

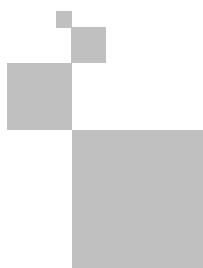


REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva
i održivog razvoja



Izrada scenarija za postizanje većih smanjenja emisija do 2030. godine i klimatske neutralnosti u Republici Hrvatskoj do 2050. godine za energetski sektor

Zagreb, 28. rujna 2020.



Sadržaj

1.	UVOD.....	5
2.	PRETPOSTAVKE BUDUĆEG RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA.....	6
2.1.	Elektroenergetski sektor.....	6
2.2.	Daljinsko grijanje i hlađenje.....	7
2.3.	Naftni sektor.....	7
2.4.	Sektor prirodnog plina.....	8
2.5.	Promet.....	8
2.6.	Zgradarstvo.....	9
2.7.	Industrija.....	9
2.8.	Integrirani energetska sustav.....	10
3.	RAZVOJ ENERGETSKIH TEHNOLOGIJA I PRIMJENJIVOST DO 2050. GODINE.....	12
3.1.	Geotermalna energija.....	12
3.2.	Daljinsko grijanje i hlađenje.....	12
3.3.	Biomasa i otpad.....	13
3.4.	Vjetar.....	14
3.5.	Sunce.....	14
3.6.	Nuklearne elektrane.....	15
3.7.	Spremnici energije.....	15
3.8.	Alternativni izvori energije u prometu.....	16
3.9.	Izdvajanje i geološko skladištenje ugljikovog dioksida.....	17
3.10.	Proizvodnja e-goriva.....	18
4.	METODOLOGIJA IZRADE ANALIZA.....	20
5.	REZULTATI SCENARIJA.....	22
5.1.	Neposredna potrošnja energije.....	22
5.2.	Proizvodnja električne energije.....	27
5.3.	Ukupna potrošnja energije.....	30
5.4.	Proizvodnja i uvoz energije.....	31
5.5.	Razvoj prijenosne i distribucijske mreže.....	32
5.6.	Proizvodnja i potrošnja toplinske energije.....	34
5.7.	Proizvodnja naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva.....	36
5.8.	Sektor prirodnog plina.....	37
6.	EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA.....	40
6.1.	Projekcije emisija stakleničkih plinova.....	40
6.2.	Doprinos CCS-a smanjenju emisija stakleničkih plinova.....	42
7.	UTJECAJ NA OKOLIŠ.....	45
7.1.	Vjetroelektrane.....	45
7.2.	Sunčane elektrane.....	46

7.3.	Proizvodnja toplinske i električne energije iz drvene biomase	47
7.4.	Tekuća i plinovita biogoriva u prometu	48
8.	MJERE ZA POSTIZANJE KLIMATSKE NEUTRALNOSTI.....	50
8.1.	Električna energija	51
8.2.	Daljinsko grijanje i hlađenje.....	53
8.3.	Zgradarstvo.....	54
8.4.	Promet.....	54
8.5.	Sektor nafte i plina	56
8.6.	Industrija	57
8.7.	Izdvajanje i geološko skladištenje CO ₂	58
8.8.	Proizvodnja vodika i sintetičkih goriva iz OIE-a	60
8.9.	Međusektorske mjere.....	61
9.	PROCJENA ULAGANJA PO SEKTORIMA	62
9.1.	Procjena ulaganja u proizvodnju električne energije.....	62
9.2.	Procjena ulaganja u prijenosnu elektroenergetsku mrežu	63
9.3.	Procjena ulaganja u distribucijsku elektroenergetsku mrežu	65
9.4.	Procjena ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja	66
9.5.	Procjena ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina	68
9.6.	Procjena ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata.....	69
9.7.	Procjena ulaganja u proizvodnju vodika i sintetičkih goriva iz OIE-a	71
9.8.	Procjena ulaganja u zgradarstvu.....	72
9.9.	Procjena ulaganja u vozila i infrastrukturu za uvođenje alternativnih izvora energije u prometnom sektoru	73
9.10.	Procjena ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva	75
9.11.	Procjena ulaganja u sunčane toplinske kolektore.....	76
9.12.	Procjena ukupnih ulaganja.....	78
10.	UTJECAJ NA GOSPODARSTVO.....	80
11.	POPIS KRATICA.....	83
12.	POPIS TABLICA	85
13.	POPIS SLIKA	86
14.	PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE.....	88
14.1.	Energetska bilanca za 2030. godinu	89
14.2.	Energetska bilanca za 2040. godinu	93
14.3.	Energetska bilanca za 2050. godinu	97
15.	PRILOG 2 – PROCJENA PROSJEČNIH GODIŠNJIH ULAGANJA PO SEKTORIMA	

1. UVOD

Energetski sektor predstavlja najveći izvor emisija stakleničkih plinova, a klimatske promjene smatraju se jednom od najvećih prijetnji suvremenom čovječanstvu. Zahvaljujući Pariškom sporazumu¹, globalna nastojanja usmjerena su na smanjenje emisije stakleničkih plinova, čiji je cilj zadržavanje rasta prosječne temperature na Zemlji ispod 2 °C, po mogućnosti i ispod 1,5 °C. Europska unija (EU) ima i želi zadržati vodeću ulogu u globalnoj borbi protiv klimatskih promjena. Kako bi to bilo moguće, nužne su temeljite promjene unutar energetskog sektora koje moraju biti brze, dobro osmišljene te usmjerene k čišćoj i održivoj budućnosti s manje ugljika.

Istovremeno, energetski sektor Europske unije mora biti tržišno orijentiran i konkurentan te funkcionirati jedinstveno i neovisno o teritorijalnim granicama, bez tehničkih i regulatornih zapreka. Jedinstveno tržište u samom je srcu europskog projekta jer potiče konkurentnost i trgovinu, poboljšava učinkovitost i kvalitetu te doprinosi postizanju cjenovno učinkovitih rješenja.

Tijekom 2019. godine izrađene su analitičke podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske koje obuhvaćaju sigurnost opskrbe i energetsku neovisnost, integraciju u jedinstveno tržište Europske unije, geopolitičke aspekte razvoja RH, usklađivanje s ciljevima EU direktiva po pitanjima smanjenja potrošnje, smanjenja emisija stakleničkih plinova i udjela obnovljivih izvora, uzevši u obzir otpornost na klimatske promjene, konkurentnost energetskog sustava, investicijskog okruženja i sl. U okviru spomenutih podloga analizirana su tri scenarija razvoja: Scenarij s postojećim mjerama - S0, Scenarij umjerene energetske tranzicije – S2 i Scenarij ubrzane energetske tranzicije – S1. Rezultat Scenarija ubrzane energetske tranzicije je smanjenje emisija stakleničkih plinova u iznosu od oko 73 % u 2050. godini u odnosu na emisije iz 1990. godine.

U okviru Pariškog sporazuma, Europska unija ima najambiciozniji nacionalno određeni doprinos (engl. *Nationally Determined Contribution, NDC*), odnosno obvezu smanjenja emisija stakleničkih plinova, koja iznosi najmanje 40 % do 2030. godine u odnosu na razine iz 1990. godine. Europska je komisija već najavila kako će biti posvećena planiranju i provedbi novog Europskog zelenog plana (engl. *European Green Deal*) i jačanju nacionalno određenog doprinosa EU-a, pri čemu bi cilj smanjenja emisija do 2030. godine bilo potrebno povećati s 40 % na 50 – 55 % u odnosu na razine iz 1990. godine, a do 2050. godine postići potpunu klimatsku neutralnost EU-a.

U skladu s navedenim, cilj ove studije je izrada scenarija većeg smanjenja emisije stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj u energetskom sektoru do 2030. godine u odnosu na razine iz 1990. godine te postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. Također, ovom studijom utvrđuju se dodatne mjere i potrebna dodatna ulaganja, kojima bi se smanjenje emisija od 73% prema scenariju S1 podiglo do gotovo 100%. Preostale emisije u nekim sektorima (npr. poljoprivreda, industrija, promet) biti će potrebno kompenzirati mjerama za povećanje prirodnih spremnika koji upijaju CO₂.

¹ Pariški sporazum, Ujedinjeni narodi, 12.12.2015., https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

2. PRETPOSTAVKE BUDUĆEG RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA

2.1. Elektroenergetski sektor

2.1.1. Proizvodnja električne energije

Na kraju 2018. godine ukupna instalirana snaga elektrana na teritoriju Republike Hrvatske iznosila je 5.005,4 MW. Od toga je 2.199,5 MW u hidroelektranama, 2.152,0 MW u termoelektranama, 586,3 MW u vjetroelektranama i 67,7 MW u sunčanim elektranama. Za potrebe elektroenergetskog sustava (EES) Hrvatske koristi se i 348 MW iz NE Krško (tj. 50 % ukupno raspoložive snage elektrane, u skladu s vlasničkih udjelima).

U budućnosti se ne očekuje izgradnja novih TE na ugljen, u prvom redu zbog utjecaja očekivanog porasta cijene emisijskih jedinica. Rad NE Krško nakon 2043. ovisit će o odluci o produljenju dozvole i poslovnoj odluci suvlasnika. Pretpostavlja se da će u budućnosti veliki dio proizvedene električne energije dolaziti iz obnovljivih izvora energije, a prvenstveno iz varijabilnih izvora ovisnih o vremenskim prilikama, poput vjetra i sunca, uz koje će biti kompatibilni spremnici energije čiji se znatan razvoj očekuje u budućnosti.

2.1.2. Prijenos električne energije

Budući razvoj prijenosne mreže bit će određen izgradnjom i priključkom novih proizvođača i kupaca električne energije na mrežu te tržišnim transakcijama koje će mreža podržavati radi slobodnog funkcioniranja jedinstvenog europskog tržišta električne energije. S obzirom na varijabilnost i ograničenu mogućnost predviđanja proizvodnje nekih OIE-a izvjesno je da će se pojaviti veća potreba za osiguravanjem pomoćnih usluga, posebno usluge regulacije snage i frekvencije radi uravnoteženja proizvodnje i potrošnje električne energije u različitim vremenskim intervalima, a očekuje se da će nabava tih usluga biti realizirana kroz tržišne principe koji će potaknuti i povećanje ponude pojedinih vrsta usluga od različitih korisnika mreže (proizvođača i kupaca). Vođenje sustava također će se unaprijediti uvođenjem modernih alata koji će omogućiti potpunu daljinsku upravljivost jedinica mreže, učinkovit nadzor sustava te primjenu različitih optimizacijskih metoda radi smanjenja troškova pogona i očuvanja visoke razine pouzdanosti mreže i elektroenergetskog sustava u cjelini. Dugoročno se očekuje postizanje visoke razine automatizacije sustava vođenja te unaprjeđenje komunikacije s drugim sudionicima na tržištu električne energije i koordinacije s ostalim operatorima prijenosnih sustava u regiji i šire, eventualno uz osnivanje europskih regionalnih koordinacijskih centara. Pri tom će od posebne važnosti biti održavanje visoke sigurnosti cjelokupnog sustava kako bi se onemogućili kibernetički napadi koji mogu ugroziti elektroenergetski sustav i opskrbu kupaca električnom energijom.

2.1.3. Distribucija električne energije

Intenzivna integracija distribuiranih izvora u distribucijsku mrežu, tradicionalne i nove zadaće operatora distribucijskog sustava, kao i razvoj usluga i tržišta električne energije, ubrzano mijenjaju značajke distribucijske mreže. Razvoj distribucijskog sustava treba ići u smjeru pripreme mreže za daljnje povećanje broja distribuiranih izvora energije, kupaca s vlastitom proizvodnjom i električnih vozila. ODS treba razvijati i upravljati distribucijskim sustavom na optimalan način, uz korištenje usluga korisnika mreže npr. odziva potrošnje, fleksibilnosti i spremnika električne energije. Ključna opredjeljenja u pogledu razvoja djelatnosti distribucije električne energije su: jedinstveni ODS, napredni mjerni sustav i napredna mreža. Prioriteti budućeg razvoja distribucije električne energije su:

- povećanje pouzdanosti opskrbe i kvalitete napona
- automatizacija i upravljanje „po dubini“ distribucijske mreže
- sanacija distribucijske mreže po kriteriju naponskih prilika i opterećenja
- ugradnja opreme s višim stupnjem energetske učinkovitosti
- sustav naprednog mjerenja
- učinkovita integracija distribuiranih izvora i kupaca s vlastitom proizvodnjom.

2.2. Daljinsko grijanje i hlađenje

Republika Hrvatska, kao i dio zemalja Europske unije, ima neučinkovite sustave daljinskog grijanja, projektirane za visoke temperature u distribucijskim mrežama i neučinkovit, još najvećim dijelom neobnovljen stambeni fond. U ovim se uvjetima suočava s problemom izgradnje novih toplinskih sustava, kao i s problemom konsolidacije i proširenja postojećih sustava daljinskog grijanja uz poboljšanje učinkovitosti te unaprjeđenje sektora zgradarstva. Radi se o daljinskom grijanju prve i druge generacije koje treba unaprijediti na sustave treće ili četvrte generacije. To podrazumijeva nove proizvodne jedinice, pristup novim izvorima obnovljive energije, učinkovitu distribucijsku infrastrukturu, visoko učinkovite zgrade koje su obnovljene za opskrbu niskotemperaturnom toplinskom energijom te poboljšanu kontrolu sustava grijanja, odnosno mjerenje topline s naplatom prema stvarnoj potrošnji. Polazna točka je prijelaz na toplinske sustave gdje kupci aktivno kontroliraju svoju potrošnju.

