

Planiranje energetske sustava Srednje Europe pomoću modela EnergyPLAN

Rahelić, Nevio

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:483743>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij naftnog rudarstva

**PLANIRANJE ENERGETSKIH SUSTAVA SREDNJE EUROPE POMOĆU MODELA
ENERGYPLAN**

Diplomski rad

Nevio Rahelić

N384

Zagreb, 2022.

PLANIRANJE ENERGETSKIH SUSTAVA SREDNJE EUROPE POMOĆU MODELA ENERGYPLAN

Nevio Rahelić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Kako bi se ostvarili ciljevi smanjenja emisija CO₂ sukladno Pariškom sporazumu, potrebno je razvijati i ulagati u dekarbonizaciju energetske sustava uvođenjem tehnologija koje će smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima. Ovaj rad je fokusiran na dekarbonizaciju država Srednje Europe, a to su: Hrvatska, Austrija, Švicarska, Njemačka, Češka, Slovačka, Poljska, Mađarska i Slovenija. U radu su detaljno opisani BAU scenariji energetske sustava svih spomenutih država, ali su prikazani i novi dekarbonizirani scenariji sa naglaskom na dekarbonizaciju elektroenergetskog sustava obnovljivim izvorima energije i nuklearnom energijom te također transportnog sustava pomoću električnih vozila i vozila na gorivne ćelije vodika. Simulacije su napravljene pomoću modela EnergyPLAN te su izlazni podaci novih scenarija uspoređeni sa BAU scenarijima država Srednje Europe.

Ključne riječi: EnergyPLAN, dekarbonizacija, Srednja Europa, obnovljivi izvori energije, transport, energetske sustavi

Završni rad sadrži: 42 stranice, 8 tablica, 19 slika, 12 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Luka Perković, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Luka Perković, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNF
Dr. sc. Sonja Koščak Kolin, docentica RGNF

Datum obrane: 16. 12. 2022., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

PLANING OF ENERGY SYSTEMS OF CENTRAL EUROPE USING THE ENERGYPLAN MODEL

Defence date: December 16, 2022, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

Nevio Rahelić

Thesis completed at: University of Zagreb

Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of petroleum and gas engineering and energy
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

In order to achieve the goals of reducing CO₂ emissions in accordance with the Paris Agreement, it is necessary to develop and invest in the decarbonization of energy systems by introducing technology that will reduce dependence on fossil fuels. This paper is focused on the decarbonization of Central European countries, namely: Croatia, Austria, Switzerland, Germany, Czech Republic, Slovakia, Poland, Hungary and Slovenia. This paper describes in detail the BAU scenarios of the energy systems of all the mentioned countries, but also presents new decarbonized scenarios with an emphasis on the decarbonization of the power system with renewable energy sources and nuclear energy, as well as the transport system using electric vehicles and hydrogen fuel cell vehicles. The simulations were made using the EnergyPLAN model, and the output data of the new scenarios were compared with the BAU scenarios of the Central European countries.

Keywords: EnergyPLAN, decarbonization, Central Europe, renewable energy sources, transport, energy systems

Thesis contains: 42 pages, 8 tables, 19 figures, 12 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: Associate Professor Luka Perković, PhD

Reviewers: Associate Professor Luka Perković, PhD
Associate Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD
Assistant Professor Sonja Koščak Kolin, PhD

SADRŽAJ

| | |
|---|------------|
| POPIS SLIKA | I |
| POPIS TABLICA | II |
| POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA | III |
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1 Formulacija problema | 1 |
| 1.2 Smart charge tehnologija | 2 |
| 1.3 Vehicle to Grid (V2G) | 2 |
| 1.4 Automobili pogonjeni vodikom | 3 |
| 1.5 Nacionalni energetske i klimatski planovi (NECP) | 4 |
| 2. BAU SCENARIJI | 6 |
| 2.1 Hrvatska | 6 |
| 2.2 Austrija | 8 |
| 2.3 Švicarska | 10 |
| 2.4 Njemačka | 12 |
| 2.5 Češka | 14 |
| 2.6 Poljska | 16 |
| 2.7 Mađarska | 18 |
| 2.8 Slovačka | 20 |
| 2.9 Slovenija | 22 |
| 2.10 BAU scenariji zaključak | 24 |
| 3. DEKARBONIZIRANI SCENARIJI | 26 |
| 3.1 Usporedba ulaznih podataka BAU scenarija i dekarboniziranog scenarija | 26 |
| 3.2 Analiza izlaznih podataka BAU scenarija i dekarboniziranog scenarija | 30 |
| 3.2.1 <i>Raspodjela primarne energije</i> | <i>30</i> |
| 3.2.2 <i>Struktura energetskeg miksa za proizvodnju električne energije</i> | <i>34</i> |
| 3.2.3 <i>Udio OIE u primarnoj energiji i smanjenje emisija CO₂ u novom scenariju</i> | <i>36</i> |
| 3.2.4 <i>Uvoz i izvoz električne energije</i> | <i>38</i> |
| 4. ZAKLJUČAK | 40 |
| 5. LITERATURA | 41 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 2-1. Raspodjela primarne energije Republike Hrvatske | 8 |
| Slika 2-2. Raspodjela primarne energije Republike Austrije..... | 10 |
| Slika 2-3. Raspodjela primarne energije Švicarske | 12 |
| Slika 2-4. Raspodjela primarne energije Njemačke..... | 14 |
| Slika 2-5. Raspodjela primarne energije Republike Češke..... | 16 |
| Slika 2-6. Raspodjela primarne energije Republike Poljske..... | 18 |
| Slika 2-7. Raspodjela primarne energije Republike Mađarske..... | 20 |
| Slika 2-8. Raspodjela primarne energije Republike Slovačke..... | 22 |
| Slika 2-9. Raspodjela primarne energije Republike Slovenije | 24 |
| Slika 3-1 BAU scenarij: raspodjela primarne energije u TWh | 31 |
| Slika 3-2 Novi scenarij: raspodjela primarne energije u TWh..... | 32 |
| Slika 3-3. BAU: Struktura potrošnje goriva u transportu u TWh | 33 |
| Slika 3-4. Novi: Struktura potrošnje goriva u transportu u TWh..... | 34 |
| Slika 3-5. Struktura energetskeg miksa za el. energiju BAU scenarija u TWh | 36 |
| Slika 3-6. Struktura energetskeg miksa za el. energiju novg scenarija u TWh | 36 |
| Slika 3-7. Odnos relativne promjene udjela OIE u primarnoj energiji i relativno smanjenje emisija CO ₂ | 37 |
| Slika 3-8. Emisije CO ₂ i relativno smanjenje emisija po državama | 38 |
| Slika 3-9. Uvoz el. energije po državama | 39 |
| Slika 3-10. Izvoz el. energije po državama | 39 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 3-1. Ulazni podaci za BAU scenarij | 28 |
| Tablica 3-2. Ulazni podaci za novi scenarij | 29 |
| Tablica 3-3. Potrošnja plina po kategorijama u BAU scenariju u TWh..... | 32 |
| Tablica 3-4. Potrošnja plina po kategorijama u novom scenariju u TWh | 33 |
| Tablica 3-5. Struktura energetskeg miksa za el. energiju BAU scenarija u TWh..... | 34 |
| Tablica 3-6. Struktura energetskeg miksa za el. energiju novog scenarija u TWh | 35 |
| Tablica 3-7. Relativno smanjenje emisija CO ₂ u novom scenariju | 38 |
| Tablica 3-8. Specifične emisije, gCO ₂ /kWh..... | 38 |

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

°C – Celzijev stupanj

B3 – kotao za područno grijanje bez proizvodnje el. energije

BAU – Nepromijenjeni scenarij (engl. *Business as usual*)

BEV – Baterijsko električno vozilo (engl. *Battery electric vehicle*)

CHP3 – Kogeneracijsko postrojenje

CO₂ – Ugljikov dioksid

DEM-E: General – Potražnja za el. energijom (engl. *Demand electricity*)

DEM-H: DH-G3 – Potražnja za toplinskom energijom za područno grijanje (engl. *Demand district heating*)

DEM: Industry + Various – Potražnja za energijom u industriji i ostalom

DEM-H: HH – Potražnja za toplinskom energijom za kućanstva (engl. *Demand Heating – House Heating*)

DEM: Transport – Potražnja za energijom u transportu (engl. *Demand transport*)

EU – Europska Unija

gCO₂/kWh – gram ugljikovog dioksida po proizvedenom kilovatsatu el. energije

km – kilometar

MW – Megavat

MWe – Megavat električni

NECP – Nacionalni energetska i klimatski plan (engl. *National energy and climate plans*)

PP+ – Postrojenje koje proizvodi samo električnu energiju

PV – Fotonaponski sustav (engl. *Photovoltaic*)

SUP-PE – Opskrba primarnom energijom (engl. *Supply – Primary Energy*)

SUP-H: HP Reservoir – opskrba toplinskom energijom plitkih geotermalnih ležišta

SUP-PE: Geothermal – opskrba toplinskom energijom geotermalnih ležišta u svrhu dobivanja el. energije

SUP-PE: Oil – Opskrba naftom

SUP-PE: Ngas – Opskrba plinom

SUP-PE: Coal – Opskrba ugljenom

TWh – Teravatsat

V2G – engl. *Vehicle to grid*

1. UVOD

Mnoge zemlje u svijetu, pa tako i u Europi se već dugi niz godina pokušavaju okrenuti energetske tehnologijama koje će smanjiti emisije stakleničkih plinova i doprinijeti većoj neovisnosti o uvozu fosilnih goriva. Potražnja za energijom raste iz godine u godinu, a ulaganje u energetske neovisnost je od strateške važnosti i dugoročno gledajući nužnost za bolju budućnost kako bi se ograničile emisije štetnih plinova u atmosferu do te razine da se ograniči povećanje globalne temperature na 1,5 °C od predindustrijskog razdoblja sukladno Pariškom sporazumu. Ovaj rad je fokusiran na analizu trenutnog scenarija i dekarbonizaciju energetske sustava 9 zemalja Srednje Europe, a to su: Hrvatska, Austrija, Švicarska, Njemačka, Češka, Slovačka, Poljska, Mađarska i Slovenija. Osim detaljne energetske analize trenutnog stanja svake države, tj. BAU (engl. *Business as usual*) scenarija, predstavljeni su i novi scenariji sa naglaskom na dekarbonizaciju prometa istih država te su uspoređeni sa BAU scenarijem. Svi izlazni podaci su dobiveni pomoću modeliranja u aplikaciji EnergyPLAN. Kako bi se ostvarili ciljevi dekarbonizacije potrebno je sagledati moguće opcije kojima će se to ostvariti kako bi se odabrala optimalna tehnologija koja će biti učinkovita, realna, tehnički i financijski izvediva. Svaka država ima drugačiji raspored prirodnih resursa, primjerice neke države imaju veći potencijal iskorištavanja energije sunca, dok ostale veći potencijal vjetra te sukladno tome razvijaju energetske strategije, odnosno kako bi se ispunili novi energetske i klimatske ciljevi Europske unije za 2030. godinu, svaka država članica mora uspostaviti 10-godišnje Nacionalne energetske i klimatske planove (NECP – engl. *National energy and climate plans*) za razdoblje od 2021. do 2030. godine.

1.1 Formulacija problema

U ovom radu, dekarbonizacija proizvodnje električne energije je usredotočena na nuklearnu energiju, energiju kopnenog i odobalnog vjetra te na energiju sunca, tj. PV ćelije. Također, promet je djelomično dekarboniziran sa rastućom tehnologijom vodika i baterijskim električnim vozilima (BEV). U aplikaciji EnergyPLAN moguće je modeliranje transporta sa tehnologijama poput *Smart charge*, *Dumb charge* i V2G (engl. *Vehicle to grid*) te vozilima na vodik. Potrebno je strukturirati energetske sustave kao bi se zadovoljila potražnja za energijom u svakom sektoru svake države uz smanjenje emisija CO₂, sa naglaskom na dekarbonizaciju transporta.

1.2 Smart charge tehnologija

Postoje razne reportaže oko električnih vozila kako općenito imaju prekratak domet, da se predugo pune, da se baterije zapaljuju, da su preskupa ili da čak stvaraju više emisija CO₂ nego konvencionalni automobili sa motorima sa unutrašnjim izgaranjem. Također postoji i zabrinutost oko potražnje za električnom energijom i kapacitetima mreže u slučaju da se previše automobila puni u isto vrijeme. Naravno, neke sumnje su opravdane, kada bi se svaki električni automobil na svijetu počeo puniti u točno istom trenutku sigurno bi došlo do smetnji u mreži, pogotovo u budućnosti kada će na cestama biti puno više takvih vozila, međutim takav scenarij da se svi u točno istom trenutku pune je nerealan (Hanley, 2019). U studiji njemačkog operatora distribucijskog sustava el. energije (Netze BW) su 15 mjeseci proučavane navike punjenja vozača električnih vozila u njemačkom predgrađu Stuttgarta zvanom Ostfildern-Ruit. Prikupljeni su podaci te je napravljeno izvješće koje otklanja mnoge strahove o istovremenom punjenju velikog broja električnih automobila. Prije studije, ljudi s električnim automobilima bi ih obično priključili čim dođu kući. Sudjelovanjem u studiji pomoglo je nekima da promijene svoje stavove o punjenju. Svaki sudionik je dobio električni automobil i punjač od 22 kW te je dozvolio Netze BW-u da nadgleda i upravlja načinom punjenja automobila preko noći. To punjenje je izvršeno na razne načine, tj. punjenjem automobila na maksimalnih 22 kW jedan za drugim ili produljenjem vremena punjenja svakog automobila optimiziranjem snage punjenja ili pak nekom kombinacijom tih metoda. Dakle, ideja iza pametnog punjenja je prilično jasna i jednostavna. Automobil koji je priključen na punjač ne znači da se puni cijelo vrijeme i istog trenutka kao što je to slučaj kod *dumb charge*-a. Operator distribucijskog sustava može daljinski regulirati punjače koji su povezani s internetom kako bi se uravnotežilo opterećenje mreže, a pritom osigurati da kupci sljedeći dan mogu imati potpuno napunjenu bateriju što je naravno moguće digitalizacijom opreme i komunikacijske tehnologije. Dodatno, korištenjem softvera bi se moglo zaštititi stare mreže od predvidljivih preopterećenja čime bi se mogla izbjeći skupa nadogradnja dijelova od 1,7 milijuna km mreže u Njemačkoj (Hanley, 2019).

1.3 Vehicle to Grid (V2G)

Ova tehnologija se razlikuje od *dumb* jednosmjernog punjenja ili *smart* punjenja gdje se brzina i vrijeme punjenja mogu mijenjati. *Vehicle to grid* je tehnologija koja omogućuje dvosmjerni prijenos energije u ili iz električnih vozila priključenih na mrežu. Energija iz akumulatora vozila se može vratiti nazad u mrežu, odnosno u naš dom, poslovnu zgradu,

ulicu ili nacionalnu električnu mrežu. Na taj način električno vozilo se može koristiti kao baterija, podržavajući tako budućnost pametnih mreža i decentraliziranu proizvodnju obnovljive energije. Neki od prednosti V2G tehnologije su (V2Ghub, 2022):

- Manje zabrinutosti za preopterećenje mreže
- Novi ekonomski prihodi za potrošače
- Jeftino i brzo skladištenje energije
- Korištenje postojećih resursa
- Smanjenje utjecaja na okoliš

Do sada je zabilježeno 107 projekata koji su započeti i završeni ili su još u fazi provedbe čime je instalirano više od 6600 punjača u 25 zemalja (V2Ghub, 2022), od čega su većinom u Europi i SAD-u. U Europi najviše takvih projekata ima u Velikoj Britaniji (22), Nizozemskoj (16), i Njemačkoj (10).

1.4 Automobili pogonjeni vodikom

Vozila na vodikove gorive ćelije koriste istu vrstu električnog motora za pogon kotača kao i električni automobili na baterije. Razlika je u tome što ga ne napaja velika i teška baterija, već sklop gorivih ćelija u kojem čisti vodik (H_2) prolazi kroz membranu i spaja se s kisikom iz zraka, proizvodeći električnu energiju koja pokreće kotače i vodenu paru. Također u odnosu na klasična baterijska električna vozila, vozila na vodik imaju tankove pod visokim tlakom koji se pune na stanicama za vodik što je sličnije konceptu punjenja na benzinskim stanicama gledajući vrijeme potrebno za punjenje. Vozila na vodik se općenito smatraju sigurnima kao i bilo koji drugi automobil budući da su visokotlačni spremnici dizajnirani da prežive čak i udare pri najvećim brzinama bez curenja ili probijanja. Vozila na vodikove gorive ćelije imaju neke od istih pozitivnih značajki kao i električni automobili na baterije: glatki su, tihi i mirni za vožnju i ne ispuštaju ugljični dioksid ili druge štetne ispušne plinove iz ispušnih cijevi, samo vodenu paru. Također nemaju problem vremena punjenja koji imaju električna vozila, odnosno potrebno je oko pet minuta da se napune gorivom. Međutim, postoji nekoliko nedostataka, a najveći izazov je dostupnost samog vodika, odnosno sustav distribucije nije dovoljno razvijen. Također današnje stanice često mogu opskrbiti samo dva do pet vozila prije nego što se isključe i do pola sata radi ponovnog povećanja pritiska, a najveći nedostatak automobila na vodik u usporedbi s električnim vozilima je taj što su slični automobilima na benzin tj. ne mogu se napuniti kod kuće preko noći kao što to mogu električna vozila (Voelcker, 2022). Također ukupna učinkovitost

transporta na vodik je mala zbog velikih gubitaka energije. Najčisti način proizvodnje vodika je elektroliza, proces korištenja električne energije za razdvajanje vode na vodik i kisik. Taj proces je energetske intenzivan i učinkovitost je daleko ispod 100 %. Dok se vodik transportira do stanice za punjenje, dolazi do velikih gubitaka, a čak i ako se može zaobići faza transporta, troškovi skladištenja su također visoki. Procjenjuje se da u trenutku kada automobil na vodik krene na cestu i vodik se pretvori u električnu energiju u automobilu, koristi se samo oko 38% izvorne električne energije kojom se dobio taj vodik (Herbert, 2022). U analizi ovog diplomskog rada, EnergyPLAN modelira proizvodnju vodika elektrolizom samo iz viškova električne energije iz obnovljivih izvora energije.

