Energetska tranzicija na obnovljive izvore energije u posljednjih 10 godina s posebnim osvrtom na geotermalnu energiju

Jurić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:169:538200

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

ENERGETSKA TRANZICIJA NA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE U POSLJEDNJIH 10 GODINA S POSEBNIM OSVRTOM NA GEOTERMALNU ENERGIJU

Diplomski rad

Iva Jurić

N310

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu Diplomski rad

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

ENERGETSKA TRANZICIJA NA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE U POSLJEDNJIH 10 GODINA S POSEBNIM OSVRTOM NA GEOTERMALNU ENERGIJU

Iva Jurić

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Sve većim zahtjevima Europske Unije za smanjenje emisija CO_2 i ublažavanjem klimatskih promjena, zemlje članice su dužne prilagoditi svoje nacionalne energetske planove trenutnim ciljevima i zahtjevima od strane Europske komisije za referentne godine i konačno doći do klimatske neutralnosti do 2050. godine. Put energetske tranzicije odvija se napuštanjem fosilnih goriva postupnim prelaskom na obnovljive izvore energije, globalno najviše na vjetar i sunce. Geotermalna energija također je dio tranzicije kao bazni obnovljivi izvor i veliku ulogu bi mogla odigrati lokalno. U Republici Hrvatskoj, geotermalna energija s iznadprosječnim geotermalnim potencijalom može biti predvodnica energetske tranzicije.

Ključne riječi: energetska tranzicija, obnovljivi izvori energije, geotermalna energija

Diplomski rad sadrži: 53 stranice, 37 slika i 28 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Tomislav Kurevija, izvanredni profesor RGNf

Ocjenjivači: Dr. sc. Tomislav Kurevija, izvanredni profesor RGNf
Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNf
Dr. sc. Luka Perković, docent RGNf

Datum obrane: 12.02.2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

University of Zagreb Master's Thesis

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

ENERGY TRANSITION TO RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE LAST DECADE WITH SPECIAL REFERENCE TO GEOTHERMAL ENERGY

Iva Jurić

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

Due to the increasing demands of the European Union to accomplish carbon dioxide emission reduction and mitigate climate change, Member States have developed National Energy and Climate Plans. The ultimate goal is to achieve climate neutrality by 2050. Energy transition implies the abandonment of fossil fuels, which will be replaced by renewable sources of energy, in particular use of wind and Sun energy. Geothermal energy will also play its part in energy transition, particulary in Croatia, which has above average geothermal potential.

Key words: energy transition, renewable energy source, geothermal energy

Thesis contains : 53 pages, 37 figures and 28 references.

Original in: Croatian

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

Supervisor: Associate Professor Tomislav Kurevija, PhD

Reviewers: Associate Professor Tomislav Kurevija, PhD

Full Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD

Assistant Professor Luka Perković, PhD

Date of defense: February 12, 2021, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

POPIS SLIKA ..... **I**

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA ..... **III**

POPIS KORIŠTENIH KRATICA ..... **IV**

1. UVOD **1**

2. ENERGETSKA TRANZICIJA EUROPSKE UNIJE – PLAN O NAPUŠTANJU FOSILNIH GORIVA **3**

2.1. Energetska unija **3**

2.2. Zeleni plan **4**

2.2. Ciljevi Europske Unije **5**

2.2.1. Ciljevi za 2020. godinu *5*

2.2.2. Ciljevi za 2030. godinu *6*

2.2.3. Ciljevi za 2050. godinu *7*

2.3. Energetska tranzicija Republike Hrvatske **7**

3. PREGLED ENERGETSKE TRANZICIJIE ZADNJIH 10 GODINA S OSVRTOM NA 2020. GODINU **9**

3.1. Energija potrebna Europskoj uniji **10**

3.1.1. Potrošnja energije u EU-27 ..... *10*

3.1.2. Proizvodnja energije u EU-27 ..... *12*

3.2. Energija iz vjetra **13**

3.3. Energija iz sunca **15**

3.4. Hidroelektrane **17**

3.5. Energija iz biomase **18**

3.6. Fosilna goriva **19**

3.6.1. Nafta i naftni derivati *19*

3.6.2. Prirodni plin *21*

3.6.3. Ugljen *25*

3.7. Nuklearne elektrane **28**

3.8. Emisije CO_2 ..... **29**

3.9. Stanje u prvoj polovici 2020. godine **31**

3.10. Stanje u Hrvatskoj **33**

4. ULOGA GEOTERMALNE ENERGIJE U ENERGETSKOJ TRANZICIJI 36
4.1. Geotermalna energija u svijetu 36
4.2. Geotermalna energija u Europi 37
4.2.1. Geotermalna energija u proizvodnji električne energije u EU 38
4.2.2. Geotermalna toplinska energija 40
4.2.3. Geotermalne dizalice topline 42
4.2.4. Zemlje s najvećim kapacitetom geotermalne energije u EU 42
4.3. Geotermalna energija u RH 43
4.3.1. Trenutni potencijal 45
4.3.2. Akviferi ispod trenutnih naftnih polja u eksploataciji 48
5. ZAKLJUČAK 50
6. LITERATURA 52

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Shematski prikaz smjernica Europskog zelenog plana 5
Slika 2-2. Udio energije iz obnovljivih izvora s ciljem za 2020. godinu……6
Slika 3-1. Konačna ili stvarna potrošnja energije po energentu u EU-27 od 1990. godine do 2018. godine 10
Slika 3-2. Konačna potrošnja energije po sektorima u EU-27 u 2018. godini 11
Slika 3-3. Proizvodnja primarne energije po energentu u EU-27 12
Slika 3-4. Proizvodnja primarne energije u EU-27 u 2018. godini..... 13
Slika 3-5. Ukupni instalirana snage iz vjetra u Europi 14
Slika 3-6. Prikaz nove godišnje instalirane snage vjetra na kopnu i odobalno u Europi ... 15
Slika 3-7. Godišnja novoinstalirana snaga od 2000. godine do 2019. godine 16
Slika 3-8. Ukupno instalirani kapacitet solarne energije u EU-28..... 17
Slika 3-9. Proizvodnja električne energije iz hidroelektrana u EU-28..... 18
Slika 3-10. Proizvodnja električne energije iz biomase..... 19
Slika 3-11. Primarna proizvodnja sirove nafte od 1990. godine do 2018. godine u Mtoe . 20
Slika 3-12. Konačna potrošena energija iz naftnih derivata u Mtoe..... 21
Slika 3-13. Bruto finalna potrošnja prirodnog plina u EU u tisućama TJ..... 22
Slika 3-14. Bruto finalna potrošnja prirodnog plina po državama u tisućama TJ..... 23
Slika 3-15. Primarna proizvodnja prirodnog plina u EU u tisućama TJ 24
Slika 3- 16. Postotak uvoza prirodnog plina iz ne-EU zemalja 25
Slika 3- 17. Prikaz proizvodnje električne energije iz kamenog ugljena u EU-28 26
Slika 3-18. Prikaz datuma postupnog napuštanja ugljena i preostalih kapaciteta ugljena.. 27
Slika 3-19. proizvodnja ugljena u EU-27 u 2019. godini i 2020. godini 28
Slika 3-20. Prikaz proizvodnje električne energije iz nuklearnih elektrana u EU-28..... 29
Slika 3- 21. EU ETS emisije podijeljene po sektorima i godinama..... 30
Slika 3- 22. Prikaz EU ETS emisija i razlike u ponudi i potražnji dozvola..... 31
Slika 3-23. Cijena jednog EUA..... 31
Slika 3-24. Proizvodnja električne energije u EU-27..... 32
Slika 3-25. Ukupna potrošnja energije u RH 33
Slika 3-26. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u RH..... 34
Slika 4-1. Prikaz geotermalnih kapaciteta, dosadašnji i planirani kapaciteti u GW, od 1990.-2025. godine u svijetu..... 36

Slika 4-2. Instalirana geotermalna snaga u Europi od 2012. godine do 2018. godine i predviđanjima za 2025. godinu 38
Slika 4-3. Prikaz proizvodnje geotermalne energije u EU od 1990. godine do 2025. godine 39
Slika 4-4. Neto proizvodnja električne energije u EU-27 u 2018. godini 39
Slika 4-5. Instalirani kapaciteti u izravnoj geotermalnoj upotrebi u Europi 2018. godine s prikazanim udjelom daljinskog grijanja u ukupnoj izravnoj geotermalnoj uporabi 41
Slika 4-6. Udio instaliranih kapaciteta u glavnim sektorima koji izravno koriste geotermalnu energiju 41
Slika 4-7. Istraživački blokovi i eksploatacijska polja geotermalnih voda u hrvatskom dijelu Panonskog bazena 44
Slika 4-8. Usporedba faktora opterećenja i LCOE različitih obnovljivih izvora energije .. 45
Slika 4-9. Pregledna karta eksploatacijskih polja u RH 48

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Mtoe – milijun tona ekvivalenta nafte (engl. *Million Tonnes of Oil Equivalent*)

GW – gigavat

MW – megavat

TWh – teravatsat

TJ – teradžul

EUA – jedna tona CO_2 ekvivalenta (engl. *Emission Unit Allowance*)

GW_{el} – gigavat električne energije

MW_{el} – megavat električne energije

GW_t – gigavat toplinske energije

MW_t – megavat toplinske energije

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

EK – Europska komisija

EU-27 – zemlje članice Europske Unije nakon napuštanja Velike Britanije

EU-28 – zemlje članice Europske Unije s Velikom Britanijom

EU ETS – sustav za trgovanje emisijama Europske Unije (engl. *Emissions Trading Systems*)

CCS – postrojenje za sakupljanje i skladištenje CO_2 (engl. *Carbon Capture Storage*)

SET Plan – Strateški tehnološki energetski plan (engl. *Strategic Energy Technology Plan*)

ORC – organski Rankineov ciklus

1. UVOD

Energetska tranzicija podrazumijeva stupnjevito napuštanje iskorištavanja fosilnih goriva, i prelazak na obnovljive izvore energije, kao što su energija sunca i vjetra. Obnovljivi izvori energije nisu bazni, te u sustavu ne mogu egzistirati (bez puno pohrane) bez baznih, odnosno stalnih izvora energije kao što su primjerice nuklearne ili plinske elektrane te će one zasigurno još neko vrijeme zadržati postojeću ulogu. Energetska tranzicija je nezaobilazan slijed događaja uzrokovan političkim djelovanjem pojedinih država i zajednica, kao što je Europska unija. Primarni razlog energetske tranzicije je ekološka neprihvatljivost fosilnih goriva. Izgaranjem fosilnih goriva emitiraju se visoke razine CO_2 koje zajedno s ostalim stakleničkim plinovima pospješuju, odnosno ubrzavaju efekt globalnog zatopljenja. Postoje brojne udruge koje se žustro zalažu za zaštitu i ekološko očuvanje planeta zemlja, naglašavajući potrebu za što skorijom potpunom energetskom tranzicijom. Međutim, često se ne sagledava potpuna slika i izostavlja se činjenica da je nagla tranzicija nemoguća jer bi neminovno došlo do kolapsa energetskog sustava kakvog danas poznajemo. Iskorištavanje energije vjetra i solara trenutno je pogodno samo za vršne potrošnje, te nije moguće iskoristi pune kapacitete ovih izvora. Uz to, na godišnjoj razini iskoristi se samo 25% ukupnog kapaciteta vjetroelektrane, dok je primjerice za plinsku elektranu 100%-ni potencijal. Posljedično tome, kako bi se iskoristio puni potencijal vjetar, iste bi se morale postaviti na više mjesta u državi, što je zapravo nemoguće zbog različitih klimatskih uvjeta i dostupnog vjetra. Najveći izazov u iskorištavanju istih svakako je problem skladištenja energije. Baterije, u kojima bi se skladištili viškovi proizvedene električne energije, još nisu u uporabi u velikim razmjerima, uvelike zbog povećane potrošnje litija za proizvodnju automobilskih baterija. Litij korišten za izradu baterija, većinom je iz Kine, što povlači za sobom čitav niz geopolitičkih izazova te je utrošak fosilnih goriva za proizvodnju baterija toliki, da se, dugoročno, više isplati voziti dizelski automobil, gledano sa stajališta emisija stakleničkih plinova. Trenutno je jedina održiva mogućnost skladištenja obnovljivih izvora energije preko reverzibilnih elektrana, u kojima bi se skladištili, a zatim i trošili viškovi proizvedene energije.

Kako bi se ranije spomenuti kolaps energije spriječio, autorica smatra kako će nuklearne elektrane preuzeti glavni ulogu, i biti glavni pogon energetske tranzicije u budućnosti, služeći kao bazne elektrane. Nuklearne elektrane nužne su za budućnost

energetskog sustava i mogu igraju ključan faktor u predstojećoj energetskoj tranziciji. Države s manjkom bazne energije, a velikim kapacitetima obnovljivih izvora energije, potencijalno će uvoziti energiju iz nuklearnih elektrana, kada elektrane na obnovljive izvore neće moći dati svoj puni potencijal. Tako se postavlja pitanje, mogu li te države zaista propagirati kao predvodnice razvoja čiste, zelene energije. Donedavno se mislilo kako će uloga tranzicijskog goriva pripasti prirodnom plinu, međutim posljednji podaci pokazuju kako zemlje smanjuju proizvodnju električne energije iz prirodnog plina. Jedno od mogućih prijelaznih rješenja do potpune dekarbonizacije sustava bila bi kombinacija iskorištavanja plinskih elektrana, kao manjih zagađivača, nuklearnih elektrana, te reverzibilnih elektrana kao rješenje za „skladištenje“ viškova energije iz obnovljivih izvora.

Geotermalna energije veliku ulogu igra lokalno, prvenstveno u Italiji, Republici Hrvatskoj (u daljnjem tekstu RH) i Mađarskoj. Međutim, globalno ne može biti nositelj energetske tranzicije, ali može značajno doprinijeti. U tom pogledu, RH ima snažne predispozicije za iskorištavanja geotermalne energije i značajan je energent u lokalnoj tranziciji. Takve odluke vodile bi k prenamjeni naftnog sektora u geotermalni, što bi produžilo naftno-rudarsku praksu.

U nastavku diplomskog rada objašnjeno je trenutno stanje energetskog sektora, važeće direktive i ciljevi Europske unije (u daljnjem tekstu EU), pregled energetskih tranzicija unutar EU kao i stanje u geotermalnom sektoru u EU i RH.

2. ENERGETSKA TRANZICIJA EUROPSKE UNIJE – PLAN O NAPUŠTANJU FOSILNIH GORIVA

Energetska tranzicija put je prema transformaciji globalnog energetskog sektora iz fosilnog u neugljični do druge polovice ovog stoljeća. U središtu je potreba za smanjenjem emisija CO_2 povezanih s energijom kako bi se ograničile klimatske promjene. Dekarbonizacija energetskog sektora zahtijeva hitno djelovanje na globalnoj razini, dok je u tijeku globalna energetska tranzicija, potrebno je dodatno djelovati kako bi se smanjile emisije ugljika i ublažili učinci klimatskih promjena. Upotrebom obnovljivih izvora energije i mjerama energetske učinkovitosti potencijalno se može postići 90 % potrebnih smanjenja emisija ugljičnog dioksida.

Zbog navedenog Ujedinjeni narodi i EU na različite načine su pokušali intervenirati u predmetno područje. Tako je usvojen Pariški sporazum o klimatskim promjenama 2015. godine koji za glavni cilj ima ograničiti globalno zatopljenje znatno ispod 2 °C u odnosu na referentnu 1990. godinu (EC Europa, 2020a).

2.1. Energetska unija

Temelji za uspostavljanje Energetske unije postavljeni su u Klimatskom i energetskom okviru od 2020. do 2030.godine i Strategiji energetske sigurnosti koje je 2014. godine donijela Europska komisija. Inicijativa za pokretanje javila se 2015. godine kao glavnih deset prioriteta Europske komisije s ciljem opskrbe sigurne, pristupačne i klimatski povoljne energije za stanovnike EU.

Energetska unija obuhvaća sljedeće zadatke:

- Sigurnost, solidarnost i povjerenje
- Potpuno integrirano energetsko tržište unutar EU
- Energetsku efikasnost
- Razvoj ekonomije u smjeru klimatske neutralnosti i dekarbonizaciji primjenom istraživanja i uz održanje kompetitivnosti na tržištu (Eurostat, 2019).

Europska komisija suočila se sa brojnim izazovima u području klime i okoliša zbog čega je donijela Zeleni plan koji predstavlja buduću strategiju EU kojom se nastoji preobraziti u pravedno i prosperitetno društvo s glavnim ciljem zaštite dobrobiti i zdravlja njenih građana, a ujedno i očuvanja i povećanja prirodnog kapitala EU u kojem 2050.

godine neće biti neto emisija stakleničkih plinova i u kojem gospodarski rast nije povezan s upotrebom resursa (EK, 2019).

2.2. Zeleni plan

Europski Zeleni plan je težnja da Europa bude prvi klimatski neutralan kontinent, odnosno da se uklanja onoliko emisija CO_2 koliko ih se proizvodi. On predstavlja strategiju rasta koja će Uniju pretvoriti u moderno, resursno, učinkovito i konkurentno gospodarstvo u kojem:

- 2050. godine nema neto emisija stakleničkih plinova,
- gospodarski rast nije povezan s upotrebom resursa,
- ni jedna osoba i ni jedna regija nisu zapostavljene (EK, 2019).

Europski zeleni plan obuhvaća akcijski plan za unapređenje učinkovitog iskorištavanja resursa prelaskom na čisto kružno gospodarstvo te obnovu biološke raznolikosti i smanjenje onečišćenja.

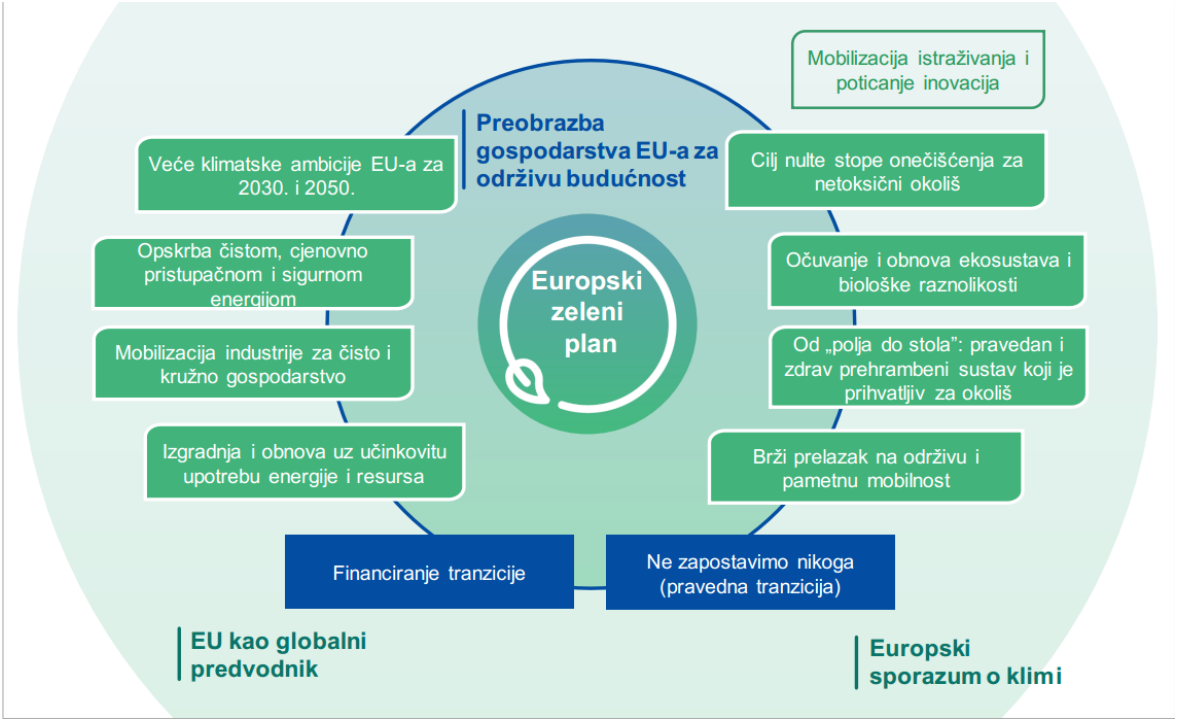
Kako bi se omogućilo da EU do 2050. godine bude klimatski neutralna predložen je europski propis o klimi kako bi politička obveza postala pravna obveza. Za ostvarenje tog cilja bit će potrebno djelovanje svih gospodarskih sektora Europske Unije. Neka od djelovanja su:

- ulaganje u tehnologije prihvatljive za okoliš
- poticanje industrija na inovacije
- dekarbonizacija energetskog sektora.

Dekarbonizacija energetskog sustava ključna je za postizanje ciljeva u području klime 2030. godine i 2050. godine. Proizvodnja i upotreba energije u gospodarskim sektorima izvor su više od 75% emisija stakleničkih plinova u EU-u. EU je već započeo s modernizacijom i preobrazbom gospodarstva za postizanje klimatske neutralnosti. Emisije stakleničkih plinova smanjile su se za 23% u razdoblju od 1990. godine do 2018. godine, a gospodarstvo je poraslo za 61%.

Također, nužno je razviti energetski sektor koji se uglavnom temelji na obnovljivim izvorima uz postupno ukidanje upotrebe ugljena i dekarbonizaciju plina. Istovremeno, opskrba energijom u EU-u mora biti sigurna i cjenovno pristupačna za potrošače i

poduzeća. Kako bi se to ostvarilo, ključno je osigurati potpunu integraciju, međupovezanost i digitalizaciju europskog energetskog tržišta uz poštovanje tehnološke neutralnosti.



Slika 2-1. Shematski prikaz smjernica Europskog zelenog plana (EK, 2019)

Na slici 2-1. istaknute su glavne smjernice sadržaja Europskog zelenog plana. Da bi se ostvarili zahtjevi Zelenog plana EU je postavila pojedinačne ciljeve za 2020. godinu i 2030. godinu koji će pomoći u postizanju cilja za finalnu 2050. godinu čime bi Europa postala prvi kontinent sa nultom stopom stakleničkih plinova.

