

Mr.sc. Mladen Žunec
HERA
mzunec@hera.hr

Dr.sc. Lahorko Wagmann
HERA
lwagmann@hera.hr

Dr.sc. Srđan Žutobradić
HERA
szutobradic@hera.hr

Dr.sc. Sandra Hutter
HERA
shutter@hera.hr

UTJECAJ UVOĐENJA ELEKTRIČNIH VOZILA NA ZNAČAJKE OPTEREĆENJA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

SAŽETAK

Brzo uvođenje električnih vozila u prometnom sektoru će biti veliki izazov za rad distribucijske mreže. Ukoliko se punjenje električnih vozila ne stavi pod kontrolu, u distribucijskoj mreži će se pojaviti velika preopterećenja, posebno na mjestima gdje očekujemo veliku gustoću mjesta za punjenje kao što su skupine obiteljskih kuća, garaže, parkirališta, te ruralni dio mreže. Nužna su rješenja koja će minimizirati potrebe za dodatnim ulaganjima u mrežu, odnosno rješenja koja će smanjiti negativne učinke na distribucijsku mrežu uzrokovane električnim vozilima i mjestima (uređajima) za njihovo punjenje. U radu će se razmatrati razne varijante reakcije distribucijskog sustava na nova opterećenja uslijed pojave punionica električnih vozila. Sagledati ćemo i posljedice na distribucijsku mrežu ukoliko se prihvatu novog opterećenja pristupa na klasičan način, povećanjem kapaciteta mreže, ili ako se koriste neki napredniji pristupi zasnovani na primjeni raznih tehnika kontrole punjenja električnih vozila.

Ključne riječi: električna vozila, distribucijska mreža, napredna brojila, napredne mreže,

IMPACT OF INTRODUCTION OF ELECTRIC VEHICLES ON THE DISTRIBUTION SYSTEM

SUMMARY

The rapid introduction of electric vehicles in the transport sector will be a major challenge for the operation of the distribution network. If the charging of electric vehicles is not under control, a large overload will occur in the distribution network, especially in areas where we expect a high density of charging points, such as clusters of family houses, garages, car parks and the rural part of the network. So essential are solutions that will minimize the need for additional investment in the network, and solutions that will reduce the negative effects on the electrical grid caused by electric vehicles and stations (devices) for their charging. The paper discusses various variants of the distribution system reaction on new loads due to electric vehicle charging. We will also consider the consequences for the distribution network if new load access is accepted in a classical way, by increasing network capacity, or by using some more advanced approaches based on the application of various electric vehicle charging control techniques.

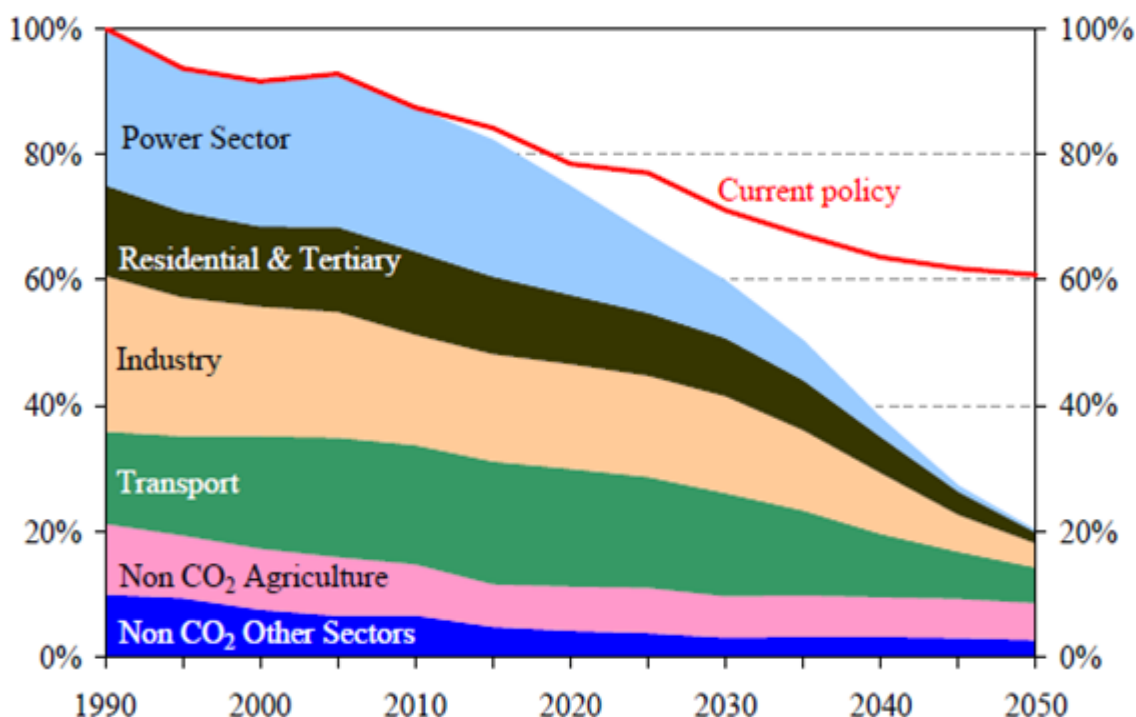
Key words: electric vehicles, distribution grid, smart meters, smart grids