1.5 Nacionalni energetske i klimatske planovi (NECP)

Kako bi se ispunili novi energetske i klimatske ciljevi Europske unije za 2030. godinu, svaka država članica mora uspostaviti 10-godišnje Nacionalne energetske i klimatske planove (NECP – engl. *National energy and climate plans*) za razdoblje od 2021. do 2030. godine. Područja koja su obrađena NECP-ovima, tj. načini na koje države članice planiraju pristupiti području energetske učinkovitosti, obnovljivih izvora energije, smanjenju stakleničkih plinova, interkonekcija te istraživanju i inovacijama su opisani u svakom pojedinom dokumentu za svaku članicu EU. Austrija se u svom NECP-u čvrsto bori za dekarbonizaciju bez nuklearne energije, dok do 2030. namjerava udvostručiti kapacitete vjetrova, a kapacitete PV uvećati za više od trostruko. Proizvodnju vodika planira imati preko 1 TWh (European Commission [EC], 2019a). Hrvatska također nema namjeru ulagati u nuklearne kapacitete, a do 2030. planira povećati udio OIE, odnosno udvostručiti kapacitete vjetrova na 1364 MW te povećati udio PV na 768 MW. U cestovnom prometu očekuje se da će električna, hibridna vozila i vozila na vodik doseći udio od ukupno 3.5% (EC, 2019b). Češka do 2030. ima plan smanjiti emisije CO₂ za 30% u odnosu na 2005. godinu, a u proizvodnji el. energije to najviše želi postići povećanjem kapaciteta vjetrova na 970 MW i PV ćelija za dvostruko, odnosno na gotovo 4000 MW. Također planira izgraditi 3 – 5 stanica za vodik do 2025. što pokazuje da planira ulagati u infrastrukturu vodika (EC, 2019c). U Njemačkoj se osim smanjenja nuklearnih kapaciteta govori i o gašenju pogona na ugljen kako bi se do 2030. postigao cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova od 55% u odnosu na 1990., a kao i u ostalim zemljama planira se povećati udio OIE u finalnoj potrošnji na 30%, dok za el. energiju planira udio od 65% OIE do 2030. (EC, 2019d). Mađarska do 2030. planira udvostručiti udio OIE u proizvodnji električne energije na 21% dok u transportu želi podići udio OIE na 17%. Mađarska vidi mogućnost dekarbonizacije kroz korištenje OIE i

također nuklearne energije kako bi ostvarila svoje energetske ciljeve. Što se tiče OIE u proizvodnji el. energije, kapacitete vjetra ne planira povećavati, ali zato planira povećati PV kapacitete sa 1170 MW (2020.) na 6454 MW do 2030. godine (EC, 2019e). Poljska koja trenutno nema nuklearnu energiju je vidi kao mogućnost ugljično neutralne proizvodnje električne energije te planira izgradnju 5 jedinica sa ukupnim instaliranim kapacitetom procijenjenim od 6 do 9 GW u narednim godinama, a što se tiče OIE planira ulagati u odobalni vjetar kako bi se povećao udio OIE u energetske miks el. energije (EC, 2019f). Slovačka planira veća ulaganja u vjetar obzirom da su trenutni kapaciteti mali, odnosno planira imati instalirane kapacitete od 500 MW vjetra, ali i 1200 MW PV ćelija. Nuklearna energija će i dalje igrati ključnu ulogu u proizvodnji el. energije, te predviđa izgradnju novih kapaciteta. Također, uz ulaganje u infrastrukturu električnih vozila planira ulaganja u infrastrukturu za vozila na vodik (EC, 2019g). Slovenija će i dalje iskorištavati nuklearnu energiju, a također razmatra moguću izgradnju nove nuklearne elektrane u budućnosti. Vjetar će do 2030. imati daleko veće kapacitete, odnosno umjesto trenutnih 10 MW, planira imati 150 MW, a PV kapaciteti bi trebali imati skok sa 40 MW (2020.) na 1650 MW do 2030. godine. Što se tiče transporta, najviše se predviđa porast udjela električne energije, dok vodik prima važniju ulogu nakon 2030. godine (EC, 2020).

2. BAU SCENARIJI

U ovom poglavlju su predstavljeni BAU scenariji svih 9 država Srednje Europe (Hrvatska, Austrija, Švicarska, Njemačka, Češka, Slovačka, Poljska, Mađarska i Slovenija). Analiza svake države je popraćena grafički sa Sankey-evim dijagramom na kojima se jasnije vide ulazni (primarni) energenti u sustavu svake države, gdje i u kojim količinama se koristi kako bi se zadovoljila potražnja za el. energijom, grijanjem, industrijom ili transportom koji se nalaze na desnoj strani dijagrama.

2.1 Hrvatska

Primarni energenti koji trenutno dominiraju opskrbom RH su prirodni plin, nafta, hidroenergija u proizvodnji električne energije i biomasa. Prema Slici 2-1 na godišnjoj razini najveći udio ima prirodni plin (28,9 TWh) koji opskrbljuje industriju s 11,1 TWh (*DEM-Industry+Various*), krajnje potrošače sa 8,20 TWh koji koriste plin za grijanje (*DEM-H:Boiler*), a za transformacije u električnu i toplinsku energiju ukupno 8,84 TWh (*CHP3*). Također, manje količine od 730 GWh se utroše u transportu (*DEM: Transport*) te 40 GWh za potrebe područnog grijanja (*B3*).

U području energetske transformacije, 3,76 TWh prirodnog plina (*SUP-PE: Ngas*) se koristi u velikim kogeneracijskim postrojenjima za proizvodnju električne i toplinske energije (*CHP3*) kao što je EL-TO u Zagrebu, 5,04 TWh plina se koristi u kondenzacijskim termoelektranama (ili postrojenjima u kondenzacijskom režimu rada), odnosno u postrojenjima koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) te 40 GWh plina u kotlovima za područno grijanje bez proizvodnje el. energije (*B3*) koji koriste i biomasu (20 GWh). Rezultat transformacije su toplinska i električna energija, od kojih 3,81 TWh el. energije dolazi iz termoelektrana (*PP+*), 2,24 TWh el. energije i 2,8 TWh toplinske energije iz kogeneracijskih postrojenja (*CHP3*) koja zajedno sa kotlovima za područno grijanje (*B3*) i toplinskim pumpama (*HP reservoir*) dobavljaju toplinsku energiju u obliku vruće ili tople vode i pare za krajnje korisnike u ukupnom iznosu od 3 TWh toplinske energije (*DEM-H:DH-G3*). Dakle za transformacije (*CHP3*, *PP+* i *B3*) se ukupno koristi 8,84 TWh prirodnog plina, ali i 3,72 TWh biomase, 1,19 TWh ugljena koji se koristi samo u proizvodnji el. energije (TE Plomin) te najmanje nafte u iznosu od 650 GWh. Ukupni ulaz energenata u kogeneracijska postrojenja u obliku kemijske energije iznosi 5,61 TWh, a transformacijama se gubi samo 570 GWh energije što znači da imaju učinkovitost od približno 90%. Ukupni

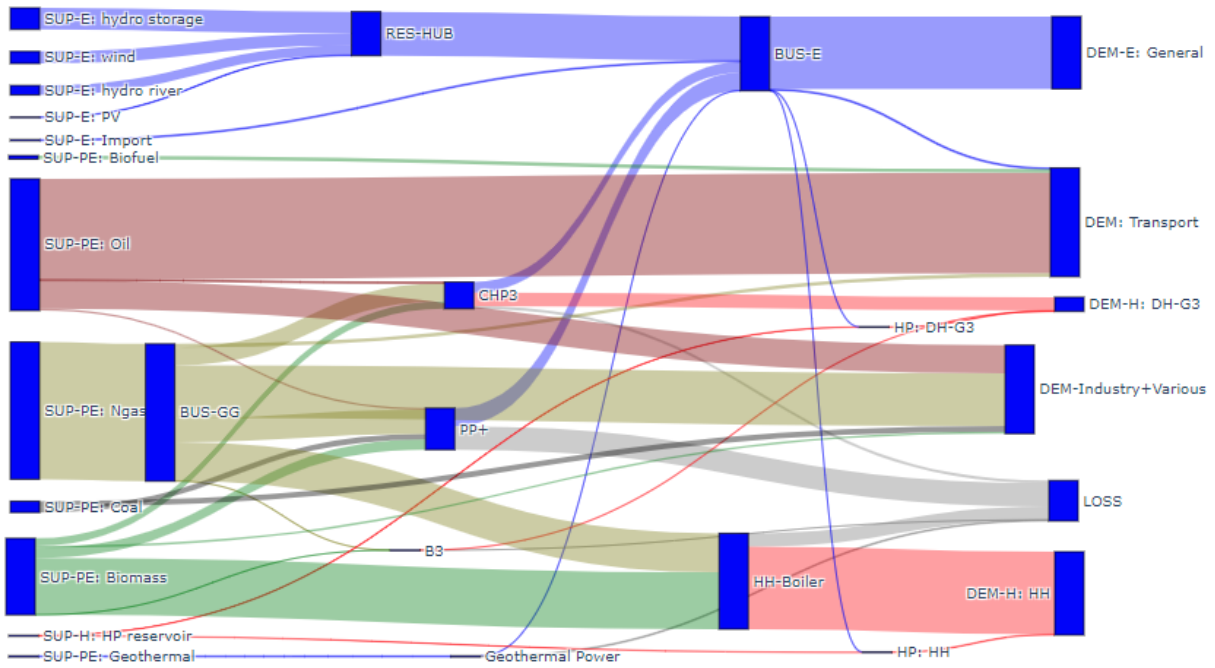
ulaz u termoelektrane koje proizvode samo električnu energiju iznosi 8,73 TWh te su gubitci (*LOSS*) značajno veći u iznosu 4,92 TWh što daje ukupnu učinkovitost takvih postrojenja oko 44%.

Uz prirodni plin, drugi najveći energent koji opskrbljuje tržište RH je nafta (*SUP-PE: Oil*) u iznosu od 27,7 TWh. Od toga se 21,1 TWh koristi za potrebe transporta koji je manjim dijelom dekarboniziran biogorivima (760 GWh), a za potrebe industrije koristi se 5,91 TWh nafte dok je ostatak potreban za energetske transformacije.

Biomasa (*SUP-PE: Biomass*) opskrbljuje tržište RH u iznosu od 16,1 TWh od kojih se najveći dio koristi za potrebe grijanja krajnjih kupaca (*HH-Boiler*) u iznosu 11,9 TWh (drva i drvene preradevine) te zajedno sa prirodnim plinom (8,2 TWh) zadovoljava potrebe grijanja gdje se energent "troši" kod krajnjeg korisnika. Također, iskorištavanjem plitkih geotermalnih ležišta (*SUP-H: HP reservoir*) dobiva se 210 GWh toplinske energije od kojih se 110 GWh koristi za toplinske pumpe (*HP-HH*) koje uz pomoć 60 GWh električne energije daju ukupno 170 GWh toplinske energije. Ostalih 100 GWh toplinske energije iz plitkih geotermalnih ležišta se iskorištava na isti način, uz pomoć 50 GWh el. energije se dobiva 150 GWh toplinske, ali u ovom slučaju se iskorištava za područno grijanje (*HP: DH-G3*). Ostatak biomase se koristi za energetske transformacije.

Ugljen (*SUP-PE: Coal*) kao energent se koristi u relativno malim količinama (2,38 TWh) od kojih se jedna polovica troši na energetske transformacije, a druga u industriji.

Gledajući ukupnu proizvodnju el. energije (*BUS-E*) u RH koja iznosi 15,6 TWh, vidljivo je da većinskih 9,25 TWh dolazi iz obnovljivih izvora energije (*RES-HUB*) koje uglavnom čini hidroenergija. Od toga 4,55 TWh dolazi iz hidroelektrana koje imaju neku vrstu akumulacije (*SUP-E: hydro storage*), a 2,01 TWh dolazi iz onih koju nemaju mogućnost akumulacije (*SUP-E: hydro river*). Vjetar (*SUP-E: Wind*) u OIE sudjeluje sa 2,54 TWh, a PV (*SUP-E: PV*) sa 150 GWh. Dakle ukupno 9,25 TWh dolazi iz OIE, a ostatak iz energetskih transformacija (6,05 TWh), dok manji dio dolazi iz geotermalne elektrane (20 GWh) i uvoza (250 GWh), na Slici 2-1 *SUP-E: Geothermal* i *SUP-E: Import*. Time se ukupna proizvedena električna energija od 15,6 TWh koristi za opskrbu krajnjih potrošača (15,2 TWh) te manjim dijelom za transport (260 GWh) i rad toplinskih pumpi (110 GWh).



Slika 2-1. Raspodjela primarne energije Republike Hrvatske

2.2 Austrija

Primarni energenti koji trenutno dominiraju opskrbom Austrije su prirodni nafta, plin, biomasa. Prema Slici 2-2, najveći udio ima nafta (*SUP-PE: Oil*) u iznosu od 131 TWh koja se najviše koristi u transportu (99,3 TWh). Transport (*DEM: Transport*) je djelomično dekarboniziran biogorivima (4,76 TWh) i el. energijom (3,09 TWh), ali se također koriste manje količine plina (2,77 TWh). Nafta se također koristi u industriji sa značajnih 26,7 TWh, a preostalih 5,34 TWh se koristi za energetske transformacije (*CHP3*, *PP+* i *B3*).

Prirodni plin (*SUP-PE: NGas*) koji opskrbljuje tržište Austrije u iznosu od 117 TWh godišnje ima značajnu ulogu kao energent u industriji (*DEM: Industry + Various*) sa 42,9 TWh, krajnje potrošače koji koriste plin za grijanje (*HH-Boiler*) opskrbljuje sa 20,8 TWh, a za transformacije u električnu i toplinsku energiju ukupno se koristi 50,65 TWh plina od kojih 27 TWh ide u kogeneracijska, a postrojenja koja proizvode samo električnu energiju koriste 23,6 TWh plina.

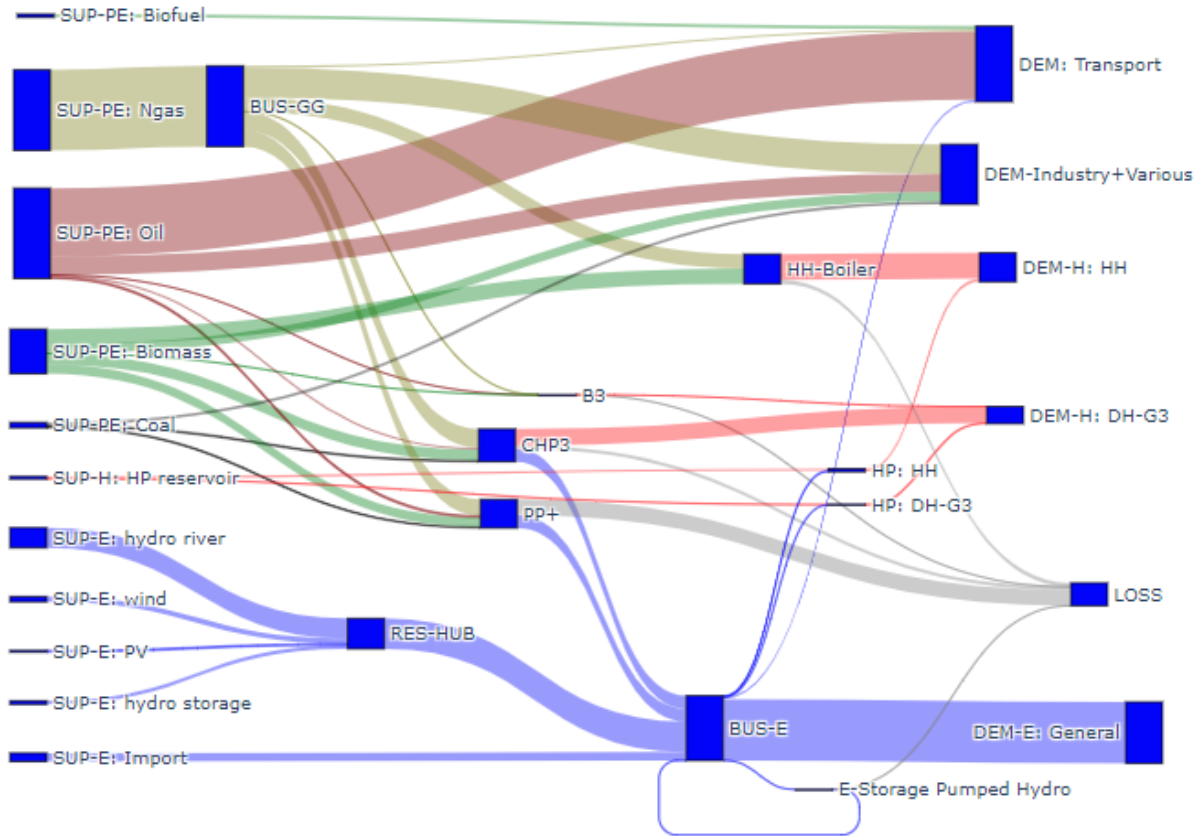
Za kogeneraciju (*CHP3*) se također koriste i 15,6 TWh biomase, 2,84 TWh nafte i 1,9 TWh ugljena, a za postrojenja koja proizvode samo el. energiju se koriste 2,49 TWh nafte, 13,7 TWh biomase i 1,66 TWh ugljena kao pogonska goriva. Manje količine energenata (50 GWh plina, 30 GWh biomase i 10 GWh nafte) se potroše u kotlovima za područno grijanje (*B3*) koji zajedno sa kogeneracijskim postrojenjima (*CHP3*) i toplinskim pumpama

(*HP:DH-G3*) daju toplinsku energiju za područno grijanje (*DH-G3*) od ukupno 24,8 TWh toplinske energije s time da od toga kogeneracijska postrojenja zadovoljavaju 23,7 TWh, toplinske pumpe iz plitkih geotermalnih ležišta (*SUP-H: HP reservoir*) osiguravaju 990 GWh, a kotlovi (*B3*) 80 GWh toplinske energije. Dakle sve energetske transformacije zajedno daju 23,78 TWh toplinske i 37,7 TWh električne energije. Ukupna iskoristivost kogeneracijskih postrojenja iznosi oko 89%, dok postrojenja koja proizvode samo el. energiju imaju puno veće gubitke te njihova iskoristivost iznosi oko 45%.

Biomasa (*SUP-PE: Biomass*) opskrbljuje tržište Austrije u iznosu od 64,9 TWh od kojih se najveći dio koristi za energetske transformacije (29,33 TWh), za potrebe grijanja krajnjih kupaca (*HH-Boiler*) u iznosu 22,2 TWh te zajedno sa prirodnim plinom (20,8 TWh) zadovoljava potrebe grijanja gdje se energent "troši" kod krajnjeg korisnika. Iskorištavanjem 2,99 TWh toplinske energije plitkih geotermalnih ležišta dobiva se 4,49 TWh toplinske energije za potrošače nakon utroška rada toplinskih pumpi (*HP-HH*) uz pomoć 1,5 TWh električne energije. Biomasa se također koristi u industriji u iznosu od 13,3 TWh.

Ugljen (*SUP-PE: Coal*) se koristi u manjim količinama (7,74 TWh) te se većina koristi u industriji (4,18 TWh), a ostatak za energetske transformacije, odnosno za kogeneracijska postrojenja (1,90 TWh) i postrojenja u kondenzacijskom režimu rada (1,66 TWh) koja proizvode samo el. energiju.