2.2. Ciljevi Europske Unije

Europska unija je postavila ciljeve koje želi ostvariti do 2050. godine, no radi lakše kontrole napretka država članica isti su periodično postavljeni. Tako su određeni ciljevi za 2020. godinu i 2030. godinu kojima se ide prema klimatski neutralnoj Europi 2050. godine. Uz to, sve izravne ili neizravne subvencije za fosilna goriva trebalo bi postupno ukinuti najkasnije do 2025. godine.

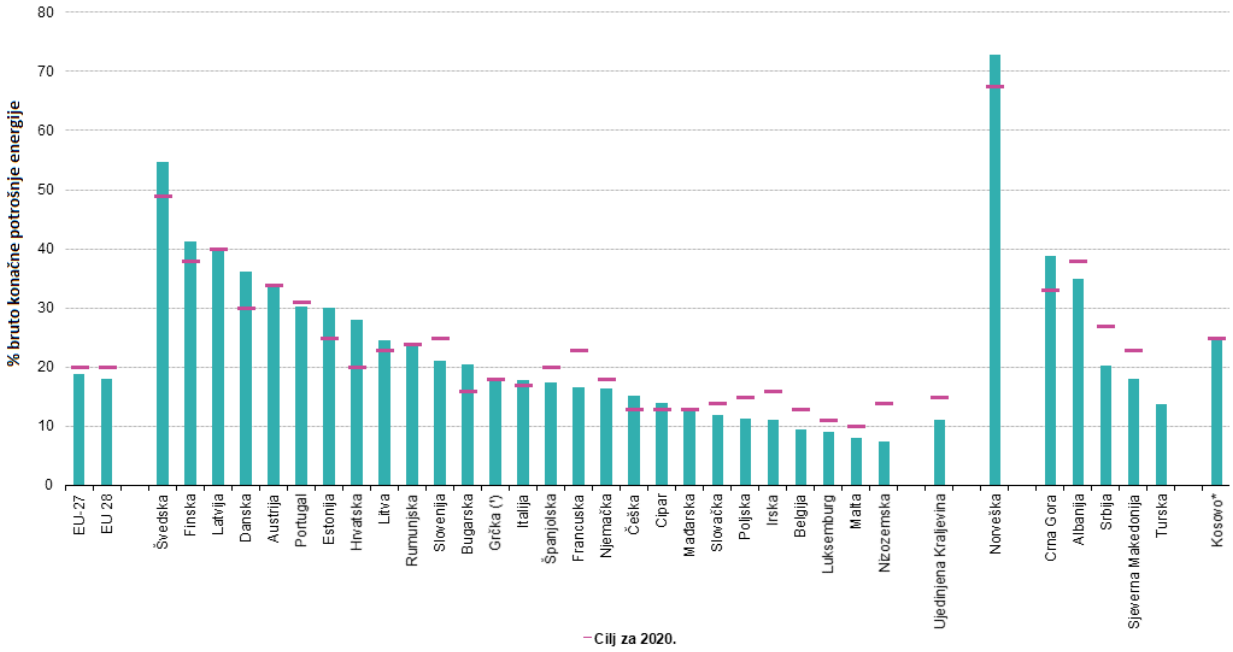
2.2.1. Ciljevi za 2020. godinu

Klimatski paket 20-20-20 je set propisa iz 2009. godine kojima se osiguravalo da Europska unija postigne klimatske i energetske ciljeve do 2020. godine. Tri glavna cilja su bila:

- smanjenje emisija stakleničkih plinova za 20% u odnosu na referentnu 1990.godinu

- 20% energije u EU iz obnovljivih izvora
- Povećanje energetske učinkovitosti za 20%. (EC Europa, 2020b)

Također, zahtijevalo se da udio obnovljivih izvora u sektoru transporta bude minimalno 10%.



Slika 2-2. Udio energije iz obnovljivih izvora s ciljem za 2020. godinu (Eurostat, 2020b)

Na slici 2-2. prikazan je udio energije iz obnovljivih izvora po postotku bruto konačne potrošnje energije za pojedine europske države i konačni ciljevi koji su bili postavljeni za 2020. godinu.

2.2.2. Ciljevi za 2030. godinu

Do 17. rujna 2020. cilj Europske Unije bio je smanjiti emisije stakleničkih plinova u 2030. godini za 40% u odnosu na referentnu 1990. godinu. Međutim, zbog zahtjeva da Europa do 2050. godine postane potpuno klimatski neutralna, Europska unija je morala izmijeniti cilj koji je imala za 2030. godinu tako da se smanjenje emisija stakleničkih plinova poveća na najmanje 55% u odnosu na referentnu 1990. godinu. Cilj je također u skladu s Pariškim sporazumom da se rast globalne temperature održi znatno ispod 2 °C i nastave napori da se održi na 1,5 °C.

Također, cilj je povećati udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora na najmanje 32% te je omogućena fleksibilnost državama članicama u postavljanju vlastitih većih ciljeva.

Komisija je 17. studenog 2020. godine pokrenula dodatna javna savjetovanja kako bi se što prije počelo raditi na ostvarenju cilja smanjenja emisija do 2030 (EC Europa, 2020b).

Kao treći cilj se navodi ušteda u potrošnji energije od najmanje 27% u usporedbi s postojećim scenarijem.

2.2.3. Ciljevi za 2050. godinu

Europska komisija je u studenom 2018. godine predložila svoju viziju klimatski neutralne Europe, koja je odobrena od strane Europskog parlamenta, promatrajući sve ključne sektore i puteve tranzicije. U ožujku 2020. godine Europska komisija je, kao dio Zelenog plana, predložila prvi europski zakon o klimi koji je u zakon uvrstio cilj klimatske neutralnosti do 2050. godine.

Države članice EU moraju razviti dugoročne nacionalne strategije o tome kako planiraju postići smanjenje emisija stakleničkih plinova potrebnih za ispunjavanje obveza prema Pariškom sporazumu i ciljevima EU.

Europski parlament je 17. listopada 2020. godine predložio zahtjevnije smjernice od onih koje je zahtijevala Komisija, a za cilj su postavili smanjenje emisija za 60 % u usporedbi s razinom iz 1990., odnosno postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine.

2.3. Energetska tranzicija Republike Hrvatske

Republika Hrvatska je kao punopravna članica Europske Unije dužna uskladiti svoje zakonodavstvo i propise s propisima EU. Tako je Ministarstvo zaštite okoliša i energetike RH donijelo 28. veljače 2020. godine „Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu“ u svrhu prelaska na neugljičnu, tj. klimatski neutralnu energiju. Cilj ove strategije je postavljanje inicijative za promjenama koje su moguće u upravljanju i potrošnji energije u gospodarstvu, poduzetništvu i kroz sama kućanstva, a sve sukladno energetskoj politici EU-a. U strategiji se nalaze tri scenarija S1, S2 i S3 koji govore o mogućim budućim smjerovima tranzicije. Trenutno stanje energetskog sektora označeno je sa S0.

Iz strategije je vidljivo da će se postupni prijelaz na niskougljični sustav odvijati smanjenjem ovisnosti o fosilnim gorivima i povećanjem domaće proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Strategija pretpostavlja da će se tranzicija odvijati povećanjem električne

i toplinske energije dobivene iskorištavanjem energije vjetra i sunca, povećanjem iskorištavanja geotermalne energije te dvostruko većim korištenjem biogoriva u transportu od onoga danas. U ostvarivanju nižih emisija CO_2 sudjelovat će svi sektori od proizvodnje, distribucije i potrošnje energije te energenata. RH se trenutno može pohvaliti iznad prosječnim uspjehom u ostvarenju smanjenja emisija CO_2 i udjela obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije u odnosu na onaj EU-e. S ostvarenim udjelom od 27,3% premašeni su i nacionalni ciljevi za 2020. godinu koji su predviđali 20% energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji (vidljivo na slici 2-2).

Veliki doprinos brzom rastu energije iz obnovljivih izvora i prijevremenom ostvarivanju zadanog cilja od 20% energije iz obnovljivih izvora do 2020. godine jest ukupni hidropotencijal u RH koji je uvršten u obnovljive izvore energije pa tako nije bilo potrebe stvarati dodatnu infrastrukturu u ostvarivanju tog cilja. Međutim, RH će zbog tog postupka kaskati za drugim državama članicama koje imaju razrađene infrastrukture za stvaranje dodatnih kapaciteta obnovljivih izvora ili prenamijene postrojenja dok RH još uvijek nema jasne ciljeve.

Također, komentari s javnog savjetovanja o strategiji upućuju da bi neke stvari trebale biti drugačije. Tako je npr. navedeno da nedostaju ambicije na polju smanjenja emisija stakleničkih plinova te posljedično premalog i presporog povećanja udjela obnovljivih izvora energije. Također, navode se nova istraživanja nafte i plina te navođenje plina kao tranzicijskog goriva što nikako ne odgovara cilju neto nultih emisija u EU do 2050. godine. U više komentara se navodi da strategija ne sadržava jasne mjere kako postići određene postotke u vidu smanjena emisija stakleničkih plinova. Navodi se i kako ciljevi RH za niskougljični razvoja nisu uopće u skladu s europskim Zelenim planom koji je temeljni dokument u tome razvoju.

3. PREGLED ENERGETSKE TRANZICIJIE ZADNJIH 10 GODINA S OSVRTOM NA 2020. GODINU

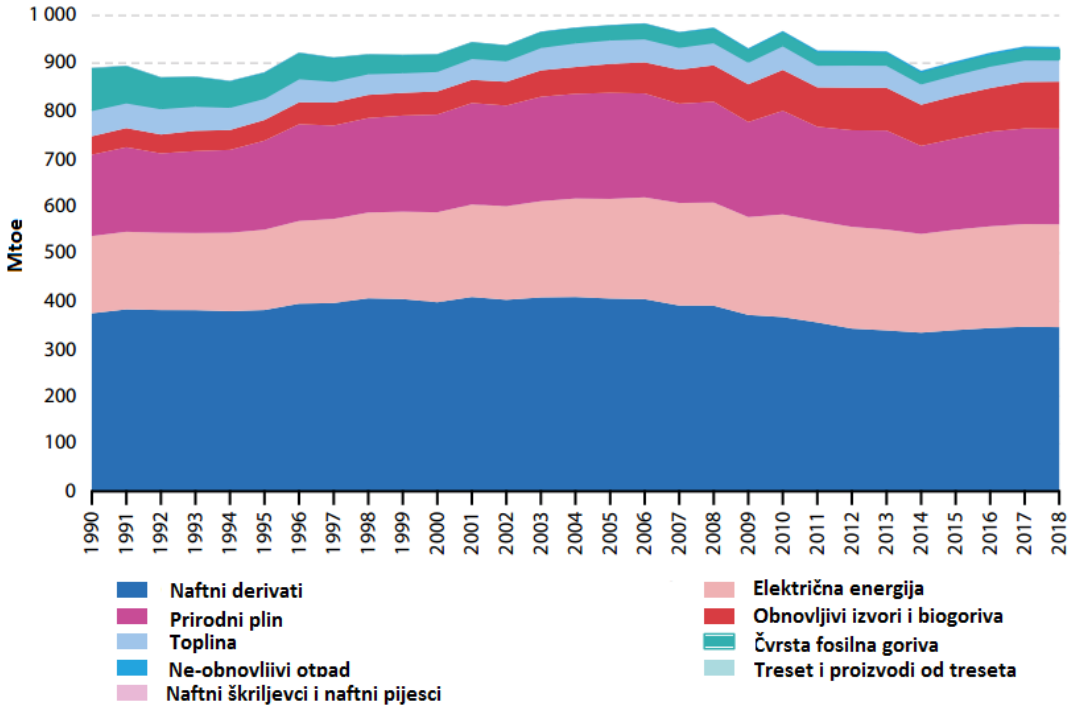
Energetska politika EU ističe potrebu za energetskom sigurnosti, održivom energetskom potrošnjom, manjom ovisnošću o fosilnim gorivima i napredak u energetskoj efikasnosti. Pregled statističkih podataka po energetskim sektorima ključan je za praćenje razvoja prema postojećim ciljevima EU (Zeleni plan). Podaci također pridonose objašnjenju razvoja u drugim područjima kao što su transport i klimatske promjene. Događaji koji imaju globalni utjecaj poput pandemije Covid-19 ostavljaju trag na proizvodnji i uporabi energije te posljedično i na CO_2 emisijama. Analiza trenutnih statističkih podataka po energetskim sektorima može pomoći državama u boljem razumijevanju njihovih ograničenja i ovisnosti u energetskom sektoru te se one tako mogu pripremiti za suočavanje s trenutnim i budućim krizama.

Kroz zadnje desetljeće EU razvija proaktivnu klimatsku politiku i ulaže u veliki broj tehnologija vezanih uz obnovljive izvore energije kao što su korištenje energija sunca i vjetra kako bi postali značajni konkurenti u postojećim energetskim sustavima. Time su ostvareni znatni pomaci u energetskoj efikasnosti obnovljivih izvora i njihov porast u budućoj upotrebi.

Također, prema Zelenom planu obnovljivi izvori energije imat će glavnu ulogu u dekarbonizaciji energetskog sustava i sve više država odlučilo je snažnije podupirati njihov razvoj. Posljedično tome udio fosilnih goriva će se sve više smanjivati. Očekuje se najveće smanjenje ugljena jer je on prepoznat kao najveći zagađivač među energentima. To se unutar energetske tranzicije već počelo događati i detaljnije će biti obrađeno u sljedećim poglavljima.

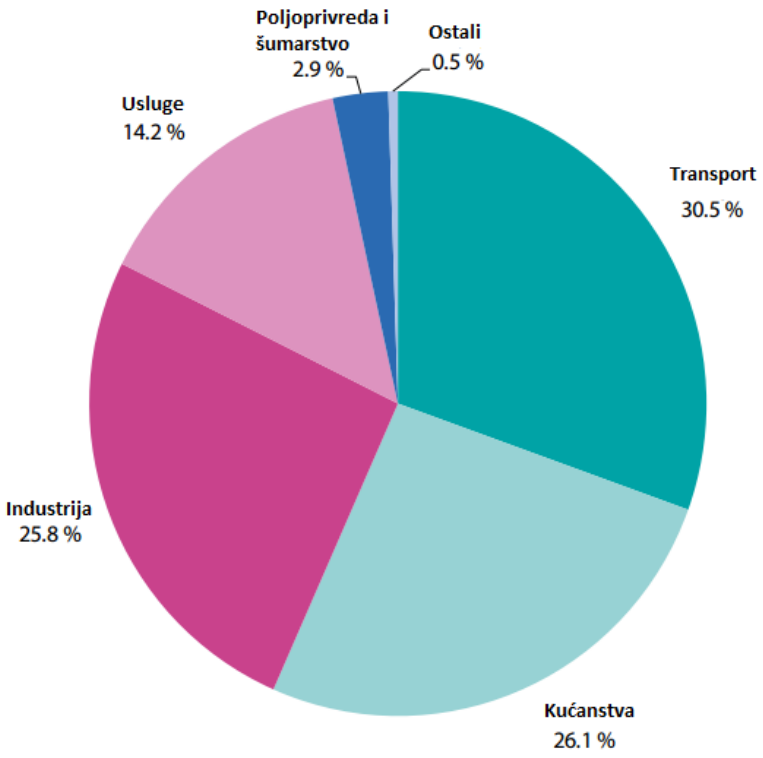
3.1. Energija potrebna Europskoj uniji

3.1.1. Potrošnja energije u EU-27



Slika 3-1. Konačna ili stvarna potrošnja energije po energentu u EU-27 od 1990. godine do 2018. godine (Eurostat, 2020a)

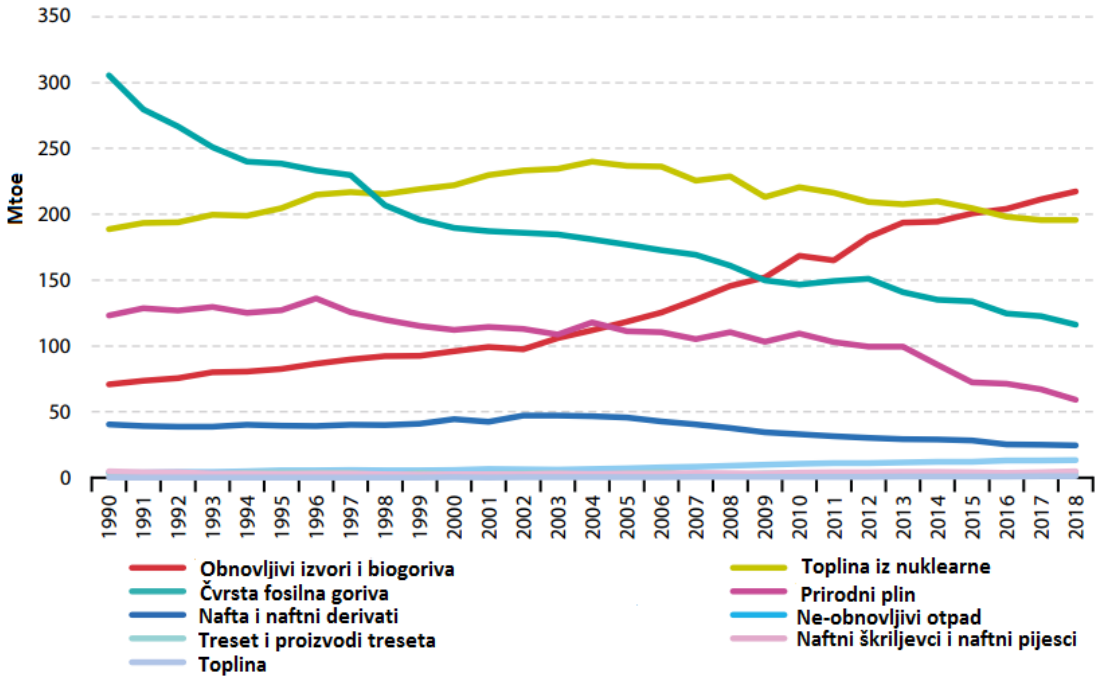
Prema posljednjim podacima u 2018. godini ukupna stvarna potrošnja energije bila je 939 Mtoe, što je za 0,1% manje nego 2017. godine. Na slici 3-1. prikazan je tijek ukupne potrošnje energije u EU-27 od 1990. do 2018. godine na kojemu se vidi da je potrošnja energije bila relativno stabilna u periodu od 1990.- 2010. godine s velikim padom u 2009. godini koji je uzrokovala svjetska ekonomska kriza. Iz grafa je također vidljivo smanjenje udjela energije dobivene iskorištavanjem ugljena s 6,9% u 1990. godini na 2,4% u 2018. godini. Obnovljivi izvori energije su porasli s 4,3 % iz 1990. na 10,5% u 2018. godini dok je prirodni plin zadržao relativno konstantan udio. Najveći udio u strukturi ukupne potrošnje energije u 2018. godini imali su nafta i naftni derivati s 36,7% potom električna energija s 23% i prirodni plin s 21,4%.



Slika 3-2. Konačna potrošnja energije po sektorima u EU-27 u 2018. godini (Eurostat, 2020a)

Na slici 3-2. prikazani su potrošači ukupne energije u 2018. godini u EU-27 po sektorima. Dominantni potrošači energije bili su transport s 30,5%, kućanstva s 26,1% i industrija 25,8%. Transport je, bez obzira na trenutni visoki udio u ukupnoj potrošnji energije, imao negativnu stopu rasta od 2007. do 2014. godine zbog svjetske ekonomske krize, no od 2014. godine se ponovno bilježi blagi porast. Kod kućanstava najveći udio energije se koristi na grijanje (63,6%).

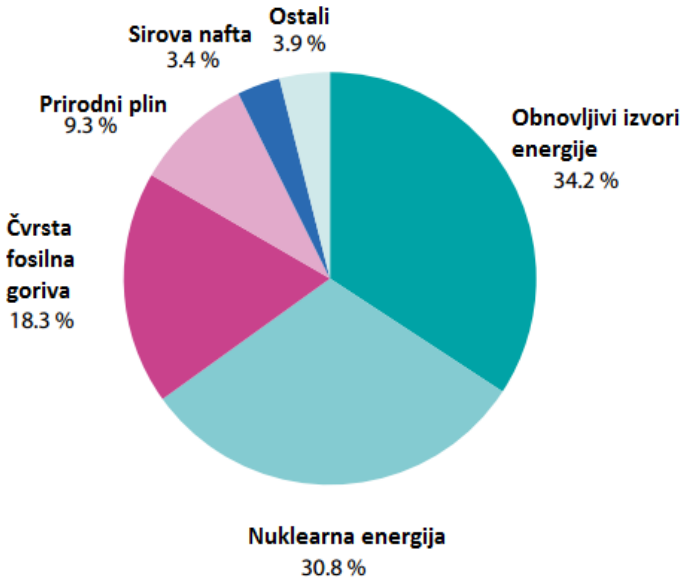
3.1.2. Proizvodnja energije u EU-27



Slika 3-3. Proizvodnja primarne energije po energentu u EU-27 (Eurostat, 2020a)

U zadnjem desetljeću (2008.-2018. godine) vidljiv je negativan trend (slika 3-3) u proizvodnji primarne energije iz ugljena, nafte, prirodnog plina i nuklearne energije. S najvećim padom susreli su se naftna i plinska industrija s 46,4% na 35,3% te proizvodnja energije iz ugljena koja ima pad od 9,6%.

Na slici 3.4. prikazani su udjeli pojedinih energenata u ukupnoj proizvodnji primarne energije u EU-27 u 2018. godini. Iz grafa je vidljivo da se više od trećine europske primarne energije dobiva iz obnovljivih izvora (34,2%). Slijedi ju energija dobivena iz nuklearnih elektrana s 30,8%, energija dobivena iz ugljena s 18,3% te energija dobiven iz prirodnog plina i sirove nafte.