1. UVOD

1.1. EU politike za sektor prometa

Mobilnost s niskom emisijom stakleničkih plinova je bitan sastavni dio šireg pomaka prema nisko-ugljičnoj kružnoj ekonomiji, potrebnoj Europi kako bi ostala konkurentna i sposobna zadovoljiti potrebe za mobilnošću ljudi i roba.[1]

Transport predstavlja gotovo četvrtinu emisije stakleničkih plinova u Europi i to je glavni uzrok onečišćenja zraka u gradovima. Europski odgovor na te izazove je nepovratan pomak prema mobilnosti s niskom emisijom ugljika i ostalih zagađivača. Namjera je jasna: do sredine stoljeća, emisije stakleničkih plinova iz prometa morat će biti najmanje 60% manje nego u 1990. i biti čvrsto na putu prema nuli. Emisija onečišćujućih tvari iz prometa koje škode našem zdravlju treba biti drastično smanjena bez odlaganja.



Slika 1: EU emisija stakleničkih plinova prema 80% smanjenju do 2050. (100% = 1990)[2]

Cestovni promet je odgovoran za više od 70% emisija stakleničkih plinova, a još i za mnogo ostalih zagađenja (Cestovni promet je najveći izvor dušikovih oksida (39%) i važan izvor čestica (13%)), glavne aktivnosti će se usredotočiti na područje cestovnog prometa, dok svi ostali sektori prijevoza (pomorski, zračni, riječni, željeznički,...) mogu i moraju dati svoj doprinos.

1.2. Europska strategija

U objavi za tisak povodom objave strategije navedene u [1], definirani su glavni elementi strategije:

Glavni elementi strategije[3]:

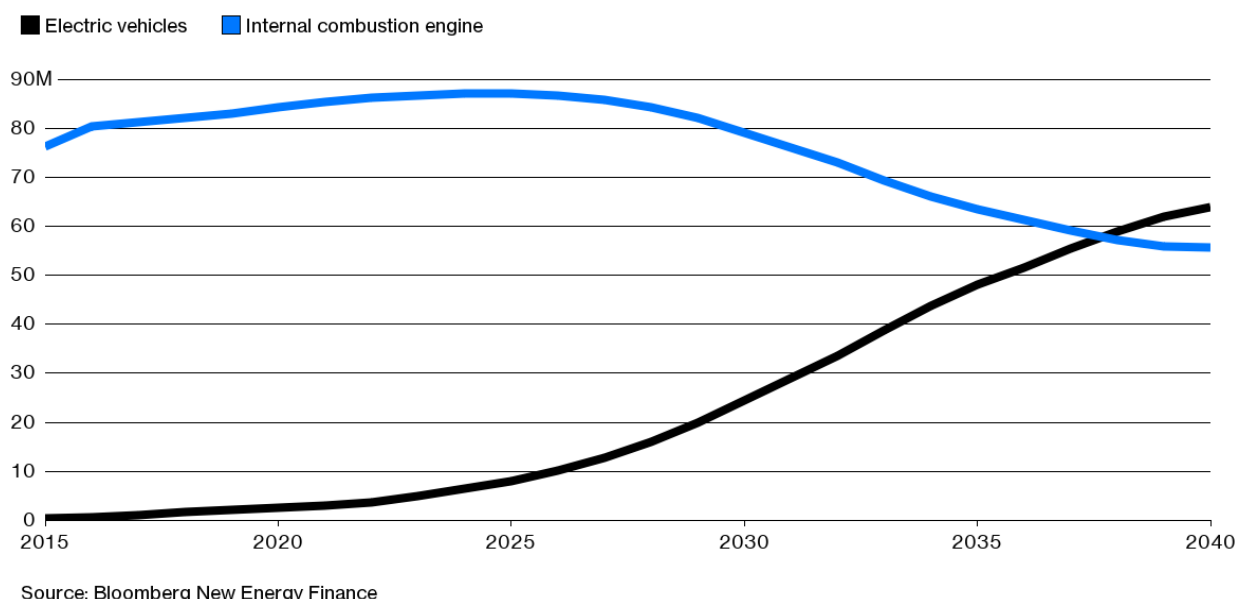
- Povećanje učinkovitosti prometnog sustava kroz intenzivnu uporabu digitalnih tehnologija, naprednim formiranjem cijena i dodatnim poticanjem prijelaza na oblike prijevoza s nižim emisijama,

- Ubrzavanje korištenja alternativne energije s niskim emisijama za transport, kao što su napredna biogoriva, električna energija, vodik i obnovljiva sintetička goriva, kao i uklanjanje prepreka za elektrifikaciju prijevoza
- Kretanje prema vozilima s nultom emisijom. Iako će biti potrebna daljnja poboljšanja motora s unutarnjim izgaranjem, Europa treba ubrzati prijelaz na vozila s niskim emisijama i vozila s nultom emisijom. (Zakonodavstvo EU trenutačno se odnosi na vozila s niskom emisijom, to jest vozila koja imaju emisija iz ispušne cijevi ispod 50 g / km. To će uključivati neke plug-in hibride, potpuno električne automobile i gorive ćelije, tj. vozila na pogon vodikom. Zadnja dva primjera također predstavljaju vozila s nultom -emisijom.)