U razdoblju do 2050. godine u gusto naseljenim urbanim sredinama očekuje se prijelaz krajnjih potrošača priključenih na plinski sustav na sustave daljinskog grijanja. Postojeće su tvrtke, od svih obnovljivih izvora energije, kao najveći potencijal za primjenu u proizvodnji toplinske energije prepoznale biomasu i geotermalnu energiju te u nešto manjoj mjeri sunčevu energiju. Očekuje se korištenje raspoložive otpadne topline iz industrijskih procesa te značajna primjena toplinskih pumpi. Početak razvoja sustava za daljinsko hlađenje očekuje se do 2050. godine, i to ponajprije u uslužnom sektoru.

2.3. Naftni sektor

U nadolazećem razdoblju politike dekarbonizacije energetske sektora naftni sektor bit će pod snažnim utjecajem povećanja korištenja alternativnih goriva poput biogoriva, vodika, električne energije i dr., ali i povećanja energetske učinkovitosti. To će se naročito odraziti na rad rafinerija, transport i distribuciju nafte i naftnih derivata te njihovo skladištenje. Prema analiziranom scenariju, u kojem je pretpostavljeno značajno smanjenje emisija stakleničkih plinova do 2030. godine te postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine, očekivane promjene bit će višestruke. Promatrano do 2030. godine, subjekti u naftnom sektoru bit će suočeni sa smanjenjem potrošnje fosilnih goriva i njihovom postupnom zamjenom obnovljivim izvorima energije. Nakon 2030. godine bit će potrebno još veće smanjenje potrošnje fosilnih goriva i njihova potpuna zamjena obnovljivim izvorima energije.

Pretpostavka je da će se subjekti koji djeluju u naftnom sektoru razvijati u smjeru proizvodnje alternativnih oblika energije koji nemaju štetnog utjecaja na okoliš. Također je pretpostavljen značajan razvoj i primjena tehnologije za izdvajanje, korištenje i geološko skladištenje CO₂ (CCUS), čemu će znatno doprinijeti upravo tvrtke iz naftnog sektora koje se bave proizvodnjom nafte i plina, izradom bušotina, transportom i skladištenjem nafte i plina i sl. Isto tako, očekuje se veći angažman tvrtki iz naftnog sektora u istraživanju, razvoju i većem korištenju potencijala geotermalne energije.

2.4. Sektor prirodnog plina

Analizirani scenarij podrazumijeva duboku dekarbonizaciju te će (fosilni) prirodni plin, gotovo u potpunosti, morati biti uklonjen iz plinske mreže do 2050. godine. Uslijed smanjene potrošnje prirodnog plina, manje transportirane količine plina u plinskom sustavu dovest će do većih mrežnih tarifa što će imati negativan utjecaj na pristupačnost ili konkurentnost plina kao goriva. Kako bi se tome doskočilo ili barem djelomično ublažio taj negativan utjecaj, postojeća plinska infrastruktura može se prenamijeniti za transport i skladištenje biometana, vodika ili plina dobivenog iz električne energije (engl. *power to gas*).

Kao srednjoročna strategija iskorištavanja postojeće plinske mreže nameće se utiskivanje vodika i miješanje s plinom, no treba napomenuti da postoje ograničenja s obzirom na udio vodika u plinskoj mreži. Utiskivanje vodika u postojeću plinsku mrežu trenutno je ograničeno uslijed regulatornih zapreka vezanih za kemijski sastav plina ili pak uslijed tehničkih ograničenja, no istraživanja pokazuju da se miješanje vodika u koncentracijama do 10 %, pa čak i do 20 % vodika, može bez problema izvršiti bez većih infrastrukturnih poboljšanja. Ipak, kompatibilnost postojećih kućanskih uređaja za kuhanje i grijanje sa sastavom plina koji sadrži 20 % vodika tek treba utvrditi. S druge strane, prenamjena postojeće plinske infrastrukture za transport 100 % vodika zahtijeva veće promjene i same plinske infrastrukture i opreme sa strane potrošača.

2.5. Promet

Automatizirana i povezana multimodalna mobilnost imat će sve veću ulogu, zajedno s naprednim sustavima upravljanja prometom koje omogućuje digitalizacija. Prometni sustav i infrastruktura u Republici Hrvatskoj oblikovat će se na način da podupiru nove usluge održive mobilnosti kojima se može smanjiti onečišćenje i zagušenje, posebno u gradskim područjima. Modalni prijelaz podrazumijeva ubrzanje modalne tranzicije prema korištenju željezničkog i vodnog prijevoza (na duljim relacijama) te značajnijem korištenju javnog prijevoza i tzv. aktivnih modova (biciklizma i hodanja) u urbanim područjima. S obzirom na to da je željeznica i dalje energetski najučinkovitije rješenje za prijevoz tereta na srednje i velike udaljenosti, uklanjanjem operativnih i tehničkih prepreka između nacionalnih mreža te poticanjem inovacija i učinkovitosti, željeznički teretni prijevoz trebao bi postati konkurentniji u odnosu na cestovni prijevoz. Očekuju se daljnje investicije u elektrifikaciju željeznice, a kao komplementarne opcije mogu poslužiti i biogoriva te vodik. Mjere modalne tranzicije, osim na željeznicu, trebaju biti usmjerene i na promet unutarnjim plovnim putevima te pomorski promet na kraćim relacijama.

Tehnologije zasnovane na vodik i gorivnim ćelijama mogu postati konkurentne u srednjoročnom i dugoročnom razdoblju u prijevozu na duge udaljenosti (npr. teški cestovni prijevoz ili međugradski autobusi).

Vodni promet (pomorski i prijevoz unutarnjim plovnim putevima) trenutno značajno ovisi o naftnim derivatima. Na kratkim udaljenostima moguća je elektrifikacija, međutim, prijevoz na velike udaljenosti zahtijevat će korištenje ne samo biogoriva nego i sintetičkih goriva uz uvjet da u njihovu proizvodnom lancu nema emisija ugljika. Značajna poboljšanja očekuju se u dizajnu samih brodova koji će imati i mogućnost lokalne proizvodnje električne energije iz energije sunca i vjetra.

Zračni promet mora prijeći na napredna biogoriva i sintetička goriva bez emisija ugljika, pri čemu će hibridizacija i druga poboljšanja zrakoplovne tehnologije doprinijeti povećanju učinkovitosti.

Učinkovita organizacija cijelog sustava mobilnosti koja će se temeljiti na digitalizaciji, razmjenu podataka i interoperabilnim standardima od presudne je važnosti za postizanje čišće mobilnosti. To će omogućiti pametno upravljanje prometom i porast automatizirane mobilnosti svih vrsta prijevoza, uz smanjenje zagušenja i veću popunjenost vozila. Trebalo bi poboljšati regionalnu infrastrukturu i prostorno planiranje kako bi se iskoristile sve prednosti veće upotrebe javnog prijevoza.

2.6. Zgradarstvo

Očekivano kretanje fonda zgrada do 2050. godine uključuje visoku stopu energetske obnove – oko 3,0 % godišnje. Ovu stopu obnove prati i visoka stopa demolacije - fond zgrada koji će zamijeniti novogradnja, odnosno zamjenska gradnja. Pri tome se pojam zamjenske gradnje koristi u širem smislu: ne samo gradnja na česticama srušenih zgrada i gradnja novih, već i gradnja koja zamjenjuje napuštene objekte u nekom novom, za život i posebno gospodarstvo, privlačnijem prostoru. Tretman zgrada koje demolacijom isključujemo iz fonda zgrada je potrebno tek definirati. Činjenica je da, u pogledu potrošnje energije, zgrade napuštanjem prestaju predstavljati problem, bez obzira na njihova svojstva, ali one ostaju prisutne u prostoru i potencijal njihovog ponovnog korištenja je visok sve dok postoji komunalna infrastruktura na koju su vezane. Sve dok su prisutne u prostoru, formalno ulaze u fond zgrada koji se obnavlja, iako za to ne postoji ekonomsko opravdanje.

Tablica 2.1. Kretanje fonda zgrada do 2050. godine

	2030.	2040.	2050.
Obnova stambenih zgrada	17,26 mil. m ²	18,05 mil. m ²	18,83 mil. m ²
Zamjenska gradnja stambenih zgrada (fond zahvaćen demolacijom)	5,80 mil. m ²	7,26 mil. m ²	7,11 mil. m ²
Obnova nestambenih zgrada	1,61 mil. m ²	2,39 mil. m ²	3,18 mil. m ²
Zamjenska gradnja nestambenih zgrada (fond zahvaćen demolacijom)	3,27 mil. m ²	2,49 mil. m ²	1,694 mil. m ²

Prema podacima o kretanju fonda zgrada, i očekivanoj površini zgrada u 2050. godini, do 2050. godine će kumulativno biti obnovljeno 54,14 milijuna m² stambenih zgrada, zamjenskom gradnjom obnovljeno 20,17 milijuna m² zgrada, te izgrađeno 36 milijuna m² novih stambenih zgrada. Istovremeno, bit će obnovljeno 7,18 milijuna m² te zamijenjeno 7,45 milijuna m² nestambenih zgrada.

Građevinski sektor, osim sudjelovanja u smanjenju neposredne potrošnje energije, ima i mogućnost znatnog smanjenja emisija u cjeloživotnom vijeku zgrada korištenjem CO₂ neutralnih ili CO₂ negativnih tehnologija. Za to je potrebno procijeniti utjecaj životnog vijeka proizvoda na okoliš (engl. *Life-cycle-assessment*, *LCA*) u procjenu uključiti sve sektore, kako bi na mjerljiv način pratili smanjenje emisije stakleničkih plinova u zgradarstvu i omogućili dekarbonizaciju zgrada kroz LCA i zelenu nabavu.

2.7. Industrija

Aspekti niskougličnog razvoja u hrvatskoj industriji prate europske trendove na ovom području te postoji kompatibilnost u tehnološkom razvoju pa se to može uzimati za relevantno u promatranom razdoblju. Industrija Europske unije već sad je jedna od najučinkovitijih u svijetu, a očekuje se da će se taj trend nastaviti. U proizvodnji mnogih industrijskih proizvoda kao što

su staklo, čelik i plastika dodatno će se uvelike smanjiti potrebe za energijom i emisije iz proizvodnih procesa, osobito s povećanjem stope recikliranja. Smanjenje količine ulaznog materijala pomoću ponovne upotrebe i recikliranja doprinijet će konkurentnosti, stvaranju poslovnih prilika i radnih mjesta te će zahtijevati manje energije, zbog čega će se smanjiti onečišćenje i emisije stakleničkih plinova. Važnu će ulogu imati i novi materijali koji mogu zamijeniti energetske intenzivne materijale.

Kombinacija elektrifikacije, povećane upotrebe vodika, biomase i sintetičkog plina iz obnovljivih izvora jesu primarne pretpostavljene metode smanjenja emisija u proizvodnji industrijskih dobara.

Mnoge emisije povezane s industrijskim procesima bit će vrlo teško ukinuti. Ipak, nekoliko je mogućnosti za njihovo smanjivanje. Jedan od načina je svakako hvatanje CO₂ i njegovo skladištenje ili korištenje u proizvodnji nekog drugog proizvoda. Umjesto fosilnih goriva i obnovljivi vodik i održiva biomasa mogu biti sirovina za niz industrijskih procesa, primjerice za proizvodnju čelika i određenih kemikalija.

2.8. Integrirani energetske sustav

Energetski sektor nalazi se pred povijesnom transformacijom, a ključni trendovi koji ju potiču su dekarbonizacija, decentralizacija i digitalizacija te povezivanje energetskih sektora.

Okosnicu decentralizacije energetskog sektora predstavljaju aktivni korisnici mreže, koji će biti ne samo kupci već i proizvođači energije, i to na lokalnoj razini. Aktivni kupci utjecat će na razvoj lokalnih distribucijskih energetskih mreža, svojom fleksibilnom potrošnjom i proizvodnjom pružat će usluge energetskim sustavima i doprinosit njihovom povezivanju, a energiju će razmjenjivati ne samo sa sustavom nego i međusobno, stvarajući pritom lokalna energetska tržišta i doprinoseći sigurnosti opskrbe energijom. Korisnici mreže će na tržištima ponekad djelovati pojedinačno, ali će ih uglavnom okupljati agregatori ili će biti dijelom energetskih zajednica građana.

Dekarbonizaciji će doprinijeti i znatan porast udjela obnovljivih izvora energije, i to prvenstveno varijabilnih obnovljivih izvora (sunce i vjetar), što će povećati važnost pohrane energije koja će smanjiti ovisnost sustava o trenutnim vremenskim prilikama. Energija pohranjena u spremnicima predstavljat će središnji dio energetskih sustava koji se zasnivaju na obnovljivim izvorima energije.

Digitalizacija će omogućiti korištenje naprednih funkcija u proizvodnji i potrošnji energije, kao i u upravljanju mrežom. Također, pridonijet će povezivanju energetskih sustava: prometni, toplinski i plinski sustav povezat će se s elektroenergetskim sustavom prvenstveno uslijed njihove elektrifikacije, ali će napredno upravljanje tim sustavima ujedno omogućiti veću fleksibilnost elektroenergetskog sustava, a time i veću integraciju varijabilnih obnovljivih izvora. Istovremeno, njihova će elektrifikacija omogućiti dekarbonizaciju ovih sektora, koji su se tradicionalno zasnivali na fosilnim gorivima.