Slika 3-4. Proizvodnja primarne energije u EU-27 u 2018. godini (Eurostat, 2020a)

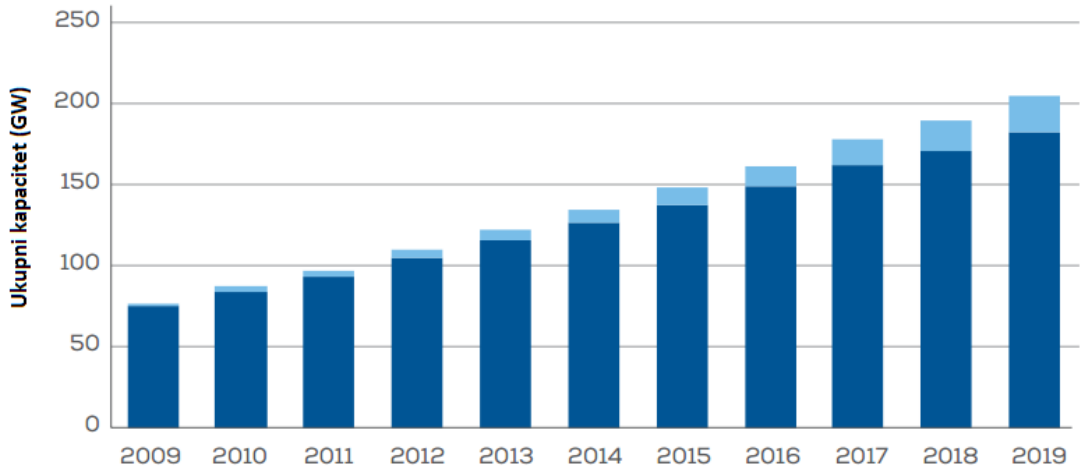
EU je zbog nedostatka vlastitih rezervi i konstantnim padom proizvodnje (9,2% u odnosu na 2008. godinu) sve više ovisna o uvozu primarne energije i energenata. Najveća potreba EU u 2018. godini je bila za naftom i naftnim derivatima u iznosu od 547 Mtoe, a od čega je 94,6% uvezeno. Količina uvezenog prirodnog plina se gotovo udvostručila od 1990. do 2018. godine. Od 2008. do 2018. godine Rusija je zadržala ulogu glavnog opskrbljivača EU prirodnim plinom, sirovom naftom i ugljenom. Ovisnost EU o uvozu nije se znatno mijenjala kroz zadnje desetljeće. Kroz taj period neto uvezena energija je premašila primarnu proizvodnju, odnosno više od pola bruto dostupne energiju u EU opskrbljuje se iz uvoza. Iz dosad napisanog može se zaključiti da je sigurnost opskrbe energentima u EU vrlo niska. Zbog ograničenosti prirodnih resursa, ovisnosti o uvozu, sve većih zahtjeva za energentima uslijed ekonomskog razvoja te zahtjevima strategija, EU je primorana povećavati kapacitete obnovljivih izvora energije i tako osigurati energetsku neovisnost.

3.2. Energija iz vjetra

Ukupna instalirana snaga vjetra u Europi u 2019. godini iznosila je 205 GW od čega 89% instalirane snage dolazi s kopnenih vjetroelektrana, a 11% od odobalnih (slika 3-5). Njemačka je predvodnik u instaliranim kapacitetima u Europi, a slijede ju Španjolska,

Velika Britanija (više nije članica EU), Francuska i Italija. Unutar EU-28 ukupna instalirana snaga iz vjetra iznosi 192 GW, a u EU-27 ona iznosi 169 GW. S instaliranom snagom od 205 GW energija iz vjetra pokrila je 15% europske potražnje za električnom energijom u 2019. godini.

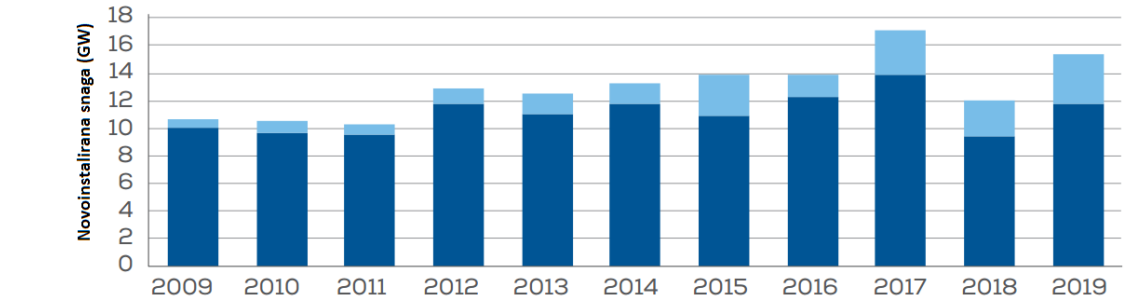
U posljednjih deset godina kapaciteti energije iz vjetra su se gotovo utrostručili te je energija dobivena iskorištavanjem vjetra u 2018. godini postala najveći izvor obnovljive energije u proizvodnji električne energije (Eurostat, 2020a).



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ODOBALNE	2	3	4	5	7	8	11	13	16	18	22
KOPNENE	75	84	93	105	115	127	137	149	162	171	183
UKUPNO	**77**	**87**	**97**	**110**	**122**	**135**	**148**	**162**	**178**	**189**	**205**

Slika 3-5. Ukupni instalirana snage iz vjetra u Europi (WindEurope, 2020)

U 2019. godini nova instalirana snaga iz vjetra iznosila je 15,4 GW što je za 27% više nego u 2018. godini, ali za 10% manje od rekordne 2017. godine kada je instalirano 17,1 GW (vidljivo na slici 3-6.). Kopnene vjetroelektrane imaju 76% novo instalirane snage i to iz Španjolske, Švedske i Francuske koje sudjeluju 45% u tom udjelu. Odobalne vjetroelektrane imaju 24% nove instalirane snage što čini rekordnih 3,6 GW. (WindEurope, 2020)



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ODOBALNE	0.6	0.9	0.8	1.2	1.5	1.5	3.0	1.6	3.2	2.7	3.6
KOPNENE	10.0	9.6	9.5	11.7	11.0	11.7	10.9	12.3	13.9	9.4	11.7
UKUPNO	**10.7**	**10.5**	**10.3**	**12.9**	**12.5**	**13.3**	**13.9**	**13.8**	**17.1**	**12.1**	**15.4**

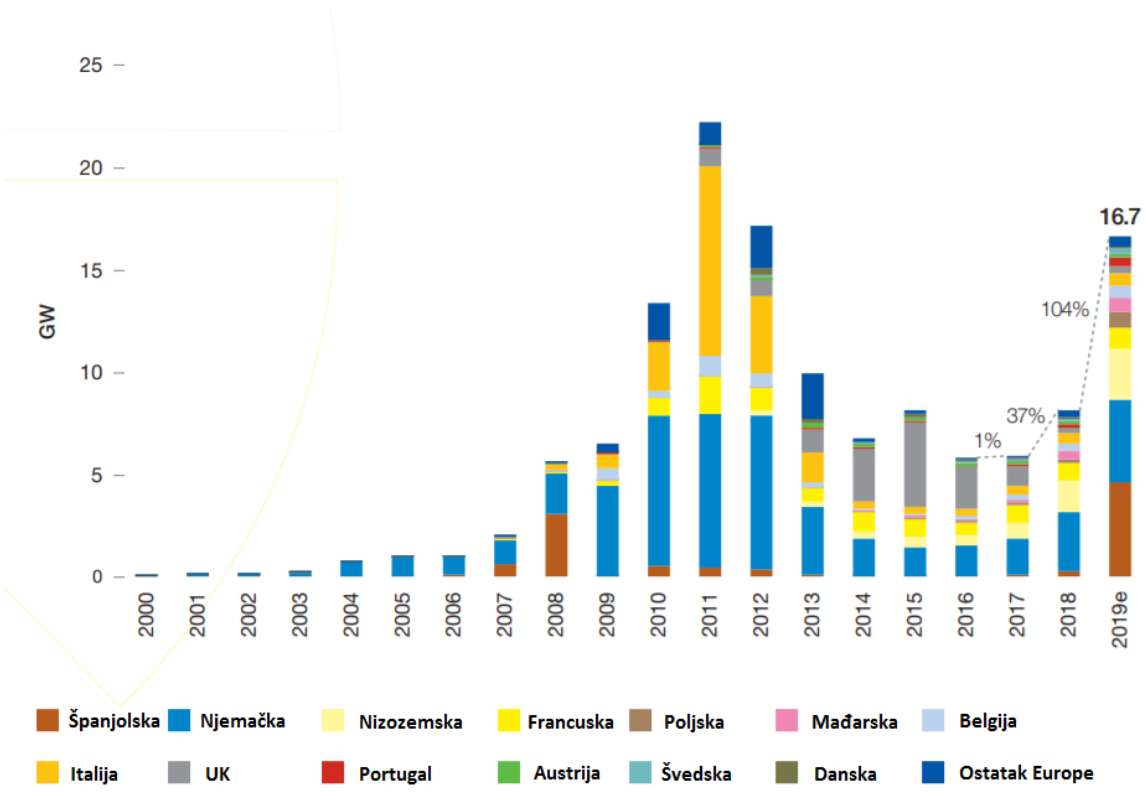
Slika 3-6. Prikaz nove godišnje instalirane snage vjetra na kopnu i odobalno u Europi (WindEurope, 2020)

Konstantnim povećanjem kapaciteta vjetroelektrana EU ide ka ostvarenju svoga cilja za 2030. godinu koji zahtijeva 32% energije iz obnovljivih izvora, a vjetar će zasigurno predvoditi u tom energetskom miksu.

3.3. Energija iz sunca

Solarna energija je najbrže rastući izvor električne energije i trenutno pokriva 4% zahtjeva za električnom energijom u Europi. Postotak udjela u proizvodnji električne energije iz sunca značajno oscilira od zemlje do zemlje. Malta trenutno ima najveći udio s 9% proizvedene energije iz solarnih elektrana, slijede ju Njemačka, Grčka i Italija s 8%. Ostale zemlje imaju znatno manje udjele uključujući i Hrvatsku i Sloveniju koje imaju veliki broj sunčanih dana, a ipak proizvode samo 1% električne energije iz solara. U zemljama s malim postotkom solarnih elektrana moguć je daljnji razvoj zahvaljujući velikom broju lokacija na koje se mogu ugraditi kao što su krovovi zgrada i kuća. Također su i često jeftinija opcija od drugih izvora električne energije i zahtijevaju minimalna održavanja.

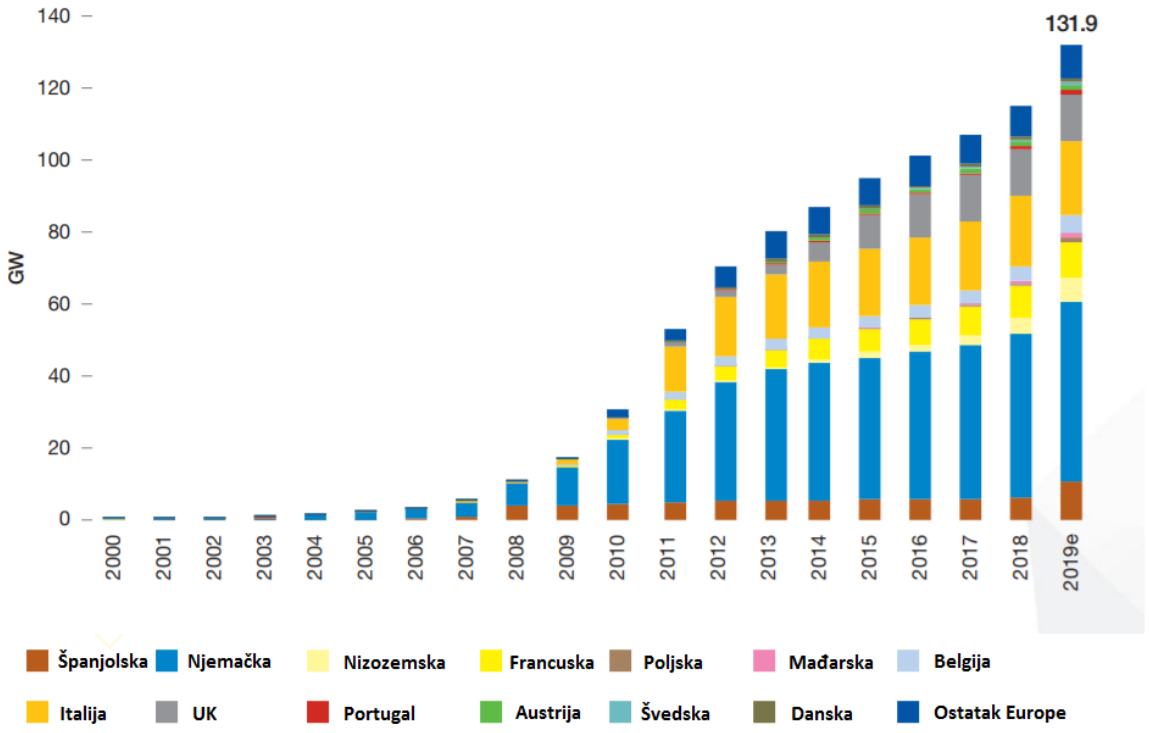
Europska unija je prepoznala potencijal solarne energije te je u 2019. godini instalirano 104% više kapaciteta nego u prethodnoj godini, sa 8,2 GW u 2018. godini na 16,7 GW u 2019. godini. To je najviši postotak novo instalirane snage od 2010. godine (slika 3-7). Na slici je također vidljiv i prvi val porasta u 2010. godini s povećanjem novo instaliranih kapaciteta za također 104% (Agora et al., 2019).



Slika 3-7. Godišnja novoinstalirana snaga od 2000. godine do 2019. godine (SolarPower, 2019)

Najviše novoinstalirane snage iz solara u 2019. godini imali su Španjolska s ukupno instaliranih 4,7 GW, Njemačka s 4 GW, Nizozemska s 2,5 GW, Francuska s 1,1 GW te Poljska koja je učetverostručila svoje kapacitete u 2019. godini na 784 MW. Tri četvrtine ukupne instalirane snage u 2019. godini u EU otpada na tih pet država.

Trenutni kapacitet solarne energije u EU iznosi 131,9 GW što je povećanje od 14% u odnosu na godinu prije kada je iznosilo 115,2 GW (slika 3-8).



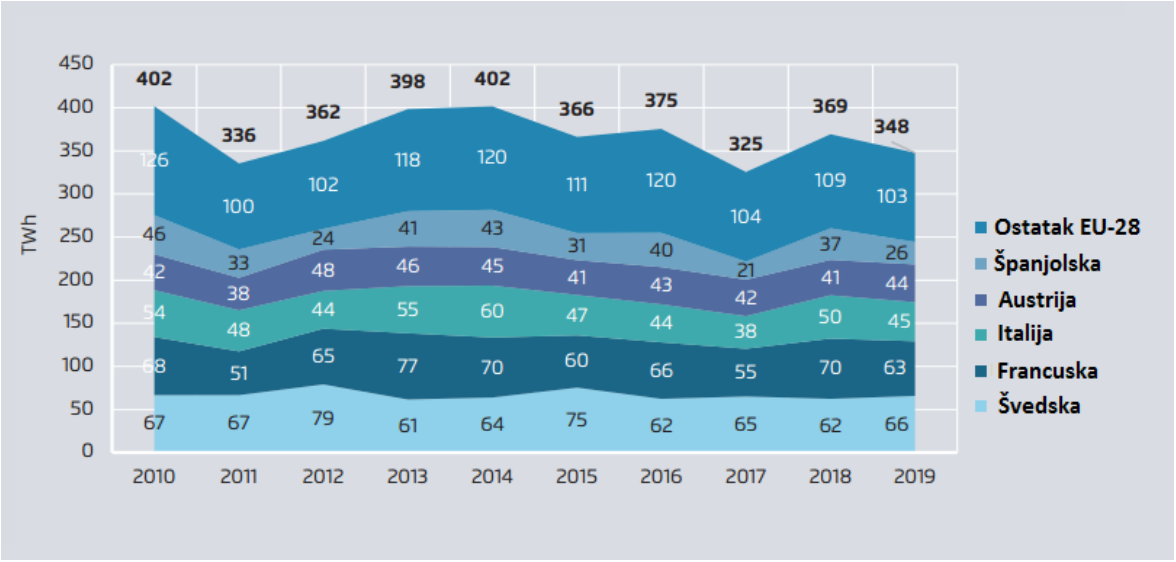
Slika 3-8. Ukupno instalirani kapacitet solarne energije u EU-28 (SolarPower, 2019)

Na slici je također vidljivo značajno povećanje instaliranih kapaciteta od 2009. godine zbog prepoznavanja solarne energije kao lako dostupnog i relativno jeftinog obnovljivog izvora s kojim će se ići prema ostvarenju zadanih ciljeva Europske Unije. Zbog toga se dogodio i drugi solarni bum u 2019. godini jer su države pokušale dostići energetske ciljeve za 2020. godinu.

3.4. Hidroelektrane

Proizvodnja električne energije iz hidroelektrana u 2019. godini dosegla je treću najnižu točku proizvodnje u ovome stoljeću s padom od 6%, odnosno 21,5 TWh manje (slika 3-9). Pad u proizvodnji električne energije iz hidroelektrana zabilježen je u 13 zemalja članica dok je u 8 država intenzitet proizvodnje ostao nepromijenjen. Razlog tomu moguće je pronaći i u prošlogodišnjem odstupanju oborina od očekivanih i sušna razdoblja u Francuskoj, Španjolskoj, Italiji i Portugalu. S druge strane, proizvodnja je povećana u Austriji i Švedskoj. Niske razine padalina uzrokovale su toplinski val širom Europe koji ne da je samo utjecao na proizvodnju hidroelektrana, nego su i nuklearne elektrane koje se hlade pomoću rijeka, kao i termoelektrane kojima se sirovine dostavljaju riječnim putevima, naišle na mnoge prepreke u radu. Najveći dio električne energije iz hidroelektrana u EU, točnije 70%, dolazi iz Francuske, Španjolske, Italije, Austrije i Švedske. U 2018. godini neto

električna energija proizvedena u hidroelektranama činila je 13% ukupno proizvedene energije iz obnovljivih izvora. Trend opadanja u proizvodnji iz hidroelektrana započeo je 2014. godine i nastavlja se sve do danas.



Slika 3-9. Proizvodnja električne energije iz hidroelektrana u EU-28 (Agora et al., 2019)

3.5. Energija iz biomase

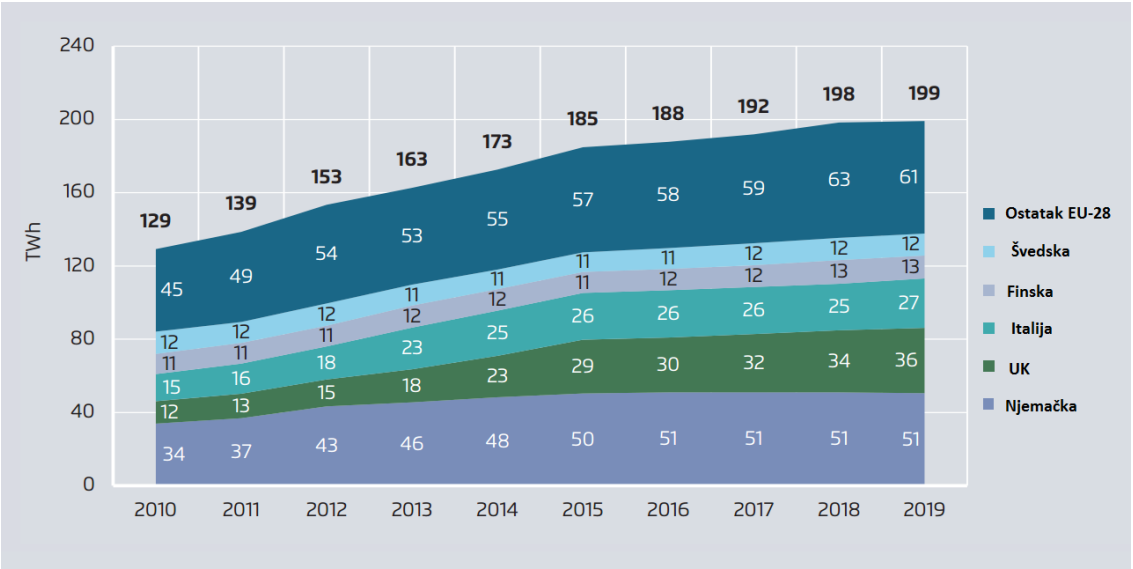
Biomasa uključuje sve krute komponente organskog podrijetla koje se koriste kao gorivo. To su drvo, drvni otpad, drveni peleti, slama, životinjski otpad i ostale čvrste biljne tvari i ostatke uključujući i obnovljivi dio čvrstog industrijskog otpada.

Energija iz biomase se u osnovi usmjerava na proizvodnju toplinske i električne energije. Proizvodnja topline iz biomase posebno je osjetljiva na klimu tijekom sezone grijanja. Prema Svjetskoj meteorološkoj organizaciji (WMO), 2018. godina je bila treća najtoplija godina od kad postoje mjerenja. Zbog toga su zahtjevi za grijanjem u mnogim europskim zemljama pali ispod razine iz 2017. godine.

Trend proizvodnje električne energije iz biomase uveliko je upravljan politikama određenih država članica za zamjenu korištenja ugljena. Države članice koje su odlučile izbaciti ugljen iz svog energetskog miksa nerijetko odlučuju svoje elektrane na ugljen prilagoditi ili pretvoriti u postrojenja koja koriste kruta goriva iz biomase.

Proizvodnja električne energije iz biomase smanjila je rast u 2019. godini kada je narasla za 1% što je samo jedna petina rasta perioda od 2010. do 2018. godine (slika 3-10). Najveći dio proizvedene energije iz biomase dolazi iz Njemačke, Velike Britanije i Italije.

Još je uvijek nekoliko velikih projekata u fazi izrade ili prenamijene, bez obzira što je potrošnja energije dobivene iz biomase blago pala u jedanaest država EU-a.



Slika 3-10. Proizvodnja električne energije iz biomase (Agora et al., 2020)

Bez obzira što biomasa spada u obnovljive izvore energije ona ne ispunjava ciljeve EU-a „Čista energija za sve“ jer su emisije CO_2 tijekom životnog vijeka biomase daleko od nule, a njezine čestice uzrokuju zagađenje i narušavaju kvalitetu zraka.