Današnje predikcije možemo vidjeti iz Bloomberg-ovog predviđanja [4] prodaje vozila s obzirom na vrstu pogona.

Overtaking Lane

Electric vehicle sales will surpass internal combustion engine sales by 2038



Slika 2: Prodaja električnih vozila i vozila s motorom na fosilna goriva. [4]

2. ELEKTRIČNA VOZILA I DISTRIBUCIJSKA MREŽA

2.1. Izazov

Električna vozila će imati veliki utjecaj na distribucijsku mrežu. Postojeće mreže moraju se razvijati kako bi se mogle nositi s budućim zahtjevima koji proizlaze iz integracija velikog broja mjesta za punjenje električnih vozila, ali i s brzim punjačima velikih snaga.

Zbog velike zabrinutosti za okoliš koja rezultira politikama koje vode k smanjenju emisija stakleničkih plinova, te zbog ubrzanog tehnološkog razvoja baterija i informacijsko komunikacijskih tehnologija (ICT) po prihvatljivim troškovima, očekuje se u narednim godinama znatno povećanje broja električnih vozila (EV). Taj trend zamjene automobila koji koriste motore s unutarnjim izgaranjem s EV-ima imat će velik utjecaj na postojeće srednjonaponske (SN) i niskonaponske (NN) mreže.

Dva čimbenika će odrediti brzinu zamjene klasičnih automobila s EV-ima: prvo, povećan kapacitet baterije vozila – zajedno s visokim performansama i ograničenom veličinom; drugo, smanjenje potrebnog vremena za ponovno punjenje, uz kratko zaustavljanje EV na mjestu za punjenje (umjesto dugog usputnog stajanja na putu do destinacije radi punjenja baterije).

U ovom trenutku izuzetno je teško predvidjeti količine energije koja će se apsorbirati u tim vozilima, kao i dinamiku potrošnje tih mobilnih potrošača električne energije. Neosporno je kako to postavlja velik broj novih izazova na dizajn i funkcioniranje elektroenergetskog sustava i tržišta električne energije, ali naročito na distribucijsku mrežu.

Ukratko, iz perspektive distribucijske mreže, glavna briga je to što se nekontrolirano povećava broj punjenja EV-a iz NN distribucijske mreže, naročito u stambenim četvrtima i četvrtima gdje je smješteno malo ili srednje poduzetništvo. Kako se punjenje vrši iz postojećih instalacija krajnjih kupaca, ne naplaćuje se naknada za priključnu snagu, postaje vrlo vjerojatno kako će istodobno nekontrolirano punjenje EV preopteretiti lokalnu NN distribucijsku mrežu i znatno povećati zahtjeve za kvalitetno napajanje.

2.1.1. Strategije punjenja EV-a u ovisnosti o perspektivi pojedinih dionika

Strategije prvo možemo klasificirati po perspektivi različitih aktera u elektroenergetskom sustavu koji su najzainteresiraniji za ovaj konkretan problem i načine njegovog rješavanja. U našem slučaju najzainteresiranije strane su vlasnici EV-a, operator prijenosnog sustava (HOPS) i operator distribucijskog sustava (HEP ODS).

Strategije i na bazi njih razvijani algoritmi koji su orijentirani na vlasnike EV-a u pravilu se usredotočuju na maksimiziranje količine električne energije isporučene za punjenje EV-a koja se može dodijeliti korisniku u određenom vremenskom razdoblju. Obično se želi dodijeliti najveću dostupnu snagu punjenja EV-a na ispravan način, osiguravajući pri tome zadovoljavajuću kvalitetu usluge (kvaliteta opskrbe), poštujući ograničenja sustava i istovremeno težiti minimalizaciji cijene (troškova) za krajnjeg kupca, vlasnika EV-a.