U postizanju energetskih i klimatskih ciljeva važnu će ulogu igrati gradovi i energetske zajednice. Gradovi već danas troše više od dvije trećine energije, a više od 70 % emisija CO₂ dolazi iz urbanih sredina. Za postizanje nultih emisija stakleničkih plinova važno je da gradovi postanu klimatski neutralni i energetske pozitivni. Očekuje se kako će transformacija pojedinih sektora energetske proizvodnje i potrošnje pratiti odrednice navedene u prethodnim poglavljima, ali se može pretpostaviti kako će na lokalnoj razini transformacija biti brža i

povezivanje energetskega sektora potpunije, uz međusektorski pristup i uvažavanje lokalnih specifičnosti.

Do 2050. godine očekuje se potpuna komercijalizacija tehnologija i sustava koji već danas postoje, ali im se s porastom primjene znatno može reducirati trošak (primjerice, autonomna vozila, tehnologija uklanjanja i skladištenja ugljika, tehnologije korištenja vodika itd.). Uz to, očekuju se i velike društvene promjene te usvajanje niskougljičnog životnog stila od većine građana (promjene u načinima prometovanja, u prehrani i ostalim potrošačkim navikama). Kako bi bila uspješna, energetska tranzicija mora obuhvatiti čitavo društvo, od industrije i poduzetništva, svih energetskega sektora i podsektora pa do samih građana. Zbog ključne uloge građana za uspjeh energetske tranzicije, važan je trajan rad s njima, od obrazovanja o svim aspektima takve tranzicije preko sustavnog informiranja do uključivanja svih zainteresiranih u procese niskougljične transformacije.

3. RAZVOJ ENERGETSKIH TEHNOLOGIJA I PRIMJENJIVOST DO 2050. GODINE

Razvoj energetske tehnologije detaljnije je opisan u podlogama za izradu Strategije energetskega razvoja Republike Hrvatske (Zelena i Bijela knjiga), a u nastavku je prikazana potencijalna primjena novih tehnologija u RH te njihov potencijalni budući razvoj.

3.1. Geotermalna energija

U nove tehnologije korištenja geotermalne energije ubrajaju se tzv. napredni geotermalni sustavi (engl. *Enhanced Geothermal Systems*) u kojima se hladna voda utiskuje u ležište i crpi nakon zagrijavanja (npr. Soutz-sous Forets). Ovakvi se sustavi koriste u situacijama kada ležište ima dovoljno visoku temperaturu, ali nema dovoljnu propusnost ili u sustavima u kojima postoji nedovoljna količina ili odsutnost fluida za ekonomično korištenje. U slučajevima nedovoljne propusnosti, na ležište je potrebno djelovati postupcima hidrauličkog unaprjeđivanja koji uključuje hidrauličko frakturiranje i hidrauličko smicanje te kemijskog i termičkog unaprjeđivanja. Ovakvi se sustavi razvijaju kako bi korištenje geotermalne energije, čije je konvencionalno korištenje prostorno ograničeno, postalo dostupnije na većem broju lokacija. U novije se vrijeme istražuje i mogućnost korištenja superkritičnog CO₂ kao radnog fluida u naprednim geotermalnim sustavima, čime se postiže i zbrinjavanje CO₂ te povećava njihova održivost.

Nova istraživanja usmjerena su na primjenu geotermalne energije za unaprjeđenje skladištenja energije te uravnoteženja elektroenergetskog sustava. Naime, s povećanjem udjela povremenih obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar) u opskrbi električnom energijom, povećava se potreba za uravnoteženjem elektroenergetskog sustava u čemu bi mogla pomoći geotermalna energija koja proizvodi električnu energiju neovisno o dobu dana ili vremenskim uvjetima. Međutim, većina geotermalnih elektrana trenutačno daje samo stabilnu snagu jer ekonomski nije isplativo smanjenje proizvodnje radi praćenja opterećenja mreže. Istraživanje je usmjereno na nekonvencionalno korištenje geotermalnih tehnologija za poboljšanje pouzdanosti, otpornosti i sigurnosti mreže. Uz to, u tijeku je i istraživanje isplativosti spajanja geotermalne elektrane i koncentriranog sunčevog sustava radi skladištenja topline iz takvog sustava u podzemnom geotermalnom ležištu radi sezonskog skladištenja energije.

3.2. Daljinsko grijanje i hlađenje

Budući tehnološki razvoj u području daljinskog grijanja očekuje se u uvođenju niskotemperaturnih sustava daljinskog grijanja četvrte generacije² u kojima će potreba krajnjih kupaca za toplinskom energijom biti sve manja, a opskrba toplinom temeljit će se na obnovljivim izvorima energije, recikliranoj toplini i skladištenju.

Niže temperature polaza i povrata u distribucijskim mrežama donijet će dodatne koristi za opskrbeni dio u cijelom lancu opskrbe toplinskom energijom. Primjeri ovih prednosti su veći omjeri snage i topline u termoelektranama, veći povrat topline od kondenzacije dimnih plinova, veći koeficijenti učinkovitosti toplinskih pumpi, veće korištenje niskotemperaturnih geotermalnih i industrijskih izvora topline, veća učinkovitost pretvorbe u poljima sunčanih

² engl. *4th generation district heating, 4GDH*

kolektora i veći kapaciteti u spremnicima topline ako se mogu puniti na temperaturu višu od uobičajene temperature polaza³.

Spremnici energije doprinose integraciji intermitentnih obnovljivih izvora energije i fleksibilnosti sustava. Spremnici topline, posebno kad su povezani sa sustavima četvrte generacije daljinskog grijanja, omogućuju razdvajanje ponude i potražnje toplinske energije i igraju ključnu ulogu u radu naprednih toplinskih mreža omogućujući integraciju i intermitentnih obnovljivih izvora energije i stabilnih obnovljivih toplinskih izvora osnovnog opterećenja⁴.

Dodatno se očekuje primjena novih metodologija pri projektiranju toplinskih mreža, osobito u razvoju mreža manjih duljina, mreža koje će biti u potpunosti hidraulički balansirane i mreža koje će biti topološki postavljane u obliku prstena čime će se maksimalno reducirati razlike tlakova između polaza i povrata mreže daljinskog grijanja. Također do 2030. godine u potpunosti će se modernizirati sustavi na strani potrošnje s implementacijom sustava daljinskog nadzora.

3.3. Biomasa i otpad

Biomasa

Struktura energenata iz biomase mijenja se do 2050. godine. Tradicionalna biomasa (ogrjevno drvo) zamjenjuje se s modernom biomasom. Dok je korištenje moderne biomase u 2018. godini zanemarivo u odnosu na korištenje ogrjevnog drveta, u 2050. godini se moderna biomasa koristi 5 puta više od tradicionalne.

Pretpostavlja se da će se tekuća biogoriva proizvoditi u biorafinerijama koje će i uzgajati biomasu (alge u akvakulturama ili energetski usjevi). U konzervativnom scenariju, s prinosima od 7,45 tona s.t./ha biomase, procjenjuje se da bi bilo potrebno 125.000 - 150.000 ha poljoprivrednih površina za uzgoj sirovine ili 14 - 17 % današnjih oraničnih površina, odnosno 6 - 7 puta više od današnjeg uzgoja.

Već od 2020. godine fokus se premješta s maksimizacije proizvodnje energije iz biomase na maksimizaciju ušteda emisija stakleničkih plinova kroz širi koncept korištenja biomase u energetske svrhe unutar bioekonomije. Zbog toga se razvijaju ne samo nove tehnologije već i novi poslovni modeli koji će biti uklopljeni u postojeći proizvodni proces, kratki i dugi lanci opskrbe biomasom, sabirno-logistički centri kao posredničko tijelo stabilizacije ponude i potražnje za biomasom.

Otpad

Prema europskim analizama⁵, nakon 2018. godine u CGO će nastajati oko 1 milijun tona goriva iz otpada (GIO) godišnje. Proizvedeno gorivo planira se spaljivati u postojećim cementarama, no s obzirom na postojeće kapacitete cementara, za dio nastalog GIO bit će potrebna izgradnja dvije do četiri energane na otpad kapaciteta obrade od 150.000 - 400.000 tona otpada godišnje.

U sektoru otpada, uz GIO je moguće koristiti i biorazgradivu frakciju, procesom termičke obrade ili anaerobne digestije (AD). Proces termičke obrade (spaljivanje, piroliza, uplinjavanje) koriste se u slučajevima kad biorazgradivi otpad sadrži lignin (drvo, lišće, trava

³ H. Lund et al., "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems," Energy, vol. 68, no. 0, pp. 1–11, Jan. 2014.

⁴ S. Paardekooper, H. Lund, and R. S. Lund, "Smart Energy Systems," in Energy Storage Options and Their Environmental Impact., R. Hester and R. Harrison, Eds. Royal Society of Chemistry, 2018, pp. 228–260

⁵ Analysis of Croatian Potentials of Municipal Solid Waste for Bioenergy; H. Medarac et al., 2015

itd.) koji nije razgradljiv u procesu AD. S druge strane, moguće je proizvesti biopljin procesom AD koristeći otpad poput masti i ulja, gnojovke s farmi, muljeva itd.

Kad se razmatra biorazgradivi otpad, potrebno je uzeti u obzir i otpadni mulj proizveden na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Nastali mulj može se koristiti u procesima spaljivanja i pirolize kao energent, no, prethodno zahtijeva proces sušenja, ovisno o količini suhe tvari koju sadrži te koji je specifičan za svako postrojenje.

3.4. Vjetar

U dosadašnjem razdoblju izgradnje vjetroelektrana i tehnološkog sazrijevanja vjetroagregata, rast njihove jedinične snage i dimenzija jedan je od najizrazitijih trendova generalno pa i u Republici Hrvatskoj. Ovaj trend nastavlja se i dalje te je u idućih pet godina moguće očekivati korištenje vjetroagregata jedinične klase 5 – 6 MW. Veći vjetroagregati omogućavaju bolje proizvodne značajke i bolje iskorištavanje vjetroenergije na većim visinama, a time otvaraju prostor i za smanjenje niveliranog troška proizvodnje električne energije.

Dugoročno, rast veličine vjetroagregata na kopnu će se nastaviti. Iako je danas najveći vjetroagregat koji ulazu u serijsku proizvodnju jedinične snage 12 MW (certifikacija tipa očekivana u 2020.) namijenjen za primjenu nad morem, postoje tehnološka i projektna rješenja za vjetroagregate jedinične snage i do 20 MW. Kapacitet današnjih testnih laboratorija za vjetroagregate pokriva veličine do 15 MW⁶, što ukazuje da bi se mogao očekivati i rast jedinične snage u budućnosti, motiviran prije svega učinkovitom i produktivnijom proizvodnjom električne energije uz niži nivelirani trošak.

Sadašnji trendovi u razvoju tehnologije idu za postizanjem većih, lakših, bolje upravljivih i time produktivnijih vjetroagregata. Integrirani dizajn vjetroagregata u kombinaciji s posebno razvijenim upravljačkim strategijama, porastom njegove veličine i visine, kao i optimiranje njegovog rada na razini vjetroelektrane (primjerice upravljanje wakeom ili u uvjetima povećanih turbulencija) procesi su koji će se nastaviti u budućnosti te i dalje stvarati prostor za smanjenje proizvodne cijene.

3.5. Sunce

Tankoslojne sunčane ćelije, tzv. sunčane ćelije druge generacije, obuhvaćaju ćelije na bazi amorfnog silicija, galij-arsenida, kadmij-telurida te bakar-indij-galij-selenida. Iako nešto jeftinije u odnosu na ćelije prve generacije, komercijalno dostupni moduli imaju manju učinkovitost te izraženo starenje. Napredak druge generacije očekuje se u komercijalizaciji dobrih laboratorijskih rezultata postignutih s učinkovitošću, tehnološkom zrelošću u smislu dugotrajne stabilnosti te u višeslojnim strukturama u kombinaciji s prvom generacijom ćelija.

Treća generacija sunčanih ćelija obuhvaća tehnologije u razvoju, pretkomercijalno ispitivanje i konceptualne tehnologije, poput organskih sunčanih ćelija, ćelija baziranih na perovskitu, ćelija sintetiziranih u premazu, ćelija kvantnih točki i ostalih. Od ove generacije očekuje se smanjenje jedinične cijene na ispod 0,1 EUR/W, mogućnosti novih metoda instaliranja sustava te novi tehnološki koncepti pretvorbe sunčevog zračenja u električnu energiju. Napredak treće generacije očekuje se primarno u dugoročnom stabiliziranju izlaznih značajki te nakon toga komercijalizaciji tehnologija u višem stupnju razvoja.

⁶ Primjerice National Renewable Energy Centre (NAREC), UK, za testiranje lopatica do 100 m dužine; ORE Catapult, UK, ili Clemson University testing facility, USA, za testiranje pogonskog sklopa vjetroagregata jedinične snage do 15 MW.

Osim sunčanih ćelija i fotonaponskih (FN) modula, treba uzeti u obzir i tehnološki razvoj izmjenjivača, koji će biti usmjeren prema novim konceptima: mikroizmjenjivačima, optimizaciji rada većeg broja izmjenjivača, razvoju izmjenjivača većih snaga te mogućnostima dodatnih usluga.