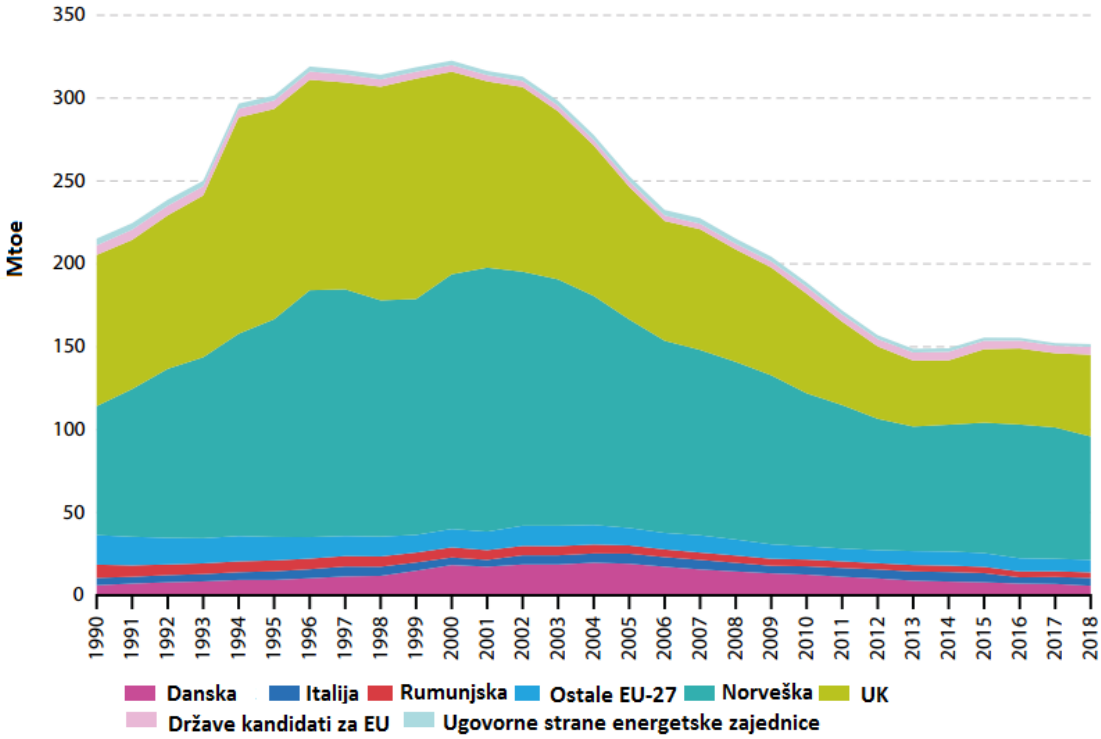
3.6. Fosilna goriva

U prvoj polovici 2020. godini obnovljivi izvori energije su prvi puta „pobijedili“ fosilna goriva i proizveli 40% ukupne električne energije u EU-27 dok su u istom razdoblju fosilna goriva proizvela 34%. (EMBER, 2020) No nije uvijek bilo tako, desetljećima su fosilna goriva imali najveći udio u ukupnoj potrošnji EU unatoč padu zadnje desetljeće u proizvodnji primarne energije. Najveći pad imaju ugljen, nafta, prirodni plin i nuklearna energija. Istovremeno, dok je proizvodnja iz fosilnih goriva u konstantnom padu, raste povećana ovisnost o uvozu svih fosilnih goriva za proizvodnju primarne energije. Postotak uvoza fosilnih goriva u EU narastao je s 50,1% iz 1990. godine na 58,2% u 2018. godini (Eurostat, 2020a).

3.6.1. Nafta i naftni derivati

Nafta i naftni derivati, unatoč padu proizvodnje, zadnjih desetak godina ostaju glavni izvor energije. Primarna proizvodnja nafte u 2018. godini u EU dosegla je najnižu točku od 21,4 Mtoe naprema vrhuncu iz 2004. godine kada je iznosila 42,5 Mtoe. Najveći proizvođači sirove nafte u 2018. godini bili su Danska (5,8 Mtoe), Italija (4,7 Mtoe) i Rumunjska (3,4

Mtoe). Od zemalja koje nisu članice EU važno je spomenuti Norvešku čija je proizvodnja od vrhunca iz 2001. godine (159,2 Mtoe) smanjena za pola u 2013. godini (75,1 Mtoe). Ujedinjeno Kraljevstvo je također važan ne-EU proizvođač sirove nafte. Nakon vrhunca u 1999. godini (133,3 Mtoe), proizvodnja UK-a je u konstantnom padu te je 2018. godine iznosila 49,3 Mtoe (slika 3-11).

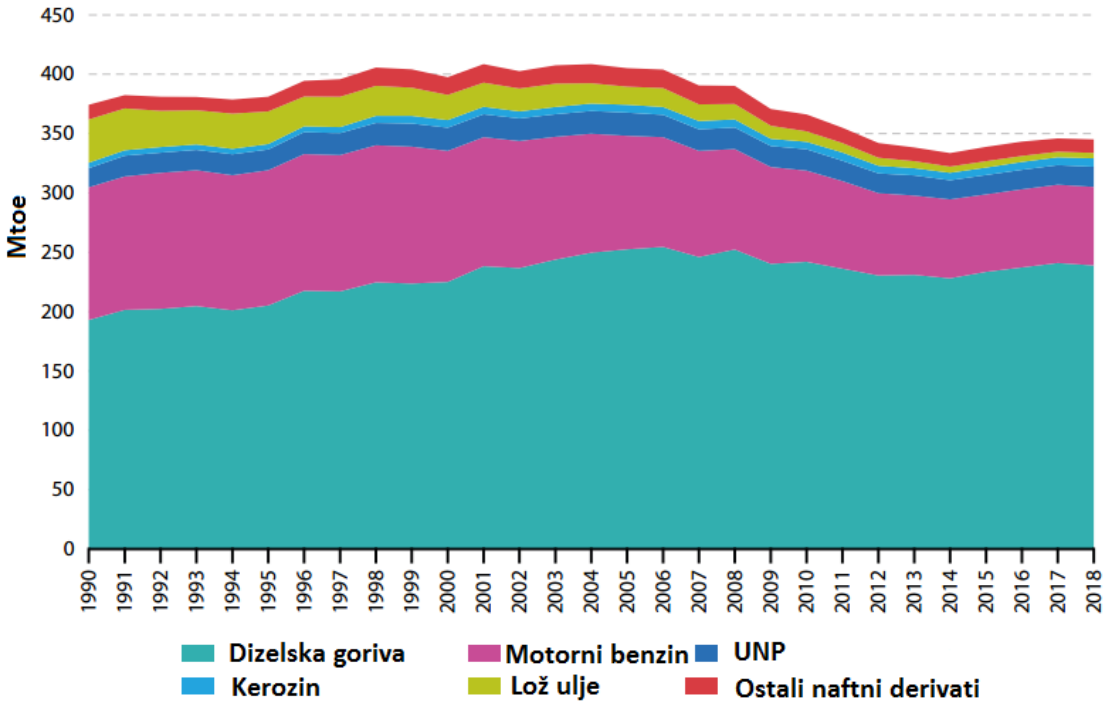


Slika 3-11. Primarna proizvodnja sirove nafte od 1990. godine do 2018. godine u Mtoe (Eurostat, 2020a)

Kako i dalje postoji velika potreba za sirovom naftom i njenim derivatima, EU je prisiljena na uvoz te je 2018. godine uvezeno 512,5 Mtoe . Glavni uvoznici bili su Rusija sa 151,6 Mtoe , Saudijska Arabija sa 37,8 Mtoe, Norveška sa 36,7 i Kazahstan sa 36,5 Mtoe. Uvoz koji dolazi iz Rusije održava stabilne stope zadnje desetljeće dok se uvoz iz Norveške prepolovio za isto razdoblje. S druge strane Irak preuzima inicijativu uvoza u EU i povećava količine.

Proizvodnja električne energije iz fosilnih goriva u EU, prvenstveno naftnih derivata, smanjuje se kroz vrijeme s malom iznimkom u 2016. i 2017. godini. Mnoga od postojećih postrojenja na sirovu naftu drže se još uvijek samo kao rezervna snaga i uglavnom koriste

gorivo u vidu benzina ili dizelskog ulja. U posljednjih deset godina konačna potrošnja energije naftnih derivata, ako se izuzme potrošnja u međunarodnoj špediciji i zrakoplovstvu, globalno je opala ispod razine iz 1990-ih (slika 3-12).



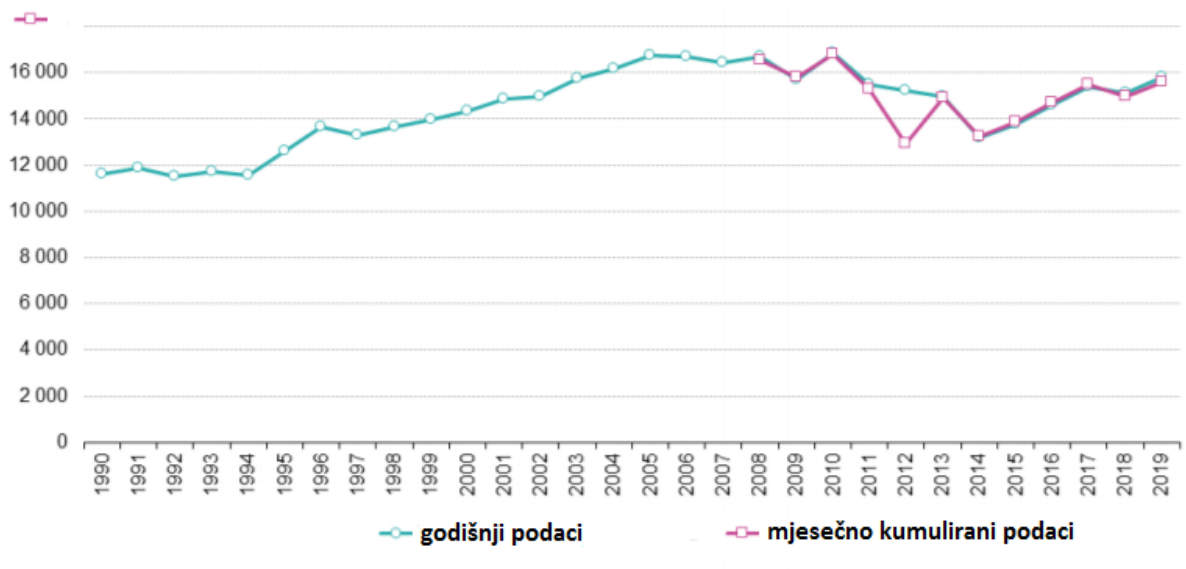
Slika 3-12. Konačna potrošena energija iz naftnih derivata u Mtoe (Eurostat, 2020a)

3.6.2. Prirodni plin

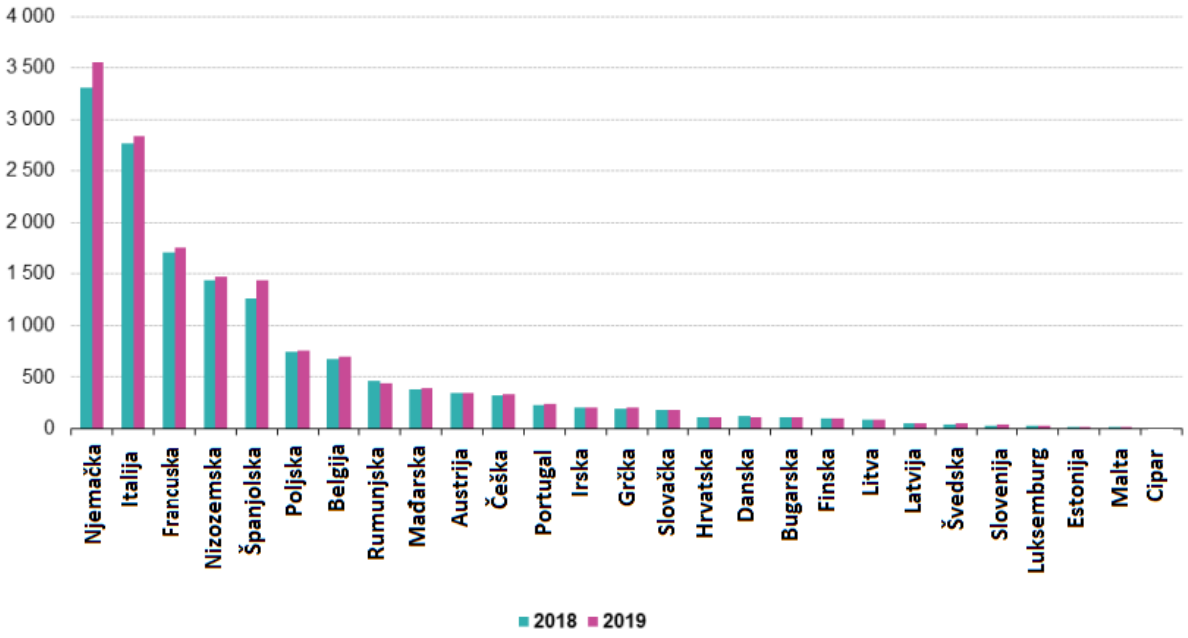
Jedno vrijeme se prirodni plin smatrao i uzimao kao tranzicijsko gorivo (najčišće fosilno gorivo), međutim zbog narednih saznanja to više nije slučaj. Prirodni plin je po svome sastavu pretežno metan u čijem su sustavu prisutne jake fugitivne emisije (puno veće od emisija CO_2) pri njegovoj proizvodnji, transportu i korištenju. Zbog tih emisija metana, prirodni plin nema veliku prednost pred ugljenom kada se koristi za toplinsku energiju. Veće razlike su kada se koristi u proizvodnji električne energije, u korist prirodnog plina. Također je upitno i korištenje plina kao transportnog goriva u odnosu na naftu. Zbog sve većih zahtijeva EU-a i postizanja ugljične neutralnosti do 2050. godine plin se može smatrati jedino dobrom zamjenom za ugljen u proizvodnji električne energije. Ne možemo ga smatrati učinkovitim tranzicijskim gorivom u ukupnoj tranziciji jer postoje puno „čišće“ opcije koje će emisije dovesti do minimuma. Uz sve navedeno, upotrebom plina ne postiže

se energetska sigurnost jer Europa nema dovoljno vlastite proizvodnje prirodnog plina i ovisna je o uvozu te ni u tome kontekstu plin ne treba uzimati u obzir kao tranzicijsko gorivo. (Duić N, 2020)

U 2019. godini bruto finalna potrošnja prirodnog plina u EU narasla je za 4,2% u usporedbi s 2018. godinom i dosegla je 15 591 tisuću TJ (slika 3-13). Najznačajnija povećanja u potrošnji zabilježena su u Španjolskoj (14,1%), Grčkoj (9,0%) i Njemačkoj (7,7%). Najveći pad u potrošnji prirodnog plina zabilježen je u Latviji (-8,4%), Estoniji (-8,0%) i Danskoj (-6,7%) (slika 3-14).

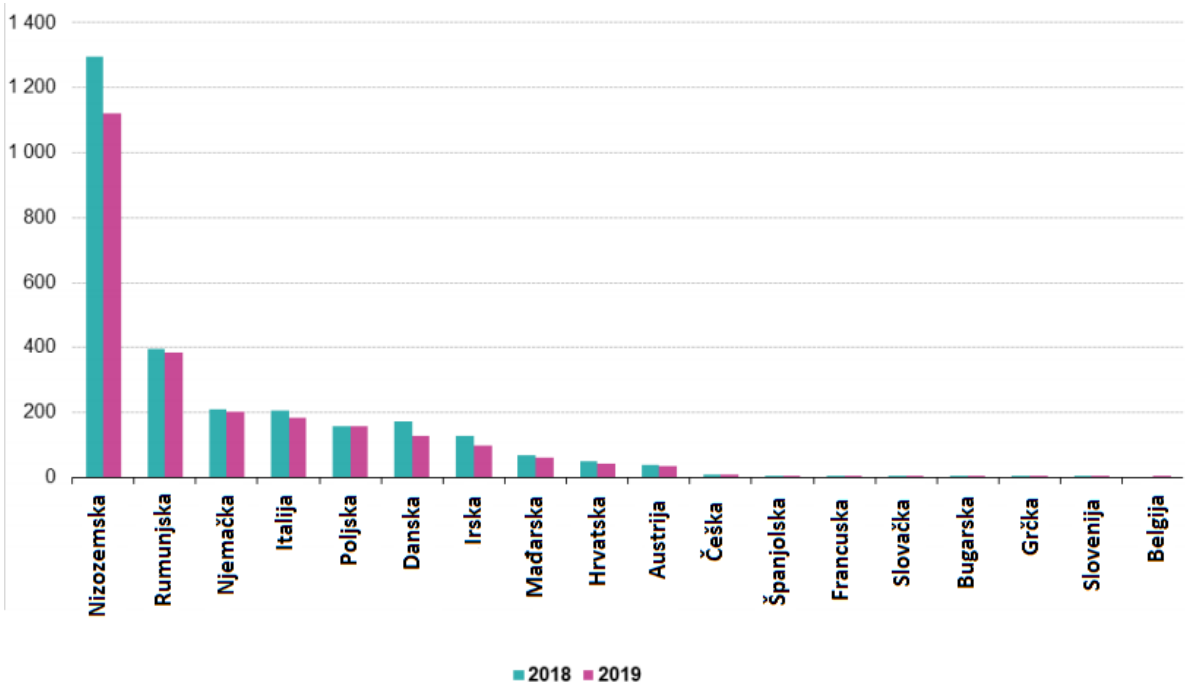


Slika 3-13. Bruto finalna potrošnja prirodnog plina u EU u tisućama TJ (Eurostat, 2020b)



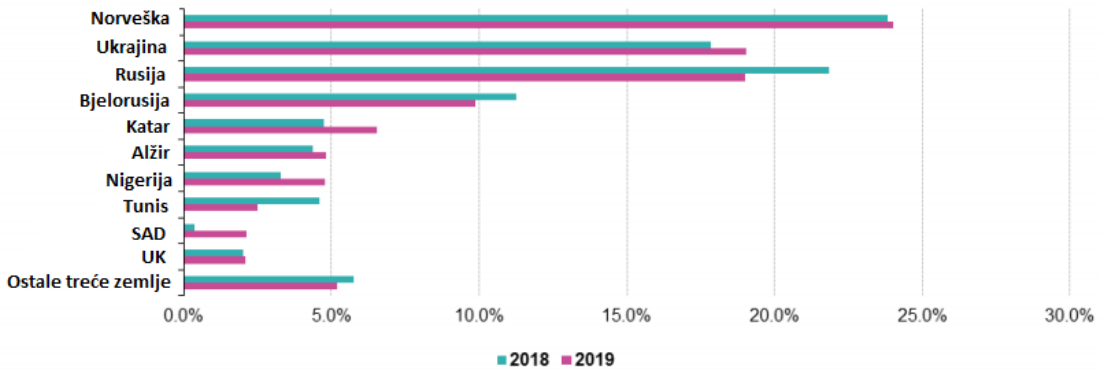
Slika 3-14. Bruto finalna potrošnja prirodnog plina po državama u tisućama TJ (Eurostat, 2020b)

Proizvodnja prirodnog plina u EU u konstantnom je padu. U 2019. godini smanjena je za 11% u odnosu na godinu prije. Glavni proizvođač prirodnog plina u EU, Nizozemska, zabilježila je pad u proizvodnji od -13,5%. Značajni pad je također i u Danskoj (25,4%), Irskoj (-22,2%), Hrvatskoj (-16,3%) i Italiji (-11,0%). S proizvodnjom od 1 122 tisuće TJ u 2019. godini, Nizozemska prednjači u proizvodnji prirodnog plina u EU. Slijedi ju Rumunjska (386 tisuća TJ) i Njemačka (202 tisuće TJ) (slika 3-15).



Slika 3-15. Primarna proizvodnja prirodnog plina u EU u tisućama TJ (Eurostat, 2020b)

Sigurnost opskrbe primarnom energijom u EU može biti ugrožena ako je visok udio uvoza koncentriran među relativno malo partnera. Gotovo tri četvrtine (70,3%) prirodnog plina je uvezeno. Te količine su se i više nego udvostručile u razdoblju od 1990. do 2018. godine. Ukupni uvoz prirodnog plina se u 2019. godini povećao za 4,2% i iznosio je 26 720 tisuća TJ. Promatrajući porijeklo uvoza, ne uključujući razmjene unutar zemalja članica i Švicarske, 24% uvezenog prirodnog plina došlo je iz Norveške, 19% iz Rusije kao i iz Ukrajine i 9,9% iz Bjelorusije (slika 3-16). S time da se treba uzeti u obzir da plin koji dolazi u EU preko Ukrajine i Bjelorusije inicijalno potječe iz Rusije te je time ovisnost o uvozu ruskog prirodnog plina u praksi veća od ovisnosti uvoza iz Norveške. Ovisnost o uvozu prirodnog plina se povećala s 83,8% u 2018. godini na 89,5% u 2019. godini. Danska je jedina država EU koja je neto izvoznik prirodnog plina. Ovisnost o prirodnom plinu u 19 država članica je veća od 90% (Eurostat, 2020b).



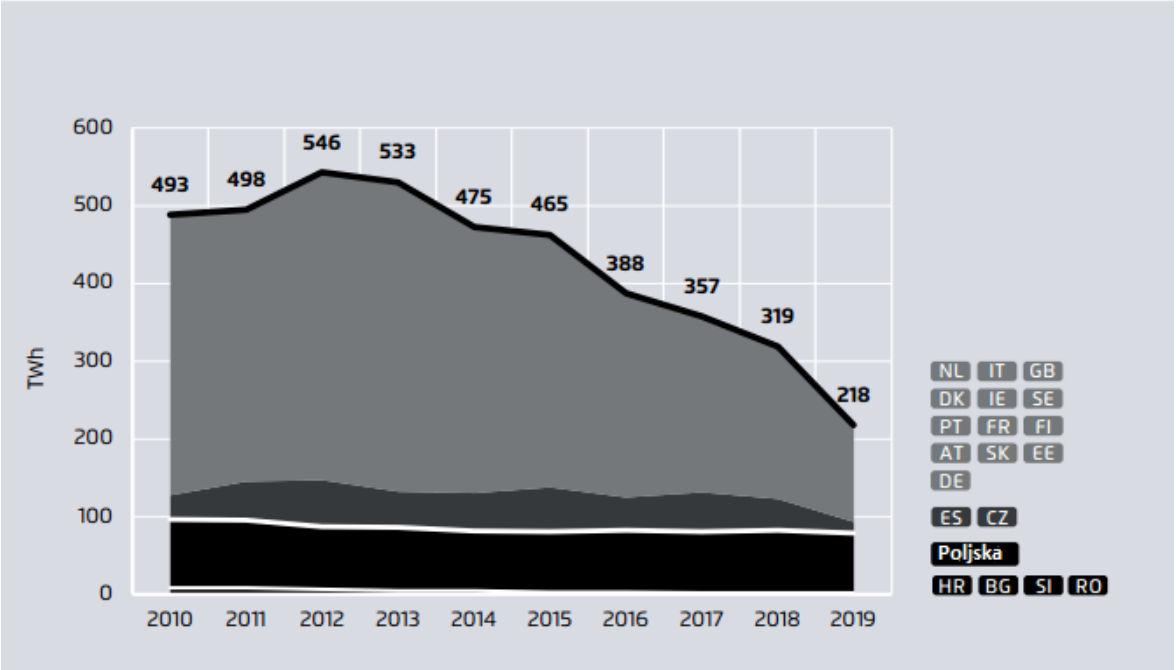
Slika 3- 16. Postotak uvoza prirodnog plina iz ne-EU zemalja (Eurostat, 2020b)

Prirodni plin sudjeluje s 9,3% u ukupnoj proizvodnji primarne energije u EU u 2019. godini. Proizvodnja električne energije iz prirodnog plina porasla je za 12% (+73,5 TWh) jer je povećanje cijena CO_2 u sustavu za trgovanjem misija EU-a (engl. *Emissions Trading Systems*, EU ETS) povećalo konkurentnost plina u odnosu na proizvodnju ugljena. Španjolska proizvodnja energije iz prirodnog plina povećala se za 37% (+27 TWh), Nizozemska za 12 TWh, Italija i Njemačka svaka za 9TWh te Francuska za 8TWh. Zajedno, tih pet država sudjeluju 88% u povećanju električne energije dobivene iz prirodnog plina u EU (Agora et al., 2020).