Austrija proizvodi ukupno 94,1 TWh el. energije (*BUS-E*), od kojih gotovo polovica dolazi iz obnovljivih izvora (*RES-HUB*) koje uglavnom čini hidroenergija. Od toga 29,1 TWh dolazi iz hidroelektrana koje nemaju mogućnost (*SUP-E: hydro river*) akumulacije, a 5,10 TWh dolazi iz onih koje imaju neku mogućnost akumulacije (*SUP-E: hydro storage*). Vjetar (*SUP-E: Wind*) sudjeluje sa 7,56 TWh, a PV (*SUP-E: PV*) sa 2,32 TWh što daje ukupno 44,1 TWh električne energije iz OIE. Iz energetske transformacije proizvodi se ukupno 37,7 TWh, a uvoz (*SUP-E: Import*) čini 12,3 TWh godišnje. Također je omogućena pretvorba iz električne energije u potencijalnu (*E-Storage: Pumped Hydro*) kad ima viškova energije ili ako je struja jeftina u tom trenutku pa se uz gubitke od 50% proizvodi 10 GWh električne energije. Od ukupno proizvedenih 94,1 TWh el. energije, 89,1 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 1,83 TWh se utroši na toplinske pumpe za dobivanje toplinske energije, a ostatak el. energije se koristi u transportu (3,09 TWh).



Slika 2-2. Raspodjela primarne energije Republike Austrije

2.3 Švicarska

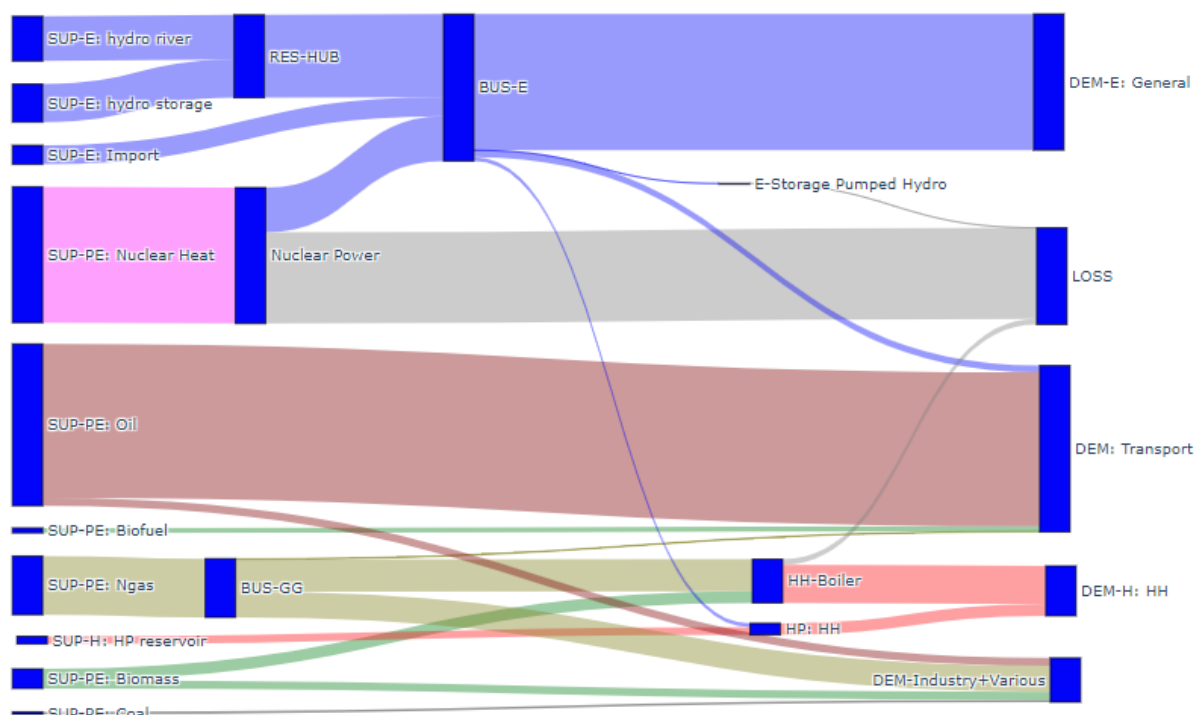
Gledajući Sliku 2-3, Švicarska najviše koristi naftu (*SUP-PE: Oil*) kao ulazni energent u iznosu od 66,2 TWh, a najveći udio (63 TWh) ima u transportu (*DEM: Transport*) u kojem se koriste i biogoriva (2,02 TWh) dok se ostalih 3,2 TWh koristi u industriji (*DEM: Industry + Various*).

Plin (*SUP-PE: Ngas*) se dobavlja u ukupnim količinama od 24 TWh od kojih se više od polovice (13,2 TWh) koristi za grijanje krajnjih korisnika (*HH-Boiler*), 10,6 TWh su potrebna za industriju dok se preostale količine koriste u transportu. Biomasa (*SUP-PE: Biomass*) se također koristi za grijanje krajnjih korisnika u iznosu od 4,75 TWh, a preostalih 3,25 TWh za industriju što čini ukupno 8 TWh biomase kao ulaznog energenta. Osim plina i biomase, za opskrbu krajnjih korisnika toplinskom energijom (*DEM-H: HH*) se iskorištavaju i plitka geotermalna ležišta (3,18 TWh toplinske energije ležišta) gdje se dovođenjem 1,59 TWh električne energije uspije dobiti 4,77 TWh (*HP-HH*) toplinske energije za krajnjeg potrošača.

Ugljen (*SUP-PE: Coal*) se koristi u vrlo malim količinama te je zastupljen samo u sektoru industrije u iznosu od 990 GWh.

Gledajući ukupne dobave primarnih energenata, nuklearna energija (*SUP-PE: Nuclear Heat*) sudjeluje sa velikim udjelom u iznosu od 55,6 TWh, a od nje se dobiva 18,4 TWh električne energije što zadovoljava otprilike trećinu ukupne proizvodnje električne energije Švicarske. Dakle ukupna proizvodnja električne energije iznosi 60,1 TWh, a pored nuklearne, hidroenergija zadovoljava više od pola (33,9 TWh) od kojih 18,3 TWh od hidroelektrana bez mogućnosti akumulacije (*SUP-E: hydro river*), a 15,6 TWh od hidroelektrana sa nekakvom mogućnosti akumulacije (*SUP-E: hydro storage*) dok se preostalih 7,82 TWh uvozi (*SUP-E: Import*). Proizvedena el. energija se najviše koristi za opskrbu finalnih potrošača (*DEM-E: General*) u iznosu od 55,7 TWh, za transport 2,8 TWh, te 1,59 TWh za pogon toplinskih pumpi (*HP-HH*) i 10 GWh za pogon pumpi za pretvorbu el. energije u potencijalnu (*E-Storage: Pumped Hydro*).

Na kraju, industrija Švicarske najviše ovisi o nafti, nešto manje o biomasi i plinu dok najmanji udio ovisio ugljenu. U transportu se koristi najviše nafta, a el. energija, plin, biogoriva zadovoljavaju daleko manje taj sektor od nafte. Elektroenergetski sustav se pogoni iz hidroenergije i nuklearne energije te uvoza u manjem dijelu. U grijanju najviše sudjeluje prirodni plin, nešto manje biomasa i električna energija zajedno sa toplinskom energijom plitkih geotermalnih ležišta (*SUP-H: HP reservoir*).



Slika 2-3. Raspodjela primarne energije Švicarske

2.4 Njemačka

Njemačka kao država sa najvećom ekonomijom u Europi najviše ovisi o prirodnom plinu kojeg dobavlja u iznosu od 1080 TWh (*SUP-PE: Ngas*) što je vidljivo na Slici 2-4. Plin se koristi u industriji (303 TWh), za grijanje kod krajnjih potrošača (371 TWh) i za energetske transformacije (392,24 TWh) dok se manji dio koristi u sektoru transporta (9,73 TWh).

Nafta (*SUP-PE: Oil*) opskrbljuje njemačko tržište u iznosu od 849 TWh, a najviše (533 TWh) se koristi u transportu (*DEM: Transport*) zajedno sa biogorivima (38,9 TWh). U industriji se koristi 303 TWh nafte, a ostatak za energetske transformacije u ukupnom iznosu od 13,38 TWh od kojih se većina koristi za postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) u iznosu od 9,40 TWh.

Biomasa (*SUP-PE: Biomass*) i ugljen (*SUP-PE: Coal*) također imaju važnu ulogu u proizvodnji električne i toplinske energije. Ukupna količina biomase koja opskrbljuje njemačko tržište iznosi 315 TWh. Najviše se koristi za energetske transformacije (191,2 TWh) i za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*) 85,4 TWh, a ostalih 38,6 TWh za potrebe industrije (*DEM: Industry+Various*). Ugljen kao energent je nešto slabije zastupljen te se dobavlja u količinama 238 TWh godišnje. Većina se koristi za energetske

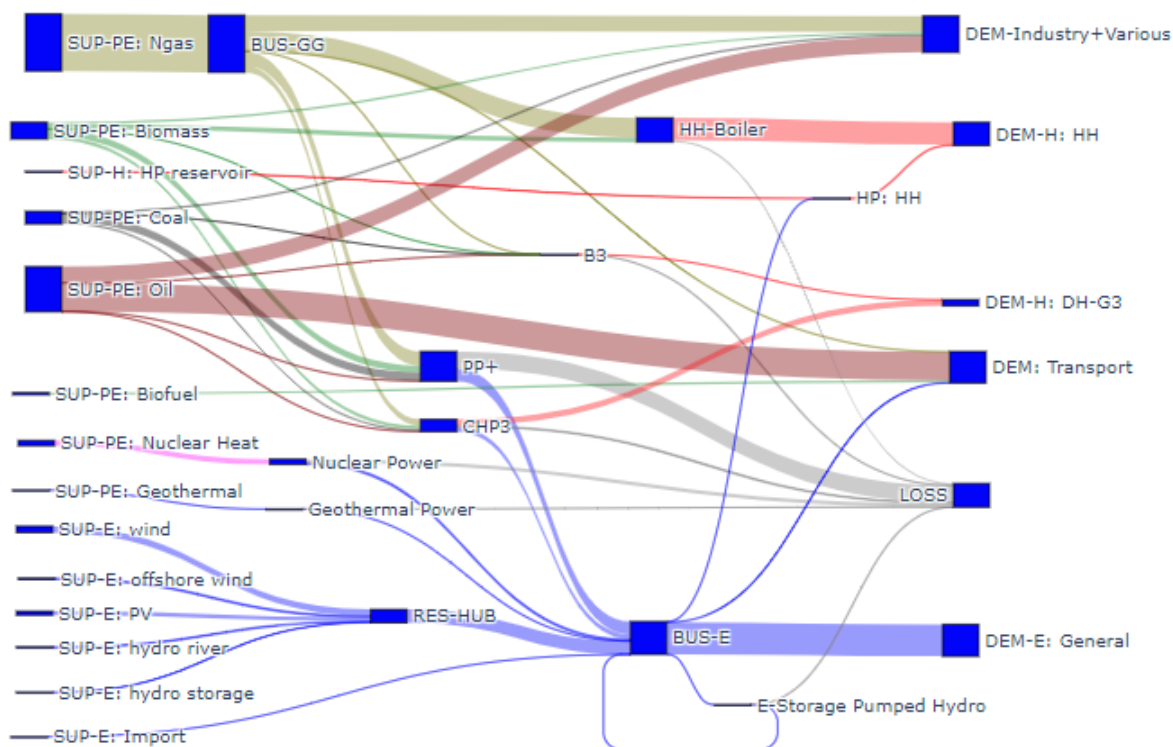
transformacije (155 TWh za *PP+* i 40,5 TWh za *CHP3* postrojenja, manje količine za *B3*) u ukupnom iznosu 196,23 TWh, a preostala 42 TWh se koriste u industrijskom sektoru.

Gledajući energetske transformacije, vidljivo je da su energetske najintenzivnija postrojenja ona koja proizvode isključivo el. energiju, odnosno koja su u kondenzacijskom režimu rada (*PP+*) sa ukupnim ulazom 559 TWh kemijske energije primarnih energenata. Od toga najveći udio čini prirodni plin (266 TWh), zatim ugljen (155 TWh) i biomasa (129 TWh) dok ostatak zadovoljava nafta (9,4 TWh). Rezultat pretvorbe je 241 TWh el. energije što znači da ukupna učinkovitost ovakvih postrojenja iznosi oko 43%. Kogeneracijska postrojenja (*CHP3*) imaju ukupan ulaz 230 TWh primarnih energenata od kojih najveći udio ima prirodni plin (124 TWh), zatim biomasa (61,1 TWh) i ugljen (40,5 TWh), a nafta (3,91 TWh) ima najmanji udio. Rezultat pretvorba kogeneracijskih postrojenja su 91,9 TWh električne i 115 TWh toplinske energije uz ukupnu učinkovitost od 90%. Toplinska energija iz kogeneracijskih postrojenja gotovo u potpunosti zadovoljava potrebe područnog grijanja (*DH-G3*), međutim još dodatnih 3,73 TWh toplinske energije dolazi iz kotlova (*B3*) koji kao pogonska goriva koriste uglavnom plin i biomasu te manje količine ugljena i nafte.

Njemačka proizvodi ukupno 618 TWh električne energije godišnje (*BUS-E*) od kojih više od pola (332,9 TWh) dolazi iz već spomenutih energetske transformacije. 251 TWh dolazi iz obnovljivih izvora (*RES-HUB*) od kojih 119 TWh čini kopneni vjetar (*SUP-E: wind*), a za 26,6 TWh je zaslužan odobalni vjetar (*SUP-E: offshore wind*). PV (*SUP-E: PV*) proizvode 72,5 TWh, hidroelektrane bez mogućnosti akumulacije 22,3 TWh (*SUP-E: hydro river*), dok one koje imaju mogućnost akumulacije proizvode 10,9 TWh (*SUP-E: hydro storage*). Osim iz energetske transformacije i OIE, 32,4 TWh električne energije se proizvodi nuklearnim elektranama (*Nuclear Power*) koje imaju učinkovitost od otprilike 33%. Također se iskorištava geotermalna energija (3,39 TWh toplinske energije) za proizvodnju el. energije u iznosu od 340 GWh uz iskoristivost oko 10%. Ostatak električne energije se uvozi (40 GWh), a moguće je i skladištenje energije u obliku potencijalne (*Pumped Hydro*) koji daju 390 GWh el. energije godišnje. Od ukupno proizvedenih 618 TWh el. energije, 601 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 5,31 TWh se utroši na toplinske pumpe (*HP: HH*) za dobivanje toplinske energije, a ostatak el. energije se koristi u transportu (11,1 TWh).

Dakle vidljivo je da Njemačka industrija ovisi pretežito o plinu i nafti sa manjim udjelom biomase i ugljena. Grijanje kod krajnjeg korisnika najviše zadovoljava prirodni plin,

a manje biomasa i toplinske pumpe dok je područno grijanje zadovoljeno iz energetske transformacije. Transport gotovo u potpunosti ovisi o nafti, a biogoriva, plin i el. energija zajedno zadovoljavaju samo oko 10% potražnje.



Slika 2-4. Raspodjela primarne energije Njemačke

2.5 Češka

Češka prema Slici 2-5 najviše koristi naftu (*SUP-PE: Oil*) kao ulazni energent u iznosu od 140 TWh, a najveći udio (65,9 TWh) ima u transportu (*DEM: Transport*) u kojem se koriste i biogoriva (4,35 TWh). U industriji (*DEM: Industry+Various*) se koristi 28,8 TWh nafte, a značajne količine za energetske transformacije u ukupnom iznosu od 59,01 TWh od kojih se većina koristi za postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) u iznosu od 41,14 TWh.

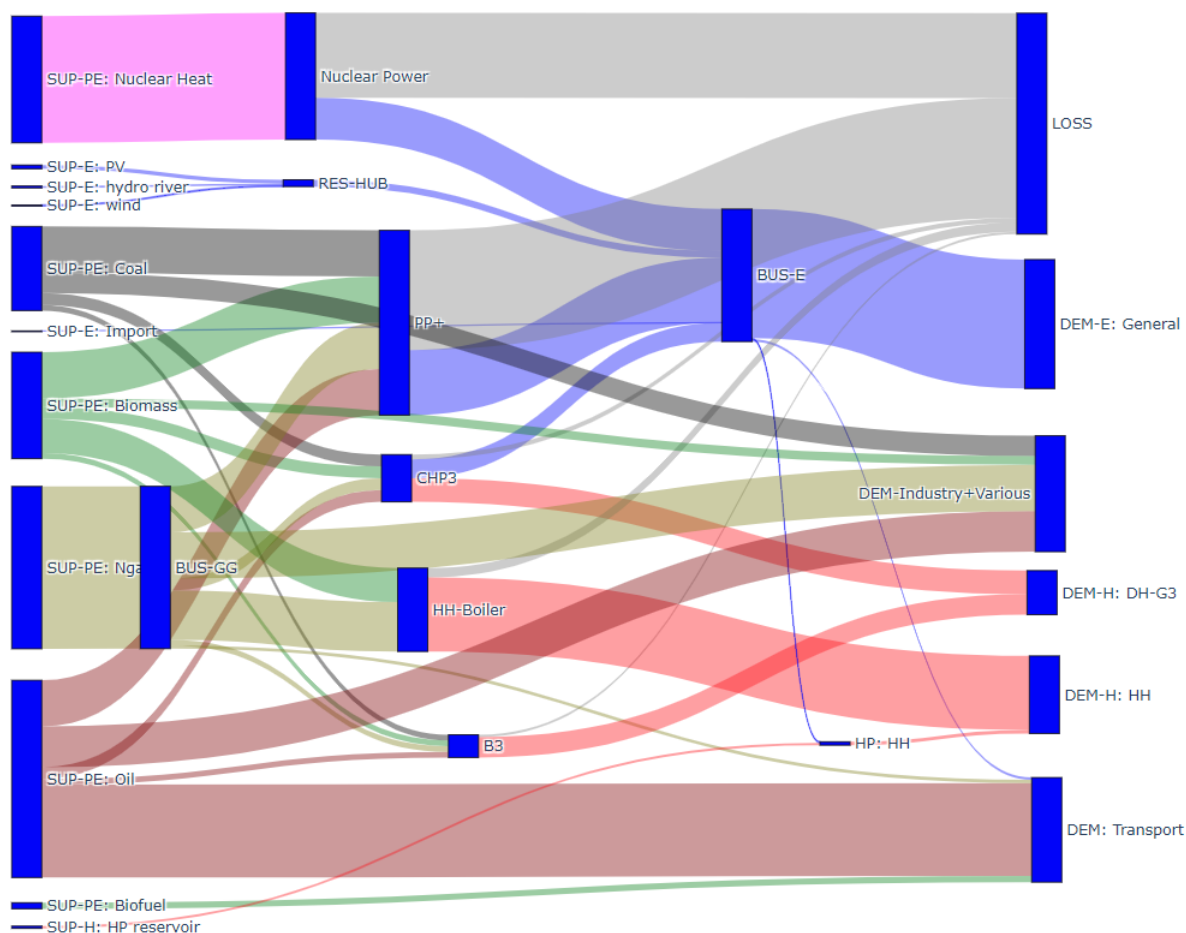
Plin (*SUP-PE: NGas*) se dobavlja u ukupnom iznosu od 115 TWh te se podjednako koristi za energetske transformacije (41,14 TWh), industriju (32,7 TWh) i grijanje krajnjih potrošača (35 TWh), a manji dio se koristi u sektoru transporta (2,27 TWh). Za grijanje krajnjih potrošača se također koristi 1,64 TWh toplinske energije plitkih geotermalnih ležišta kojima se uz pomoć 820 GWh el. energije dobiva 2,45 TWh toplinske energije.