Strategije punjenja EV-a prema prioritetima HOPS-a uključuju one usmjerene na raspoređivanje punjenja EV-a na ekonomičan način i onih koji žele maksimalno iskoristiti obnovljive izvore energije priključene na mrežu. Jedan od pristupa HOPS-a može bazirati strategije punjenja EV-a na cilju smanjenja varijacija vršne snage u prijenosnom sustavu, a koja bi matematičkim modeliranjem i upravljanjem punjenja EV-a na način da krivulja opterećenja cijelog sustava bude što ravnija, a sve to pri različitim količinama EV-a ovisno o brzini njihova pojavljivanja, a koja će osim nacionalne komponente imati i sezonski karakter s dolaskom dodatnih EV-a u turističkoj sezoni. U naprednijim strategijama HOPS-a, EV-i se mogu koristiti i za pohranu (skladištenje) električne energije kako bi se maksimiziralo iskorištavanje obnovljivih izvora energije. U složenijim strategijama može se programirati punjenje EV-a na način koji smanjuje troškove punjenja i emisije ugljika. Nadalje EV-ovi se mogu koristiti i za pružanje pomoćnih usluga, kao što su usluge fleksibilnosti.

Iz perspektive HEP ODS-a, strategije punjenja bi trebale biti usmjerene prema ciljevima vezanim uz mrežu, kako bi se postigla minimiziranje gubitaka snage i pružanje zadovoljavajuće usluge kupcima, istovremeno zadovoljavajući ograničenja mreže.

U ovom radu ćemo se usredotočiti na perspektivu HEP ODS-a. Ostale sudionike ćemo obrađivati samo u cilju pojašnjenja.

2.1.2. Klasifikacija snaga i mjesta za punjenje

Općenito, možemo razlikovati tri kategorije lokacija: Privatna („domestic“) područja, polu-javne površine i javne površine. Na nekim mjestima, posebno u privatnim područjima i donekle također polu-javnim prostorima, postoje obične utičnice i/ili industrijske utičnice što znači da je infrastruktura za punjenje već na mjestu, ali s ograničenim mogućnostima. Nasuprot tome, nova infrastruktura za punjenje mora biti instalirana u javnosti, a djelomično i na polu-javnim mjestima. Osim toga, vanjska infrastruktura zahtijeva dodatne funkcionalnosti, a i mora ispunjavati složenije zahtjeve nego privatna, pogotovo ako je za vanjsku (izložena je vremenskim utjecajima) infrastrukturu. [5]

Privatne lokacije za punjenje ćemo uvjetno nazvati mjesto za punjenje „kod kuće“, a to odgovara izrazu „Private charging“. Trenutna očekivanja su kako će se 80% aktivnosti punjenja odvijati kod kuće. Prethodno izneseno znači kako će dodatna opterećenja vezana uz EV, ako se na njih ne utječe, biti podudarna s tipičnom krivuljom opterećenja kućanstava i uzrokovati dodatna povećanja opterećenja u satima kada obitelji dolaze kući s posla. Ako je to slučaj, sustav će biti pod izložen većim zahtjevima u pogledu raspoložive infrastrukture i vršnih opterećenja sustava nego u slučaju punjenja na mjestima za punjenje koja su javna ili javno dostupna.

U tablici I koja slijedi, prikazani su dosezi koji se ostvaruju za EV po satu punjenja, a pretpostavka je potrošnje od 20 kWh/100km.

Tablica I. Klasifikacija snaga mjesta za punjenje [5]

Nominirana Snaga	Priključak	Snaga u kW	Maksimalna struja A	Doseg punjenja/satu	Lokacija
Normalna snaga	1-fazni izmjenični	≤ 3.7	10-16	<20 km	"Kod kuće"
Srednja snaga	1 ili 3-fazni izmjenični	3,7-22	16-32	20 – 110 km	Polu - javna
Visoka snaga	3-fazni izmjenični	> 22	> 32	>110 km	Javna
Visoka snaga	Istosmjerni priključak	> 22	> 32	>110 km	Javna

Ako sada razmotrimo podatke u Tablici I. možemo uočiti kako se za mjesta za punjenje „Visoke snage“ u pravilu trebaju osigurati posebna, nova mjesta priključenja (novi priključci) za koja treba platiti sve potrebne naknade za priključenje i za koja će se tom prilikom provesti svi potrebni proračuni i provesti sva potrebna pojačanja distribucijske mreže.

Glavni izvor problema za HEP ODS će biti mjesta za punjenje „normalne snage“ i „srednje snage“, jer će se velika većina njih priključiti na postojeće instalacije krajnjih kupaca, bez zakupljivanja dodatne priključne snage, ili uz dokup samo manjeg dijela nedostajuće priključne snage.

Trenutačno je distribucijska mreža projektirana za napajanje krajnjih kupaca na način da se za krajnje kupce iz kategorije poduzetništvo računa vršno opterećenje u iznosu odobrene priključne snage, dok se za krajnje kupce iz kategorije kućanstva vršno opterećenje određuje primjenom Rusckove formule:

$$P_{vn} = P_{v1} * (f_{\infty} * n + (1 - f_{\infty}) * \sqrt{n}) \quad (1)$$

gdje su:

- P_{vn} - vršno opterećenje grupe krajnjih kupaca iz kategorije kućanstvo,
- P_{v1} - ekvivaletno vršno opterećenje jednog kućanstva,
- n - broj kućanstava u grupi,
- f_{∞} - faktor istodobnosti (Ruscov faktor) za vrlo velik (teoretski beskonačan) broj kućanstava.