3.6.3. Ugljen

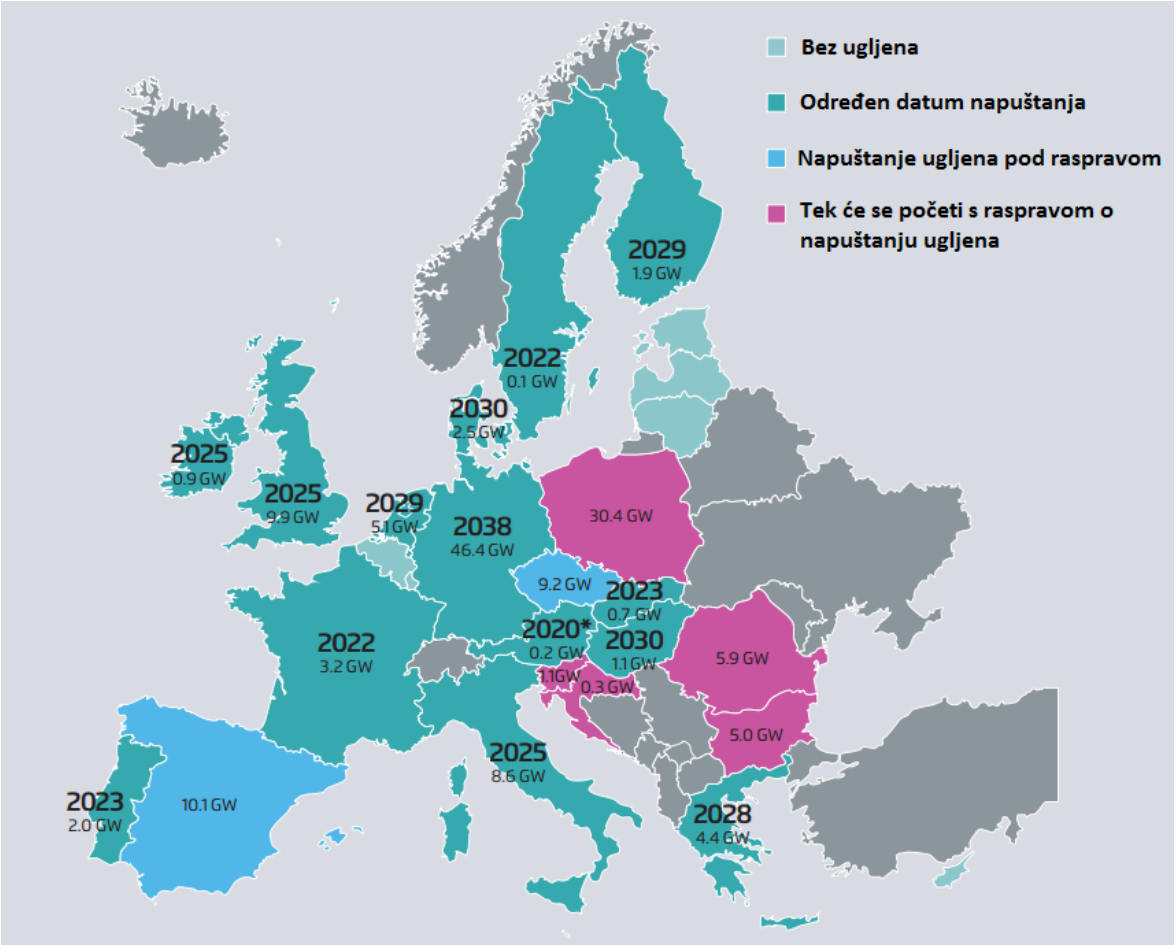
U 2017. godini EU je uvezla 38,9% ugljena iz Rusije koja je najveći uvoznik ugljena u EU u zadnjem desetljeću. Između 2007. i 2015. godine udio uvoza ugljena iz Kolumbije se gotovo udvostručio (s 11,8% na 22,2%) te je nakon toga pao na 16,9% u 2017. godini. Sjedinjene Američke Države su treći po veličini uvoznik ugljena u EU s 16,9% u 2017. godini. Na tri navedene države otpada tri četvrtine ukupnog uvoza ugljena u EU (Agora et al., 2020).

Proizvodnja električne energije iz ugljena smanjila se za 32% (-101 TWh) (slika 3-17) u 2019. godini te je za 60% manja od proizvodnje iz 2012. godine. Najveći razlog tomu je rast obnovljivih izvora energije, niža potražnja i povećanje cijene emisija CO_2, što posljedično dovodi do povećanje proizvodnje energije iz prirodnog plina. U Njemačkoj se proizvodnja energije iz ugljena smanjila za 26 TWh, 24 TWh u Španjolskoj, 10 TWh u Nizozemskoj i Velikoj Britaniji te 9 TWh u Italiji (Agora et al., 2020).



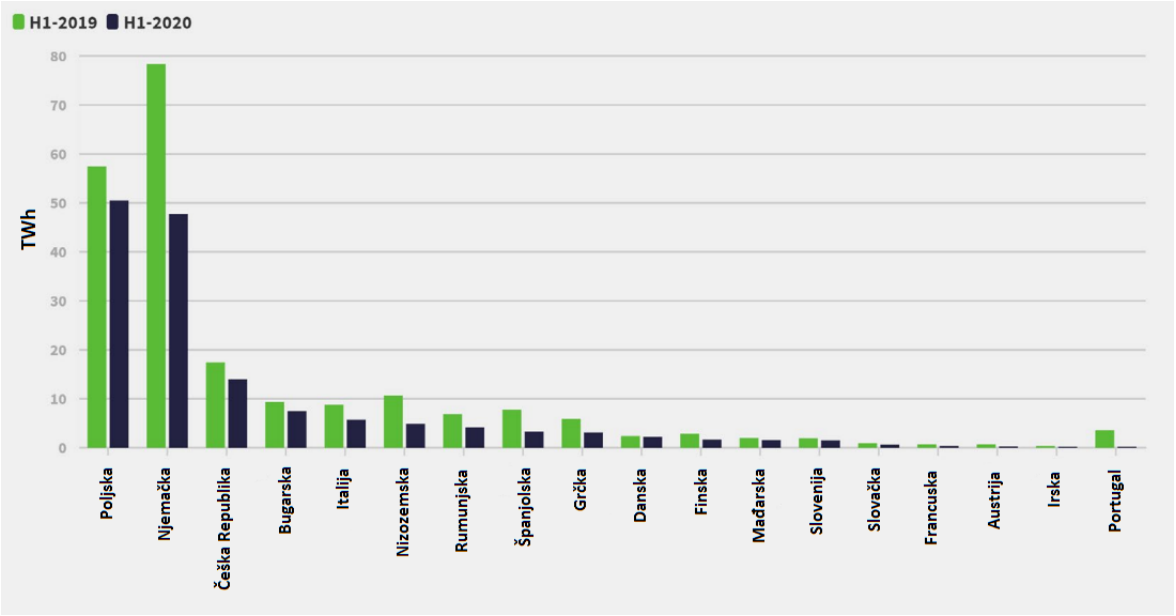
Slika 3- 17. Prikaz proizvodnje električne energije iz kamenog ugljena u EU-28 (Agora et al., 2020)

Trenutno je EU šest zemalja bez proizvodnje energije iz ugljena dok ih je 14 obećalo to postati do 2030. godine ili ranije. U Češkoj i Španjolskoj u tijeku su rasprave o postupnom ukidanju ugljena. Bugarska, Hrvatska, Poljska, Slovenija i Rumunjska još nemaju nacionalni dogovor o ukidanju udjela ugljena u energetskom miksu (slika 3-18). Njemačka će provesti svoj zakon o postupnom ukidanju ugljena, a prva zatvaranja se provode u 2020. godini. Iako se od svih država očekuje napuštanje ugljena do 2030. godine, Njemačka će to učiniti najkasnije do 2038. godine.



Slika 3-18. Prikaz datuma postupnog napuštanja ugljena i preostalih kapaciteta ugljena (Agora et al., 2019)

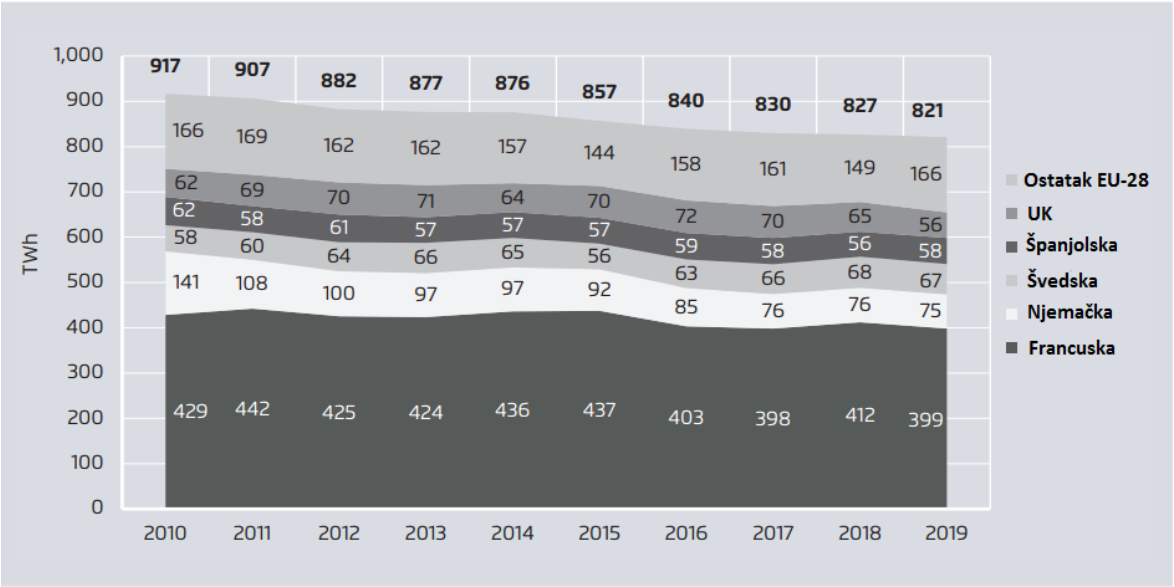
Najmanje relativno smanjenje u proizvodnji energije iz ugljena ima Poljska (-4%) zbog nedostatka alternativnih mogućnosti u energetskom miksu. Istodobno, poljski uvoz ugljena se udvostručio u 2019. godini zbog nižih cijena uvoznog ugljena, a poljska vlada još nema strateški plan o napuštanju ugljena. Poljski nacionalni i klimatski plan predviđa da će ugljen i lignit i dalje činiti 56% u proizvodnji električne energije do 2030. godine (povećat će udio energije iz obnovljivih izvora), u odnosu na 75% u 2019. godini (Agora et al., 2020). Prema EMBER, 2020 ugljen je pao i u drugim zemljama brže nego u Poljskoj tako da Poljska trenutno stvara isto toliko energije iz ugljena kao i preostalih 25 zemalja EU-a zajedno (slika 3-19).



Slika 3-19. Proizvodnja ugljena u EU-27 u 2019. godini i 2020. godini (EMBER, 2020)

3.7. Nuklearne elektrane

Nuklearna energija, niskougljična alternativa fosilnih goriva, predstavlja 26% električne energije u EU te je važna komponenta energetskog miksa 13 od 27 država EU-a. Međutim, zbog posljedica nuklearne katastrofe u Japanu, u Fukushimi 2011. godine, proizvodnja nuklearne energije u konstantom je padu (slika 3-20) te se većina zemalja se odlučuje o napuštanju iste. U 2019. godini ugašena je njemačka nuklearna elektrana Philippsburg te je ona jedanaesta ugašena nuklearna elektrana u Njemačkoj u zadnjem desetljeću dok će se ostalih 6 elektrana zatvoriti do 2022. godine. Francuska elektrana Fessenheim je prestala s radom ove godine u 7. mjesecu. Finska je odgodila pokretanje reaktora Olkiluoto za ožujak 2021. godine.



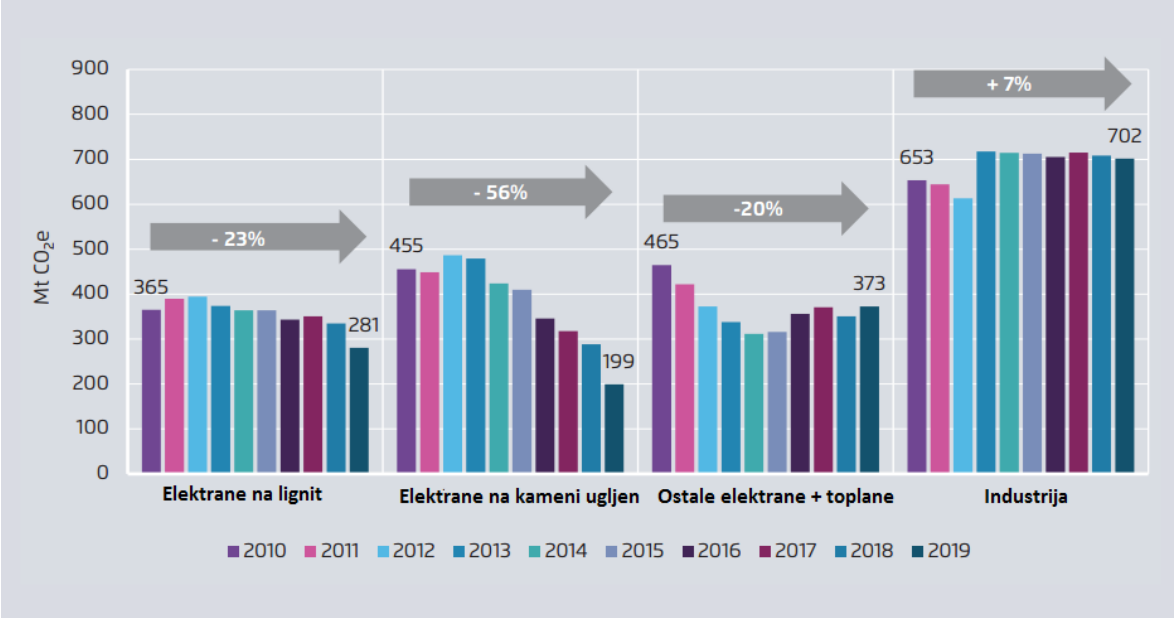
Slika 3-20. Prikaz proizvodnje električne energije iz nuklearnih elektrana u EU-28 (Agora et al., 2020)

Međutim, nuklearne elektrane, iako se smanjuje njihovo korištenje, trenutno su nužne u energetskoj tranziciji barem idućih 10 godina i bez njih nije moguć daljnji razvoj. Razlog tomu je što su nuklearne elektrane manje štetne za okoliš od fosilnih goriva i proizvode manje stakleničkih plinova. Nuklearna energija ne ovisi o vremenskim uvjetima te je energija iz nuklearnih elektrana bazna energija, a dok god ne postoji skladištenje energije iz obnovljivih izvora, takva energija će biti neminovna.

3.8. Emisije CO_2

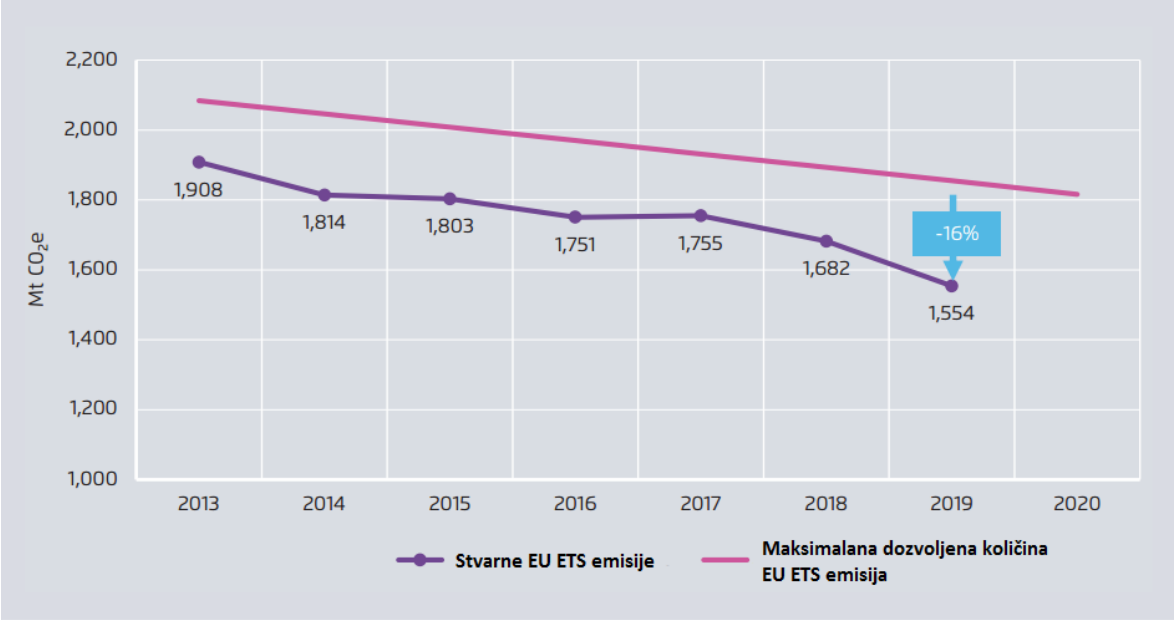
Emisije CO_2 u energetskom sektoru su se smanjile za 12% odnosno za 120 milijuna tona CO_2 ekvivalenta. Polovica tog pada rezultat je zamjene ugljena s obnovljivim izvorima energije, a druga polovica zbog zamjene ugljena s plinom (zbog porasta cijena CO_2 u EU ETS-u). Predviđa se da su ukupne EU ETS emisije pale za 8% sa 1682 milijuna tona CO_2 ekvivalenta u 2018. godini na 1554 milijuna tona CO_2 ekvivalenta u 2019. godini što je puno više od prosječnog godišnjeg pada od 2,6% od 2005. godine na dalje. Od 2012. godine emisije iz energetskog sektora su se ukupno smanjile za 32%. U 2019. godini emisije iz industrijskog sektora smanjile su se za 1% dok je ukupni BDP u EU narastao za 1,4% te se industrijska proizvodnja smanjila za 0,6%. Proizvodnja čelika se smanjila za 5% u istom razdoblju.

Elektrane na ugljen imaju najveći doprinos u padu emisija CO_2 proizvodnja emisija iz elektrana na ugljen pala je za 59% od 2012. godine. Emisije koje stvaraju elektrane na lignit smanjile su se za 29% u istom razdoblju (slika 3-21), ali su i dalje činile 18% emisija ETS-a. Elektrane na ugljen (lignit i kameni ugljen) činile su 31% emisija ETS-a u 2019. godini. Padom emisija u energetskom sektoru ostaju problem one u industrijskom sektoru koje su narasle na 45% u ukupnom EU ETS-u u 2019. godini.



Slika 3- 21. EU ETS emisije podijeljene po sektorima i godinama (Agora et al., 2020)

Velika razlika između potražnje i ponude dozvola za emisije EU ETS-a čine popriličan disbalans na tržištu (slika 3-22). Stoga će MSR (engl. *Market Stability Reserve*) smanjiti prekomjernu ponudu certifikata (do 2023. godine 24% manje) i od 2023. godine izbrisati višak emisijskih jedinica. Time bi se, u načelu, cijene emisija trebale povisiti.



Slika 3- 22. Prikaz EU ETS emisija i razlike u ponudi i potražnji dozvola (Agora et al., 2020)

Cijene emisija su u 2019. godini značajno porasle te su tako s 3 EUR/ EUA u 2017. godini narasle na 20-25 EUR/ EUA (Slika 3-23). Zbog naglog skoka cijena efikasnije plinske elektrane u zemljama u kojima je plin jeftin su počele izbacivati najmanje efikasne elektrane na ugljen. S obzirom da su trenutno cijene prirodnog plina niske, može se očekivati daljnji pad proizvodnje električne energije iz ugljena. Na slici je prikazana cijena jednog EUA (engl. *Emission Unit Allowance*) što je jedna tona CO_2 ekvivalenta.

