v svetu mobilnosti ničelnih toleranc prevladovala vozila na električne baterijske celice in vozila na vodikove gorivne celice, v prehodnem obdobju, ki ga že živimo, pa najprej vozila na biogoriva in hibridni pogon (bencin + elektrika). Kakšen je vaš pogled na to kot fizik, poznavalec in raziskovalec v energetskega sektorju?

Strinjam se za vozila na električne baterijske celice, še posebej za vozila z maso do treh ton. Za težja vozila in daljše distance stavim na vodikove gorivne celice. Ne verjamem v biogoriva (razen v biometan), ki jih pridobimo s pridelavo iz rastlinskih kultur kot je koruza ali oljčna repa. V prehodnem obdobju pa so še posebej za gosto naseljena mesta koristni hibridi.

7. Kakšno vlogo imajo po vašem mnenju v zelenem prehodu naftni lobiji in velike svetovne proizvajalke nafte? Kako menite, da vplivajo na upravljanje energetskih sistemov, ki se zaradi predpisov in spodbud vladajočih želijo prestrukturirati na uporabo OVE?

Mogoče je najboljši primer v Evropi zgodba o Nemčiji, ki je v zadnjih dveh desetletjih ogromno napora vložila v gradnjo sončnih in vetrnih elektrarn, a je hkrati porabljala/uvajala največ premoga in zemeljskega plina iz Rusije. Fosilna goriva je porabljala za zanesljivo proizvodnjo električne energije takrat, ko ni bilo sonca in vetra v Nemčiji. Uvoz fosilnih

goriv iz Rusije skozi Nemčijo je pred začetkom vojne v Ukrajini bil ocenjen na 350 milijard evrov. Zemeljski plin je fosilno gorivo in je sestavljen iz več kot 95 % metana. Odgovoren je za več kot tretjino toplogrednih plinov v atmosferi. Evropska komisija je zemeljski plin lani vključila v taksonomijo trajnostnih naložb EU. Žal, zaradi te "histerije" so Nemci zapirali samo jedrske elektrarne, ki jih zdaj še kako rabijo.

8. Dejstvo je, da se svet neenakomerno hitro razvija, s tem pa tudi zeleni prehod. Ali se po vašem mnenju razvitejše in bogatejše države slepijo z okoljevarstvenimi ukrepi in alternativno mobilnostjo ter pričakujejo preveč, saj z globalizacijo probleme prvega sveta (draga delovna sila, energenti, onesnaževanje, surovine) samo selijo v manj razviti svet za dobiček in s tem prelagajo/prekrivajo/sebično/iluzorno rešujejo samo sebe, v resnici pa se vrtijo v začaranem krogu, v katerem se stanje ne izboljšuje?

Defosilizacija družbe ni slepilo in je potrebna glede na znanstvene ugotovitve o antropogenem učinku na klimo. Svetovna zdravstvena organizacija ocenjuje, da so prašni delci, ki nastanejo s kurjenjem fosilnih goriv, povzročitelji prezgodnje smrti na svetu vsako leto za več kot sedem milijonov ljudi. Sedaj se večinoma pogovarjamo o CO₂ in njegovih učinkih, ampak moramo enako skrbeti tudi za zmanjševanje prašnih delcev (kvaliteta zraka), toksičnih spojin kot so NO_x ali SO_x (odgovorni za kisel dež), izpuste metana, itd. Razvite države ne smejo strateške surovine kupovati izključno od Kitajske, Indije, itd. Na srečo so to zadevo v Evropi pravočasno prepoznali in so npr. aluminij uvrstili med strateško surovino za katero se spodbuja, da jo proizvedemo iz nizkoogljičnih virov v EU. Moje mnenje je, da je potrebno več poslušati stroko in ta vprašanja ne smejo postati poglavitni poligon za pridobivanje točk politikom.

9. Zdi se, da je na tem področju težko priti do soglasne učinkovite rešitve. Sam sem mnenja, da bi morala vsaka država glede na svojo razvitost temu primerno prilagoditi svoje cilje zelenega prehoda, ne glede na to kakšne standarde predpisujejo naprednejše države, ki so morda že nekaj korakov v prednosti. Kako vi to vidite?

Se strinjam. Sestaviti je potrebno skupino strokovnjakov, ki bi predlagala ukrepe in zatem bi bilo potrebno ukrepati.

10. Kaj so po vašem mišljenju glavna tveganja pri zelenem prehodu z vidika upravljanja in vključevanja trajnostnih virov v energetske sisteme in avtomobilsko panogo? Kakšne rešitve in priporočila bi predlagali energetskega sektorju ter avtomobilski panogi za čim bolj nemoten prehod mobilnosti in energetskih sistemov v brezogljico družbo?

Glavna tveganja so, da bi izbrali neučinkovite ukrepe, ki so zelo všečni politikom v smislu pridobivanja množic, širjenju neznanstvenih mitov o energetskega sektorju, ki jih je zatem težko odpraviti, ustvarjanje energetske revščine med ljudmi. Predlagam stroki, da bolj učinkovito ozavešča širšo javnost, ker edino tako ne bomo napačno skrenili pri odločitvah.