Ukupna količina biomase (*SUP-PE: Biomass*) koja opskrbljuje češko tržište iznosi 75 TWh i najvećim dijelom (41,14 TWh) se koristi za energetske transformacije (*CHP3* i *PP+*), za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*) se koristi 24,2 TWh, a sektor industrije koristi preostalih 6,16 TWh. Ugljen kao energent se dobavlja u količinama 59,7 TWh godišnje od čega se 41,14 TWh koristi za energetske transformacije (32,8 TWh za *PP+*), a preostalih 14,5 TWh se koriste u sektoru industrije i 4,03 TWh u kotlovima za područno grijanje (*B3*).

U kategoriji energetske transformacije, energetski najintenzivnija su postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) sa ukupnim ulazom od 131 TWh energenata, odnosno prirodni plin, nafta, ugljen i biomasa su podjednako raspodijeljeni kao ulazni energenti. Nakon transformacije dobiva se 46,1 TWh električne energije uz iskoristivost od 35%. U kogeneracijskim postrojenjima je slična situacija što se tiče raspodjele energenata, dakle plin, nafta, ugljen i biomasa su podjednako zastupljeni, ali zajedno čine znatno manji iznos od 33,5 TWh od kojih se dobiva 13,4 TWh električne i 16,8 TWh toplinske energije sa ukupnom iskoristivosti od 90%. Sva toplinska energija iz kogeneracijskih postrojenja se u potpunosti upotrebljava za područno grijanje (*DH-G3*), a još dodatnih 14,5 TWh toplinske energije dolazi iz kotlova (*B3*) koji kao pogonska goriva isto koriste plin, naftu, ugljen i biomasu u ukupnom iznosu od 16,1 TWh.

Češka proizvodi ukupno 94 TWh električne energije od kojih 59,5 TWh dolazi iz energetske transformacije (iz *PP+* postrojenja čak 46,1 TWh), a iz nuklearne energije se dobiva 29,7 TWh električne energije. Iz obnovljivih izvora energije (*RES-HUB*) dolazi 4,83 TWh od kojih najveći udio (2,68 TWh) ima PV (*SUP-E: PV*), hidroelektrane bez mogućnosti akumulacije (*SUP-E: hydro river*) proizvode 1,4 TWh, a iz vjetra (*SUP-E: wind*) se dobiva 750 GWh. Preostalih 20 GWh dobiveno je iz uvoza (*SUP-E: Import*). Od ukupno proizvedenih 94 TWh el. energije, 91,5 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 820 GWh se utroši na toplinske pumpe (*HP: HH*) za dobivanje toplinske energije, a ostatak el. energije se koristi u transportu (1,64 TWh).

Dakle, industrija Češke uglavnom ovisi o plinu i nafti, te nešto manje o ugljenu i biomasi. U transportu dominira nafta, dok se plin, biogoriva i el. energija nalaze u manjim iznosima. elektroenergetski sustav uglavnom ovisi o fosilnim gorivima. Grijanje krajnjeg korisnika najviše zadovoljava prirodni plin, a manje biomasa i toplinske pumpe dok je područno grijanje zadovoljeno iz energetske transformacije.



Slika 2-5. Raspodjela primarne energije Republike Češke

2.6 Poljska

Za razliku od ostalih srednjoeuropskih zemalja, Poljska najviše koristi ugljen (*SUP-PE: Coal*) kao ulazni energent u iznosu od 356 TWh, a najviše je potrebno za energetske transformacije (ukupno 324,7 TWh) što je vidljivo na Slici 2-6. Postrojenja koja proizvode samo električnu energiju (*PP+*) koriste čak 219 TWh ugljena, kogeneracijska postrojenja 76,2 TWh (*CHP3*), kotlovi za područno grijanje 29,5 TWh (*B3*), dok se preostalih 31,3 TWh ugljena koristi u industriji (*DEM: Industry + Various*).

Nafta (*SUP-PE: Oil*) opskrbljuje poljsko tržište u iznosu od 278 TWh koja se većinski (212 TWh) koristi u transportu (*DEM: Transport*) zajedno sa biogorivima (12,1 TWh). U industriji se koristi 61,8 TWh nafte, a ostatak za energetske transformacije u ukupnom iznosu od 4,43 TWh.

Prirodni plin (*SUP-PE: NGas*) se dobavlja u ukupnom iznosu od 202 TWh od čega se polovica (101 TWh) koristi za industriju, 58,5 TWh za grijanje krajnjih potrošača (*HH-*

Boiler), 26,3 TWh za transport, a preostali i najmanji dio se koristi u sektoru energetske transformacije u ukupnom iznosu od 16,4 TWh. Za grijanje krajnjih potrošača se također koristi 2,31 TWh toplinske energije plitkih geotermalnih ležišta (*SUP-H: HP reservoir*) kojima se uz pomoć 1,16 TWh el. energije dobiva 3,47 TWh toplinske energije.

Ukupna količina biomase (*SUP-PE: Biomass*) na poljskom tržištu iznosi 188 TWh od kojih se više od polovice koristi za energetske transformacije od ukupno 100,49 TWh (93,5 TWh za *PP+* postrojenja), za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*) se koristi 64,1 TWh, a sektor industrije koristi preostalih 23,4 TWh.

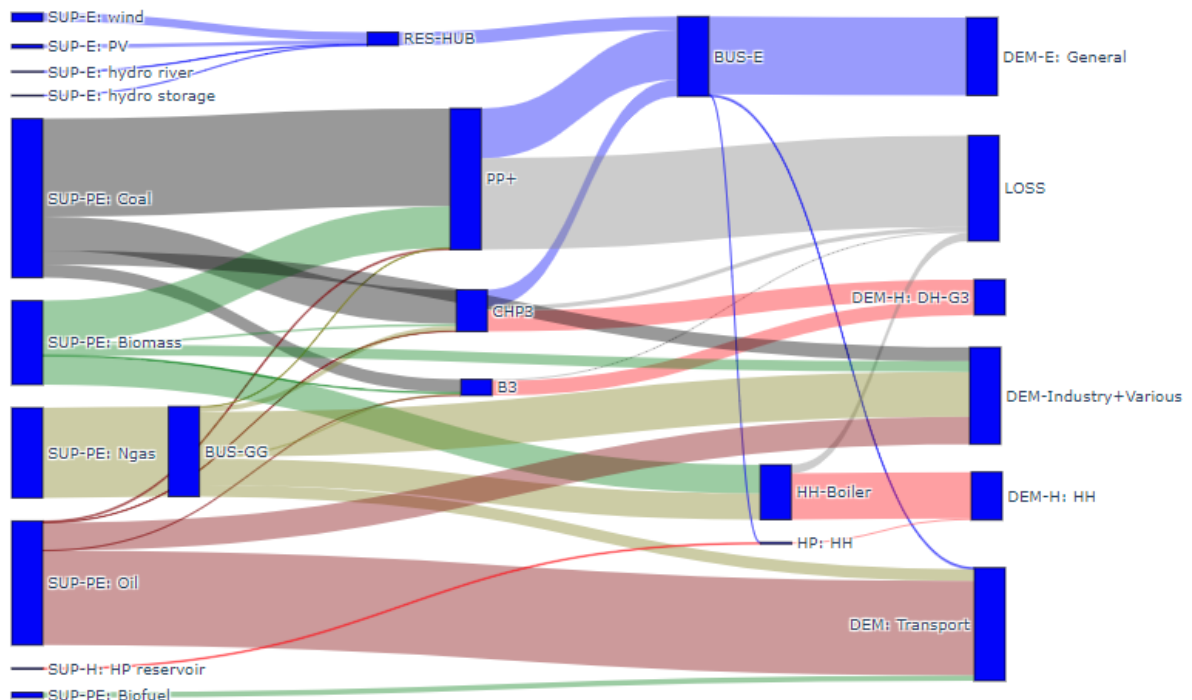
Sektor energetske transformacije Poljske je prilično energetski zahtjevan, a najintenzivnija su postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) sa ukupnim ulazom od 316 TWh energenata od kojih ugljen čini čak 219 TWh dok biomasa sudjeluje sa 93,5 TWh, a preostali manje značajan udio čine nafta (2,88 TWh) i plin (1,13 TWh). Nakon transformacije dobiva se 112 TWh električne energije uz iskoristivost od 35%.

U kogeneracijskim postrojenjima (*CHP3*) je ugljen također glavni ulazni energent sa 76,2 TWh, plin čini 11 TWh, biomasa 5,04 TWh i nafta 1,12 TWh što je ukupno 93,3 TWh ulazne energije. Kogeneracijskim postrojenjima dobiva se 37,3 TWh električne i 46,7 TWh toplinske energije sa ukupnom iskoristivosti od oko 90%. Sva toplinska energija se u potpunosti koristi za područno grijanje (*DH-G3*), a još dodatnih 32,6 TWh toplinske energije dolazi iz kotlova (*B3*) koji kao pogonska goriva također najviše koriste ugljen (29,5 TWh), zatim plin (4,27 TWh), biomasu (1,95 TWh) i naftu (430 GWh) u ukupnom iznosu od 36,2 TWh uz učinkovitost pretvorbe 90%.

Poljski elektroenergetski sustav proizvodi ukupno 179 TWh električne energije (*BUS-E*) od kojih 149,3 TWh dolazi iz energetske transformacije, većinom *PP+* postrojenja sa čak 112 TWh dok iz kogeneracijskih postrojenja dolazi 37,3 TWh. Obnovljivi izvori energije (*RES-HUB*) sudjeluju ukupno sa 29,6 TWh sa najvećim udjelom vjetra (*SUP-E: wind*) od 19 TWh, zatim PV (*SUP-E: PV*) sa 8,16 TWh dok hidroelektrane (*SUP-E: hydro river* i *hydro storage*) čine samo 2,5 TWh. Od ukupno proizvedenih 179 TWh el. energije, 174 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 3,17 TWh se koristi u transportu, a preostalih 1,16 TWh se utroši na toplinske pumpe za dobivanje toplinske energije.

Prema svemu, Poljska proizvodnja električne energije najviše ovisi o ugljenu kao ulaznom energentu, industrija uglavnom o plinu i nafti te nešto manje o biomasu i ugljenu.

U transportu nafta ima najvažniju ulogu, dok se plin, biogoriva i el. energija koriste u manjoj mjeri. Grijanje krajnjeg korisnika najviše zadovoljava biomasa, a neznatno manje plin dok toplinske pumpe imaju gotovo neprimjetnu ulogu. Područno grijanje zadovoljeno iz energetske transformacije, dakle najviše toplinske energije u tom sektoru dolazi iz ugljena kao primarnog energenta.



Slika 2-6. Raspodjela primarne energije Republike Poljske

2.7 Mađarska

Mađarska, gledajući Sliku 2-7, najviše ovisi o prirodnom plinu (*SUP-PE: NGas*) kao ulaznom energentu te ga dobavlja u iznosu od 116 TWh. Koristi se uglavnom za grijanje finalnih potrošača (49.5 TWh) te za energetske transformacije (ukupno 39,7 TWh). Plin (26,7 TWh) se također koristi u industriji (*DEM: Industry + Various*) dok se manji dio (180 GWh) koristi u sektoru transporta (*DEM: Transport*)

Nafta opskrbljuje mađarsko tržište u iznosu od 78,8 TWh, a najviše se koristi u transportu (46,5 TWh) zajedno sa biogorivima (3,25 TWh). U industriji je nafta važan energent te se koristi 32,3 TWh, a ostalih 10 GWh za energetske transformacije, odnosno za postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*).

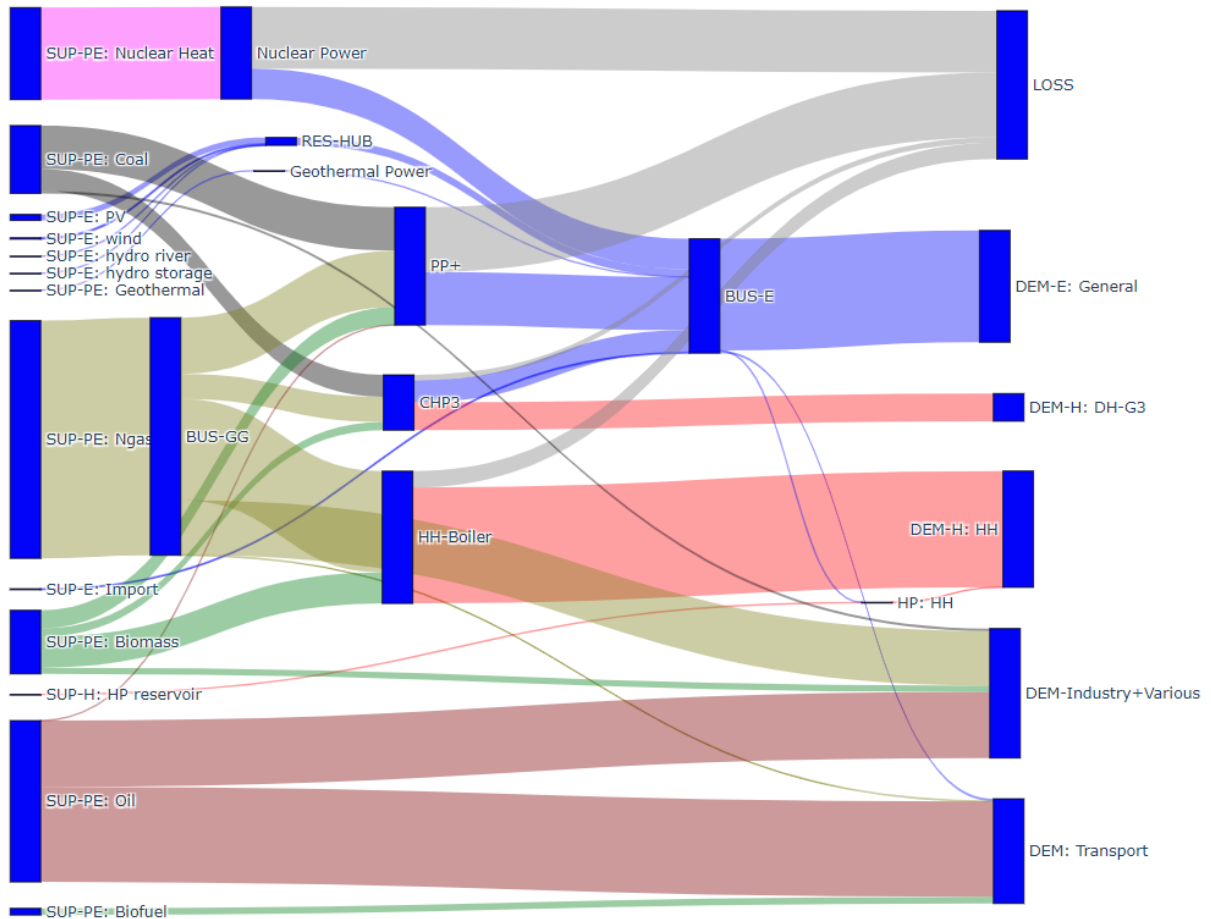
Ugljen (*SUP-PE: Coal*) i biomasa (*SUP-PE: Biomass*) su također važni u proizvodnji električne i toplinske energije. Opskrba biomasom na mađarskom tržištu iznosi 31,1 TWh te se polovica koristi za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*), za energetske transformacije (12,88 TWh), a ostalih 3,05 TWh odlazi u industriju. Ugljen kao energent je nešto više zastupljen te se dobavlja u količinama od 33,1 TWh godišnje. Gotovo sav ugljen se koristi za energetske transformacije, tj. 21,2 TWh se koristi u postrojenjima za proizvodnju el. energije dok se 10,7 TWh koristi u kogeneracijskim postrojenjima, preostalih 1,21 TWh se koristi u sektoru industrije.

U sektoru energetskih transformacija, vidljivo je da su energetske najintenzivnija postrojenja ona koja proizvode isključivo el. energiju, odnosno *PP+* postrojenja sa ukupnim ulazom 57,5 TWh svih energenata. Od toga je najzastupljeniji prirodni plin (27,5 TWh), zatim ugljen (21,2 TWh) i biomasa (8,85 TWh) dok preostali manji dio zadovoljava nafta (10 GWh). Rezultat pretvorbe *PP+* postrojenja su 25,9 TWh el. energije sa ukupnom učinkovitosti od oko 45%. Kogeneracijska postrojenja (*CHP3*) imaju ukupnu dobavu 27 TWh primarnih energenata od kojih najveći udio imaju prirodni plin (12,2 TWh) i ugljen (10,7 TWh) te manji dio biomasa (4,03 TWh). Rezultat korištenja ovih energenata u kogeneracijskim postrojenjima su 10,8 TWh električne i 13,5 TWh toplinske energije sa ukupnom učinkovitosti od 90%. Toplinska energija koja dolazi iz kogeneracijskih postrojenja u potpunosti zadovoljava potrebe područnog grijanja (*DH-G3*).

Mađarska proizvodi ukupno 55,9 TWh električne energije godišnje (*BUS-E*) od kojih 36,7 TWh dolazi iz već spomenutih energetskih transformacija, 14,8 TWh se proizvodi nuklearnom energijom (*SUP-PE: Nuclear Heat*), a 3,85 TWh dolazi iz obnovljivih izvora (*RES-HUB*) od kojih 2,95 TWh čini PV (*SUP-E: PV*), vjetar (*SUP-E: wind*) čini 690 GWh, dok hidroelektrane bez mogućnosti akumulacije sudjeluju sa 140 GWh (*hydro river*), dok one koje imaju mogućnost akumulacije sa 70 GWh (*hydro storage*). Također, iskorištavanjem geotermalne energije (60 GWh toplinske energije ležišta) dobiva se 10 GWh el. energije uz iskoristivost oko 16%. Preostalih 410 GWh dolazi iz uvoza (*SUP-E: Import*). Od ukupno proizvedenih 55,9 TWh el. energije, gotovo sve (54,6 TWh) se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 60 GWh se utroši na toplinske pumpe (*HP: HH*) za dobivanje toplinske energije, a preostalih 1,21 TWh el. energije se koristi u transportu.