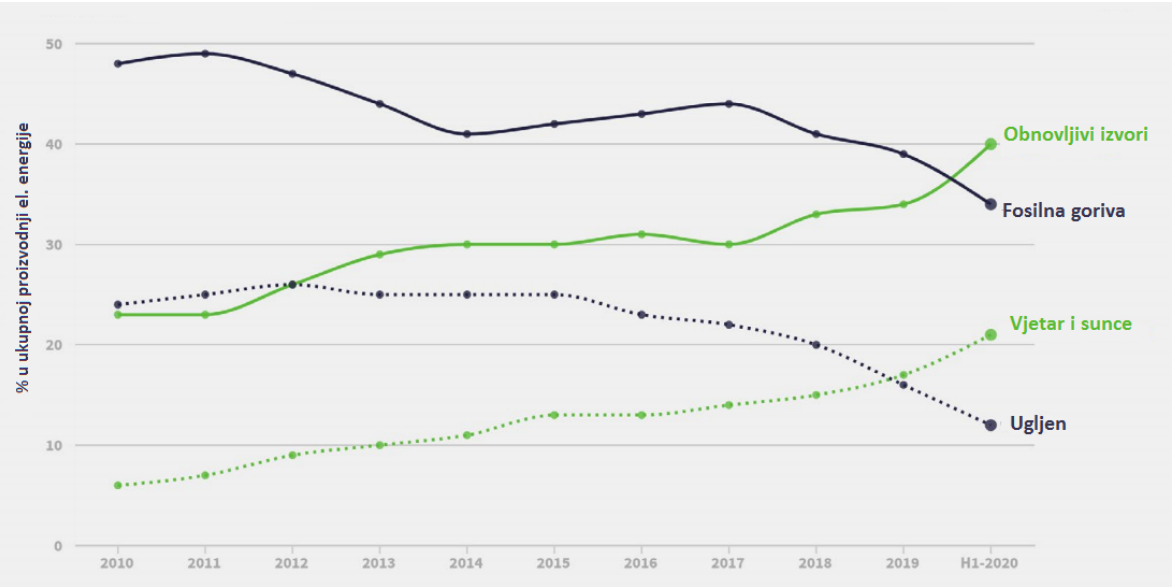


Slika 3-23. Cijena jednog EUA (EMBER, 2021)

3.9. Stanje u prvoj polovici 2020. godine

Prema EMBER 2020, kao što je već spomenuto ranije, proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora prvi put je premašila proizvodnju iz fosilnih goriva (slika 3-24). U prvoj polovici 2020. godine obnovljivi izvori, vjetar, solar, hidro i energija iz

biomase, proizveli su 40% električne energije u EU-27, a u istom razdoblju fosilni izvori su proizveli 34% energije.



Slika 3-24. Proizvodnja električne energije u EU-27 (EMBER, 2020)

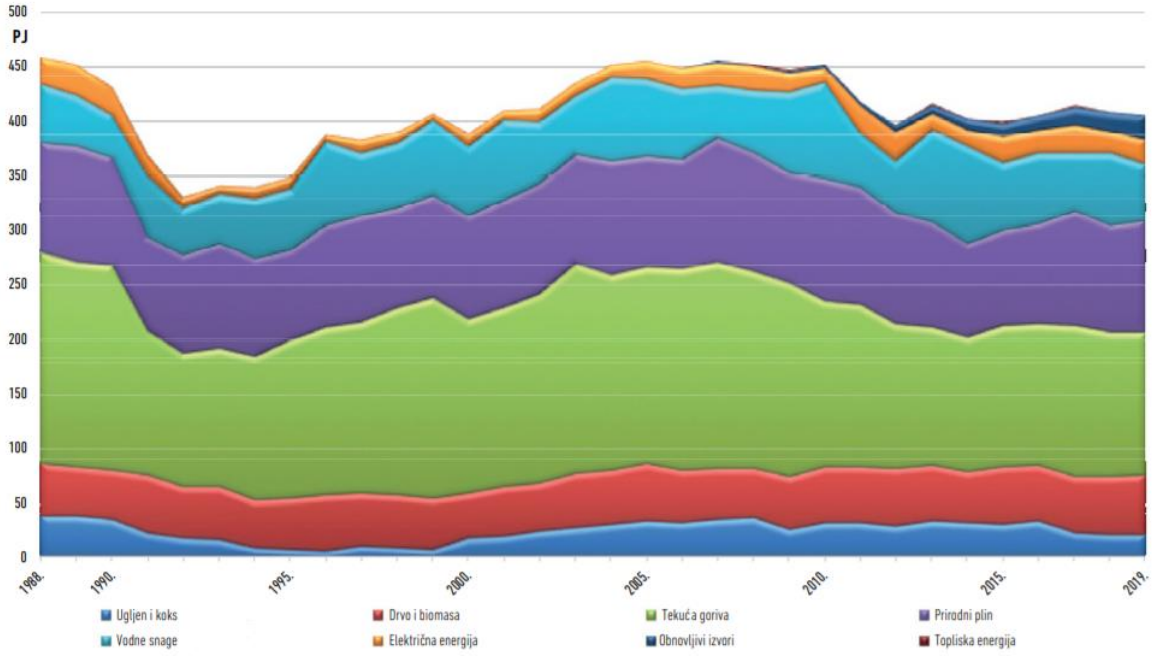
Obnovljivi izvori energije su porasli za 11%. Rast je uzrokovan instaliranjem novih vjetroelektrana i solarnih elektrana te zbog povoljnih uvjeta tijekom blagog i vjetrovitog početka godine. Energija iz vjetra i solarnih elektrana su zajedno dosegle rekord od 21% proizvedene ukupne električne energije u EU te su postigle još veće postotke u Danskoj (64%), Irskoj (49%) i Njemačkoj (42%).

Fosilna goriva su se smanjila za 18% te su istisnuta na dvije strane: rast proizvodnje obnovljivih izvora i pad potražnje za električnom energijom od 7% uzrokovano pandemijom COVID-19. Ugljen je u istom razdoblju pao za 32% od čega je 34% pad kamenog ugljena, a 29% lignita. Čak je i proizvodnja električne energije iz plina imala pad od 6% u 11 zemalja. Zbog navedenog su emisije CO_2 u elektroenergetskom sektoru pale za oko 23% (EMBER, 2020).

Njemačka proizvodnja energije iz ugljena je prvi put pala ispod razina proizvodnje u Poljskoj. Poljska sada proizvodi više električne energije iz ugljena od Njemačke, kao i od preostalih 25 zemalja zajedno. Dok većina drugih zemalja ima plan postupnog ukidanja ugljena, Poljska još nema takvih planova.

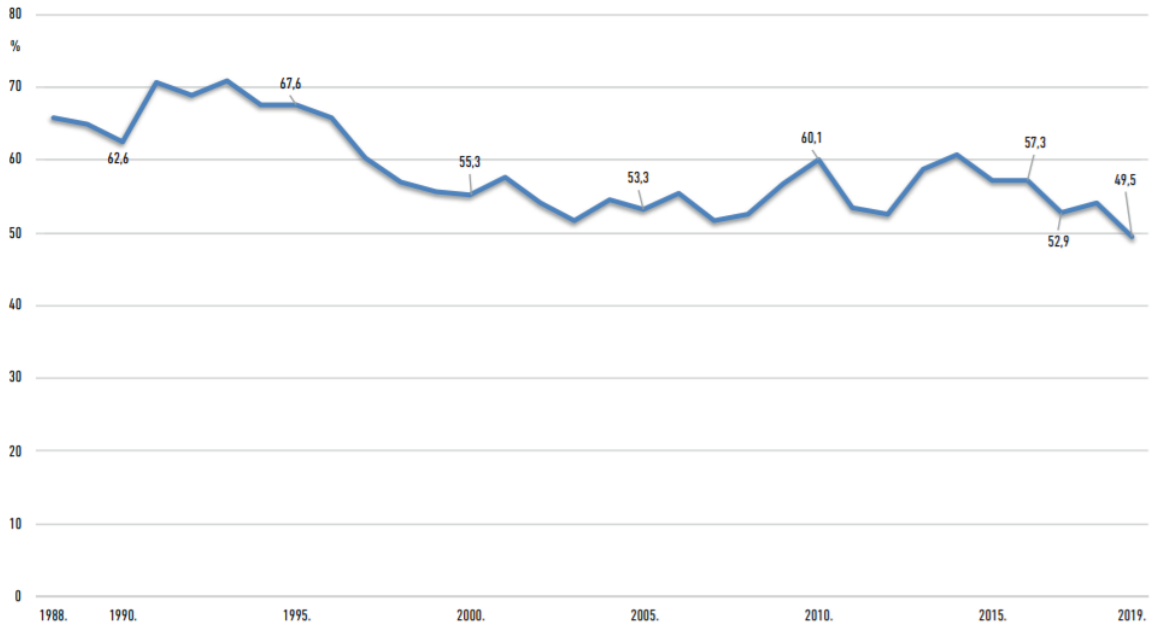
3.10. Stanje u Hrvatskoj

Ukupna potrošnja energije u RH u 2019. godini smanjena je za 0,8 % u odnosu na prethodnu godinu. U periodu od 2014. godine do 2019. godine ukupna potrošnja energije povećavala se s godišnjom stopom od 0,2% s izmjenama strukture korištenih energenata (slika 3-25.). U tome razdoblju potrošnja ugljena i koksa je padala s godišnjom stopom 8,1%, kao i iskorištenje vodnih snaga s prosječnom godišnjom stopom od 10,3%, dok je kod ostalih energenata zabilježen rast. Najveće udjele u potrošnji i dalje zauzimaju tekuća goriva i prirodni plin. Potrošnja obnovljivih izvora energije (izuzev hidroenergije) u zadanom periodu rasla je s visokom stopom od 16%. Tekuća goriva i prirodni plin imaju godišnji rast od 1,2% i 3,6%, a ogrjevno drvo i biomasa prosječnu godišnju stopu rasta od 3,3%. Potrošnja električne energije je zadnjih godina na popriličnoj istoj razini. (EIHP, 2020)



Slika 3-25. Ukupna potrošnja energije u RH (EIHP, 2020)

Zadnjih godina se bilančne rezerve nafte, kondenzata i prirodnog plina značajno smanjuju. Posljedično tome se smanjuje količina eksploatirane nafte i prirodnog pina s postojeća 54 eksploatacijska polja. Iz domaće proizvodnje osigurava se 20% potrebe za naftom te otprilike 40% potrebe za prirodnim plinom dok je vlastita opskrbljenost energijom u konstantnom padu (slika 3-26).



Slika 3-26. Vlastita opskrbljenost primarnom energijom u RH (EIHP, 2020)

Od 2013. godine u RH se bilježi stalni pad rezervi nafte i kondenzata. Bilančne rezerve prirodnog plina su od 2007. godine u stalnom padu tako da su 2017. godine bile na razini od 25% rezervi koje su zabilježene u 2007. godini. Eksploatacijska polja su u visokom stupnju iscrpljenosti te se na mnogima primjenjuju sekundarne metode pridobivanja ugljikovodika. U strategiji se navodi da će se povećanje rezervi osigurati dodjelom novih dozvola za istraživanje i eksploataciju ugljikovodika te otkrivanje novih potencijala kojima bi se, prema geološkim projekcijama, godišnja proizvodnja nafte i kondenzata mogla povećati sa sadašnjih 900 000 m^3 na oko 1,3 milijuna m^3 između 2030. i 2035. godine. Za isto razdoblje, geološke projekcije za proizvodnju prirodnog plina su da će dosegnuti maksimum 2035. godine s količinom od oko 1,6 milijardi m^3. Međutim, prema mišljenju autorice, potez od strane RH za dodjelu novih dozvola za istraživanje i eksploataciju ugljikovodika je kontradiktorno s obzirom na direktive EU-e i politike niskougljične energije u EU. Autorica smatra da će tim istraživanjima RH izrazito usporiti svoju energetsku tranziciju i da bi se država trebala okrenuti obnovljivim izvorima energije i prenamjeni postojeće infrastrukture koja bi odgovarala obnovljivim izvorima energije ili barem izradi postrojenja za sakupljanje i skladištenje CO_2 (CCS postrojenja).

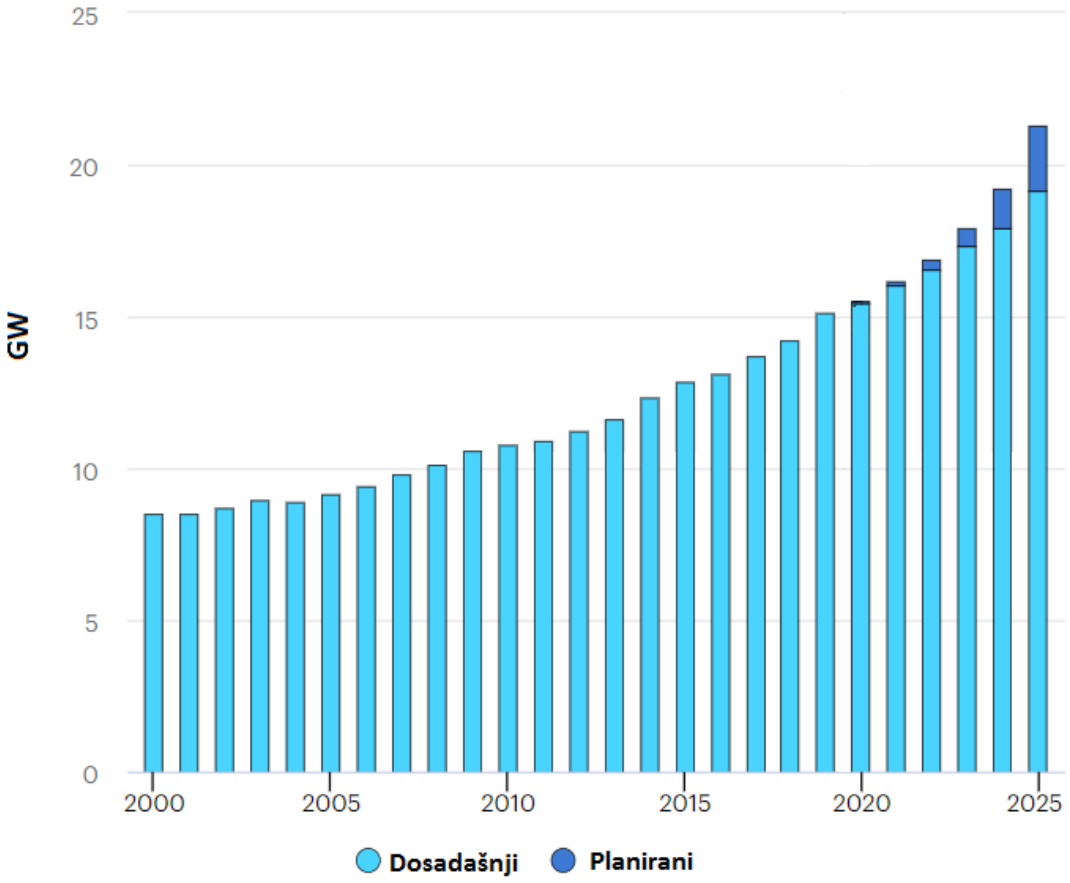
Više od polovice električne energije proizvodi se u hidroelektranama te proizvodnja električne energije u RH znatno ovisi o hidrološkim prilikama. Važno je napomenuti i da je hidropotencijal RH gotovo u potpunosti iskorišten, ako se uzme u obzir da bi postavljanje hidroelektrana na Dravu i Savu (obje plovne) donijelo više štete nego koristi. Međutim, ostali

obnovljivi izvori energije bilježe značajan porast u proizvodnji električne energije, najviše vjetroelektrane. Potrebe za električnom energijom ne zadovoljavaju se iz domaće proizvodnje te uvoz čini oko 30% ukupne potrošnje (Strategija, 2020).

4. ULOGA GEOTERMALNE ENERGIJE U ENERGETSKOJ TRANZICIJI

4.1. Geotermalna energija u svijetu

Trenutni svjetski kapacitet geotermalne energije iznosi 15,5 GW (slika 4-1). U 2020. godini on se povisio za 0,3 GW što je jedna trećina prošlogodišnjeg rekordnog povećanja kapaciteta. Indonezija predvodi razvoj geotermalne energije te ima najveći rast kapaciteta (145 MW), a slijedi ju Turska s povećanjem od 70 MW. Te dvije države su zaslužne za povećanje više od dvije trećine novoinstaliranih kapaciteta u 2020. godini. Filipini, Sjedinjene Američke Države i Bolivija instalirali većinu ostalih novih kapaciteta geotermalne energije.



Slika 4-1. Prikaz geotermalnih kapaciteta, dosadašnji i planirani kapaciteti u GW, od 1990.-2025. godine u svijetu (IEA, 2020)

Niz projekata odgođen je zbog poremećaja u globalnom lancu opskrbe strojevima i materijalima te odgodama strateških odluka (uključujući one za financiranje) uzrokovanih krizom Covid-19. Stoga se očekuje da će nekoliko malih i srednjih projekata biti odgođeno za 2021. godinu.

Predviđa se povećanje ukupnog svjetskog geotermalnog kapaciteta od 7% (na 16,5 GW) do 2022. godine (vidljivo na slici 4-1). U tom porastu prednjačit će novoinstalirani kapaciteti u Indoneziji, Keniji, Turskoj i Filipinima. Također, indonezijska vlada pripremila je plan za razvoj geotermalne energije do 2030. godine kada očekuje da će njezini kapaciteti geotermalne energije doseći 8 GW. Šira eksploatacija geotermalnih potencijala naići će na niz izazova poput niskih cijena energije, ograničene lokalne potrebe za električnom energijom, manjak kapitalnih ulaganja te očuvanja okoliša.

Zahvaljujući interesu velikih naftnih kompanija za geotermalnu energiju javljaju se nove prilike za razvoj tog područja. Naftne kompanije prepoznaju mogućnost za diversifikaciju svojih aktivnosti te imaju prednost u stručnosti u bušenju.

4.2. Geotermalna energija u Europi

Europska komisija podržava razvoj geotermalnog sektora kroz širok spektar aktivnosti na temelju dvije glavne političke inicijative: Energetske unije i SET-Plana. SET-Plan (engl. *Strategic Energy Technology Plan*) je strateški tehnološki energetski plan za poticanje tranzicije prema klimatski neutralnom energetskom sustavu razvojem nisko ugljičnih tehnologija na brz i troškovno prihvatljiv način (IEA Geothermal, 2020).

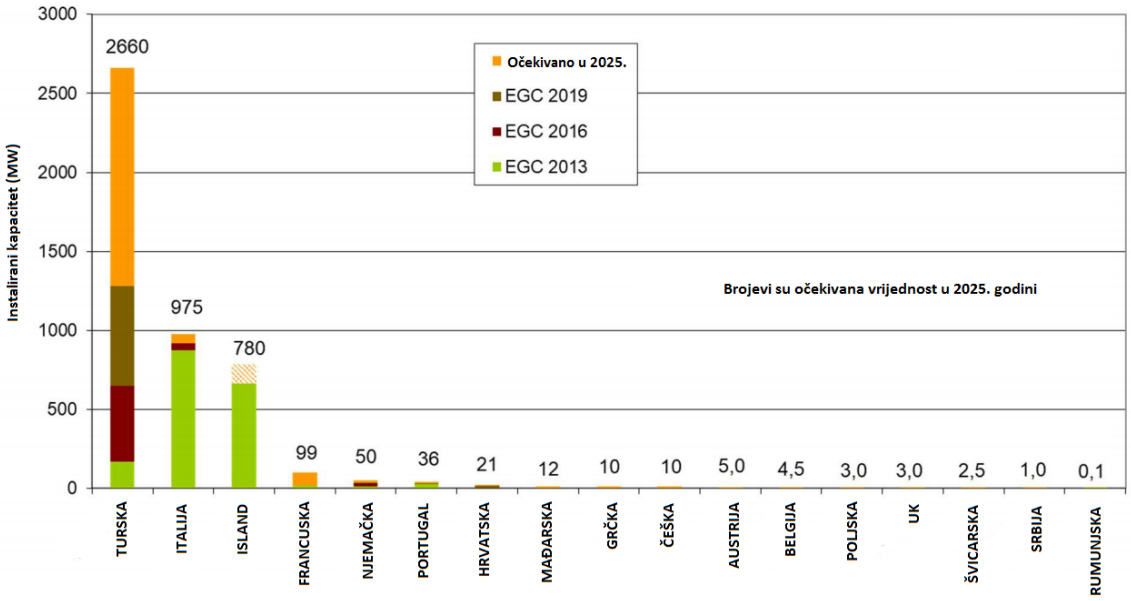
Europska komisija podržava istraživanje i razvoj geotermalne energije preko Horizon-a 2020 i Europskog fonda za regionalni razvoj. Horizon 2020 je Okvirni program za istraživanje i tehnološki razvoj geotermalne energije u razdoblju od 2014. do 2020. godine.

Geotermalna energija se promovira kroz klimatske i energetske ciljeve EU-e. Regulatorni i politički okvir za razvoj geotermalne energije je kompleksan, stoga nacionalne i regionalne politike mogu odudarati od europskih. Mnoge vladine potpore su u smjeru razvoja geotermalne energije. Nekoliko država članica EU-e uvrstilo je u svoje politike instrumente potpore koji su rezultirali ubrzanjem geotermalnog razvoja. Instrumenti potpore se razlikuju u državama članicama i ovise o dostupnoj tehnologiji u proizvodnji električne

energije, u izravnom korištenju (grijanje) te u korištenju dizalica topline. (IEA Geothermal, 2020)

4.2.1. Geotermalna energija u proizvodnji električne energije u EU

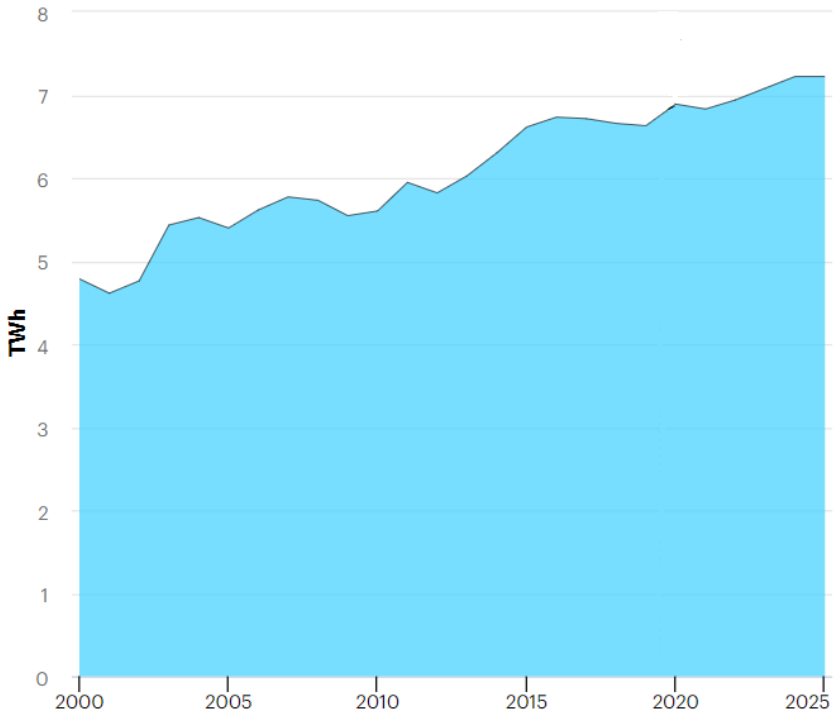
Na kraju 2018. godine u Europi je bilo aktivno 127 geotermalnih elektrana s gotovo 3 GW_{el} instaliranih kapaciteta. Samo 10 zemalja u Europi ima geotermalne elektrane te se predviđa da će do 2025. godine još 7 država imati instalirane kapacitete. Većina instaliranih kapaciteta se nalazi izvan EU-e u dvije države: Turskoj i Islandu. U EU je instalirano samo 1 GW_{el}, od čega je većina instaliranih kapaciteta u Italiji (slika 4-2). S obzirom na golemi potencijal geotermalne energije u EU koja je procijenjena na 522 GW_{el} u 2050. godini, dosadašnja iskoristivost je poražavajuća.