Paralelno s tehnološkim napretkom, za očekivati je i napredak u različitim oblicima korištenja FN sustava. Osim danas već klasičnih primjena na građevinama i centraliziranih sustava, očekuje se veći stupanj integracije u elemente vanjskih ovojnica zgrada, korištenje na elementima urbane infrastrukture, korištenje plutajućih fotonaponskih sustava (*floating PV*), korištenje FN sustava paralelno s poljoprivredno proizvodnjom (*agrophotovoltaics*) itd.

Sustavi s koncentriranjem sunčevog zračenja prvenstveno su pogodni za područja s visokim udjelom izravne komponente sunčevog zračenja, poput pustinja i polupustinja, a realizirani projekti su snage nekoliko desetaka MW i zauzimaju relativno veliku površinu. Sama tehnologija je praktično dosegla tehnološku zrelost, a i tehnološki razvoj počiva na smanjenju cijene povećanjem proizvodnih kapaciteta, te razvoju i istraživanju sustava za pohranu baziranih na nitratima.

3.6. Nuklearne elektrane

U pogledu postojećih elektrana sve je izraženiji trend produljenja dozvola za rad poslije prvobitno planiranih 40 godina. Uobičajeno je da nuklearne elektrane danas imaju očekivani vijek od 60 godina s vidljivim trendom produljenja dozvola i na 80 do 100 godina. Proširenje nuklearnog programa ovisit će o konkurentnosti ove opcije i mogućem razvoju novih tipova reaktora, manjih snaga i veće fleksibilnosti rada, što otvara znatno veće mogućnosti integracije promjenljivih obnovljivih izvora u elektroenergetski sustav. Pri tome glavnu riječ imaju nacionalni regulatori koji kontinuirano zahtijevaju poboljšanje sigurnosti u radu nuklearnih elektrana.

Nova otkrića u nuklearnoj znanosti usmjerena su na fuziju. Ona nema emisije ugljika. Stoga se vrlo dobro uklapa u koncept potpune dekarbonizacije. Hrvatska je kroz članstvo u Europskoj uniji i Euroatomu uključena u ITER, međunarodni istraživački i inženjerski projekt čiji je cilj izgraditi najveći svjetski i najnapredniji eksperimentalni nuklearni fuzijski reaktor tipa tokamak u mjestu Cadarache na jugu Francuske, vrijedan 15 milijardi eura. To je prvi korak prema fuzijskoj elektrani DEMO, za što je još ključan i uređaj DONES. DONES je uređaj za testiranje materijala i opreme za fuzijsku elektranu, kako bi se mogle pripremiti komponente izdržljive na ekstremne uvjete zračenja. DONES će biti sagrađen u španjolskoj Granadi, dok će se u Hrvatskoj izraditi daljinski upravljani robot za remont dijelova DONES-a. Nadalje, u Hrvatskoj će se provesti digitalizacija i umrežavanje podataka sa svih mjernih sustava u području udara iona u slap litija te će se napraviti sustav za mjerenje isparavanja litija. Fuzijska strategija Europske unije predviđa realizaciju goruće plazme na ITER-u do 2035. godine, a elektranu DEMO do 2050. Znanstveni dio za ITER, DEMO i DONES priprema konzorcij EUROfusion, čiji je su-osnivač Institut Ruđer Bošković.

3.7. Spremnici energije

Sustavi za pohranu energije, prema namjeni, dijele se na mrežnu pohranu, pohranu iza brojila, pohranu koja nije spojena na mrežu, pohranu za potrebe mobilnosti i pohranu toplinske energije. U okviru ove analize najznačajnije su: mrežna pohrana (stacionarna skladišta energije priključena na elektroenergetsku mrežu) i pohrana iza brojila (koja omogućava pohranu energije na lokaciji potrošnje električne energije).

Korištenje pohrane iza brojila usko je vezano s proizvodnjom električne energije iz OIE-a na istoj lokaciji, najčešće pomoću fotonaponskih sustava. Očekuje se da će primjena spremnika za pohranu iza brojila biti povezana s porastom korištenja fotonaponskih sustava u kućanstvima. Kombinacija sustava pohrane i proizvodnje električne energije povećava ukupnu fleksibilnost sustava.

Očekuje se da će do veće primjene pohrane iza brojila doći pod uvjetom da krajnji kupac bude izložen tržišnim cijenama električne energije koje ovise o trenutnoj ponudi i potražnji i mijenjaju se tijekom vremena. Što je kraće vremensko razdoblje unutar kojeg se formira cijena, cjenovni signal bit će precizniji odnosno bliži stvarnom stanju na tržištu električne energije. Kako će kupac koristiti električnu mrežu za preuzimanje električne energije u razdobljima kada je njegova vlastita proizvodnja manja od vlastitih potreba, kao i za pohranu električne energije u razdobljima kada je njegova proizvodnja veća od potrošnje. Za sudjelovanje kupaca na tržištu električne energije bit će nužno dizajnirati tarifni sustav koji potiče potrošnju na mjestu proizvodnje i vrednuje korištenje mreže te ukloniti druge prepreke koje se pojavljuju na tržištu.

3.8. Alternativni izvori energije u prometu

Električna **vozila s gorivnim ćelijama i vodik** kao alternativno gorivo predstavljat će važan segment prometnog sektora. Slično kao i električna energija, vodik je energent koji može biti proizveden iz raznih primarnih izvora energije. To uključuje fosilne izvore, poput prirodnog plina i ugljena, i obnovljive izvore, kao što su biomasa i voda uz korištenje OIE.

U srednjoročnom i dugoročnom razdoblju, prihvatljiva tehnologija može biti centralizirana proizvodnja vodika na bazi fosilnih goriva uz hvatanje i skladištenje CO₂. U tom pogledu potrebna su daljnja istraživanja i razvoj procesa apsorpcije i razdvajanja. Proizvodnja vodika iz biomase i otpada u najvećoj mjeri će se suočavati s izazovom pripreme i logistike sirovine, a takva će proizvodnja vjerojatno biti ekonomična samo u okvirima velikih razmjera. Fotoelektroliza i fotobiološki procesi u vrlo su ranoj fazi razvoja, a do sada su postignute tek relativno male učinkovitosti pretvorbe.

Biogoriva su u velikoj mjeri kompatibilna s vozilima koja pokreću motori s unutarnjim izgaranjem, mogu se miješati s postojećim fosilnim gorivima te čine značajan dio prioriteta Europske unije u pogledu udjela OIE-a u prometu. Napredna biogoriva obuhvaćaju širok raspon biogoriva proizvedenih iz sirovina koje se ne koriste u prehrambene svrhe, poput organskog dijela otpada, šumskih i poljoprivrednih ostataka, otpadnog ulja, ostataka papirne industrije itd. Trenutna politika Europske unije vezana za korištenje biogoriva u prometu usmjerena je na razvoj naprednih biogoriva, prevladavanje tržišnih prepreka i poboljšanje sustava distribucije i skladištenja.

Sintetička goriva su goriva dobivena iz ugljena, prirodnog plina, vodika ili biomase. Mogu se koristiti kao zamjena za konvencionalna goriva uz pretpostavku da zadovoljavaju odgovarajuće standarde. Najpoznatiji proces proizvodnje sintetičkog goriva je Fischer-Tropschova sinteza, a sintetička goriva mogu se proizvesti iz različitih sirovina, pretvarajući biomasu, plin, ugljen ili plastični otpad u tekuća goriva, metan i dimetil eter (DME).

Sintetička **parafinska goriva** kao što su hidrogenizirana biljna ulja (HVO), goriva dobivena Fischer-Tropschovom sintezom i sl. mogu se miješati u fosilno dizelsko gorivo u visokim omjerima, dok se sintetička goriva na bazi metanola i drugih alkohola mogu miješati s benzinom. Takva goriva mogu se distribuirati i pohraniti uz korištenje postojeće infrastrukture. Sintetski plin (*syngas*) ubraja se među najkorištenija plinovita sintetička goriva, a radi se o mješavini gorivog plina koja se sastoji ponajprije od vodika, ugljičnog monoksida i ostalih

primjesa. Sintetička goriva proizvedena iz prirodnog plina imaju emisije stakleničkih plinova usporedive s fosilnim gorivima, no zbog smanjenog udjela sumpora i aromata imaju manje štetni utjecaj na okoliš i zdravlje. Sintetski plin moguće je proizvesti i iz nerekiciranog otpada visoke energetske vrijednosti (npr. plastike ili gume) postupkom termo-kemijske oporabe procesima pirolize.

3.9. Izdvajanje i geološko skladištenje ugljikovog dioksida

Tehnologija hvatanja i skladištenja CO₂, poznata kao CCS (engl. *Carbon Capture and Storage*), integrira tri odvojena koraka:

1. Hvatanje CO₂ iz smjese plinova kao što su dimni plinovi i njihovo tlačenje u tekuće stanje
2. Transport do mjesta skladištenja
3. Utiskivanje i skladištenje CO₂ u geološke formacije pogodne za dugoročno skladištenje.

Izdvajanje CO₂ može se primijeniti na sve procese izgaranja u termoelektranama i industrijskim postrojenjima, ali je praktična primjena ograničena na velike pojedinačne izvore emisije CO₂, zbog velikih troškova same tehnologije za izdvajanje CO₂⁷.

Tehnologije hvatanja CO₂ su sljedeće:

- Sustavi za hvatanje poslije izgaranja (engl. *post-combustion systems*) odvajaju CO₂ od dimnih plinova proizvedenih izgaranjem primarnog goriva u zraku.
- Sustavi za hvatanje prije izgaranja (engl. *pre-combustion systems*) obrađuju primarno gorivo parom i zrakom ili kisikom u prikladnom reaktoru da proizvedu mješavinu sastavljenu uglavnom od ugljikovog monoksida, CO, i vodika, H₂, (tzv. sintetski plin).
- Sustavi za izgaranje goriva u struji kisika (engl. *oxyfuel systems*) za spaljivanje primarnog goriva koriste kisik umjesto zraka i proizvode dimne plinove koji se uglavnom sastoje od vodene pare i CO₂. Ova tehnologija zahtijeva prethodno izdvajanje kisika iz zraka, do čistoće 95 – 99 %⁸.

Sastav i čistoća CO₂, koji je rezultat procesa kaptiranja, imaju znatan utjecaj na sve daljnje aspekte projekta skladištenja CO₂. Prisutnost određenog postotka drugih tvari, kao što su voda, sumporovodik (H₂S), sumporni i dušični oksidi (SO_x, NO_x), dušik (N₂) i kisik (O₂), djelovat će na fizikalna i kemijska svojstva CO₂ odnosno na odvijanje pojedinih procesa i njihov učinak. Stoga prisutnost tih tvari treba uzeti u obzir pri projektiranju faza kompresije, transporta i utiskivanja, kao i pri usklađivanju radnih uvjeta, postupaka i opreme.

Danas već postoji i tehnologija izdvajanja CO₂ iz zraka (engl. *Direct Air Capture system, DAC*), no taj postupak još uvijek nije dovoljno razvijen da bi ga se moglo koristiti u većoj mjeri.

Postoje tri glavne mogućnosti za skladištenje CO₂:

- u iscrpljena plinska i naftna polja – dobro poznata zahvaljujući istraživanju i iskorištavanju ležišta ugljikovodika, nude neposrednu mogućnost skladištenja CO₂
- u slane vodonosnike – imaju velik potencijal skladištenja, ali općenito nisu toliko dobro poznati
- u duboke slojeve ugljena – izbor za budućnost, nakon što se riješi problem utiskivanja velikog volumena CO₂ u ugljen niske propusnosti.

⁷ Arts, R. et al. (2011.): Što zapravo znači geološko skladištenje CO₂? Ur: B. Saftić, CO₂GeoNet, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

⁸ Haramija, V. (2012.): Tehnologije hvatanja i zbrinjavanja ugljikovog dioksida, Goriva i maziva, 51, 4 306-328.

Hrvatska, uz veliki broj plinskih i naftnih polja u poodmakloj fazi iskorištavanja, ima značajan potencijal skladištenja CO₂ u okviru projekta za povećanje iscrpka nafte i plina (engl. *Enhanced Oil Recovery, EOR*) ili za njegovo skladištenje u iscrpljenim ležištima. Najveći potencijal podzemnog skladištenja CO₂ čine regionalni vodonosnici, međutim za analizu utiskivanja CO₂ u vodonosnik dostupno je daleko manje podataka nego za dobro istražena stara naftna, plinsko-kondenzatna i plinska polja (Tablica 3.1.).

Tablica 3.1. Procjena kapaciteta za skladištenje CO₂ u Republici Hrvatskoj⁹

Kapacitet skladištenja CO ₂	Kategorija procjene (Pyramid class)	Konzervativna procjena (Mt)
Skladišni kapacitet u akviferima	Teoretski	2.710 – 4.066
Skladišni kapacitet u poljima ugljikovodika	Efektivno	189
Ukupna procjena skladišnih kapaciteta	Teoretski	2.899 – 4.255

CCS tehnologija će, u smislu postizanja ciljeva scenarija klimatske neutralnosti, biti posebno važna u industrijama gdje nije moguće s postojećim tehnologijama zamijeniti fosilna goriva, poput elektroenergetike, proizvodnji čelika, cementa, umjetnih gnojiva, proizvodnji i preradi ugljikovodika i sl.