Detaljnije o rezultatima istraživanja i primjenjivosti ovog postupka može se naći u „Istraživanju karakteristika opterećenja kućanstava na području grada Zagreba“ (6). Vidljivo je da se prosječno vršno opterećenje kućanstava u rezidencijalnim četvrtima kreće ispod 2 kW. Ako sada pretpostavimo integraciju EV-a u rezidencijalnu četvrt s postojećom SN i NN mrežom, ovisno o istovremenosti i snazi punjenja koja ovisi o tehnologiji punjenja – prosječno vršno opterećenje krajnjeg kupca iz kategorije kućanstvo može se povećati na iznos veći od 10 kW uzrokujući preopterećenje mrežnih komponenti. U dužem razdoblju, EV-i također mogu biti uključeni u davanje usluga uravnoteženja te raditi kao spremnici električne energije koji utječu na normalni smjer energije u mreži – sve do potpunog okretanja smjera strujanja električne energije (od EV prema SN mreži).

Budući da se tranzicija očekuje u sljedećih deset do petnaest godina promjene koje utječu na distribucijsku mrežu će se dešavati korak po korak. Ipak, mreže moraju biti projektirane u skladu s tim, tako da velika integracija EV bude moguća i da distribucijska mreža može prihvatiti nova opterećenja. Kako bi distribucijska mreže bila spremna za integriranje velikog broja novih EV-a, pravi koraci moraju biti poduzeti već danas.

2.1.3. Prvi koraci

I sada se distribucijske mreže analiziraju i prilagođavaju novim opterećenjima i novim okolnostima. Trenutačno su najvažniji kriteriji osiguranje kvalitete opskrbe i smanjenje gubitaka, to jest zadovoljavajuće razine napona na točkama isporuke i termička operativnost pojedinih komponenti mreže.

Priključenje i punjenje velikog broja EV-a na postojeće distribucijske mreže je potpuno novi izazov. Taj izazov postavlja nove i različite zadatke pred planere mreža HEP ODS i njegove operativne strategije. Treba istražiti, razviti i provjeriti i druga rješenja za taj izazov. Od tih novih rješenja treba naći optimalno rješenje za našu distribucijsku mrežu. U ovom procesu potrebno je identificirati potrebne nove tehnologije i odabrati one najbolje.

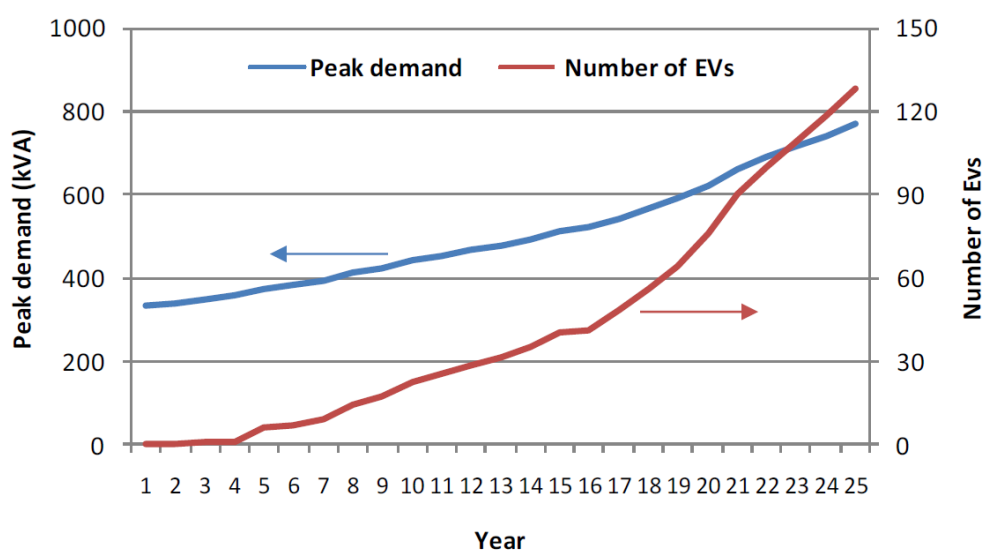
Početni korak za procjenu utjecaja EV-a i punjača baterija na distribucijsku mrežu je analiza sadašnje mreže i njene sposobnosti prihvaćanja određenog broja EV bez dodatnih rekonstrukcija i dogradnji. Nadalje, treba utvrditi koji je utjecaj na performanse mreže, npr. napon i preopterećenje opreme, pouzdanost isporuke i razinu viših harmonika u naponu i struji, a sve to u ovisnost o različitim stupnjevima integracije EV-a u distribucijsku mrežu. Potrebno je razviti i troškovno učinkovite mjere kako bi mreže osposobili za buduće zadatke.