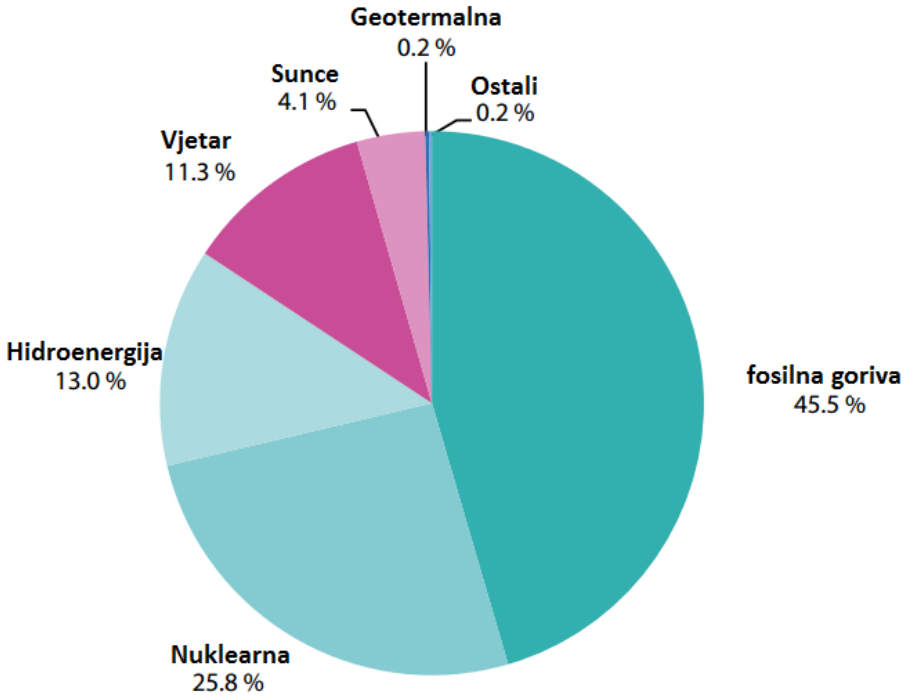
Slika 4-2. Instalirana geotermalna snaga u Europi od 2012. godine do 2018. godine i predviđanjima za 2025. godinu (EGC, 2019)

Turska i Island su također zemlje s najviše novoinstaliranih geotermalnih kapaciteta u 2018. godini u iznosu od 290 MW_{el} i 45 MW_{el}. Jedina novoinstalirana geotermalna elektrana u EU u 2018. godini je bila ona u Hrvatskoj s kapacitetom od 17,5 MW_{el}. S druge strane, od gotovo 200 geotermalnih elektrana u fazi razvoja ili istraživanja, njih dvije trećine se nalazi u EU.

Proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora u EU iznosila je 6,64 TWh 2019. godine (slika 4-3) što je približno 0,2% ukupne potrošnje električne energije u EU (slika 4-4). Udio geotermalne energije na europskom toplinskom tržištu ima godišnju stopu rasta od 3% kroz zadnjih pet godina.



Slika 4-3. Prikaz proizvodnje geotermalne energije u EU od 1990. godine do 2025. godine (IEA, 2020)



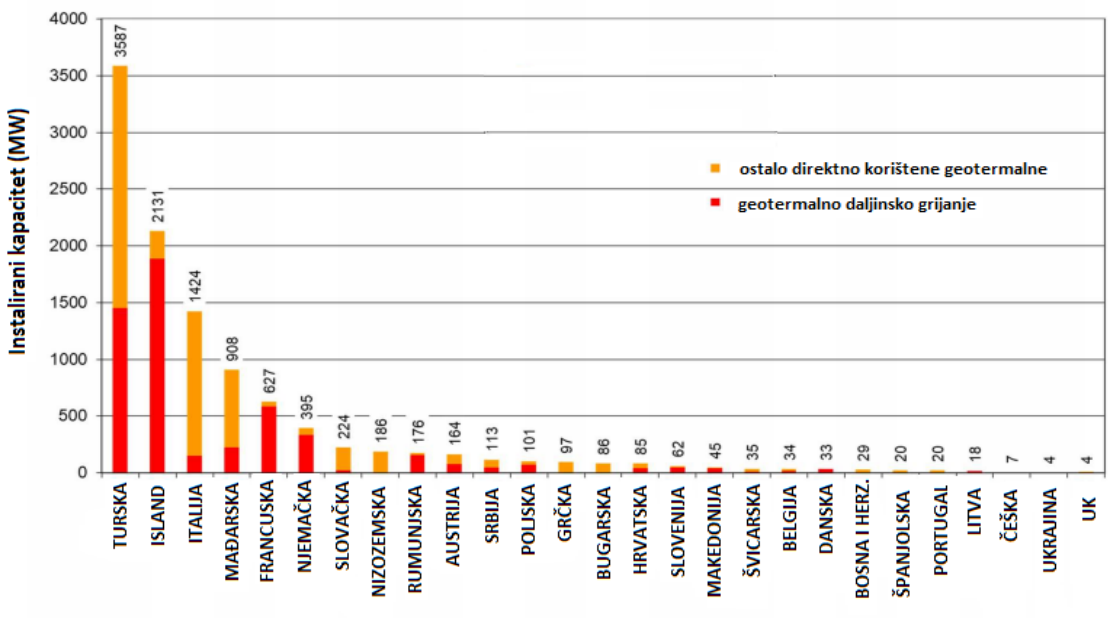
Slika 4-4. Neto proizvodnja električne energije u EU-27 u 2018. godini (Eurostat, 2020a)

Većina geotermalne energije u EU proizvedena je iz hidrotermalnih izvora. U EU postoje samo četiri elektrane s naprednim geotermalnim sustavom (EGS). Postoje i tri geotermalna ležišta visoke ili srednje entalpije koja su aktivne u Njemačkoj i koriste se za osiguravanje povezanosti ležišta, za niže cijene bušenja te za ublažavanje induciranih seizmičkih pomaka.

4.2.2. Geotermalna toplinska energija

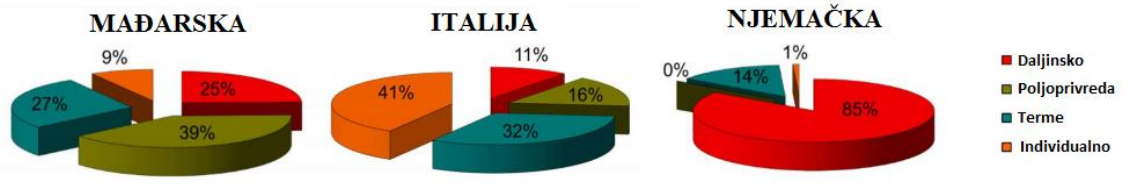
Izravna upotreba geotermalne energije za grijanje i hlađenje doživljava rastući trend u Europi najviše u Turskoj, a od EU zemalja u Italiji (slika 4-5). Toplina geotermalne energije ima razne svrhe te se može koristiti za daljinsko grijanje, u agri-kulturalnom sektoru te kao procesna toplina u industriji. Glavna upotreba geotermalne topline je daljinsko grijanje kućanstava, ali porastao je i broj poslovnih investiranja u opskrbu geotermalnom energijom u zadnjem desetljeću.

Island i Turska su glavna tržišta za daljinsko grijanje na geotermalnu energiju u Europi s instaliranim kapacitetom od 2,2 GW_t na Islandu i 0,9 GW_t u Turskoj. Dodatnih 1,9 GW_t distribuirano je po EU (oko 200 geotermalnih postrojenja), većinom u Francuskoj, Njemačkoj i Mađarskoj (slika 4-5). Kako god, i druge države su se pokazale kao važna tržišta u nastajanju. Najveći rast ima Nizozemska, koja je zaslužna za gotovo pola novoinstaliranih kapaciteta geotermalne toplinske energije u 2018. godini u EU (66 MW_t od 144 MW_t). U razvoj i istraživanje iskoristivosti geotermalnih toplana ulagale su i Italija, Poljska i Ujedinjeno Kraljevstvo (EGC, 2019).



Slika 4-5. Instalirani kapaciteti u izravnoj geotermalnoj upotrebi u Europi 2018. godine s prikazanim udjelom daljinskog grijanja u ukupnoj izravnoj geotermalnoj uporabi (EGC, 2019)

Na slici 4-6. prikazana su tri primjera različite raspodjele korištenje topline iz geotermalnih izvora po sektorima. U Mađarskoj, kao što je vidljivo na slici, oko 40 % topline iz geotermalnih izvora koristi se u poljoprivredi, a četvrtina za toplice. U Italiji geotermalna toplina služi za grijanje individualnih zgrada , a samo je 11 % za daljinsko grijanje, za razliku od Njemačke koja u te svrhe koristi 85 % svojih kapaciteta.



Slika 4-6. Udio instaliranih kapaciteta u glavnim sektorima koji izravno koriste geotermalnu energiju (EGC, 2019)

Vidljivo je iz navedenih podataka da je korištenje geotermalne energije u svrhu grijanja raširenije, nego korištenjem geotermalne energije za proizvodnju električne energije. Razlog tomu je što se za grijanje mogu koristiti geotermalna ležišta s nižim temperaturama, kojih ima više, za razliku od proizvodnje električne energije gdje su potrebna dublja ležišta i veće temperature.

4.2.3. Geotermalne dizalice topline

Geotermalne dizalice topline predstavljaju najrasprostranjeniji i najviše korišten oblik iskorištavanja geotermalne energije. Postoji gotovo 1,7 milijuna takvih sustava u EU s ukupnim kapacitetom od 23,7 GW_t. Iako se većina instaliranih dizalica topline nalazi u Švedskoj i Njemačkoj (0,6 i 0,4 milijuna geotermalnih dizalica topline), Finska, Poljska, Nizozemska i Austrija su također tržišta u nastajanju s više od 50 000 instaliranih dizalica topline. Dodatnih 0,2 milijuna geotermalnih dizalica topline (3,2 GW_t instaliranih kapaciteta) nalazi se izvan EU, prvenstveno u Švicarskoj i Norveškoj (EGC, 2019).

4.2.4. Zemlje s najvećim kapacitetom geotermalne energije u EU

4.2.4.1. Italija

U Italiji se geotermalni izvori energije koriste za proizvodnju električne energije kao i za izravnu upotrebu (toplina). Geotermalne elektrane pridonose 2,1% u ukupnoj proizvodnji električne energije u Italiji te su sve locirane u Toskani. Instalirani kapaciteti na kraju 2018. godine su iznosili 915,5 MW_{el}, a u 2019. godini nije bilo novih instalacija. Do sada, Enel Green Power je jedini proizvođač električne energije iz geotermalnih izvora u Italiji.

Nadalje, u izravnoj upotrebi geotermalne energije za grijanje ili hlađenje, instalirani kapaciteti dosegli su više od 1400 MW_t u 2017. godini. Najviše geotermalne energije koristilo se za grijanje (42% ukupnog korištenja energije), toplice (32% ukupnog korištenja energije) i ribogojilišta (18% ukupnog korištenja energije). Korištenje topline iz geotermalnih izvora za poljoprivredu, industrijske procese i ostale manje potrebe iznosi manje od 8%. (IEA Geothermal, 2020)

4.2.4.2. Njemačka

Zahvaljujući velikim ulaganjima Njemačke u obnovljive izvore energije, proizvodnja energije iz geotermalnih izvora (električna energija te ona za grijanje i hlađenje) dosegla je 0,7% ukupne proizvodnje u 2019. godini. Prema Njemačkom geotermalnom udruženju (njem. *Bundesverband Geothermie,* BVG) u 2019. godini bilo je 37 geotermalnih elektrana i toplana širom Njemačke. Uglavnom je riječ o toplanama s ukupnim instaliranim kapacitetom od 337 MW_t. Devet geotermalnih postrojenja proizvodi električnu energiju od kojih su neka pridružena toplanama. Instalirani kapacitet geotermalnih elektrana je oko 37 MW_e (IEA Geothermal, 2020).

Zbog geoloških predispozicija Njemačke, korištenje geotermalne energija za grijanje se pokazalo ekonomski isplativije od korištenja geotermalne energije u svrhu dobivanja električne energije. Budući da se 50% ukupne primarne energije u Njemačkoj koristi za proizvodnju topline, razvoj geotermalne energije za grijanje i hlađenje je jedan od strateških ciljeva u budućoj opskrbi energijom. Povećanje korištenja geotermalne energije kao lokalnog izvora energije pridonosi smanjenju ovisnosti o uvozu energenata.

4.2.4.3. Francuska

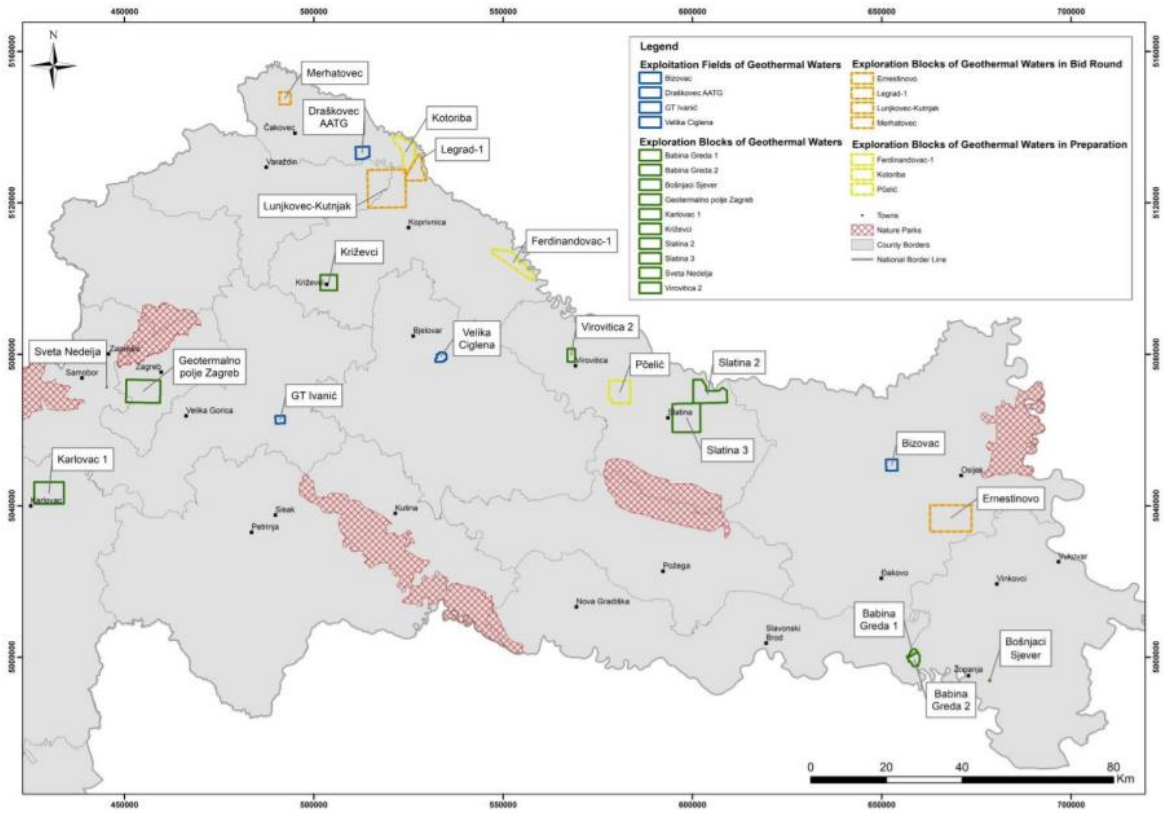
U 2019. godini, prema Francuskom geotermalnom udruženju, instalirani kapaciteti geotermalne energije za grijanje i hlađenje u Francuskoj dosegli su skoro 2600 MW_t. Oko 600 MW_t dobiva se iz dubokih ležišta u području Pariza, a širom zemlje traje snažni razvoj plitkih geotermalnih ležišta. Korištenje geotermalne energije direktno za grijanje ili hlađenje ima puno veću primjenu, nego ono za dobivanje električne energije te je udio geotermalne energije u ukupnoj proizvodnji električne energije samo 0,018%.

Francuska energetska politika pruža veliku potporu u korištenju geotermalne energije za grijanje kolektivnih zgrada (stambene zgrade, uredi, bolnice) te postoji godišnje povećanje od 10% u potražnji dizalica topline. U 2018. godini je instalirano oko 600 novih postrojenja.

4.3. Geotermalna energija u RH

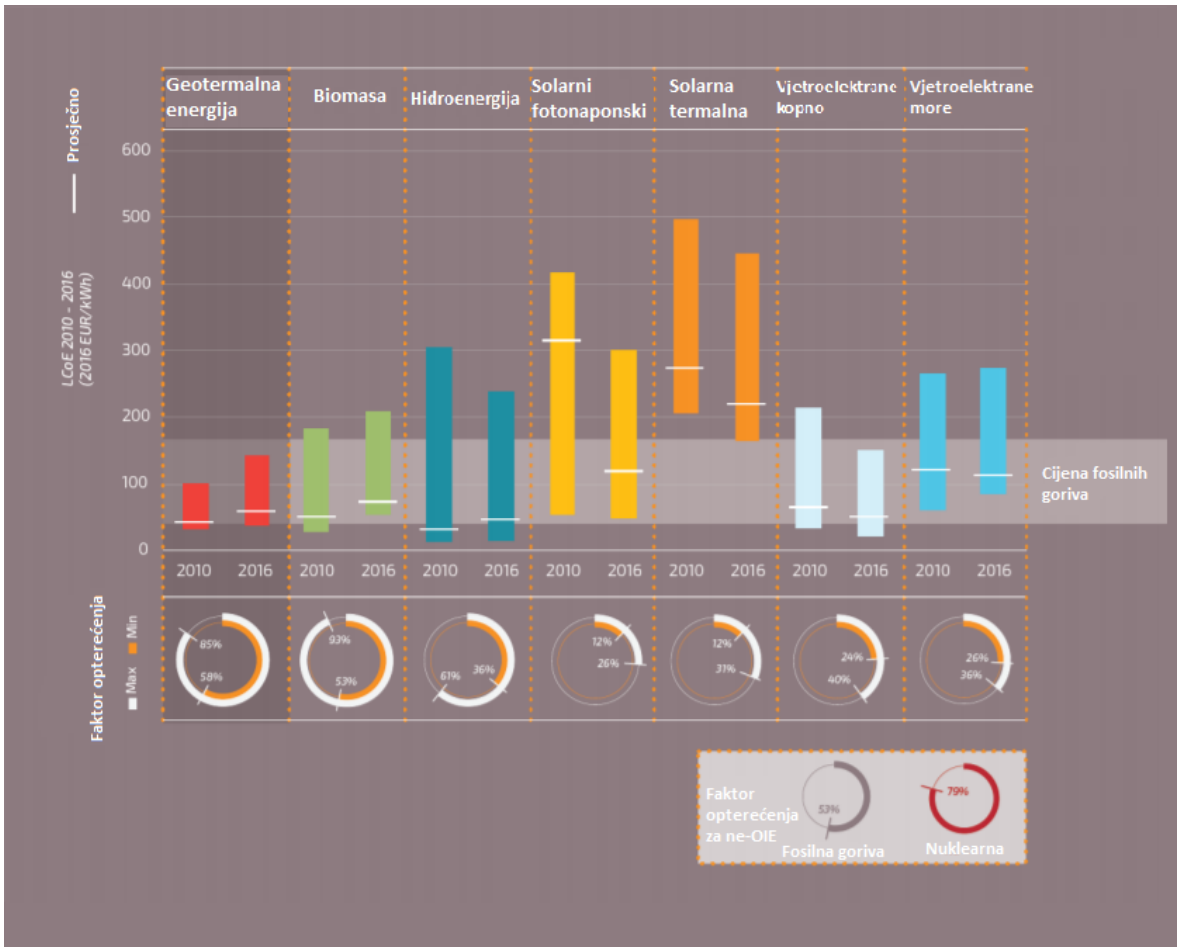
Republika Hrvatska je regija s visokim potencijalom za iskorištavanje geotermalne energije, čak 60% većim od europskog prosjeka, prema podacima iz dubokih istražnih bušotina u hrvatskom dijelu Panonskog bazena. Geotermalni potencijal dokazan je u 191-oj bušotini od čega se 71 bušotina odnosi na potencijal geotermalne energije za proizvodnju električne energije, a 120 je povezano s potencijalom za iskorištavanje toplinske energije (slika 4-7). Takvi podaci stavljaju Hrvatsku na visoku poziciju te joj daju prednost s, u velikoj mjeri, neiskorištenim prirodnim potencijalom u gospodarskom smislu, a također mogu RH stvoriti značajne temelje za energetsku sigurnost (sigurnost opskrbe) i održivost. RH ima prednost u iskorištavanju geotermalne energije zbog duge tradicije proizvodnje nafte i prirodnog plina od 1940.-ih godina iz koje može naslijediti ogromna znanja i primjenjivati ih, te je upravo iz naftno-geoloških istraživanja i otkriven najveći broj geotermalnih lokacija. Trenutni potencijal geotermalne energije, prema procjenama postojećih nalazišta geotermalnih izvora, iznosi oko 500 MW. Neki izvori navode da bi taj potencijal mogao

narasti na vrijednost između 750 MW i 1300 MW s daljnjim istraživanjem (Tumara et al, 2019).