Prema svemu, Mađarska industrija ovisi pretežito o nafti i plinu gotovo neznatnim udjelom biomase i ugljena. Grijanje krajnjeg potrošača uglavnom se zadovoljava plinom, a

manje biomasom i još manje toplinskim pumpama dok je područno grijanje zadovoljeno kogeneracijskim postrojenjima. Transport je gotovo u potpunosti ovisan o nafti, a biogoriva, plin i el. energija zajedno zadovoljavaju samo oko 9% potreba transporta.



Slika 2-7. Raspodjela primarne energije Republike Mađarske

2.8 Slovačka

Slovačka kao i mnoge srednjoeuropske zemlje najviše ovisi o prirodnom plinu (*SUP-PE: NGas*) kao ulaznom energentu te ga dobavlja u iznosu od 61,9 TWh što je prikazano na Slici 2-8. Otprilike trećina plina (21,4 TWh) se koristi u sektoru industrije (*DEM: Industry + Various*), zatim se još jedna trećina koristi za energetske transformacije (ukupno 21,45 TWh), a za grijanje finalnih potrošača (*HH-Boiler*) je potrebno 17,7 TWh dok se manji dio koristi za potrebe transporta (1,33 TWh).

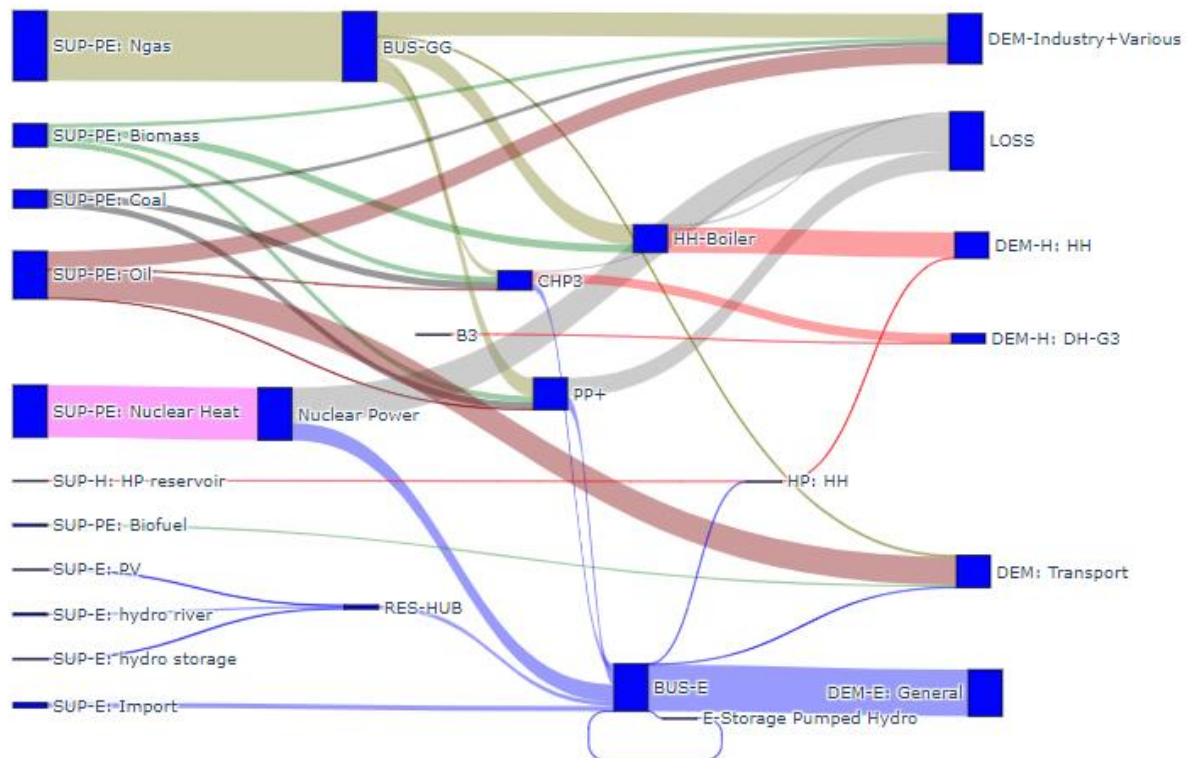
Nafta (*SUP-PE: Oil*) se na slovačkom tržištu plasira u iznosu od 42,3 TWh, a najviše se koristi u transportu (25 TWh) zajedno sa biogorivima (1,81 TWh). Znatno udio nafte je također važan za industriju (15,9 TWh), a manje količine se koriste za energetske transformacije (ukupno 1,33 TWh).

Biomasa (*SUP-PE: Biomass*) i ugljen (*SUP-PE: Coal*) također imaju primjetnu ulogu u proizvodnji električne i toplinske energije. Ukupna količina biomase na slovačkom tržištu iznosi 20,5 TWh te se najviše koristi u području energetske transformacije (10,6 TWh), za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*) je potrebno 6,95 TWh, a preostalih 3,5 TWh odlazi u industriju. Uz biomasu i plin, iskorištavaju se i plitka geotermalna ležišta (*SUP-H: HP reservoir*) za grijanje krajnjeg potrošača, odnosno 200 GWh el. energije omogućava dobivanje 590 GWh toplinske energije. Ugljen (*SUP-PE: Coal*) je nešto slabije zastupljen te se ukupno dobavlja 37,3 TWh godišnje. Oko $\frac{3}{4}$ ugljena se koristi za energetske transformacije, tj. 12,54 TWh ugljena je podjednako raspoređeno između *PP+* i kogeneracijskih postrojenja. Preostalih 3,47 TWh se koristi u sektoru industrije.

U sektoru energetske transformacije, postrojenja koja proizvode isključivo el. energiju (*PP+*) su nešto intenzivnija od onih kogeneracijskih (*CHP3*), odnosno *PP+* postrojenja imaju ukupni ulaz 28,3 TWh svih energenata. Od toga je najviše plina (16,2 TWh), zatim ugljen (6,13 TWh) i biomasa (5,3 TWh) dok najmanji dio zadovoljava nafta (630 GWh). Rezultat pretvorbe *PP+* postrojenja je 11,6 TWh el. energije sa ukupnom učinkovitosti od oko 41%. Kogeneracijska postrojenja (*CHP3*) imaju nešto manju ukupnu dobavu (17,1 TWh) primarnih energenata od kojih su ugljen (6,41 TWh), plin (5,25 TWh) i biomasa (4,76 TWh) relativno podjednako raspoređeni dok nafta zadovoljava najmanji udio (680 GWh). Kogeneracijskim postrojenjima dobiveno je 6,84 TWh električne i 8,55 TWh toplinske energije sa ukupnom učinkovitosti od 90%. Toplinska energija koja dolazi iz kogeneracijskih postrojenja većinski zadovoljava potrebe područnog grijanja (*DH-G3*), a kotlovi (B3) dodaju još 10 GWh toplinske energije.

Slovačka proizvodi ukupno 42 TWh električne energije godišnje od kojih 18,44 TWh dolazi iz energetske transformacije. Obnovljivi izvori (*RES-HUB*) sudjeluju sa ukupno 3,65 TWh od kojih 790 GWh čini PV, hidroelektrane bez mogućnosti akumulacije sudjeluju sa 1,95 TWh (*SUP-E: hydro river*), dok one koje imaju mogućnost akumulacije sa 910 GWh (*SUP-E: hydro storage*). Pored energetske transformacije i OIE, velik dio (15,3 TWh) električne energije se proizvodi nuklearnim elektranama (*Nuclear Power*). Preostalih 4,66 TWh dolazi iz uvoza (*SUP-E: Import*). Od ukupno proizvedenih 42 TWh el. energije, 41,3 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 200 GWh se utroši na toplinske pumpe (*HP: HH*) za dobivanje toplinske energije, 10 GWh se koristi za pretvaranje el. energije u potencijalnu (*E-storage: pumped hydro*), a preostalih 500 GWh el. energije se koristi u transportu.

Na kraju, Slovačka industrija ovisi pretežito o nafti i plinu te manjim dijelom biomase i ugljena. Grijanje krajnjeg potrošača uglavnom se zadovoljava plinom, nešto manje biomasom i još neznatne količine toplinskim pumpama dok je područno grijanje zadovoljeno kogeneracijskim postrojenjima. Transport je gotovo u potpunosti ovisan o nafti, a biogoriva, plin i el. energija zajedno zadovoljavaju oko 13% potreba transporta.



Slika 2-8. Raspodjela primarne energije Republike Slovačke

2.9 Slovenija

Prema Slici 2-9, Slovenija najviše koristi naftu (*SUP-PE: Oil*) kao ulazni energent u iznosu od 19,7 TWh, a najveći udio (18,4 TWh) ima u transportu (*DEM: Transport*) u kojem se koriste i biogoriva (1.08 TWh). U industriji (*DEM: Industry + Various*) se koristi 2.70 TWh nafte te minimalne količine za energetske transformacije u ukupnom iznosu od 70 GWh.

Plin (*SUP-PE: NGas*) se dobavlja u ukupnom iznosu od 8,88 TWh od kojih se 1,92 TWh koristi za energetske transformacije, za industriju se troši više od pola ukupnih količina plina, tj. 5,29 TWh, za grijanje kod krajnjih potrošača 1,51 TWh (*HH: Boiler*), a manji dio se koristi u sektoru transporta (150 GWh). Za grijanje krajnjih potrošača se također koristi

370 GWh toplinske energije plitkih geotermalnih ležišta (*SUP-H: HP reservoir*) kojima se uz pomoć 180 GWh el. energije dobiva 550 GWh toplinske energije.

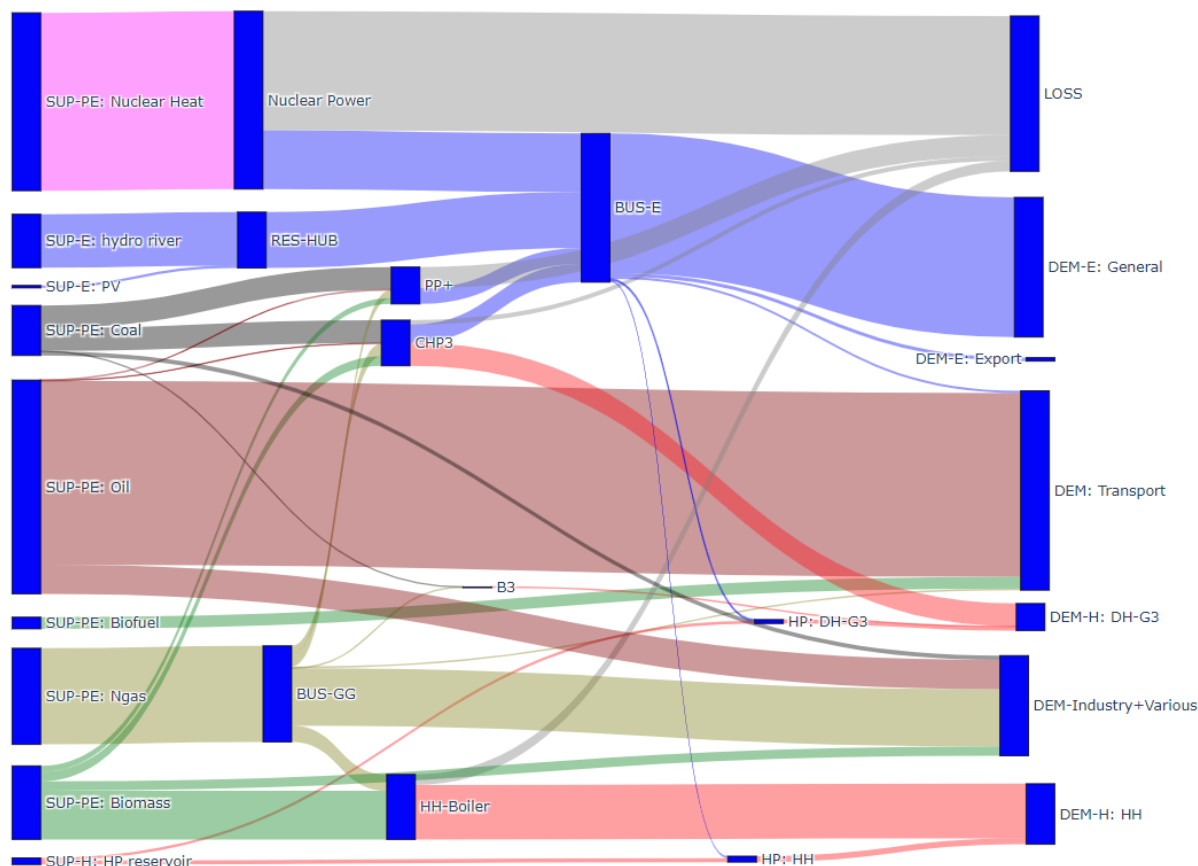
Ukupna količina biomase (*SUP-PE: Biomass*) na slovenskom tržištu iznosi 6,79 TWh i koristi se za potrebe grijanja krajnjih potrošača (*HH-Boiler*) u iznosu od 4.50 TWh, za energetske transformacije 1,43 TWh, a sektor industrije koristi preostalih 860 GWh. Ugljen (*SUP-PE: Coal*) kao energent se dobavlja u količinama 4,62 TWh godišnje koji se gotovo isključivo koristi za energetske transformacije (2,08 TWh za *PP+*, 2,13 TWh za *CHP3*), a preostalih 400 GWh se koriste u sektoru industrije.

Što se tiče energetske transformacije, kogeneracijska postrojenja (*CHP3*) troše najviše energenata sa ukupnim ulazom od 4,22 TWh, od kojih 2,13 TWh zadovoljava ugljen, 1,17 TWh plin, 880 GWh biomasa te najmanje nafta (40 GWh). Nakon transformacije dobiva se 1,69 TWh električne energije i 2,11 TWh toplinske energije. Sva toplinska energija iz kogeneracijskih postrojenja se u potpunosti upotrebljava za područno grijanje (*DEM-H: DH-G3*), a uz pomoć 123 GWh el. energije još dodatnih 370 GWh toplinske energije dolazi iz toplinskih pumpi (*HP: DH-G3*). Postrojenja koja proizvode samo el. energiju (*PP+*) imaju sličnu situaciju što se tiče raspodjele energenata, dakle od ukupno 3,41 TWh, ugljen čini 2,08 TWh, plin 750 GWh, biomasa 550 GWh te najmanje nafta (30 GWh) čime se dobiva se 1,46 TWh električne energije sa ukupnom iskoristivosti od 43%.

Slovenija proizvodi ukupno 13,3 TWh električne energije od kojih 3,15 TWh dolazi iz već spomenutih energetske transformacije, a iz nuklearne energije (*SUP-PE: Nuclear Heat*) se dobiva 5,42 TWh električne energije. Obnovljivi izvori energije (*RES-HUB*) čine 5,17 TWh koji su zapravo el. energija iz hidroelektrana (*SUP-E: hydro river*), PV (*SUP-E: PV*) ima tek manji udio od 230 GWh. Od ukupno proizvedenih 13,3 TWh el. energije, 12,9 TWh se koristi za opskrbu krajnjih potrošača (*DEM-E: General*), 303 GWh se utroši na toplinske pumpe (*HP: HH*) za dobivanje toplinske energije, 210 GWh el. energije se koristi u transportu, a ostatak se izvozi (320 GWh).

Dakle, slovenska industrija najviše ovisi o plinu i nafti, te nešto manje o biomasi uz neznatne količine ugljena. U transportu je nafta najvažniji energent, dok se plin, biogoriva i el. energija nalaze u gotovo zanemarivim iznosima. Elektroenergetski sustav uglavnom ovisi o hidroenergiji, nuklearnom i ostalim fosilnim gorivima u energetske transformacijama. Grijanje krajnjeg korisnika najviše zadovoljava biomasa, a manje plin i

toplinske pumpe dok je područno grijanje većinski zadovoljeno iz energetskih transformacija uz minimalnu količinu toplinske energije iz toplinskih pumpi.



Slika 2-9. Raspodjela primarne energije Republike Slovenije

2.10 BAU scenariji zaključak

Ono što se može lako primijetiti za sve srednjoeuropske države je njihova ovisnost o fosilnim gorivima. Sa trenutnim stanjem ulaznih energenata i potrebama svih zemalja, bez plina i nafte ili ugljena u velikim količinama ne bi mogla funkcionirati niti jedna država. Transport je gotovo isključivo ovisan o nafti dok se tek manji dio uspijeva nadoknaditi biogorivima, plinom i električnom energijom. Plin u većini država ima podjednaku ulogu, odnosno koristi se za energetske transformacije za toplinsku i električnu energiju, grijanje finalnog potrošača te za industriju. Industrija u svim srednjoeuropskim zemljama ponajviše ovisi o plinu, nešto manje o nafti, dok biogoriva u ugljen imaju znatno manju ulogu. Područna grijanja se u svim državama uglavnom zadovoljavaju iz kogeneracijskih postrojenja i kotlova koja značajno ovise o fosilnim gorivima, a grijanje sa potrošnjom energenta kod finalnog potrošača se uglavnom zadovoljava plinom i biomasom, tek nešto manje toplinskim pumpama. Izvori električne energije značajnije variraju od države do

države. Primjerice neke zemlje poput Hrvatske, Švicarske, Austrije i Slovenije imaju poprilično veliku proizvodnju el. energije iz hidroelektrana koje se svrstavaju u OIE dok ostale imaju minimalne količine, ali npr. Njemačka i Poljska imaju značajnije količine dobivene iz energije vjetra. Također Švicarska, Češka, Slovenija i Slovačka se značajnim dijelom oslanjaju na nuklearnu energiju. Ono što je zajedničko svim državama je da proizvode električnu energiju iz spomenutih energetske transformacije koje jako ovise o fosilnim gorivima. Tu se ističe najviše Poljska jer je jedina država kojoj je ugljen najvažniji energent, odnosno koristi ga najviše kao primarni energent u energetske transformacijama dok ga ostale zemlje koriste u značajno manjim količinama.

3. DEKARBONIZIRANI SCENARIJI

U ovom poglavlju su predstavljeni novi dekarbonizirani scenariji za sve države srednje Europe, odnosno uspoređeni su ulazni podaci te konačni podaci sa BAU scenarijem istih država. U novom dekarboniziranom scenariju svih srednjeeuropskih država, fokus dekarbonizacije na prometu je pomoću baterijskih električnih vozila (BEV) i vozila na gorivne članke, odnosno vodik. Elektroenergetski sustav je dekarboniziran nuklearnom energijom te obnovljivim izvorima energije, odnosno vjetrom i fotonaponskim ćelijama (PV).