2.2. Analiza postojeće mreže i njene mogućnosti za prihvata EV uz klasičan pristup

Sustavna procjena mreže može se provesti pomoću analize opterećenja i kratkog spoja, proračuna harmonika kao i analize pouzdanosti. Potrebno je doraditi alate za proračun mreža na način koji zahtijeva detaljne profile opterećenja sa satnim vrijednostima radne i reaktivne snage za dan s najvećim opterećenjem u razmatranoj NN mreži, kao i do sada, ali na te podatke treba nadograditi i specifične profile opterećenja koje generiraju razni punjači za pojedine EV-ove. Pri razmatranju tih novih specifičnih opterećenja EV-ova treba ih analizirati za različite rasporede po dubini mreže, kao i za različite brzine pojavljivanja novih EV-ova u mreži za neko naredno razdoblje razmatranja.

Kriteriji po kojima treba provoditi proračune su osiguranje propisanih napona po dubini mreže, kao i termička dostatnost pojedinih elemenata mreže. Kada neki od zahtjeva nije ispunjen, tada treba izračunati trošak pojačanja postojeće mreže i izračunati potrebna dodatna ulaganja u mrežu koja su posljedica novih tereta (EV-ova).

Rezultati analiza bi trebali osigurati podatke o potrebnim ulaganjima u distribucijsku mrežu ovisno o brzini pojavljivanja novih EV-ova u mreži.



Slika 3: Ukupno vršno opterećenje mreže ovisno o broju EV-a tijekom razdoblja razmatranja. [7]

Na slici 3. vidimo jedan od mogućih prikaza rezultata koji pokazuje ovisnost vršnog opterećenja o broju EV koji se kroz neko vremensko razdoblje pojavljuju u dijelu mreže. Ono što je nužno predvidjeti je i trošak ulaganja u mrežu kroz promatrano razdoblje. Rezultat ovih analiza su troškovi ulaganja kada imamo klasičan pristup, a ovisno o brzini ulaska EV-a na tržište.

2.3. Poboljšavanje svojstava mreže

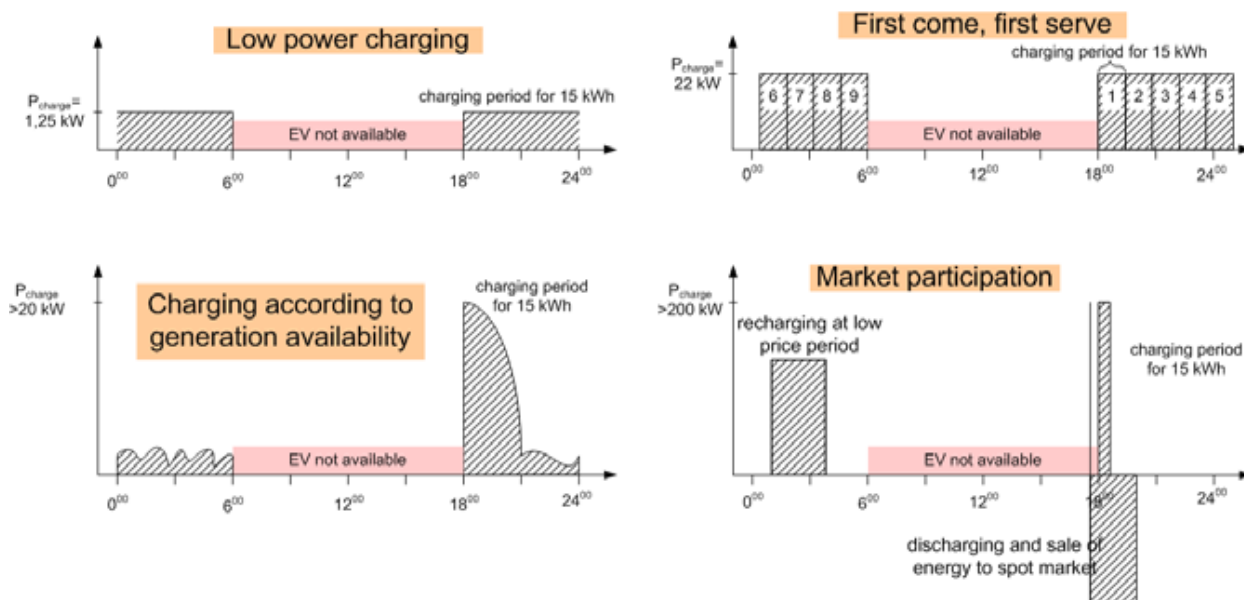
Postoje različita moguća rješenja za poboljšanje svojstava mreže i povećanje mogućnosti postojećih mreža za prihvatanje novih EV. Trebalo bi razmotriti slijedeće:

- Unutar postojeće mreže prepoznati optimalne lokacije za punjače ili mjesta za brzo punjenje EV-a.
- Odrediti potrebna proširenja i pojačanja postojeće mreže.
- Procijeniti investicijske troškove za prethodnu točku.
- Procijeniti pojedine strategije punjenja i optimizirati mrežne operacije pomoću komunikacija i inteligentne kontrole.