S razvojem tehnologije očekuje se pad troškova i njihova sve veća komercijalna primjena. Važan doprinos razvoju tehnologije predstavlja i prijenos postojećeg znanja iz djelatnosti eksploatacije nafte i plina, te jasan i stabilan regulatorni okvir.

U posljednje se vrijeme smatra da bi zbrinjavanje CO₂, uz geološko skladištenje, trebalo razmatrati i kroz njegovo korištenje (engl. *Carbon Capture, Utilization and Storage*; u daljnjem tekstu: CCUS) kako bi se omogućio ekonomski isplativ izbor za smanjenje emisija CO₂ u atmosferu. Neki od najisplativijih načina korištenja su pri povećanju iscrpka u proizvodnji nafte i plina, u poljoprivredi kao dohrana biljaka u plastenicima, u proizvodnji vina i bezalkoholnih pića, u nekim industrijskim procesima itd. Značajna se primjena ugljikovog dioksida u budućnosti očekuje u procesima proizvodnje sintetičkih plinova i goriva, u proizvodnji polimera, umjetnih gnojiva, karbonskih vlakana, bioetanola, metanola, sode bikarbone, octene kiseline i dr.

CCUS tehnologija razmatra se i za geotermalna ležišta u smislu korištenja CO₂ kao radnog fluida u binarnim ciklusima. Pri tome se koriste povoljnija transportna svojstva CO₂ u odnosu na vodu koja se ponovno utiskuje u ležište, ali i činjenica da vraćanje CO₂ u geotermalno ležište predstavlja dodatnu prednost. Također se CO₂ razmatra kao radni fluid za podzemno skladištenje energije (u vidu energije povišenog tlaka).

3.10. Proizvodnja e-goriva

U scenariju koji podrazumijeva uspješno postizanje ciljeva u pogledu smanjenja emisije CO₂, u razdoblju između 2040. i 2050. godine, e-goriva zauzimaju značajan udio u potražnji. E-goriva su sintetička goriva koja nastaju kombinacijom „zelenog“, odnosno „e-vodika“ (koji nastaje elektrolizom vode uz korištenje obnovljive električne energije) i CO₂ prikupljenim iz zraka ili iz izvora s njegovom visokom koncentracijom (npr. dimnih plinova iz industrijske lokacije). E-goriva nazivaju se sintetičkim ili elektro gorivima, odnosno spominju se u kontekstu

⁹ Tot, M. et al. (2011.): Techno-economic assessment of carbon capture and storage deployment in power stations in the Southern African and Balkan regions, VITO.

konceptata „energija u X“ (engl. *power-to-X, PtX*), „energija u tekućinu“ (engl. *power-to-liquids, PtL*) i „energija u plin“ (engl. *power-to-gas, PtG*).

Eksploatacijom e-goriva postiže se značajno smanjenje CO₂ u usporedbi s ekvivalentnim fosilnim gorivima. U usporedbi s električnom energijom posjeduju veću gustoću energije i pogodnija su za skladištenje.

S druge strane, inherentni termodinamički gubici u procesu njihove proizvodnje rezultirat će potrebom za većim brojem postrojenja za proizvodnju goriva iz obnovljivih izvora energije. Zbog mogućih povremenih prekida opskrbe obnovljivom električnom energijom potrebnom za proizvodnju e-goriva teško je održati kontinuirani rad pogona za proizvodnju e-goriva. Nadalje, vozila na električni pogon imaju veći stupanj korisnosti u odnosu na vozila na gorivne ćelije ili vozila koja koriste tekuća e-goriva. Dok putničko osobno vozilo s električnim pogonom i baterijom ima ukupni stupanj korisnosti od 70 %, vozilo s pogonom na e-gorivo ima stupanj korisnosti od 15 %.

Troškovi e-goriva trenutno su relativno visoki (oko 7 EUR/l), ali se s vremenom očekuje njihovo smanjivanje zbog proizvodnje većih razmjera, napretka tehnologije i očekivanog smanjenja cijene električne energije iz obnovljivih izvora. Procjenjuje se da bi do 2050. godine trošak mogao biti od 1 do 3 puta veći u odnosu na troškove proizvodnje fosilnih goriva, odnosno mogao bi iznositi 1 - 3 EUR/l.

Doprinos e-goriva prometnom sektoru bit će usmjeren na zračni, pomorski i teretni cestovni promet.

4. METODOLOGIJA IZRADE ANALIZA

Za potrebe izrade scenarija klimatske neutralnosti (S_N scenarij) korištene su projekcije broja stanovnika te projicirane razine i stope rasta BDP-a izrađene u okviru podloga za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske. Projekcija stanovništva izvedena je u tri varijante, a za potrebe izrade S_N scenarija kao jedan od ulaznih parametara korištena je srednja varijanta procjene stanovništva.

Sljedeći elementi prepoznati su kao glavne odrednice promjena u energetskom sektoru:

- povećanje energetske učinkovitosti u svim dijelovima energetskog lanca (proizvodnja, transport/prijenos, distribucija i potrošnja svih oblika energije)
- prelazak što većeg broja aktivnosti na korištenje električne energije (gdje je to tehnološki moguće i dugoročno troškovno održivo)
- proizvodnja električne energije sa smanjenom emisijom stakleničkih plinova (OIE, izbor nuklearne energije te fosilne tehnologije s izdvajanjem i spremanjem CO_2).

Prilikom kreiranja scenarija koji se razmatrao u ovoj studiji krenulo se od osnovne ideje potrebe smanjenja emisije stakleničkih plinova iz energetskog sektora.

Sustav proizvodnje električne energije promatran je u planskom razdoblju do 2050. godine, te je provedena analiza i optimizacija rada i razvoja sustava proizvodnje, prijenosa i distribucije energije do krajnjih korisnika po načelu minimalnog troška, a uzimajući u obzir ograničenja utjecaja na okoliš (poglavito emisije stakleničkih plinova), strateške odrednice u dijelu sigurnosti opskrbe energijom i utjecaj sudjelovanja u radu regionalnog tržišta (moguća suradnja u iskorištenju regionalnog energetskog potencijala i zajednička izgradnja i korištenje infrastrukture). Uzeti su u obzir raspoloživost i stanje postojeće energetske infrastrukture, potrebna zamjena elemenata i izgradnja novih elemenata sustava (npr. elektrane, dalekovodi, cjevovodi i dr.). Optimizacija je provedena koristeći programski alat PLEXOS Integrated Energy Model, u kojemu je simuliran rad elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske uzimajući u obzir sve navedene pretpostavke.

Za usporedbu tehnoloških mogućnosti svi troškovi unutar dugoročnog modela proizvodnje pretpostavljeni su u jednakim iznosima kao i u studiji Analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske kako bi se postigla usporedivost rezultata s rezultatima scenarija analiziranih u toj studiji.

Pretpostavka je da su sve opcije za proizvodnju električne energije otvorene i imaju jednak pristup tržištu (bez bilo kakve vrste poticaja za bilo koju tehnologiju), kako bi se odredila buduća struktura proizvodnje s pogleda minimuma ukupnog troška rada i izgradnje sustava (uključujući eksterni trošak koji je internaliziran kroz cijenu emisijskih jedinica). Mogućnosti korištenja pojedinih oblika energije uzete su u skladu s procjenom potencijala i raspoloživim tehnologijama.

U pogledu postojećih proizvodnih postrojenja i projekata koji su u raznim fazama realizacije, pretpostavljeno je sljedeće:

- nastavak pogona svih postojećih lokacija hidroelektrana do kraja promatranog razdoblja uz redovitu revitalizaciju pojedinih lokacija
- TE Plomin 1 – inicijalne analize su pokazale da bi u uvjetima pretpostavljenih cijena goriva i emisijskih jedinica ova jedinica u postojećoj konfiguraciji bila nekonkurentna. U vrijeme izrade analize nisu bili dostupni potrebni ulazni podaci kako bi se kvalitetno

razmotrila mogućnost suspaljivanja otpada koja može poboljšati poziciju elektrane. U tom smislu suspaljivanja i revitalizacija ove jedinice ostaje otvorena odluka investitora/vlasnika.

- TE Plomin 2 – očekivan izlazak iz pogona do 2040. godine u skladu s očekivanim životnim vijekom (40 godina)
- NE Krško – pretpostavljen je izlazak iz pogona u 2043. godini u skladu s očekivanim životnim vijekom od 60 godina. Na ovaj način napravljena je konzervativna pretpostavka u smislu potrebnog razvoja sustava i potrebe nadomještanja potrebne količine električne energije iz alternativnih izvora. Odluka o produljenju dozvole za rad bit će donošena u skladu s propisanim postupcima i u za to određenim rokovima. Izbor nuklearne energije ostavlja se otvoren.
- izgradnja novog kogeneracijskog bloka na lokaciji EL TO Zagreb u 2023. godini (financiranje osigurano)
- projekt HE Kosinj i HE Senj 2 – ulazak u pogon u razdoblju 2024. – 2026. godine
- realizacija određenog broja projekata vjetroelektrana, sunčanih elektrana i elektrana na biomasu koje su u raznim fazama realizacije i/ili imaju sklopljene ugovore o otkupu električne energije
- izlazak iz pogona skoro svih postojećih termoenergetskih blokova do kraja promatranog razdoblja (s obzirom na životni vijek):
 - izlazak iz pogona TE na lož ulje do 2025. (mogućnost korištenja lokacija za nove projekte)
 - do 2050. godini u pogonu ostaju pojedine plinske elektrane.

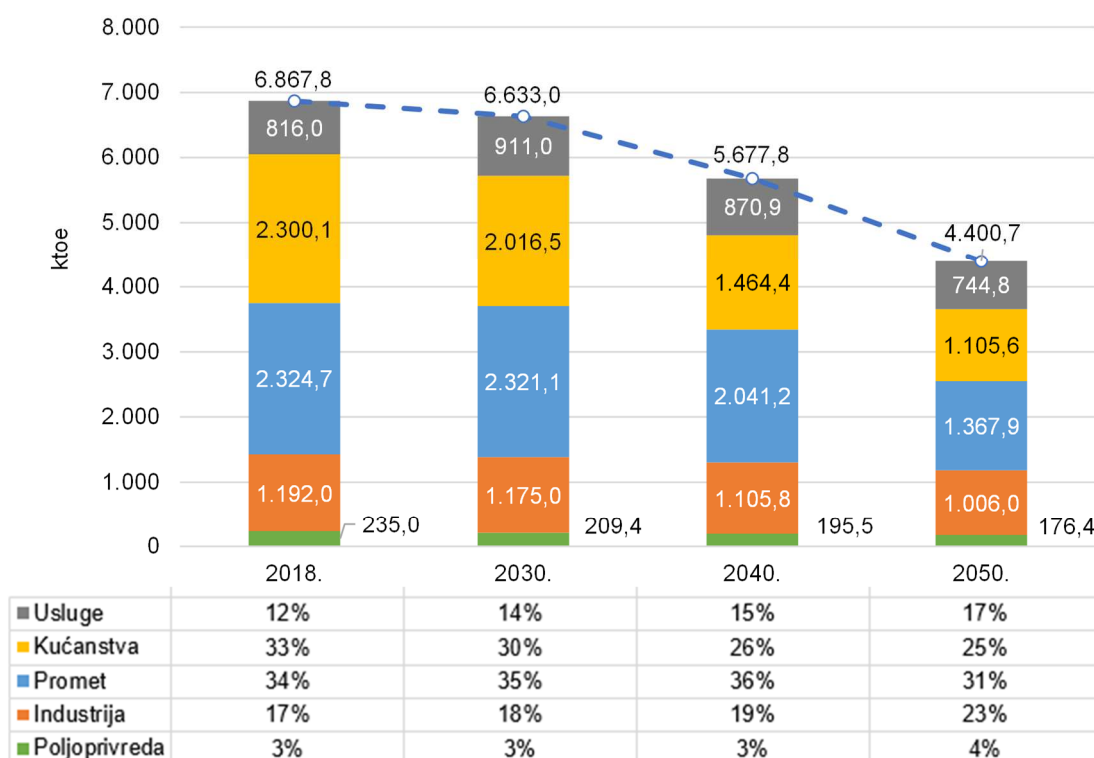
U smislu postizanja ciljeva smanjenja emisije stakleničkih plinova i razvoja proizvodnih postrojenja na teritoriju Republike Hrvatske, u analizama prikazanim u ovom dokumentu pretpostavljeno je da se razina neto uvoza i izvoza električne energije smanjuje na nulu prema kraju planskog razdoblja. Drugim riječima, hrvatski EES i dalje ima mogućnost uvoza i izvoza električne energije, ali je pretpostavljeno da se prema kraju razdoblja ukupna uvezena i izvezena količina trebaju nalaziti u ravnoteži. Ako bi se dozvolio uvoz većih količina električne energije narušila bi se realna slika i potreba za ulaganjem u vlastite elektrane kako bi se dostigli postavljeni ciljevi. Izvoz viškova električne energije također je moguć, ali je realno pretpostaviti da nije moguće značajno povećanje izvoza prema susjednim sustavima s obzirom na to da se u svim susjednim sustavima očekuje izgradnja elektrana i prelazak na čistiju proizvodnju, tj. očekuje se da će razmjena među sustavima biti temeljena prije svega na trenutnim viškovima, a ne na projektima elektrana namijenjenih izvozu.