3.1 Usporedba ulaznih podataka BAU scenarija i dekarboniziranog scenarija

U Tablici 3-1 su prikazani svi relevantni ulazni podaci za BAU scenarije pojedinih država, a u Tablici 3-2 novi ulazni podaci u svrhu usporedbe sa dekarboniziranim scenarijem. U prometu, za energiju određenog goriva ili energenta može se reći da predstavlja broj kilometara koji se godišnje njime može prijeći po jedinici energije, odnosno koliko je automobil sa određenom tehnologijom učinkovit te se ta vrijednost se izražava u km/kWh. Za dizel i benzin iznose 1,5 km/kWh, za vodik 3 km/kWh te za električnu energiju 5 km/kWh. U novom dekarboniziranom scenariju, svakoj državi je potrošnja dizelskog i benzinskog goriva umanjena za 5% u odnosu na BAU scenarij te se sukladno spomenutim vrijednostima ta energija, odnosno kilometri, uložili u vodik (H₂) i električnu energiju (Smart charge). Kako vodik i električna energija imaju bolju iskoristivost, tj. moguće je prijeći više kilometara po jedinici energije, potrebno je manje energije kako bi se nadoknadili isti kilometri izgubljeni smanjenjem potrošnje dizelskog i benzinskog goriva. Vrijednosti godišnje potrošnje tih energenata (vodika i *electricity smart*) i broj kilometara su dani u tablicama. *Electricity dump* predstavlja potrošnju el. energije u sektoru javnog prijevoza (npr. vlakovi, tramvaji) i nije promijenjen u novom scenariju. Za električne automobile (BEV) *smart electricity* predstavlja tehnologiju kojom se automobili pune kada postoje viškovi električne energije u svrhu balansiranja elektroenergetskog sustava. Također je moguć dvosmjerni tok električne energije odnosno iz mreže u baterije (G2V – *Grid to vehicle*) i iz baterija u mrežu (V2G – *Vehicle to grid*). Kako bi se dobila snaga potrebna za prijenos iz mreže u bateriju i obrnuto, potrebno je procijeniti broj automobila u toj kategoriji za svaku državu. Uzimajući u obzir da 1 automobil prijeđe prosječno 12 000 km godišnje i poznavajući ukupan broj kilometara za tu kategoriju (*Electricity smart*) može se procijeniti broj automobila za svaku državu:

$$\text{Broj automobila} = \frac{\text{prijeđeni kilometri}}{12\ 000\ \text{km}}$$

Nadalje, uzeto je u obzir da svaki automobil ima punjač snage 15 kW te množeći tu snagu i broj automobila se dobije ukupna snaga prijenosne mreže u baterije i obrnuto (u tablici Snaga BEV):

$$\text{Snaga BEV} = \frac{\text{broj automobila} \times 15}{1000} \text{ [MW]}$$

Uz prosječni kapacitet baterije od 35 kWh i poznati broj automobila se množeći dobije ukupan kapacitet baterija (u tablici Baterija BEV):

$$\text{Baterija BEV} = \frac{\text{broj automobila} \times 35}{1\ 000\ 000} \text{ [GWh]}$$

Kako bi se zadovoljila potražnja za vodikom u transportu u novom scenariju, potreban je minimalni električni kapacitet elektrolizatora, odnosno snaga elektrolizatora (u tablici Snaga H2). Snaga elektrolizatora dobivena je preporukom same aplikacije EnergyPLAN te je uvećana za 1,5 puta kako bi se osigurala dovoljna snaga, tj. količina vodika zbog učinkovitosti samog elektrolizatora:

$$\text{Snaga H2} = \text{preporučena vrijednost} \times 1,5 \text{ [MWe]}$$

Za kapacitet pohrane vodika (u tablici pohrana H2) je uzeta snaga elektrolizatora uvećana 2 puta:

$$\text{Pohrana H2} = \frac{\text{Snaga H2 [MWe]} \times 2}{1000} \text{ [GWh]}$$

Tablica 3-1. Ulazni podaci za BAU scenarij

| BAU scenarij | | AT | CH | CZ | DE | HR | HU | PL | SI | SK |
|-----------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Diesel | km | 1,33E+11 | 4,90E+10 | 7,90E+10 | 5,93E+11 | 2,60E+10 | 5,20E+10 | 2,62E+11 | 2,10E+10 | 3,10E+10 |
| Petrol | km | 2,30E+10 | 3,60E+10 | 2,50E+10 | 2,60E+11 | 7,00E+09 | 2,30E+10 | 7,40E+10 | 6,00E+09 | 9,00E+09 |
| Diesel | TWh | 83,87 | 30,552 | 48,54 | 356,095 | 16,29 | 31,293 | 162,413 | 13,222 | 18,974 |
| Petrol | TWh | 15,04 | 23,916 | 16,93 | 173,458 | 4,78 | 15,217 | 49,159 | 3,744 | 6,016 |
| H2 proizvodnja | TWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H2 | km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Electricity dump | TWh | 3,09 | 2,8 | 1,64 | 11,137 | 0,26 | 1,21 | 3,174 | 0,209 | 0,505 |
| Electricity dump | km | 1,55E+10 | 1,40E+10 | 8,20E+09 | 5,57E+10 | 1,30E+09 | 6,05E+09 | 1,59E+10 | 1,05E+09 | 2,53E+09 |
| Electricity smart | TWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Electricity smart | km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Snaga BEV | MW | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Baterija BEV | GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Snaga H2 | MWe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pohrana H2 | GWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuklearna snaga | MWe | 0 | 2970 | 4040 | 4056 | 0 | 1910 | 0 | 700 | 1940 |
| Nuklearna proizvodnja | TWh | 0 | 18,36 | 29,66 | 32,42 | 0 | 14,84 | 0 | 5,42 | 15,31 |
| Vjetar snaga | MW | 3198 | 0 | 339 | 55630 | 925 | 323 | 7886 | 2 | 3 |
| Vjetar proizvodnja | TWh | 7,56 | 0 | 0,75 | 119,31 | 2,54 | 0,69 | 18,96 | 0 | 0 |
| Offshore vjetar snaga | MW | 0 | 0 | 0 | 7787 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Offshore vjetar proizvodnja | TWh | 0 | 0 | 0 | 23,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PV snaga | MW | 1851 | 0 | 2054 | 56309 | 96 | 1829 | 6036 | 286 | 531 |
| PV proizvodnja | TWh | 2,32 | 0 | 2,68 | 72,48 | 0,15 | 2,95 | 8,16 | 0,23 | 0,79 |

Tablica 3-2. Ulazni podaci za novi scenarij

| Novi scenarij | | AT | CH | CZ | DE | HR | HU | PL | SI | SK |
|-----------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Diesel | km | 1,26E+11 | 4,66E+10 | 7,51E+10 | 5,63E+11 | 2,47E+10 | 4,94E+10 | 2,49E+11 | 2,00E+10 | 2,95E+10 |
| Petrol | km | 2,19E+10 | 3,42E+10 | 2,38E+10 | 2,47E+11 | 6,65E+09 | 2,19E+10 | 7,03E+10 | 5,70E+09 | 8,55E+09 |
| Diesel | TWh | 79,68 | 29,02 | 46,11 | 338,29 | 15,48 | 29,73 | 154,29 | 12,56 | 18,03 |
| Petrol | TWh | 14,29 | 22,72 | 16,08 | 164,79 | 4,54 | 14,46 | 46,70 | 3,56 | 5,72 |
| H2 | km | 6,29E+09 | 2,29E+09 | 3,64E+09 | 2,67E+10 | 1,22E+09 | 2,35E+09 | 1,22E+10 | 9,92E+08 | 1,42E+09 |
| H2 proizvodnja | TWh | 2,0968 | 0,7638 | 1,2135 | 8,9024 | 0,4073 | 0,7823 | 4,0603 | 0,3306 | 0,4744 |
| Electricity dump | TWh | 3,09 | 2,8 | 1,64 | 11,137 | 0,26 | 1,21 | 3,174 | 0,209 | 0,505 |
| Electricity dump | km | 1,55E+10 | 1,40E+10 | 8,20E+09 | 5,57E+10 | 1,30E+09 | 6,05E+09 | 1,59E+10 | 1,05E+09 | 2,53E+09 |
| Electricity smart | TWh | 0,2256 | 0,3587 | 0,2540 | 2,6019 | 0,0717 | 0,2283 | 0,7374 | 0,0562 | 0,0902 |
| Electricity smart | km | 1,13E+09 | 1,79E+09 | 1,27E+09 | 1,30E+10 | 3,59E+08 | 1,14E+09 | 3,69E+09 | 2,81E+08 | 4,51E+08 |
| Snaga BEV | MW | 1410 | 2242 | 1587 | 16262 | 448 | 1427 | 4609 | 351 | 564 |
| Baterija BEV | GWh | 3,290 | 5,232 | 3,703 | 37,944 | 1,046 | 3,329 | 10,754 | 0,819 | 1,316 |
| Snaga H2 | MWe | 1213,5 | 331,5 | 577,5 | 5151,0 | 235,5 | 453,0 | 2349,0 | 192,0 | 274,5 |
| Pohrana H2 | GWh | 2,427 | 0,663 | 1,155 | 10,302 | 0,471 | 0,906 | 4,698 | 0,384 | 0,549 |
| Nuklearna snaga | MWe | 0 | 4200 | 5300 | 5070 | 0 | 4310 | 3600 | 1900 | 3140 |
| Nuklearna proizvodnja | TWh | 0 | 25,97 | 38,91 | 40,52 | 0 | 33,48 | 12,45 | 14,71 | 24,78 |
| Vjetar snaga | MW | 5116,8 | 4000 | 542,4 | 89008 | 2000 | 516,8 | 19715 | 100 | 100 |
| Vjetar proizvodnja | TWh | 12,09 | 7,17 | 1,2 | 190,9 | 5,5 | 1,11 | 47,39 | 0,11 | 0,15 |
| Offshore vjetar snaga | MW | 0 | 0 | 0 | 11680,5 | 300 | 0 | 4500 | 0 | 0 |
| Offshore vjetar proizvodnja | TWh | 0 | 0 | 0 | 36,37 | 0,81 | 0 | 14,51 | 0 | 0 |
| PV snaga | MW | 3146,7 | 3000 | 3491,8 | 95725,3 | 2000 | 3109,3 | 10261,2 | 486,2 | 902,7 |
| PV proizvodnja | TWh | 3,94 | 1,93 | 4,55 | 123,21 | 3,2 | 5,02 | 13,88 | 0,39 | 1,35 |

Gledajući ulazne podatke u tablici BAU scenarija jedino Austrija, Hrvatska i Poljska nemaju instalirane nuklearne kapacitete. U novom scenariju Austrija i Hrvatska i dalje nemaju nuklearne kapacitete, ali Poljska ima. Sve države koje su već imale nuklearnu energiju u novom scenariju imaju povećane kapacitete u iznosima vidljivim u Tablici 3-2 (nuklearna snaga).

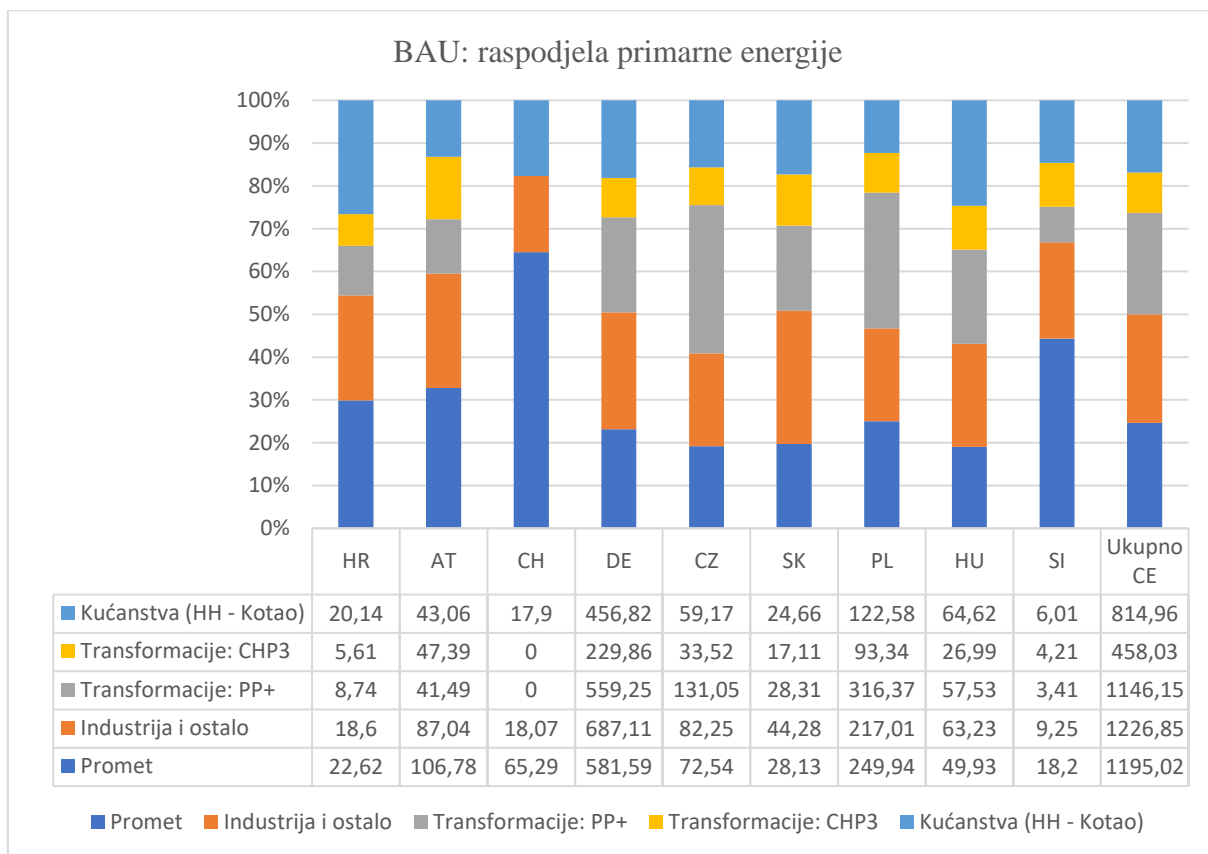
Također, u novom scenariju su povećani kapaciteti vjetra, offshore vjetra te fotonaponskih ćelija. Povećanja u kapacitetima su napravljena slobodne volje te su njihove vrijednosti vidljive također u Tablici 2. Primjerice za Republiku Hrvatsku, nuklearna energija je ostala ista, kapacitet vjetra je povećan na 3000 MW, offshore vjetar na 300 MW, a PV snaga na 2000 MW. Iznosi proizvodnje energije iz pojedinih izvora također se nalaze u tablicama, ali su detaljnije analizirani u sljedećem poglavlju.

3.2 Analiza izlaznih podataka BAU scenarija i dekarboniziranog scenarija

Nakon usporedbe ulaznih podataka BAU i novog scenarija, u ovom poglavlju uspoređeni su rezultati tih izmjena, odnosno kako je izmjena ulaznih podataka utjecala na raspodjelu primarne energije, strukturu energetskeg miksa za električnu energiju, udio OIE u primarnoj energiji, uvoz i izvoz električne energije te u konačnici utjecaj na emisije CO₂.

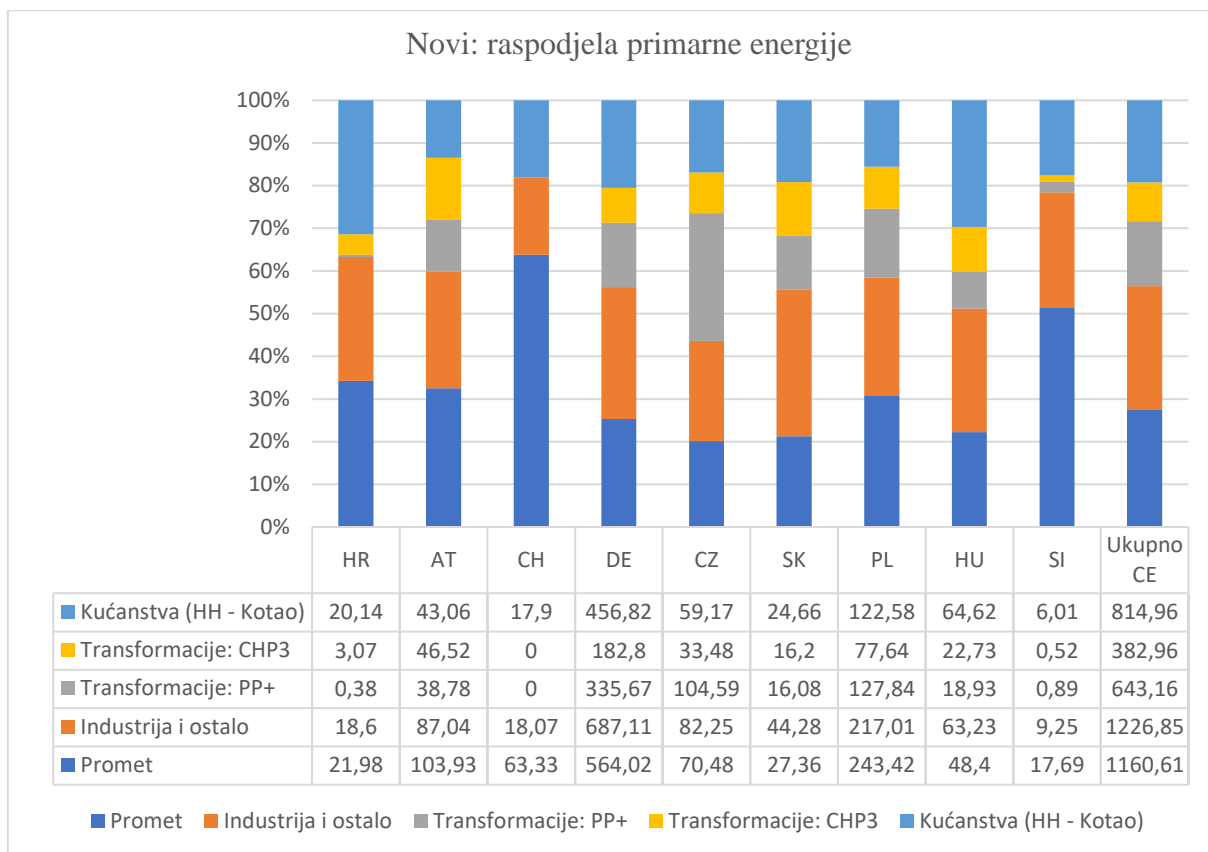
3.2.1 *Raspodjela primarne energije*

Gledajući raspodjelu primarne energije BAU scenarija (Slika 3-1) i raspodjelu primarne energije novog scenarija (Slika 3-2) mogu se uočiti promjene, odnosno smanjenja potrošnje primarnih energenata u sektoru energetske transformacije i prometa u novom scenariju. Ukupno za sve države Srednje Europe, najveći ukupan pad u potrošnji energenata je za postrojenja koja proizvode samo električnu energiju (Transformacije: PP+) sa 1146,15 TWh na 643,16 TWh godišnje u novom scenariju, što je smanjenje od skoro 44%. Njemačka i Poljska imaju najveće smanjenje u ukupnom iznosu što je i logično jer imaju najveću potražnju. Za ukupno smanjenje potražnje su najviše zaslužni dodatni nuklearni kapaciteti, ali i OIE s obzirom da se proizvodnja el. energije iz njih ne ubraja u transformacije, već su zasebna kategorija. Pad potražnje primarnih energenata kogeneracijskih postrojenja (Transformacije: CHP3) je manje drastičan, ali i dalje značajan. Sa 458,03 TWh u BAU scenariju, potražnja se smanjila na 382,96 TWh godišnje u novom scenariju, tj. manja je 16%. Sektor prometa također bilježi pad potražnje u novom scenariju sa 1195,02 TWh na 1160,61 TWh energenata, odnosno smanjenje potražnje iznosi gotovo 3%. Podsjećam da je



Slika 3-1 BAU scenarij: raspodjela primarne energije u TWh

u prošlom poglavlju objašnjeno kako se smanjenjem potrošnje benzina i dizela za 5% te ulaganje iste energije u transport na vodik i električna vozila može smanjiti ukupna energija kojom se može prijeći isti broj kilometara, a to je vidljivo upravo ovim smanjenjem od potražnje za 3%. U kategorijama industrije i kućanstva potražnja za energentima je ostala nepromijenjena što je i očekivano s obzirom da nisu promijenjeni ulazni podaci za te kategorije.