Na temelju prethodnih razmatranja, uzevši u obzir strukturu elektrodistribucijske mreže u Republici Hrvatskoj potrebno je odabrati optimalnu i ekonomičnu kombinaciju. Treba uzeti u obzir i zadane ciljeve i politike koje su povezane sa smanjivanjem emisija stakleničkih plinova te zahtjeve kupaca – vlasnika EV-a.

Za početak možemo razmotriti mogućnost povećanja maksimalnog broja EV-a koji se može priključiti na postojeću mrežu odabirom odgovarajuće strategije kontrole punjenja. Te strategije bi mogle biti između ostalog i:

- Nekontrolirano punjenje malom snagom.
- Punjenje po redu dolaska (engleski: „First come first serve“).
- Prema dostupnosti obnovljivih izvora ili prema cijeni energije.
- Sudjelovanje na tržištu s upotrebom EV-a kao spremišta električne energije



Slika 4: Grafički prikaz različitih strategija punjenja

2.4. Integracija u sustav naprednog punjenja

Postojeći europski elektroenergetski sustav već omogućuje krajnjim korisnicima korištenje vrlo učinkovite infrastrukture za proizvodnju, prienos, distribuciju i opskrbu električne energije. Ravnotežom ovog vrlo složenog sustava upravlja se u realnom vremenu, preko svih granica Europe. EURELECTRIC je uvjeren da je postojeći europski elektroenergetski sustav odlična pretpostavka za izgradnju održivog sustava elektromobilnosti. Opće preporuke za optimalnu integraciju elektromobilnosti su važne kako bi se izbjegli tehnički problemi i nepotrebne investicije u elektroenergetsku mrežu.[8].

EURELECTRIC je definirao napredno punjenje: "napredno punjenje odnosi se na kontroliran proces koji optimizira korištenje mreže i raspoložive električne energije za punjenje s ciljem minimalizacije dodatnih ulaganja u mrežu i olakšava integraciju OIE." Kontrolni mehanizam može biti omogućen od strane mreže, od strane mjesta za punjenje ili od strane samog EV, a komunikacijski sustav komunicira s mrežom omogućavajući proces punjenja koji uzima u obzir stvarne mogućnosti mreže. Cijena ili upravljački signali mogu se dostaviti putem ICT-a infrastrukture (npr. napredni mjerni sustavi), kako bi se omogućilo punjenje naprednim algoritmima koji uzimaju u obzir i mogućnosti proizvodnje i ograničenja mreže. Na taj način se omogućava i mobilnom krajnjem kupcu potencijalna koristi od promjenjivih cijena ovisno o dinamici punjenja.[8].

Napredno punjenje je nužnost za korištenje prednosti koju donose električnih vozila. Koordiniranje i upravljanje opterećenjem za vrijeme punjenja električnih vozila može:

- Olakšati integraciju obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav;
- Omogućiti upravljanje mrežom na fleksibilan način;
- Optimizirati učinkovito korištenje proizvodnih kapaciteta;
- Osigurati troškovno učinkovito rješenje izbjegavajući nepotrebne investicije u mrežnu infrastrukturu;
- Maksimalizirati zadovoljstvo potrošača kroz praktičnost korištenja postojeće infrastrukturu

Današnje distribucijske mreže su dizajnirane da osiguraju kvalitetnu opskrbu kod vršnih opterećenja („peak demand“). Povećanjem penetracije EV-a i distribuiranih obnovljivih izvora, tradicionalni pristup "sagradi i zaboravi" više ne može biti isplativ. U mnogim slučajevima, vršna opterećenja se javljaju često samo nekoliko sati godišnje, a stopa iskorištenja mreže opada. Najveći rizik je kada opterećenja uzrokovana EV-ma prelaze kapacitet mreže tj. punjenje se podudara s već postojećim vršnim opterećenjima. Ovisno o lokaciji na mreži i konfiguraciji same mreže, povećana opterećenja EV-a mogu izložiti mrežu dramatičnim povećanjima vršnog opterećenja u određeno vrijeme i na određenim mjestima. To može dovesti do velikih preopterećenja mreže što vodi do prevelikih padova napona, odnosno toplinskog prenaprezanja koji vodi do ubrzanog starenja pojedinih komponenti mreže i na kraju može dovesti do prekida napajanja. U tom slučaju mogu biti potrebna velika ulaganja za nadogradnju mreže koja spaja trafostanice i kućanstava kao i za kupovinu i ugradnju i samih dodatnih ili jačih transformatora. Mogu biti potrebna i ulaganja u nadređenu mrežu. Te investicije mogu dodatno opteretiti i usvajanje tehnologije elektromobilnosti, na nacionalnoj i međunarodnoj razini.