Slika 4-7. Istraživački blokovi i eksploatacijska polja geotermalnih voda u hrvatskom dijelu Panonskog bazena (CHA, 2020)

Geotermalne elektrane i geotermalna energija općenito imaju prednost pred drugim izvorima energije zbog stalne dostupnosti, neovisno o dobu dana, vremenskim uvjetima, dostupnošću sirovine, te tako geotermalne elektrane mogu raditi s faktorom opterećenja i do 95%, dok naprimjer vjetroelektrane u RH imaju faktor opterećenja do 40%. Jedini usporedivi faktori opterećenja s geotermalnim jesu oni kod iskorištavanja biomase (između 53% i 93%). Važno je napomenuti da veći faktor opterećenja geotermalne energije rezultira nižim niveliranim troškovima proizvodnje električne energije (engl. *levelized cost of energy*, LCOE), što čini geotermalnu energiju poprilično konkurentnom (slika 4-8). Također, geotermalna energija je jedan od rijetkih izvora koji pruža grijanje, hlađenje i toplu vodu iz iste instalacije. Još jedna od prednosti geotermalne energije je prilagodljivost različitim opterećenjima, tj. može se koristiti kao bazni izvor energije, ali se isto tako može i prilagođavati ovisno potrebama.



Slika 4-8. Usporedba faktora opterećenja i LCOE različitih obnovljivih izvora energije (Nador, 2018.)

4.3.1. Trenutni potencijal

Iako je tijekom istraživanja otkriven veliki broj potencijalnih geotermalnih lokacija, do sada je samo njih pet došlo do faze eksploatacije dok ih devet ima status istražnog prostora. Projekti u fazi eksploatacije su:

- Velika Ciglena
- Bizovac
- Ivanić Grad
- Sveta Nedjelja – toplinska energija – poljoprivreda i
- Bošnjaci sjever – toplinska energija – poljoprivreda.
- GT Zagreb

4.3.1.1. Velika Ciglena

Velika 1 je jedina geotermalna elektrana u RH te ujedno najveća ORC (organski Rankineov ciklus) geotermalna elektrana u Europi bruto instaliranog kapaciteta 16,5 MW.

Postrojenje se nalazi u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji na lokalitetu gdje je geotermalna energija otkrivena prilikom istraživanja ležišta nafte. Postrojenje iskorištava geotermalnu vodu koja je na temperaturi od oko 170 °C i dubini od 2500m za proizvodnju električne energije pomoću ranije spomenutog ORC-a. Proizvedena električna energija isporučuje se u javnu mrežu. S geotermalnim potencijalom od 50 MW_t Velika Ciglena je energetski najpovoljnije geotermalno ležište u RH. Geotermalna elektrana sastoji se od dvije proizvodne (Velika Ciglena 1 i Velika Ciglena 1A) i dvije utisne bušotine (Velika Ciglena 2 i Patkovac 1) koje su od proizvodnih bušotina udaljene dva do tri kilometra. Takva udaljenost potrebna je zbog ponovnog zagrijavanja vode i održavanja stabilnog tlaka unutar bušotine (Hrastović inženjering, 2018) .

4.3.1.2. Bizovac

Geotermalno ležište Bizovac otkriveno je tijekom istraživanja dravske depresije u svrhu pridobivanja nafte i plina. Temperatura vode na ušću bušotine je 96,8 °C, a crpi se iz slojeva na dubini od 1761 m i 1841 m. Hidrotermalni izvor se koristi za terapijsku primjenu te također i u energetske svrhe za zagrijavanje objekata prilikom čega se temperatura spušta na 43 °C (EIHP, 2017).

4.3.1.3. Ivanić Grad

Geotermalno polje Ivanić otkriveno je unutar eksploatacijskog polja ugljikovodika Ivanić na dubini od oko 1300 m što je pliće od naftnog ležišta i definirano je serijom „I+K“. Temperatura vode na ušću je 60 °C i karakterizirana je kao ljekovita zbog zaostataka ugljikovodika u njoj (naftalan). Dosadašnje korištenje geotermalne vode ograničeno je na jednu proizvodnu i jednu utisnu bušotinu za potrebe Specijalne bolnice Naftalan, no zbog manjka potrebnih dozvola INA d.d. nije nastavila s eksploatacijom u te svrhe. Zbog mnogobrojnih bušotina Ivanić Grad je pogodan za daljnje širenje proizvodnje geotermalne energije kao stabilnog izvora obnovljive energije u svrhu grijanja javnih ustanova (Karasalihović et al., 2019).

Nadalje, aktivnih je devet istražnih prostora geotermalne vode na području RH s ciljem pridobivanja električne energije, a u manjoj mjeri i toplinske energije. Aktivni istražni prostori su GT Zagreb, Križevci i Virovitica 2 kada se govori o pridobivanju toplinske energije, a Babina Greda 1, Babina Greda 2, Draškovec, Slatina 2 i Slatina 3 kada je riječ o proizvodnji električne energije te Karlovac 1 koji planira iskorištavati geotermalnu energiju u svrhu dobivanja i električne i toplinske energije. Navedeni projekti u istražnoj fazi mogu

proizvesti 59 MW_e i biti u punoj implementaciji od 2022. godine do 2025. godine. Uz navedene aktivne istražne prostore za još četiri istražna prostora je 1. rujna 2020. godine završeno nadmetanje za izdavanje dozvola za istraživanje geotermalnih voda na području Slavonije, Podravine i Međimurja. Radi se o istražnim prostorima Ernestinovo, Lunjkovec-Kutnjak, Legrad-1 i Merhatovec. Upravo ti istražni prostori mogu biti kruna energetske tranzicije u RH s obzirom da je geotermalni potencijal utvrđen na bušotinama koje su prvotno bile izrađene za potrebe istraživanja nafte i prirodnog plina. Također su još tri bloka u pripremnoj fazi, Ferdinandovac 1, Kotoriba i Pčelić (Azu, 2020). Uz sve navedeno, veliki razvojni potencijal se također krije i u toplicama koje geotermalnu energiju koriste tek djelomično u odnosu na njihov puni potencijal (Krapinske toplice, Lipik, Stubičke toplice, itd.)

4.3.1.4. GT Zagreb

Geotermalno polje Zagreb obuhvaća površinu od 54 m^2 i proteže se od Lučkog, Jaruna, preko Blata, sportskog parka Mladost do Cvjetnog naselja. Prosječna temperatura ležišta iznosi 80 °C, a dubina od 830 m do 1635 m. Prva izrađena bušotina je Mladost-1 (1980. godine), a nakon nje još njih 13 do 1986. godine. Geotermalna energija na geotermalnom polju Zagreb koristi se kroz dva tehnološka sustava i jedan podsustav: tehnološki sustav „Mladost“, tehnološki sustav „Klinička bolnica Novi Zagreb“ i podsustav na lokalitetu Lučko. Na tome području je trenutno 15 bušotina od kojih su tri eksploatacijske, dvije utisne, osam mjernih te dvije likvidirane. Tehnološki sustav „Mladost“ koristi se za grijanje sportske dvorane i plivačkih bazena te za grijanje cijelog kompleksa Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Tehnološki sustav „Klinička bolnica Novi Zagreb“ s dvije proizvodne i dvije utisne bušotine se trenutno ne koristi, no ponovno je pokrenut projekt dovršetka izgradnje bolnice te će i te bušotine biti u funkciji (Cazin, 2019).

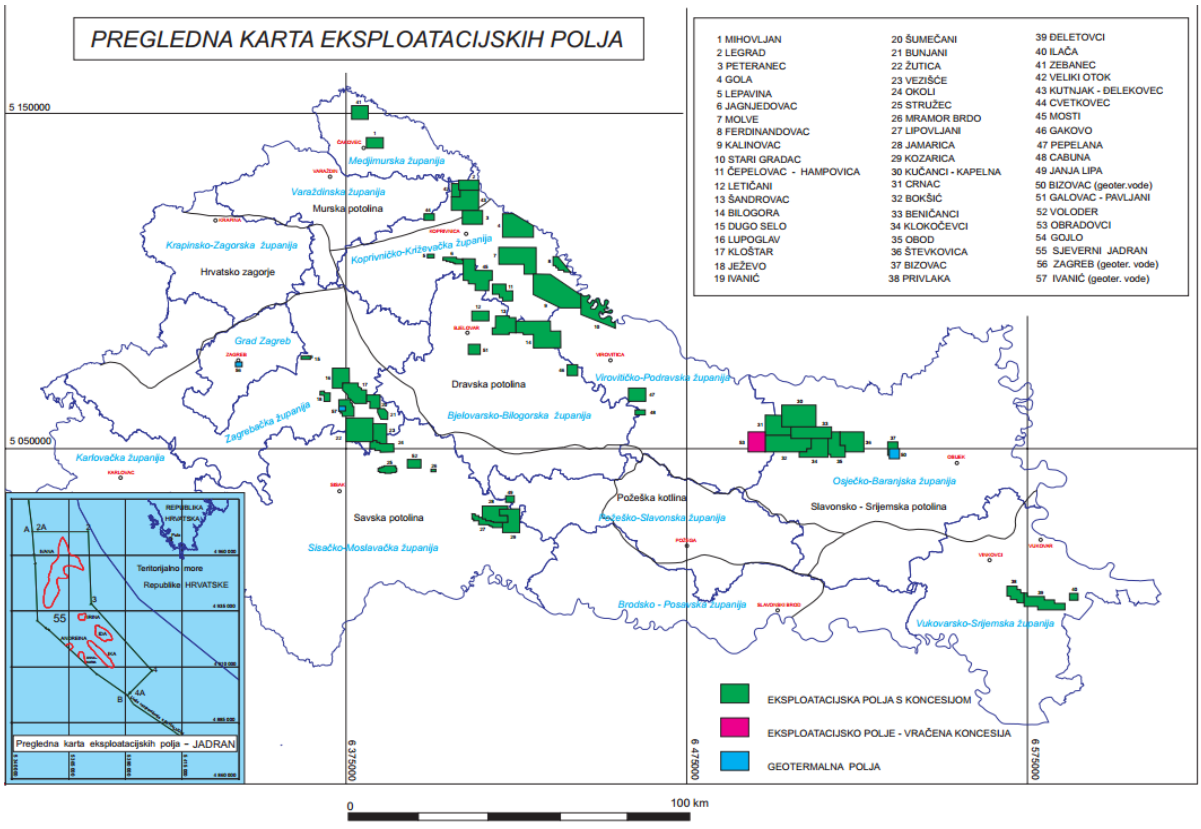
4.3.1.5. Lunjkovec- Kutnjak

Područje Lunjkovec-Kutnjak nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Dravske depresije te je geotermalni potencijal toga područja otkriven izradom dviju istražnih bušotina Kutnjak-1 i Lunjkovec-1 u svrhu istraživanja ugljikovodika. Dubina geotermalnog ležišta iznosi 2200 m i 2400 m s izmjerenim temperaturama na dnu bušotine od 128 ^{0}C do 144,6 ^{0}C. Očekivana proizvodnja električne energije je do 10MW_e u dvije faze, a energije za grijanje do 125 MW_t (EIHP, 2017).

Prema mišljenju autorice, korištenje geotermalne energije i daljnja implementacija iste, imalo bi višestruke koristi za RH te posljedično i za EU zbog toga što je geotermalna energija obnovljivi izvor energije s visokim faktorom opterećenja, a čiji potencijal u RH je značajan. Također, još jedna od prednosti je što već postoje sigurni geološki podaci od istraživanja naftnih i plinskih bušotina te bi time imali niske kapitalne troškove.

4.3.2. Akviferi ispod trenutnih naftnih polja u eksploataciji

Tijekom naftno-rudarskih istraživanja u RH pronađen je veliki broj plitkih geotermalnih ležišta probijanjem akvifera na mjestima gdje nije pronađena nafta. Osim takvih ležišta ne smije se zaboraviti i na sva naftna polja koja većinom imaju akvifere ispod naftne zone (slika 4-9). Primjer takvog velikog akvifera je na polju Beničanci te je to područje možda najveći geotermalni potencijal u RH. Tijekom tridesetogodišnjeg crpljenja nafte na polju Beničanci dinamički tlak je značajno spušten, ali se sekundarnim metodama utiskivanja vode on vratio na skoro početnu vrijednost. Takvi izvori geotermalne vode mogli bi značajno smanjiti troškove lokalne poljoprivredne proizvodnje zahvaljujući nižim cijenama i većoj dostupnosti potrebne energije.



Slika 4-9. Pregledna karta eksploatacijskih polja u RH (Kurevija et al., 2011)

S obzirom da je veliki broj proizvodnih bušotina u RH zavodnjen i ima veliki potencijal za proizvodnju geotermalne energije, autorica rada smatra da bi se puštanjem tih zavodnjenih rubnih bušotina u proizvodnju geotermalne energije moglo prolongirati daljnje crpljenje nafte. Time postupkom dobila bi se veća zaradu po barelu proizvedene nafte jer se prodaje i toplina iz rubnih dijelova ležišta npr. lokalnim poljoprivrednicima ili za grijanje objekata u blizini, a isto tako te bušotine onda ne bi trebalo likvidirati što je još dodatno smanjenje troškova. Pojavljuje se i mogućnost iskorištenje polja poput Molvi, Kalinovca i Starog Gradca sa visokim temperaturama geotermalnog fluida (185 °C - 200 °C). Crpljenjem kroz dugi niz godina geotermalna voda bila je sekundarni fluid u proizvodnji , što bi se pomicanjem razdjelnice plin-voda i sve većim udjelom vode u proizvodnji iz tih plinskih i plinsko – kondenzatnih polja moglo promijeniti. Geotermalna voda tada bi se koristila za zagrijavanje u geotermalnim elektranama koje bi se instalirale na tim lokacijama.

5. ZAKLJUČAK

Prijelaz na niskougljično gospodarstvo u EU zahtjeva promjene iz korijena i izazove za gotovo sve sektore. U prijašnjem energetskom miksu glavnu riječ su vodila fosilna goriva koja stvaraju velike emisije stakleničkih plinova, ponajviše CO_2 koji ostavlja velike posljedice na klimu. Zbog sve intenzivnijih klimatskih promjena EU je morala poduzeti mjere za smanjenje korištenja fosilnih goriva te su doneseni zakonski propisi, Europski zeleni plan i u sklopu njega postavljeni ciljevi za smanjenje emisija CO_2 te zaključno, klimatsku neutralnost do 2050.godine. Klimatsku neutralnost najlakše je postići dobivanjem energije iz obnovljivih izvora energije, koji ne stvaraju štetne emisije za okoliš, i mjerama energetske učinkovitosti. Države članice moraju razviti dugoročne nacionalne strategije o postupnom prijelazu na obnovljive izvore energije, ovisno o trenutnom stanju energetskog sektora, kako bi postigle klimatsku neutralnost i smanjile emisije stakleničkih plinova sukladno postavljenim ciljevima u EU. Upravo zbog toga RH je donijela „Strategiju energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu“ kojom je postavila moguće buduće smjerove energetske tranzicije.

U zadnjih 10 godina EU je već postignula značajne pomake u energetskoj tranziciji ulažući u veliki broj elektrana na obnovljive izvore energije kao što su primjerice solarne elektrane ili vjetroelektrane, ali i u ostale izvore obnovljive energije. 2019. godine prvi puta u povijesti je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora premašila proizvodnju iz neobnovljivih izvora. Istovremeno, u EU se intenzivno provodi politika napuštanja korištenja ugljena za proizvodnju električne energije, koji je prepoznat kao najveći zagađivač među energentima. Proizvodnja energije iz ostalih fosilni goriva također je u konstantnom padu. Još jedan bitan pojam koji se nameće kada se govori o smanjenju fosilnih goriva je energetska sigurnost i dostatnost. EU nema dovoljne rezerve nafte, prirodnog plina i ugljena te je ovisna o uvozu i jedini način za postavljanje energetske sigurnosti i smanjenje ovisnosti o energentima jesu obnovljivi izvori energije pa je i s te strane energetska tranzicija neminovna. Svi oblici iskorištavanja obnovljivih izvora energije su u porastu te se očekuje da će i dalje rasti.

Međutim, kod obnovljivih izvora jedan od glavnih nedostataka je njihova intermitentnost, tj. energija iz sunca, vjetra ili voda poprilično ovisi o vremenskim prilikama, dobu dana ili godišnjem dobu. Povećanjem njihovog udjela u energetskom miksu javlja se problem o korištenju i skladištenju te energije. Još uvijek ne postoji mogućnost skladištenja u velikim razmjerima takve energije te će još neko vrijeme energija iz fosilnih goriva (najviše

prirodni plin) i nuklearna energija biti bazni izvori energije. U tome slučaju, veliku ulogu može igrati geotermalna energija, čiji potencijal u EU je u velikoj mjeri neiskorišten, a ujedno je i jedini izvor obnovljive energije koji je konstantno dostupan s visokim faktorom opterećenja (i do 95%), što znači da se može koristiti i kao bazni izvor energije. Nadalje, ima prednost što se može koristiti kao izvor električne energije, toplinske energije te za direktnu upotrebu tople vode iz istog izvora.

Geotermalni potencijal nije toliko velik da bi predvodio energetsku tranziciju kako u EU tako i u RH, ali može biti važan dio u postizanju energetske dostatnosti. Prema mišljenju autorice, u RH je tek pokrenut val iskorištavanja geotermalne energije, koja se već sada pokazala kao siguran izvor koji možda postane najznačajniji energent za hrvatsku energetsku tranziciju upravo zbog iznadprosječno visokog geotermalnog potencijala. Također i zbog duge naftno-rudarske tradicije, RH ima dobre temelje za postati vodeća europska članica u iskorištavanju geotermalne energije.

6. LITERATURA

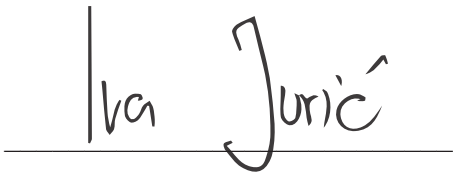
1. Agora Energiewende, Sandbag (2020): The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition
2. Cazin, V. (2019). Eksploatacijsko polje geotermalne vode Zagreb i mogućnosti njezinog korištenja. Nafta i Plin, 38 (156), 62-73.
3. Croatian Hydrocarbon Agency, CHA, Croatian geothermal potential and existing regulatory framework, 2020.
4. EMBER, A half-yearly analysis of europe's electricity transition, 2020.
5. Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Energija u Hrvatskoj, 2019., godišnji energetski pregled, 2020.
6. Energetski institut Hrvoje Požar, EIHP, Geothermal Energy Utilisation Potential in Croatia, Field and Study Visits' Report, 2017.
7. European Geothermal Congress, EGC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019.
8. Europska komisija, EK, Europski zeleni plan, 2019.
9. Eurostat, Energy, transport and environment statistics, 2020a.
10. Eurostat, Natural gas supply statistics, Statistics Explained, 2020b.
11. IEA Geothermal, 2019 Annual report, 2020.
12. Karasalihović Sedlar, D., Kurevija, T., Macenić, M. i Smajla, I. (2019). Projekt eksploatacije geotermalne energije za potrebe grijanja građevina javne namjene na području grada Ivanić-Grada. Nafta i Plin, 39 (159. - 160.), 110-114.
13. Kurevija, T., Vulin, D. (2011). High Enthalpy Geothermal Potential of the Deep Gas Fields in Central Drava Basin, Croatia. Water Resources Management. 25. 3041-3052.
14. Nádor, A. Transitional Danube Region Geothermal Strategy, DARLINGe- Danube Region Leading Geothermal Energy, European Regional Development Fund, 2018.
15. SolarPower Europe, EU Market Outlook For Solar Power / 2019 – 2023, 2019.
16. Tumara, D., Pavlović, D., 2019. Geotermalna energija i njezin potencijal u vremenu energetske diversifikacije i tranzicije republike hrvatske, Nafta i Plin, 39 (161 - 162), str. 53-62
17. WindEurope, Wind energy in Europe in 2019, trends and statistics, 2020.

Web izvori:

18. Agencija za ugljikovodike, Azu, 2020
    URL: https://www.azu.hr/geoterme/ (12.12.2020.)
19. Duić, N., 2020., Koja je uloga plina u energetskoj tranziciji?
    URL: https://www.znanost-klima.org/koja-je-uloga-plina-u-energetskoj-tranziciji/
    (15.12. 2020.)
20. EC Europa, 2020a, Paris Agreement
    URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en
    (20.12.2020.)
21. EC Europa, 2020b, Opći ciljevi
    URL: https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/overall-targets_hr
    (20.11.2020.)
22. EMBER, 2021
    URL: https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/ (11.01.2021.)
23. EMBER, 2021
    URL: https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/ (11.01.2021.)
24. Eurostat, 2019, Shedding light on energy in the EU, A guided tour of energy statistics
    URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/energy/2019/index.html (20.11.2020.)
25. Hrastović Inženjering d.o.o., 2018
    URL: https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/energijske-tehnologije/item/1082-gte-velika-ciglena.html
26. IEA, Renewables 2020, Analysis and forecast to 2025-2020 (2020.)
    URL:https://www.iea.org/reports/renewables-2020/hydropower-bioenergy-csp-and-geothermal?utm_content=bufferb6ab4&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer#abstract (18.12.2020.)
27. Nuklearna energija, 2020
    URL: https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/62/nuklearna-energija
    (12.12.2020.)
28. Strategija energetskog razvoja republike hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, NN 25/2020, Narodne novine,
    URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_03_25_602.html
    (10.12.2020.)

IZJAVA

Ja, Iva Jurić, izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno, služeći se navedenom literaturom, na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu i uz stručno vodstvo mentora prof. dr. sc. Tomislava Kurevije.



Iva Jurić

KLASA: 602-04/20-01/261
URBROJ: 251-70-03-21-2
U Zagrebu, 03.02.2021.

Iva Jurić, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/261, UR. BROJ: 251-70-12-20-1 od 11.12.2020. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

ENERGETSKA TRANZICIJA NA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE U POSLJEDNJIH 10 GODINA S POSEBNIM OSVRTOM NA GEOTERMALNU ENERGIJU

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu dr. sc. Tomislav Kurevija, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Kurevija
(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Vladislav Brkić
(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek
(titula, ime i prezime)