Slika 3-2 Novi scenarij: raspodjela primarne energije u TWh

U Tablici 3-3 prikazana je potrošnja plina za BAU scenarij u prometu, industriji, PP+ i CHP3 transformacijama, te u kućanstvima. Uspoređujući BAU scenarij sa novim scenarijem u Tablici 3-4, uočljivo je da je najveći pad potrošnje plina u PP+ postrojenjima, odnosno postrojenjima koja proizvode samo električnu energiju sa 373,23 TWh na 228,71 TWh godišnje. Manji pad potrošnje plina je u kogeneracijskim postrojenjima, sa 193,17 TWh na 160,41 TWh što se može objasniti većim kapacitetima nuklearne energije i OIE koji su zaslužni za proizvedenu električnu energiju, dok toplinsku iz kogeneracijskih (CHP3) postrojenja nisu mogli zamijeniti. Potrošnja plina u prometu, industriji i kućanstvima je ostala nepromijenjena što je očekivano obzirom da te kategorije nisu pod utjecajem promjena u izvoru proizvodnje el. energije.

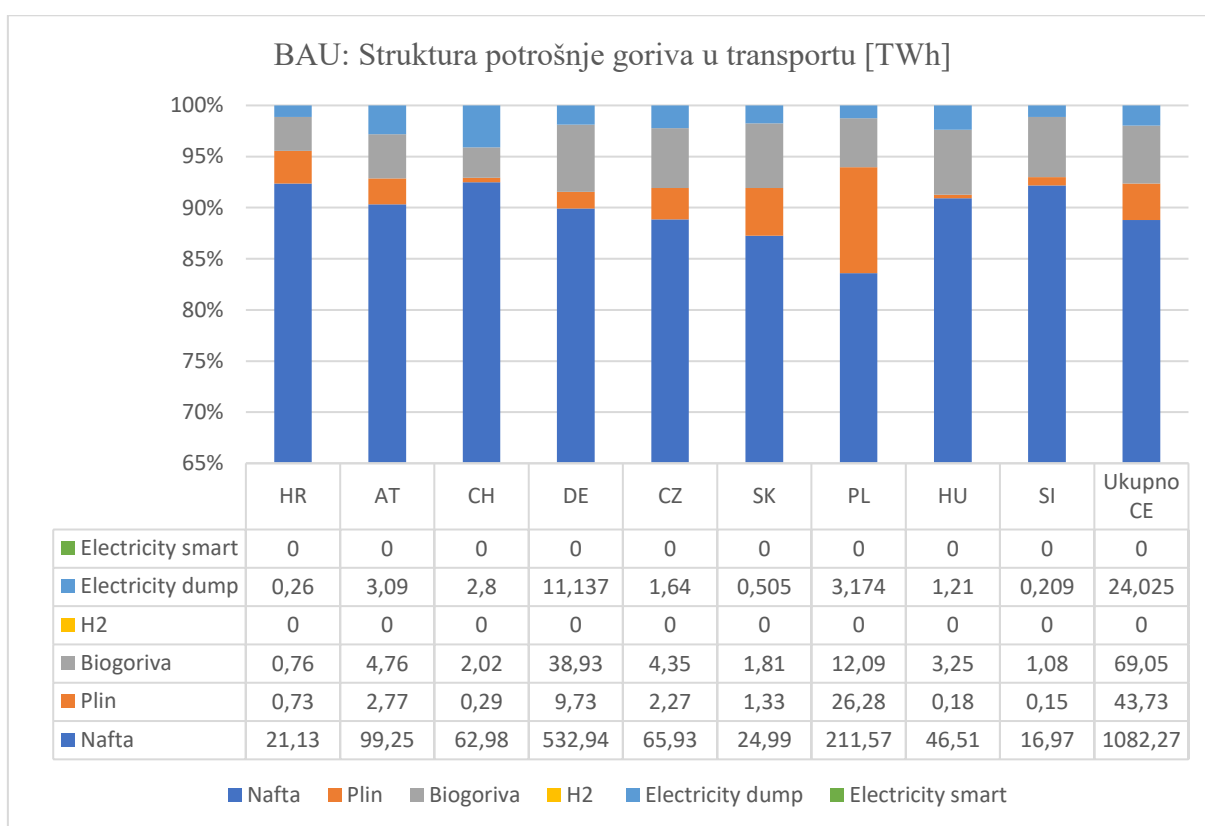
Tablica 3-3. Potrošnja plina po kategorijama u BAU scenariju u TWh

| BAU scenarij | HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|------|-----------|
| Promet | 0,73 | 2,77 | 0,29 | 9,73 | 2,27 | 1,33 | 26,28 | 0,18 | 0,15 | 43,73 |
| Industrija i ostalo | 11,09 | 42,87 | 10,58 | 303,48 | 32,74 | 21,37 | 100,53 | 26,69 | 5,29 | 554,64 |
| Transformacije: PP+ | 5,04 | 23,65 | 0 | 266,2 | 32,76 | 16,22 | 1,13 | 27,48 | 0,75 | 373,23 |
| Transformacije: CHP3 | 3,76 | 27,01 | 0 | 124,35 | 8,38 | 5,25 | 11,01 | 12,24 | 1,17 | 193,17 |
| Kućanstva (HH - Kotao) | 8,2 | 20,84 | 13,15 | 371,44 | 34,99 | 17,71 | 58,48 | 49,5 | 1,51 | 575,82 |

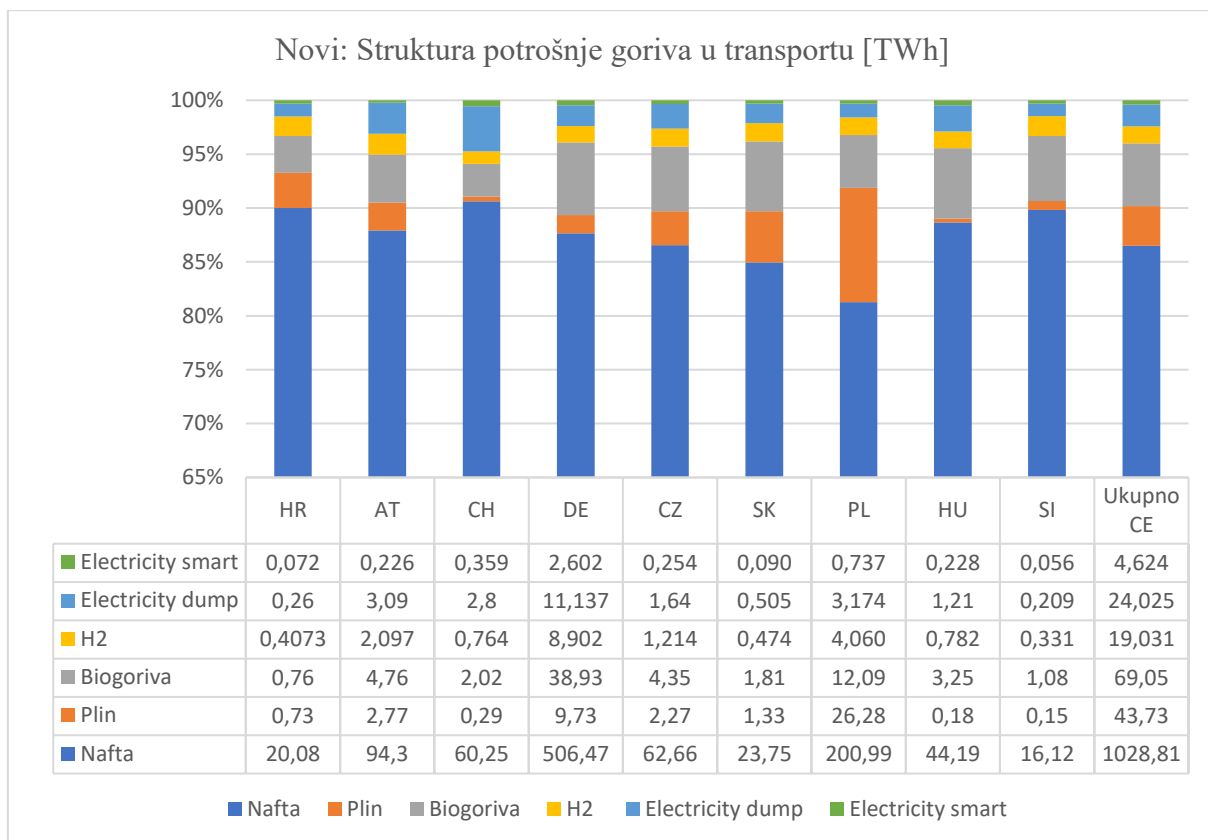
Tablica 3-4. Potrošnja plina po kategorijama u novom scenariju u TWh

| Plin novi scenarij | HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|------|-----------|
| Promet | 0,73 | 2,77 | 0,29 | 9,73 | 2,27 | 1,33 | 26,28 | 0,18 | 0,15 | 43,73 |
| Industrija i ostalo | 11,09 | 42,87 | 10,58 | 303,48 | 32,74 | 21,37 | 100,53 | 26,69 | 5,29 | 554,64 |
| Transformacije: PP+ | 0,24 | 22,1 | 0 | 162,63 | 26,15 | 7,76 | 0,95 | 8,69 | 0,19 | 228,71 |
| Transformacije: CHP3 | 2,06 | 26,52 | 0 | 98,89 | 8,37 | 4,97 | 9,16 | 10,3 | 0,14 | 160,41 |
| Kućanstva (HH - Kotao) | 8,2 | 20,84 | 13,15 | 371,44 | 34,99 | 17,71 | 58,48 | 49,5 | 1,51 | 575,82 |

Na Slici 3-3 prikazana je struktura potrošnje goriva u transportu za BAU scenarije u relativnim odnosima počevši od 65% radi preglednosti s obzirom da je nafta dominantna prema ostalim gorivima. Na Slici 3-4 možemo vidjeti strukturu potrošnje goriva za nove scenarije. U novom scenariju nafta je i dalje dominantna, međutim ukupni udio potrošnje naftnih derivata u spremnicima automobila je smanjen. Za to smanjenje su zaslužni većinom vodik i nešto manje *electricity smart* tehnologije. Ukupna potrošnja biogoriva, plina i *electricity dump* je ostala ista što je očekivano jer se dekarbonizacija napravila na račun dizelskog i benzinskog goriva.



Slika 3-3. BAU: Struktura potrošnje goriva u transportu u TWh



Slika 3-4. Novi: Struktura potrošnje goriva u transportu u TWh

3.2.2 Struktura energetskeg miksa za proizvodnju električne energije

Gledajući strukture energetskeg mikseva za električnu energiju BAU scenarija (Tablica 3-5) i novog scenarija (Tablica 3-6) uočljive su jasne promjene u proizvodnji električne energije pojedine države. Očekivano, uz povećanje instaliranih snaga vjetra, fotonaponskih ćelija i nuklearnih kapaciteta dolazi i do povećanja proizvedene el. energije iz tih izvora u novom scenariju.

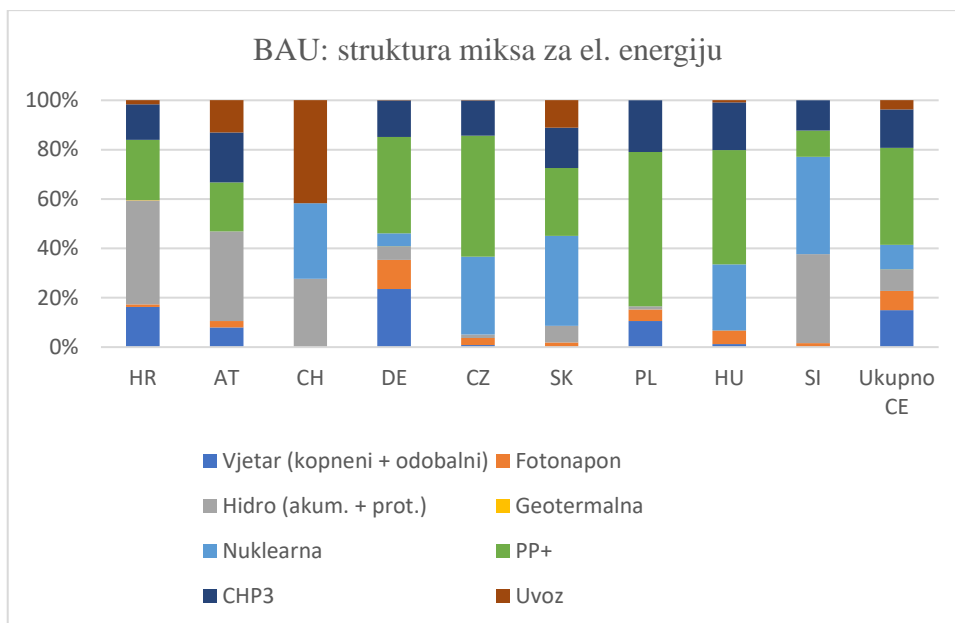
Tablica 3-5. Struktura energetskeg miksa za el. energiju BAU scenarija u TWh

| Izvor energije | HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------|
| Vjetar (kopneni + odobalni) | 2,54 | 7,56 | 0 | 145,6 | 0,75 | 0 | 18,96 | 0,69 | 0 | 176,13 |
| Fotonapon | 0,15 | 2,32 | 0 | 72,48 | 2,68 | 0,79 | 8,16 | 2,95 | 0,23 | 89,76 |
| Hidro (akum. + prot.) | 6,56 | 34,23 | 16,67 | 33,29 | 1,4 | 2,86 | 2,5 | 0,21 | 4,94 | 102,66 |
| Geotermalna | 0,02 | 0 | 0 | 0,34 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0,37 |
| Nuklearna | 0 | 0 | 18,36 | 32,42 | 29,66 | 15,31 | 0 | 14,84 | 5,42 | 116,01 |
| PP+ | 3,81 | 18,67 | 0 | 241 | 46,08 | 11,55 | 111,7 | 25,89 | 1,46 | 460,12 |
| CHP3 | 2,24 | 18,96 | 0 | 91,94 | 13,41 | 6,84 | 37,34 | 10,8 | 1,69 | 183,22 |
| Uvoz | 0,25 | 12,32 | 25,08 | 0,04 | 0,02 | 4,68 | 0 | 0,48 | 0 | 42,87 |
| Izvoz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0 | 0 | 0,32 | 0,34 |

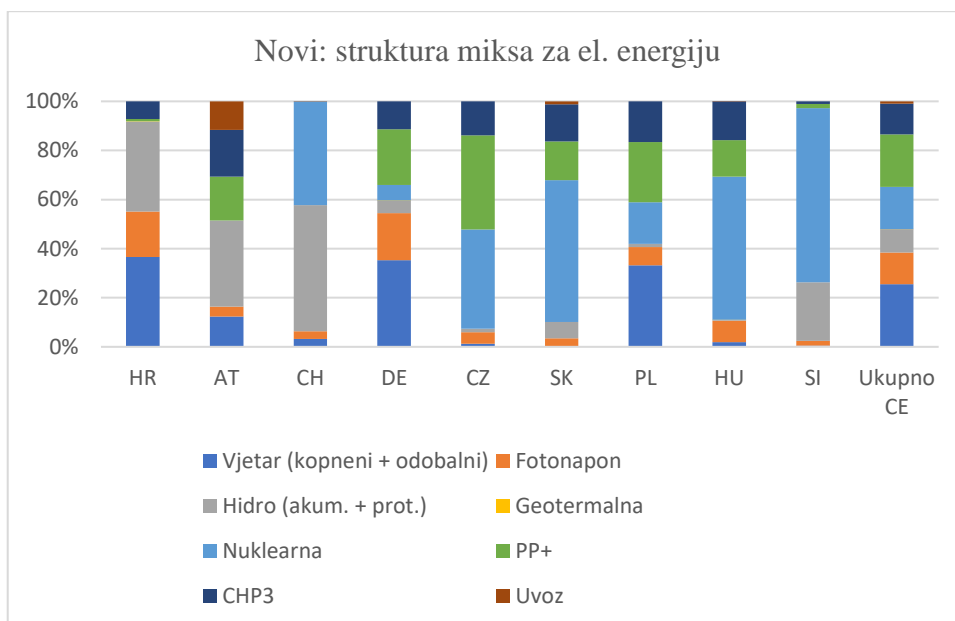
Tablica 3-6. Struktura energetskog miksa za el. energiju novog scenarija u TWh

| Izvor energije | HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Vjetar (kopneni + odobalni) | 6,31 | 12,09 | 1,97 | 227,3 | 1,2 | 0,15 | 61,97 | 1,11 | 0,11 | 312,18 |
| Fotonapon | 3,2 | 3,94 | 1,93 | 123,2 | 4,55 | 1,35 | 13,88 | 5,02 | 0,39 | 157,47 |
| Hidro (akum. + prot.) | 6,31 | 34,22 | 31,6 | 32,93 | 1,4 | 2,86 | 2,5 | 0,21 | 4,94 | 116,97 |
| Geotermalna | 0,02 | 0 | 0 | 0,34 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0,37 |
| Nuklearna | 0 | 0 | 25,97 | 40,52 | 38,91 | 24,78 | 31,62 | 33,48 | 14,71 | 209,99 |
| PP+ | 0,17 | 17,45 | 0 | 145,5 | 36,83 | 6,79 | 45,55 | 8,51 | 0,37 | 261,14 |
| CHP3 | 1,23 | 18,61 | 0 | 73,12 | 13,39 | 6,48 | 31,05 | 9,09 | 0,21 | 153,18 |
| Uvoz | 0 | 11,33 | 0,01 | 0 | 0 | 0,52 | 0 | 0,02 | 0 | 11,88 |
| Izvoz | 0,53 | 0 | 0,01 | 5,32 | 0 | 0,03 | 0,18 | 0,03 | 6,2 | 12,3 |

Na razini Srednje Europe, proizvodnja el. energije iz vjetra (kopnenog i odobalnog zajedno) je povećana sa 176,13 TWh na 312,18 TWh, odnosno 77% više. Iz PV ćelija umjesto 89,76 TWh BAU scenarija, dobiveno je 157,47 TWh u novom scenariju, tj. 75% više. Električna energija proizvedena iz nuklearnih snaga ostaje 0 TWh u Hrvatskoj i Austriji, dok se u ostalim državama povećala sukladno dodanim kapacitetima. Gledajući sve ostale države zajedno, iz nuklearnih kapaciteta dobiveno je 209,99 TWh umjesto 116,01 TWh što je povećanje od 81%. Kao što je vidljivo smanjenje energenata u energetskim transformacijama u raspodjeli primarne energije, tako je vidljivo i u proizvodnji el. energije. U Hrvatskoj je to zbog velike količine OIE, dok u Austriji koja nema nuklearne kapacitete nema tako značajan pad proizvodnje el. energije u PP+ transformacijama. Ostale države koje imaju i dodatne nuklearne kapacitete i kapacitete OIE imaju i drastičniji pad, odnosno na razini regije, 460,12 TWh el. energije proizvedenih iz PP+ transformacija pada na 261,14 TWh, tj. proizvodnja 43% je manja. Proizvodnja el. energije iz kogeneracijskih postrojenja (CHP3) je također manja te se smanjila sa 183,22 TWh na 153,18 TWh, tj. smanjena je 16%. Uvoz el. energije je značajno smanjen, sa 42,87 TWh na 11,88 TWh, od čega je Švicarska imala najveću ovisnost sa 25,08 TWh te se u novom scenariju ta vrijednost smanjila na minimalnih 0,01 TWh. Sve vrijednosti iz tablice su također prikazane i grafički Slikom 3-5 za BAU scenarij te Slikom 3-6 za novi scenarij gdje se vidi relativan odnos izvora proizvedene el. energije za pojedinu državu te za cijelu srednjoeuropsku regiju.