5. REZULTATI SCENARIJA

5.1. Neposredna potrošnja energije

Ukupna neposredna potrošnja energije u 2018. godini iznosila je 6.868 ktoe. Prema analiziranom scenariju klimatske neutralnosti, do 2050. godine očekuje se smanjenje potrošnje za 36 % te će ona u 2050. godini iznositi 4.401 ktoe (Slika 5.1.). Prema procjenama, neposredna potrošnja bi se do 2030. godine trebala blago smanjivati za 0,5 % godišnje, dok bi nakon 2030. godine to smanjenje u prosjeku iznosilo oko 2 % godišnje.

Najveće smanjenje potrošnje očekuje se u sektoru kućanstava, dok se najmanje smanjenje predviđa u sektoru usluga.

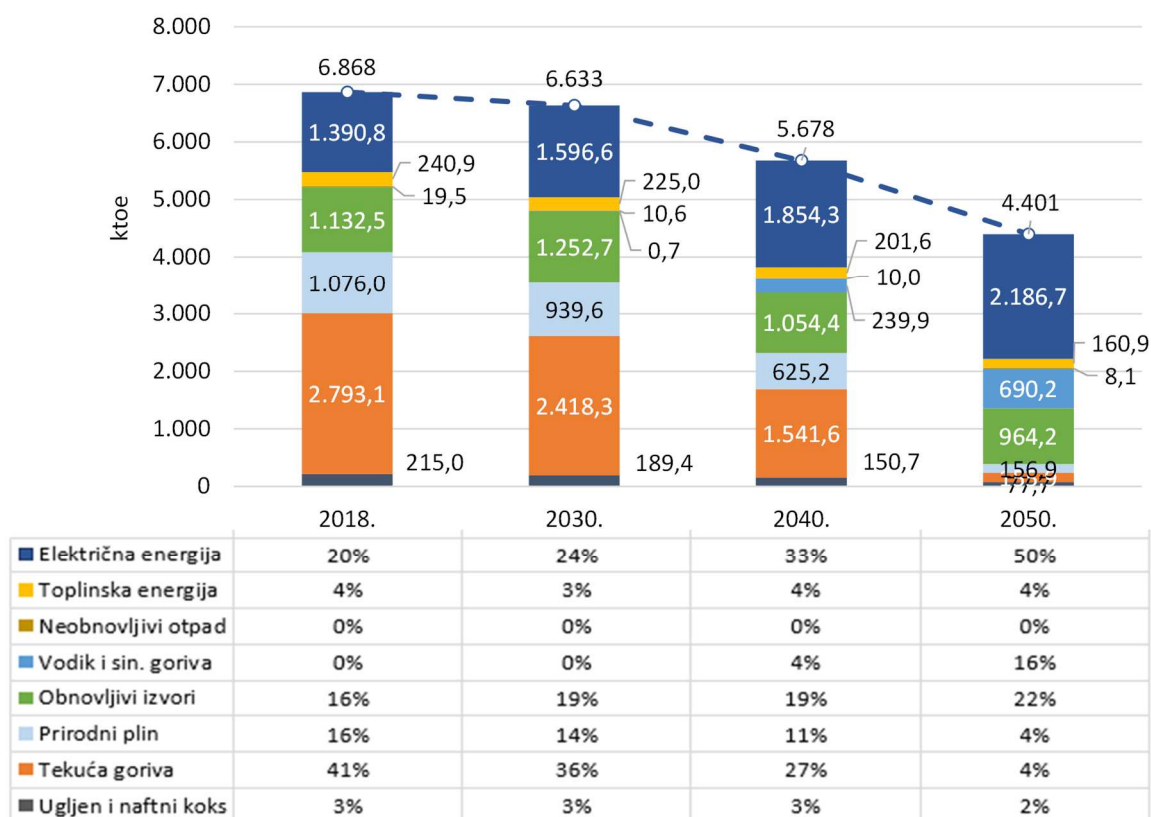


Slika 5.1. Projekcija neposredne potrošnje energije po sektorima potrošnje

Udio fosilnih goriva u neposrednoj potrošnji energije u 2018. godini iznosio je oko 60 %. Kako bi se ostvarila klimatska neutralnost do 2050. godine, potrebno je fosilna goriva u neposrednoj potrošnji gotovo potpuno zamijeniti obnovljivim izvorima energije. U skladu s time, udio fosilnih goriva kontinuirano bi se smanjivao te bi u 2050. godini iznosio 9 % (Slika 5.2.). Ovaj udio još uvijek nije dovoljan za postizanje klimatske neutralnosti te je predviđeno korištenje tehnologije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂, i to u određenim granama industrije gdje zamjena fosilnog energenta nije tehnički izvediva (npr. industrija cementa). Udio električne energije će se s 20 % u 2018. godini kontinuirano povećavati kroz cijelo promatrano razdoblje da bi u 2050. godini iznosio polovinu ukupne neposredne potrošnje energije. Usporedno s porastom udjela električne energije rast će i udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije, pri čemu će gotovo sva električna energija u 2050. godini biti proizvedena iz obnovljivih izvora. Udio toplinske energije u neposrednoj potrošnji će vrlo blago porasti, ali će se u apsolutnom iznosu potrošnja konstantno smanjivati. Potrošnja svih obnovljivih izvora energije, poput sunčeve energije, biogoriva i geotermalne energije, značajno će rasti, izuzev potrošnje biomase koja će se, poput toplinske energije, smanjivati. Osim postojećih izvora energije,

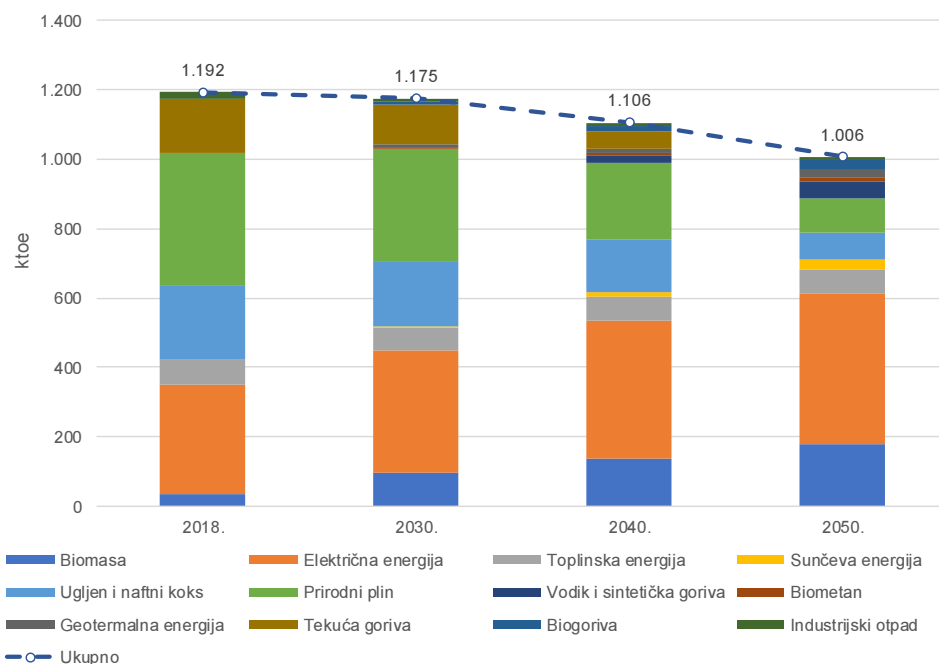
REZULTATI SCENARIJA

predviđeno je korištenje vodika (od 2030. godine) te plinovitih i tekućih goriva proizvedenih iz obnovljive električne energije (od 2040. godine).



Slika 5.2. Projekcija neposredne potrošnje energije prema energentima

Udio industrije u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije u 2018. godini iznosio je 17 % i on će se blago povećavati pa će u 2050. godini iznositi oko 23 %. Promatrano u apsolutnim iznosima, potrošnja energije u industriji smanjit će se za 16 % u 2050. godini (1.006 ktoe) u odnosu na 2018. godinu (Slika 5.3.). Fosilna goriva u 2018. godini zauzimala su oko 63 % od ukupne potrošnje energije u industriji, a njihov će se udio do 2050. godine smanjiti na 17 %. Kako bi se emisije iz sektora industrije smanjile na zadovoljavajuću razinu predviđeno je korištenje tehnologije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂, što će biti posebno važno od 2040. godine. Osim navedenih energenata, predviđen je znatan porast korištenja sunčeve energije, biometana i geotermalne energije, a bit će potrebno i uvođenje novih energenata kao što su vodik i sintetička goriva.

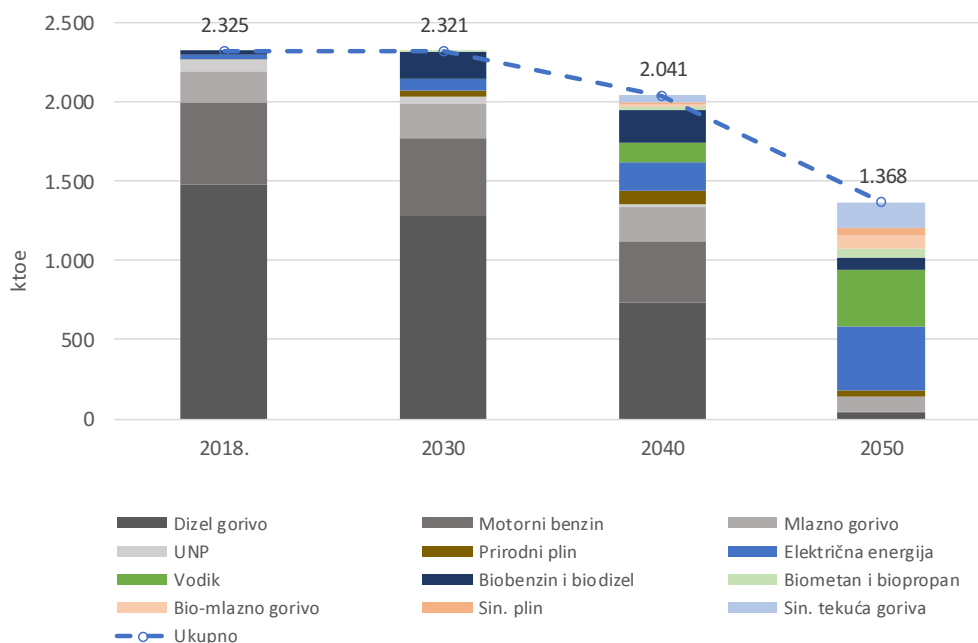


Slika 5.3. Projekcija neposredne potrošnje energije u industriji

Sektor prometa zauzima najveći udio u neposrednoj potrošnji energije (oko 34 % u 2018. godini) i tako tijekom cijelog promatranog razdoblja. Zbog specifičnosti potrošnje koja u prometu nije stacionarna i do sada je u najvećoj mjeri bila bazirana na fosilnim gorivima, sektor prometa predstavljaće jedan od najvećih izazova vezanih za dekarbonizaciju energetskog sektora.

Potrošnja energije u prometu do 2030. godine bit će otprilike na istoj razini kao u 2018. godini, nakon čega se očekuje značajno smanjenje potrošnje (Slika 5.4.). Potrošnja energije u prometu u 2050. godini (1.368 ktoe) iznositi će oko 60 % od ostvarene potrošnje u 2018. godini (2.325 ktoe). To je prvenstveno posljedica zamjene vozila koja koriste motore s unutarnjim izgaranjem s učinkovitim električnim vozilima.

Udio biogoriva kontinuirano će se povećavati s 1 % u 2018. godini na 16 % u 2050. godini. Biogoriva će se prvenstveno koristiti u cestovnom i vodenom prometu, a od 2040. godine predviđeno je korištenje biogoriva i u zračnom prometu. Znatno doprinos dekarbonizaciji očekuje se od električne energije čiji će udio u 2050. godini iznositi 30 %. Znatno udio vodika i to prvenstveno u teretnom prometu predviđen je od 2040. godine, a u 2050. godini iznositi će 26 %. Korištenje sintetičkih goriva u prometu očekuje se od 2040. godine, a njihov udio će u 2050. godini iznositi 15 %.

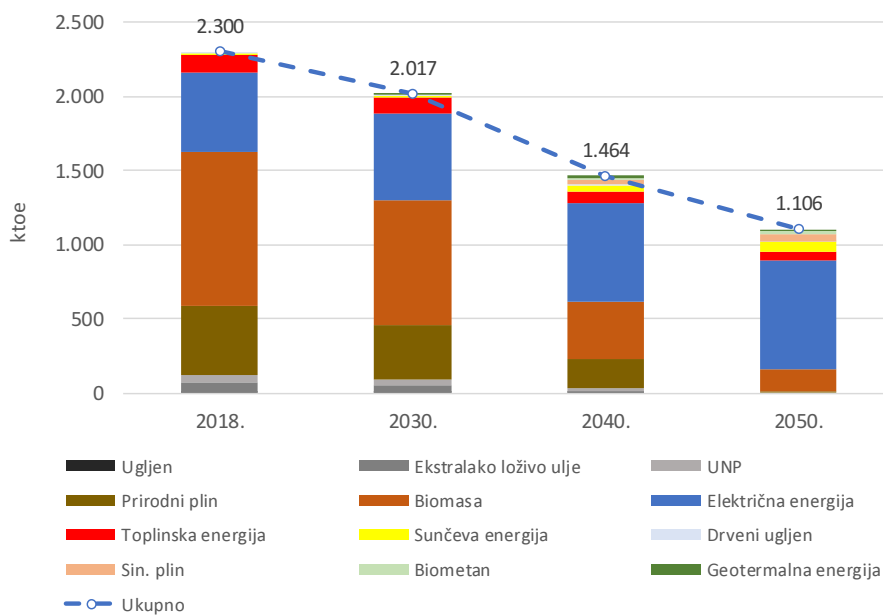


Slika 5.4. Projekcija neposredne potrošnje energije u prometu

Potrošnja energije u kućanstvima u 2018. godini iznosila je 2.300 ktoe i zauzimala 33 % od ukupne neposredne potrošnje. Pri tome je udio fosilnih goriva iznosio oko 26 %, a najveći udio je zauzimala biomasa od 45 %. Prema analiziranom scenariju, potrošnja fosilnih goriva će se do 2050. godine smanjiti gotovo na nulu, dok će udio električne energije značajno porasti (Slika 5.5.).