Ako se punjenje koordinira u svrhu boljeg iskorištenja raspoloživog kapaciteta mreže u satima izvan vršnog opterećenja, napredno punjenje ima potencijal za smanjenje dodatnog vršnog opterećenja na nulu. Istovremeno, faktor iskorištenja postojeće mreže se može značajno poboljšati. Na taj način napredno punjenje ima snažan potencijal za optimizaciju korištenje mreže, čime se razdvaja dosad usko povezani rast količina isporučene energije preko mreže od rasta vršnog opterećenja. Ovako stvaramo i novi lanac vrijednosti kao posljedicu ovog razdvajanja.

Tablica II. Troškovi (milijuna eura) za povećanje kapaciteta niskonaponske mreže i smanjenje troškova s naprednim punjenjem; Izvor: ERDF [9]

Ukupni troškovi pojačanja NN mreže na milijun EV za:	Trošak bez naprednog punjenja	Smanjenje troškova zbog naprednog punjenja
punjenje EV u pojedinačnim kućama	200 M€	200 M€ (izbjegnuto gotovo cijeli trošak)
Istovremeno punjenje više EV-a u stambenim i poslovnim zgradama	650 M€	450 M€
Javna mjesta za punjenje na ulicama i parkiralištima	240 M€	120 M€

U tablici II prikazane su uštede koje mogu biti ostvarene naprednom punjenjem, a prema istraživanju i podacima ENEDIS (bivši ERDF) – Distribucija Francuske (EDF).

Električna vozila s punjivim baterijama i time urođenom sposobnošću za pohranu energije predstavljaju još jedan oblik potražnje koja bi mogla pridonijeti fleksibilnosti sustava. S naprednim punjenjem EV-a imaju potencijal da pomiču njihove terete u razdoblja smanjene potražnje ili pohraniti električnu energiju za kasniju uporabu. Ova koordinirano punjenje stoga može omogućiti integraciju OIE na ekonomičan način, od toga imaju koristi obje strane, i kupci i proizvođači. Kupci će imati koristi od atraktivnih cijena zbog obilja obnovljivih izvora energije kao što su vjetroelektrane noću ili solarna energija tijekom dana. Proizvođači će također imati koristi jer će imati priliku da prodaju svoju proizvodnju u bilo kojem trenutku.

Napredno punjenje može pomoći i kod samo-potrošnje iz solarnih sustava instaliranih na kućama kupaca u kombinaciji sa dostupnim skladištenja i infrastrukturom za punjenje. Ovaj slučaj upotrebe može biti vrlo zanimljivo za energetske kompanije, jer se može nuditi kao nova usluga krajnjim kupcima kombinirajući energetska učinkovitost, financiranje distribuiranih izvora energije u kućanstvima i smanjivanje troškova za punjenje EV.

4. ZAKLJUČAK

Trenutno je udio električnih vozila u potrošnji električne energije prenizak da bi imao značajan utjecaj na rad elektroenergetskog sustava ili da bi mogao osigurati značajan udio u podržavanju rada elektroenergetskog sustava.

Uz rast udjela električnih vozila uključivanje najvećeg mogućeg djela punjenja EV-a u sustav napredne mreže je ne samo poželjno, već nužno. Treba dopustiti korisniku EV-a izbor (osim u slučaju kritičnih pogonska stanja distribucijskog sustava), hoće li pri punjenju svojih EV-a sudjelovati u shemi prilagođavanja potrošnje i za takvu suradnju dobiti odgovarajuće poticaje. Troškovi ODS-a nastali u postavljanju sustava naprednih mreža, trebaju biti uključeni u prihvatljive troškove ODS-a.

Kako se u nekim zemljama (Norveška) već sada registrira više novih električnih automobila nego klasičnih, za očekivati je slične trendove i u ostalim zemljama EU. Kako je Hrvatska turistička zemlja, može se očekivati invazija takvih vozila. Krajnje je vrijeme da se ODS pripremi za što bezbolniji prihvati tih novih mobilnih kupaca električne energije. Određeni početni koraci su predloženi i u ovom radu.

5. LITERATURA

- [1] A European Strategy for Low-Emission Mobility, Brussels, 20.7.2016. COM(2016) 501 final.
- [2] A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels, 8.3.2011. COM(2011) 112 final
- [3] http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/news/2016-07-20-decarbonisation_en.
- [4] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-06/the-electric-car-revolution-is-accelerating>.
- [5] Facilitating e-mobility: EURELECTRIC views on charging infrastructure, March 2012.
- [6] Žutobradić, S., Wagmann, L., Mihalek, E., „Radeka, I., Šagovac, G., „Istraživanje karakteristika opterećenja kućanstava na području grada Zagreba“, Energija, 2001.
- [7] „ITRES Tool for assessing the technical and economic impact of electric vehicles on distribution networks“, Imperial College London, 26.01. 2014.
- [8] European electricity industry views on charging Electric Vehicles, A EURELECTRIC concept paper, April 2011.
- [9] SMART CHARGING: steering the change, driving the change, A EURELECTRIC paper, March 2015.