Slika 3-5. Struktura energetskog miksa za el. energiju BAU scenarija u TWh

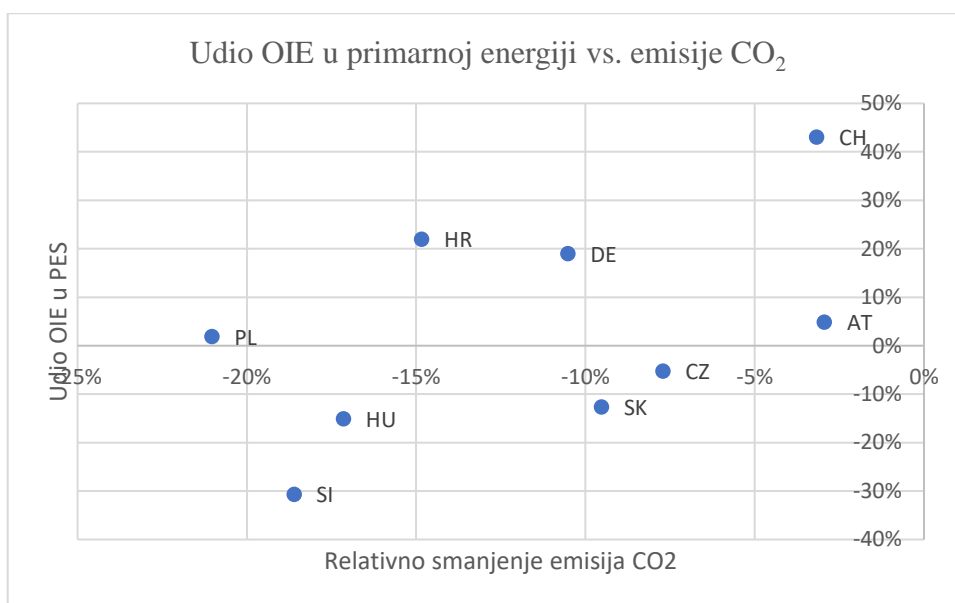


Slika 3-6. Struktura energetskog miksa za el. energiju novg scenarija u TWh

3.2.3 Udio OIE u primarnoj energiji i smanjenje emisija CO₂ u novom scenariju

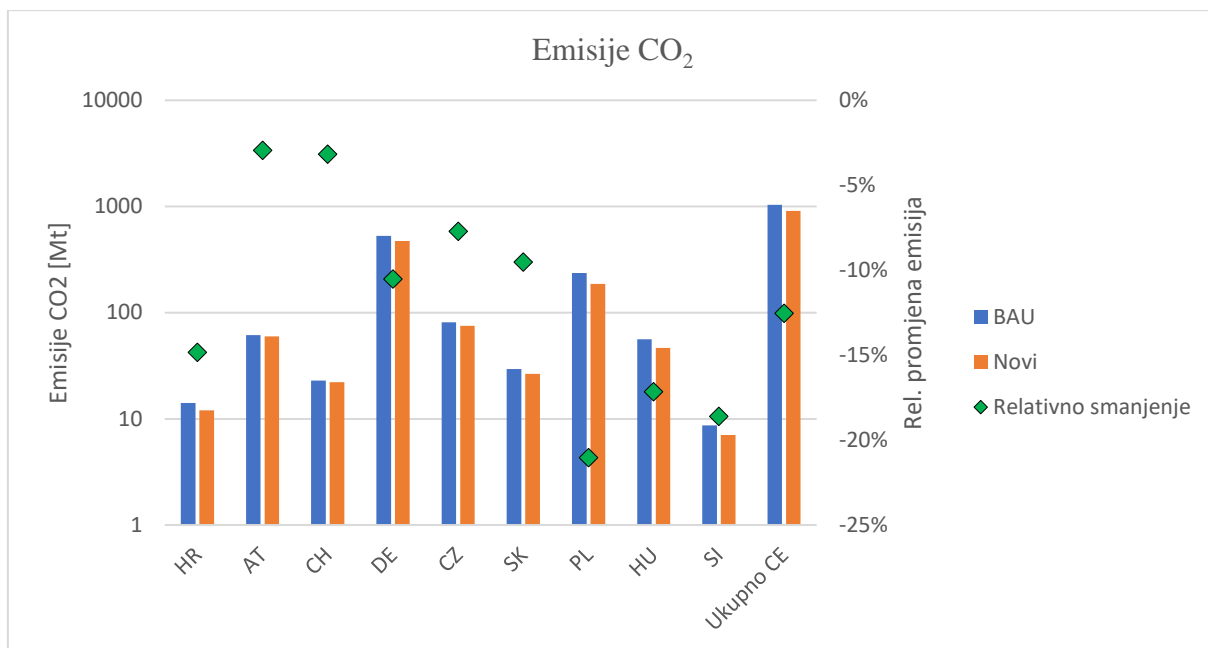
Na Slici 3-7 prikazane su relativne promjene udjela OIE u primarnoj energiji u odnosu na BAU scenarij na y osi te relativno smanjenje emisija CO₂ na x osi za svaku državu. Povećanje udjela OIE u primarnoj energiji ne znači nužno veće smanjenje emisija CO₂ s obzirom da nuklearna energija nije obnovljiva, ali je ugljično neutralna. Dobar primjer toga su Slovenija, Mađarska, Slovačka i Češka kojima je u novom scenariju udio obnovljive

energije smanjen, ali su emisije CO₂ smanjene u iznosima vidljivim na samoj Slici 3-7. Poljska u novom scenariju ima gotovo nepromijenjen udio OIE, tj. proizvodnja OIE i nuklearna energija daju slične iznose energije, a to rezultira smanjenjem emisija CO₂ za više od 20%. Hrvatska i Njemačka imaju slično relativno povećanje udjela OIE u primarnoj energiji, ali Hrvatska ima malo veće smanjenje emisija CO₂ u iznosu od 15%, dok je Njemačka smanjila emisije za 11%. Švicarska i Austrija su obje smanjile emisije CO₂ za 3%, a Švicarska ima veliko povećanje udjelu OIE zbog povećane proizvodnje el. energije iz hidroelektrana i smanjenog uvoza el. energije.



Slika 3-7. Odnos relativne promjene udjela OIE u primarnoj energiji i relativno smanjenje emisija CO₂

Na Slici 3-8 prikazane su apsolutne vrijednosti emisija CO₂ po državama i za regiju u logaritamskoj skali na lijevoj strani y osi, dok je na desnoj strani prikazano relativno smanjenje istih tih emisija CO₂ za BAU scenarij i novi scenarij.



Slika 3-8. Emisije CO₂ i relativno smanjenje emisija po državama

U Tablici 3-7 prikazane su vrijednosti relativnog smanjenja emisija CO₂ u odnosu na BAU scenarij za svaku državu. U novom scenariju ukupan pad emisija CO₂ država Srednje Europe iznosi 13%.

Tablica 3-7. Relativno smanjenje emisija CO₂ u novom scenariju

| HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|-----------|
| -15% | -3% | -3% | -11% | -8% | -10% | -21% | -17% | -19% | -13% |

U Tablici 3-8 prikazane su specifične emisije CO₂ po proizvedenom kWh električne energije za BAU i novi scenarij. Najveće smanjenje specifičnih emisija ima Slovenija od čak 40%, dok na razini regije Srednje Europe to smanjenje iznosi 11%.

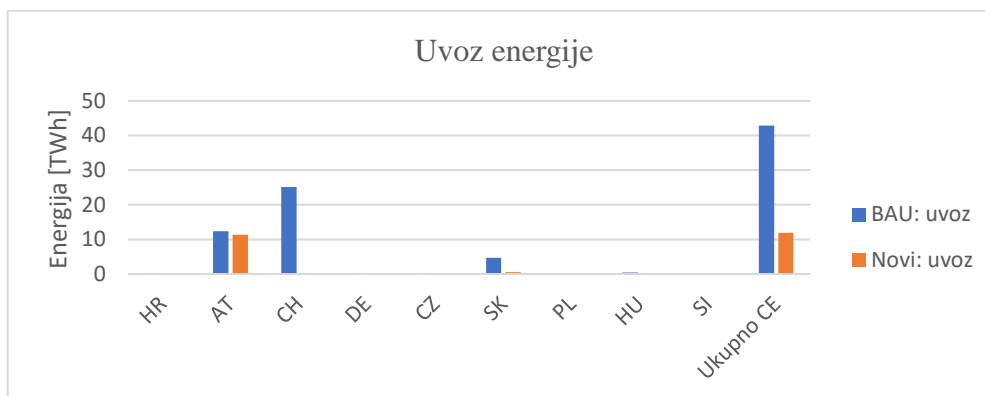
Tablica 3-8. Specifične emisije, gCO₂/kWh

| | HR | AT | CH | DE | CZ | SK | PL | HU | SI | Ukupno CE |
|--------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|-----------|
| BAU | 165 | 166 | 133 | 186 | 166 | 154 | 225 | 182 | 138 | 187 |
| Novi | 150 | 162 | 105 | 174 | 153 | 129 | 189 | 143 | 83 | 166 |
| Relativna promjena | -9% | -2% | -21% | -7% | -8% | -16% | -16% | -21% | -40% | -11% |

3.2.4 Uvoz i izvoz električne energije

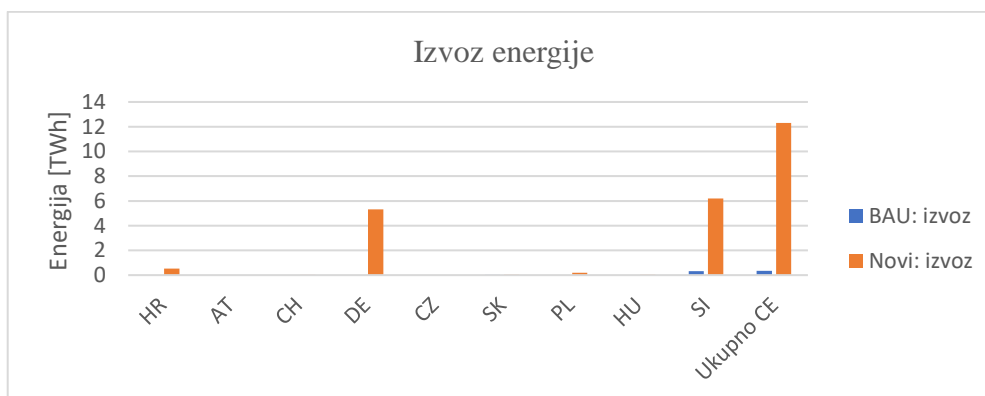
Na Slici 3-9 prikazan je uvoz el. energije u TWh pojedinih država i regije ukupno. Austrija u novom scenariju smanjuje ovisnost o uvozu, ali obzirom da nema nuklearnih kapaciteta to smanjenje je minimalo te i dalje iznosi više od 10 TWh. Švicarska koja

značajno ovisi o uvozu u BAU scenariju ima praktički nevidljiv uvoz u novom scenariju zahvaljujući nuklearnim kapacitetima i OIE. Slovačka se također riješila ovisnosti o uvozu, međutim taj uvoz je i u BAU scenariju bio poprilično mali, manji od 5 TWh.



Slika 3-9. Uvoz el. energije po državama

Što se tiče izvoza energije, na Slici 3-10 je vidljivo da u BAU scenariju samo Slovenija i Slovačka imaju viška energije za izvoz, dok se u novom scenariju priključuje Njemačka sa sličnim iznosom kao Slovenija te Hrvatska, Švicarska, Poljska i Mađarska koje dodaju manju vrijednost za ukupno 12 TWh izvoza država u regiji.



Slika 3-10. Izvoz el. energije po državama

4. ZAKLJUČAK

BAU scenariji država Srednje Europe su pokazali složenost i različitost svake države u strukturi dobave, pretvorbe i potrošnje primarnih energenata, međutim ono što dominira i što je zajedničko svim državama je ovisnost o fosilnim gorivima u svim sektorima energetike, a ponajviše u transportu. Nafta, plin i ugljen su sastavni dijelovi energetske sustava te ih nije moguće zamijeniti brzo i jednostavno. Proizvodnja električne energije se prema izvorima primarne energije značajnije razlikuje od države do države, što pokazuje da ne postoji jedinstveno rješenje kada se govori o dekarbonizaciji pojedinih sustava, već je potrebna detaljna analiza kako bi se mogla razumjeti problematika svakog sustava i time primjeniti prikladne promjene u istim tim sustavima. U ovom radu predstavljen je i primjer dekarbonizacije svih analiziranih država, sa fokusom na dekarbonizaciju elektroenergetskih sustava nuklearnim kapacitetima i OIE (vjetrom i PV) te je također predstavljena opcija dekarbonizacije transportnog sustava umanjujući potrošnju dizelskog i benzinskog goriva djelomičnim prelaskom na transport baterijskim električnim vozilima i vozilima na vodikove gorivne ćelije. Rezultati novog scenarija su pokazali promjene u strukturama potrošnje primarnih energenata, u udjelu OIE u primarnoj energiji, promjenu ovisnosti uvoza i izvoza električne energije te u konačnici različito smanjenje emisija CO₂ za svaku državu, a to smanjenje je za cijelu Srednju Europu ukupno iznosilo 13% u odnosu na BAU scenarij.

5. LITERATURA

Web izvori:

1. HERBERT, G., 2022. Do hydrogen cars offer a better future than electric vehicles?
URL: <https://www.euronews.com/next/2022/10/08/at-a-fork-in-the-road-do-hydrogen-cars-offer-a-better-future-than-electric> (29.11.2022.)
2. VOELCKER, J., 2022. Hydrogen fuel-cell vehicles: Everything you need to know
URL: <https://www.caranddriver.com/features/a41103863/hydrogen-cars-fcev/> (28.11.2022.)
3. V2Ghub, 2022. Insights
URL: <https://www.v2g-hub.com/insights> (28.11.2022.)
4. European Commission, 2019a. Intergrated National Energy and Climate Plan For Austria, Federal Ministry, Sustainability and Tourism
URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/at_final_necp_main_en_0.pdf (29.11.2022.)
5. HANLEY, S., 2019. Smart charging is better than dumb charging, German EV study finds
URL: <https://cleantechnica.com/2019/08/28/smart-charging-is-better-than-dumb-charging-german-ev-study-finds/> (29.11.2022.)
6. European Commission, 2019b. Integrated National Energy and Climate Plan for the Republic of Croatia, Ministry of Environment and Energy
URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/hr_final_necp_main_en_0.pdf (29.11.2022.)
7. European Commission, 2019c. National Energy and Climate Plan of the Czech Republic
URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/cs_final_necp_main_en_0.pdf (29.11.2022.)
8. European Commission, 2019d. Integrated National Energy and Climate Plan Germany
URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-08/de_final_necp_main_en.pdf (29.11.2022.)
9. European Commission, 2019e. National Energy and Climate Plan Hungary, Ministry of Innovation and Technology
URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-08/hu_final_necp_main_en.pdf (29.11.2022.)
10. European Commission, 2019f. The National Energy and Climate Plan for Poland 2021-2030 Objectives and targets, and policies and measures, Ministry of National Assets

URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-08/pl_final_necp_part_1_3_en_0.pdf
(29.11.2022.)

11. European Commission, 2019g. The National Energy and Climate Plan for 2021-2030, Slovak Ministry of Economy

URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/sk_final_necp_main_en_0.pdf
(29.11.2022.)

12. European Commission, 2020. Intergrated National Energy and Climate Plan Of The Republic Of Slovenia, Vlada Republike Slovenije

URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-06/si_final_necp_main_en_0.pdf
(29.11.2022.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad pod naslovom „Planiranje energetske sustava Srednje Europe pomoću modela EnergyPLAN“ izradio samostalno na temelju znanja stečenog na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.



Nevio Rahelić



KLASA: 602-01/22-01/216
URBROJ: 251-70-12-22-2
U Zagrebu, 09.12.2022.

Nevio Rahelić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/216, URBROJ: 251-70-12-22-1 od 30.11.2022. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

Planiranje energetskih sustava Srednje Europe pomoću modela EnergyPLAN

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada izv. prof. dr. sc. Luka Perković nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

izv. prof. dr. sc. Luka Perković

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Luka Perković

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)