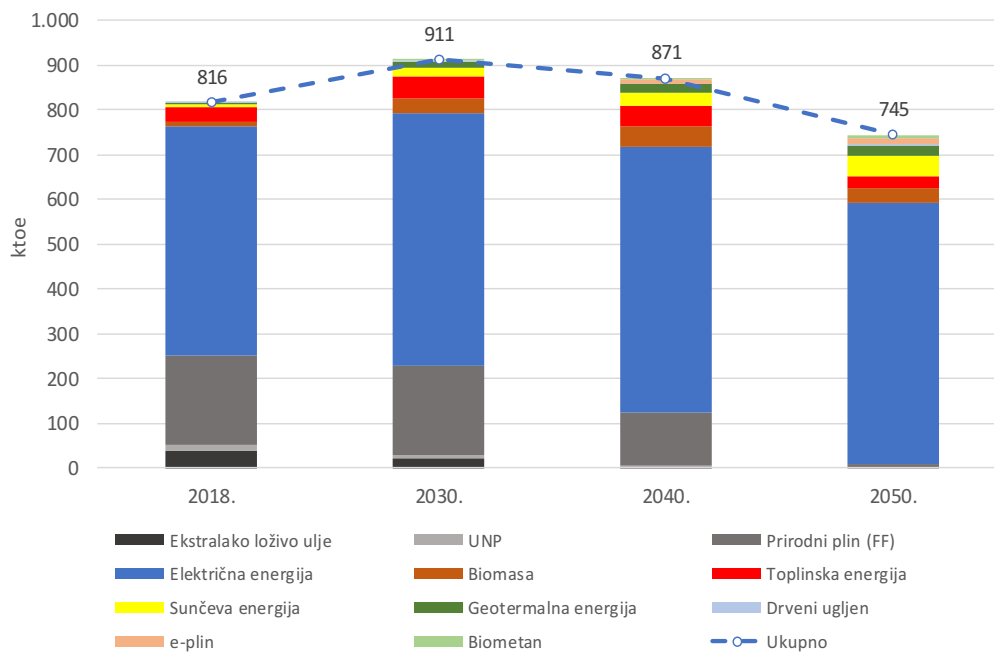
Ukupna potrošnja energije u kućanstvima do 2050. godine smanjit će se za 52 % i to prvenstveno zbog značajnog poboljšanja izolacijskih svojstava u zgradarstvu. Isto tako, doći će do povećanja energetske učinkovitosti uređaja u kućanstvima. Potrošnja biomase smanjit će se za čak 85 % do 2050. godine i to zbog poboljšanja izolacije, ali i prelaska na druge energente za grijanje. Broj stanova priključenih na centralne toplinske sustave blago će porasti, ali će se potrošnja toplinske energije smanjiti za oko 50 % do 2050. godine zbog poboljšanja izolacijskih svojstava u zgradarstvu. Očekuje se porast potrošnje obnovljivih izvora energije poput sunčeve energije, biometana i geotermalne energije, a od 2040. godine i sintetičkog plina koji bi se distribuirao istom mrežom kao i prirodni plin.

REZULTATI SCENARIJA



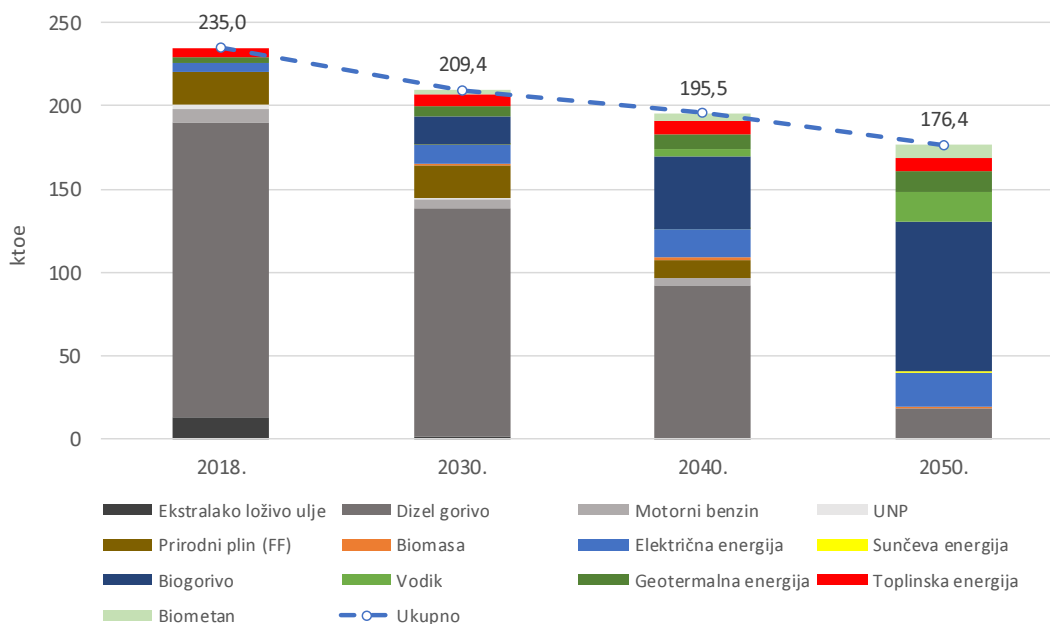
Slika 5.5. Projekcija neposredne potrošnje energije u sektoru kućanstava

Potrošnja energije u sektoru usluga do 2030. godine blago će rasti uslijed povećanja korištene površine. Nakon 2030. godine korištena površina u sektoru usluga i dalje će rasti, ali će, uslijed povećanja izolacijskih svojstava u zgradarstvu te korištenja učinkovitijih tehnologija i zamjene fosilnih goriva s električnom energijom, potrošnja energije blago padati. Potrošnja energije u 2050. godini procijenjena je na 745 ktoe, što je 9 % manje u odnosu na 2018. godinu. Očekuje se potpuni prestanak korištenja ekstra lakog loživog ulja i UNP-a do 2050. godine, dok će potrošnja prirodnog plina u 2050. godini iznositi 5 % potrošnje iz 2018. godine. Kao zamjena za fosilne izvore energije, očekuje se povećanje potrošnje biomase, sunčeve i geotermalne energije (Slika 5.6.).



Slika 5.6. Projekcija neposredne potrošnje energije u sektoru usluga

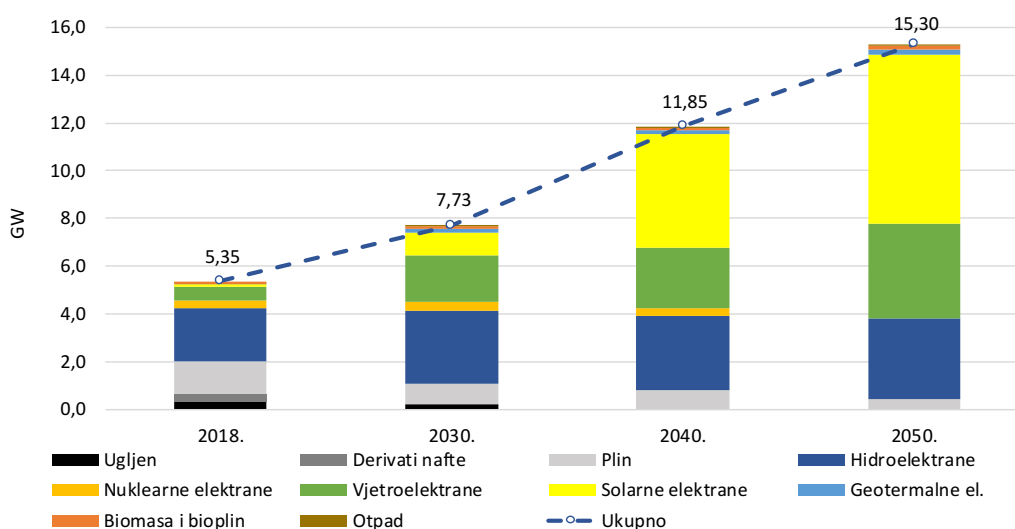
Udio poljoprivrede u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije kroz cijelo promatrano razdoblje je relativno mali i iznosi manje od 5 %. Prema podacima za 2018. godinu, udio fosilnih goriva u poljoprivredi iznosio je preko 90 %, a prema analiziranom scenariju, taj udio će se značajno smanjivati i u 2050. godini iznositi svega 10 %. Od fosilnih goriva najveća je potrošnja dizelskog goriva za pogon poljoprivrednih strojeva. Dizelsko gorivo bit će potrebno zamijeniti biogorivima (najvećim dijelom), a od 2040. godine i vodikom te električnom energijom. Očekuje se da će osim biogoriva, rasti i potrošnja električne energije, biometana i geotermalne energije (Slika 5.7.).



Slika 5.7. Projekcija neposredne potrošnje energije u poljoprivredi

5.2. Proizvodnja električne energije

Prema S_N scenariju, ukupna snaga elektrana u Republici Hrvatskoj raste s 5,35 GW u 2018. godini na 7,73 GW u 2030., odnosno na 15,3 GW u 2050. godini, što predstavlja povećanje od gotovo tri puta do kraja promatranog razdoblja. Iz ovoga proizlazi da je godišnje potrebno izgraditi prosječno 330 MW novih elektrana (Slika 5.8.).



Slika 5.8. Snaga elektrana do 2050. godine

Do 2030. godine snaga hidroelektrana dostiže 3.072 MW, a do kraja promatranog razdoblja 3.333 MW. U strukturi ukupne snage udio HE ostaje 39 % do 2030., da bi opao na 20 % u 2050. godini.

U modelu su ponuđeni kandidati za izgradnju TE isključivo oni sa sustavom izdvajanja i skladištenja CO₂, kako bi se uspostavio sustav proizvodnje električne energije s minimalnim emisijama CO₂. Pretpostavljeno je da će ranije navedene termoelektre koje su već u fazama realizacije do 2030. godine imati nadogradnju sustava za izdvajanje i skladištenje CO₂, a za potrebe zadovoljenja toplinske potrošnje u pogonu ostaju kogeneracijske TE na plin. Rad NE Krško nakon 2043. godine ovisiti će o odluci o produljenju dozvole i poslovnoj odluci suvlasnika.

Dio toplinskih potreba zadovoljava se i izgradnjom velikih dizalica topline. Ovo tehnološko rješenje se nameće u dijelovima snažnog smanjenja toplinske potrošnje uzrokovanog mjerama energetske učinkovitosti u stambenim i poslovnim zgradama, te je potreba za izgradnjom novih kogeneracija ograničena. U uvjetima smanjenih potreba za toplinom i toplinskom snagom općenito, velike dizalice topline (zračne i geotermalne) mogu ponuditi povoljnu alternativu uz relativno malu potrošnju električne energije zbog rastućeg koeficijenta učinkovitosti (COP).

Osnovni razlog značajnom povećanju snage je promjena strukture, tj. izgradnja velikog broja OIE-a s relativno niskim faktorom iskorištenja snage koji je određen prirodom primarnih izvora energije (vjetar, sunce i vodne snage). U 2030. godini je pretpostavljena instalirana snaga sunčanih elektrana od 988 MW i vjetroelektrana od 1.928 MW. Dok je u proteklom razdoblju razvoj FN projekata bio ograničen kvotama i visokim troškovima ulaganja, u budućnosti se očekuju značajno niži specifični troškovi, jednostavniji tehnički uvjeti i povoljnije komercijalno okruženje kojim će se stimulirati distribuirana proizvodnja na mjestu potrošnje. U 2050. godini je zato povećanje izgradnje sunčanih elektrana još znatnije te njihova instalirana snaga doseže do 7.104 MW, a vjetroelektrana 3.975 MW. U te elektrane spadaju i kandidati projekti na prijenosnoj mreži, ali i oni na distribuciji te sunčani paneli kod krajnjih korisnika.

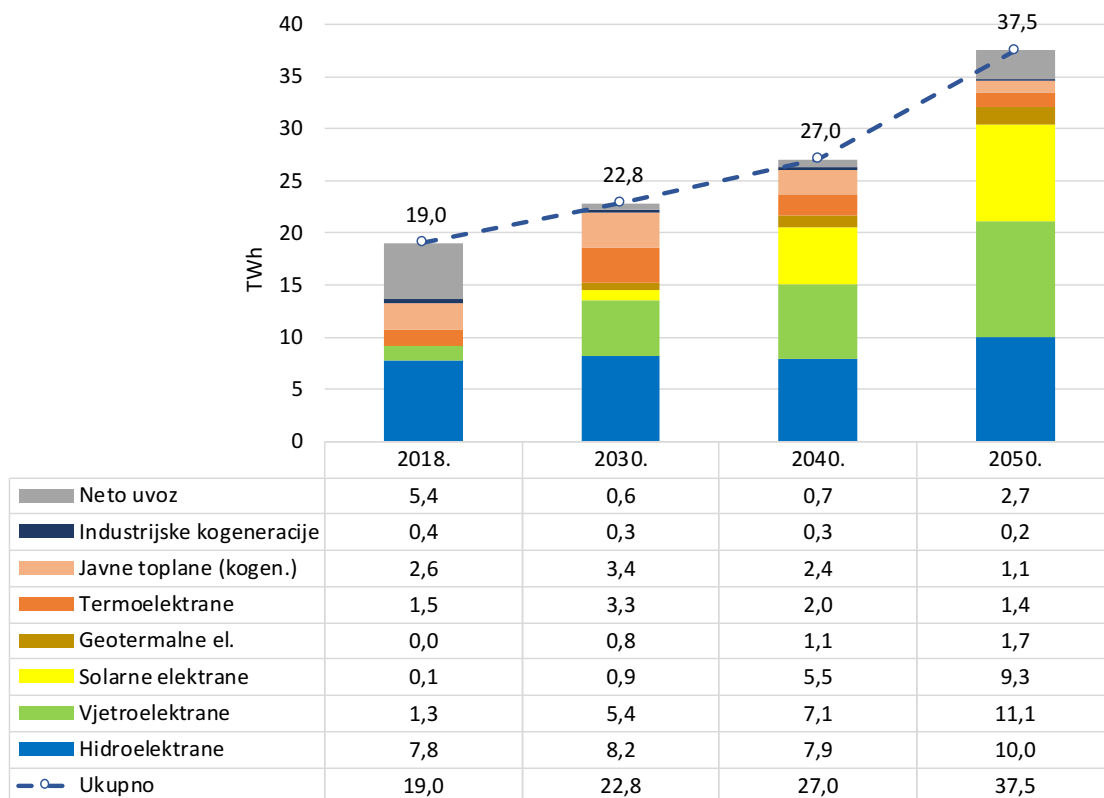
Povećana izgradnja elektrana je u skladu i s otprije predstavljenom pretpostavkom razvoja novih tehnologija za proizvodnju goriva koja bi nadomjestile one tradicionalne u prometu te u plinskom sustavu, a koja bi se proizvodila iz električne energije.

S obzirom na potencijal za geotermalnu energiju u Republici Hrvatskoj, u rezultatima je predstavljena i izgradnja geotermalnih elektrana, u kapacitetu od 158 MW do 2030. godine te 188 MW do 2050. godine.

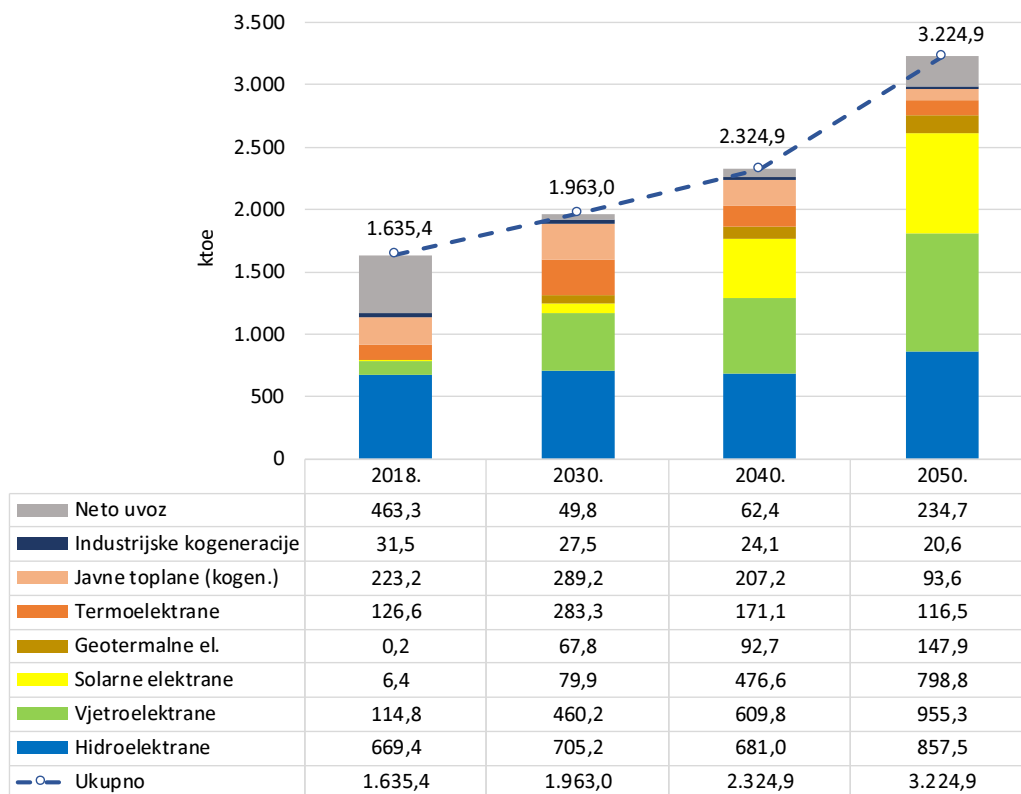
U skladu s predstavljenom strukturom proizvodnih kapaciteta, promatrano plansko razdoblje donosi promjene u smislu strukture proizvodnje električne energije kako je to prikazano slikama 5.9. i 5.10.

Do 2050. godine identificirana je potreba izgradnje 1.200 MW spremnika energije (baterija) za uravnoteženje sustava. Kapacitet spremnika energije utvrđen dugoročnim modelom uzima u obzir očekivanu razinu varijabilnosti iz VE i FN postrojenja. U povećanju fleksibilnosti sustava sudjeluju i ostale raspoložive opcije (tj. akumulacijske HE, reverzibilne HE, plinske TE, mogućnost razmjene sa susjednim sustavima, primjena informacijsko-komunikacijskih rješenja i sudjelovanje potrošnje u pružanju usluga fleksibilnosti), te spremnike treba promatrati u sprezi sa svim mogućnostima. S obzirom na to da se promatra razdoblje do 2050. godine, i da je izgradnja spremnika osobito izražena nakon 2030. godine, za očekivati je da

će detaljnije analize sustava koje su izvan opsega prikazanih analiza dati precizniji odgovor na pitanje potrebe izgradnje i lokacije spremnika energije i općenito problema vođenja sustava u uvjetima visokog udjela promjenjivih izvora OIE-a.



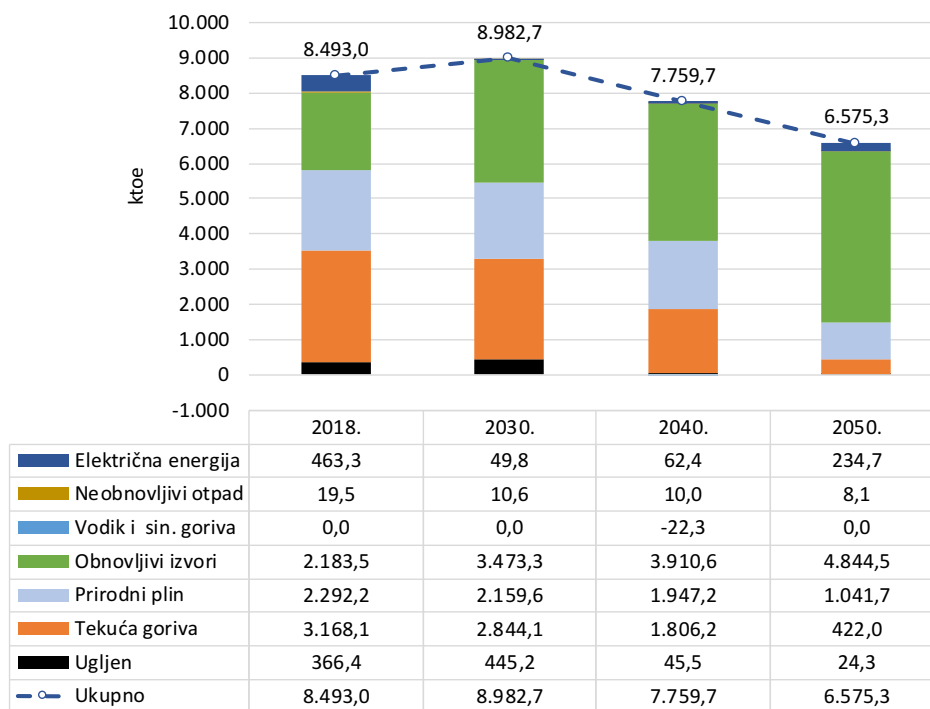
Slika 5.9. Proizvodnja električne energije (TWh)



Slika 5.10. Proizvodnja električne energije (ktoe)

5.3. Ukupna potrošnja energije

Ukupna projicirana potrošnja u 2030. godini je za 6 % veća u odnosu na razinu iz 2018., dok su u 2050. godini ukupne potrebe za energijom manje za 22 % u odnosu na potrošnju ostvarenu 2018. godine. U strukturi oblika energije, udio tekućih goriva opada s 37 % u 2018. godini na 32 % u 2030. i na svega 6 % u 2050. godini. Najveća promjena očekuje se kod OIE-a čiji udio¹⁰ raste s 26 % na početku razdoblja na 39 % u 2030. godini i na 74 % u 2050. godini.



Slika 5.11. Ukupna potrošnja energije

Obnovljivi izvori energije

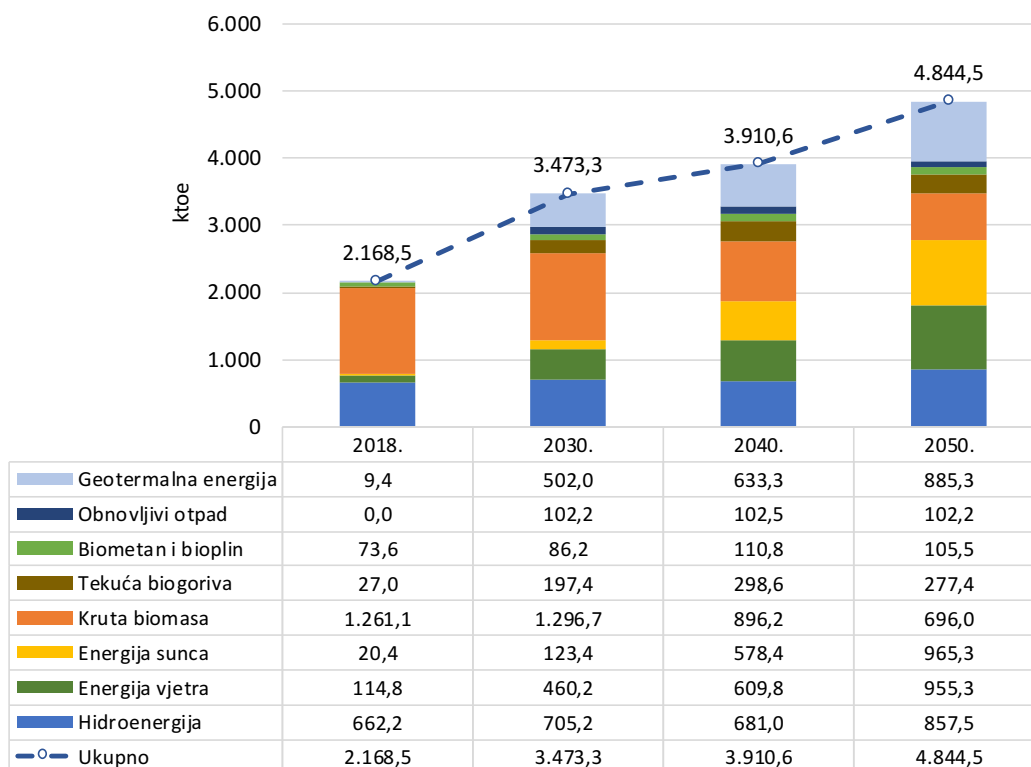
Prema S_N scenariju očekuje se snažan porast korištenja energije iz obnovljivih izvora i diversifikacija korištenih izvora energije. Do 2030. godine korištenje OIE-a se povećava za čak 59 %, a do 2050. godine za više nego dvostruko (ukupni porast za 122 %).

U 2018. godini najveći udio OIE imala je kruta biomasa s 58 %. Ovaj udio se do 2030. smanjuje na 37 %, a do 2050. godine na svega 14 %, što je u izravnoj vezi s energetsom obnovom fonda zgrada koja je u ovom scenariju u potpunosti dovršena do 2050. godine. U razdoblju do 2030. godine smanjuje se ukupna količina utrošene krute biomase za 13 % u odnosu na 2017. godinu, a do 2050. godine ukupno za 47 %.

Udio hidroenergije u potrošnji obnovljivih izvora energije smanjuje se s 30,5 % na početku razdoblja na 20,3 % u 2030. godini i na 17,7 % do 2050. godine. U apsolutnom iznosu korištenje vodnih snaga raste za 6,5 % do 2030. godine i za 29,5 % do 2050. godine.

Od ostalih OIE-a najveće promjene opažaju se u višestrukome povećanju udjela vjetra i sunca (proizvodnja električne i toplinske energije), dvostruko veće korištenje biogoriva (u prometu) i povećanje korištenja geotermalne energije.

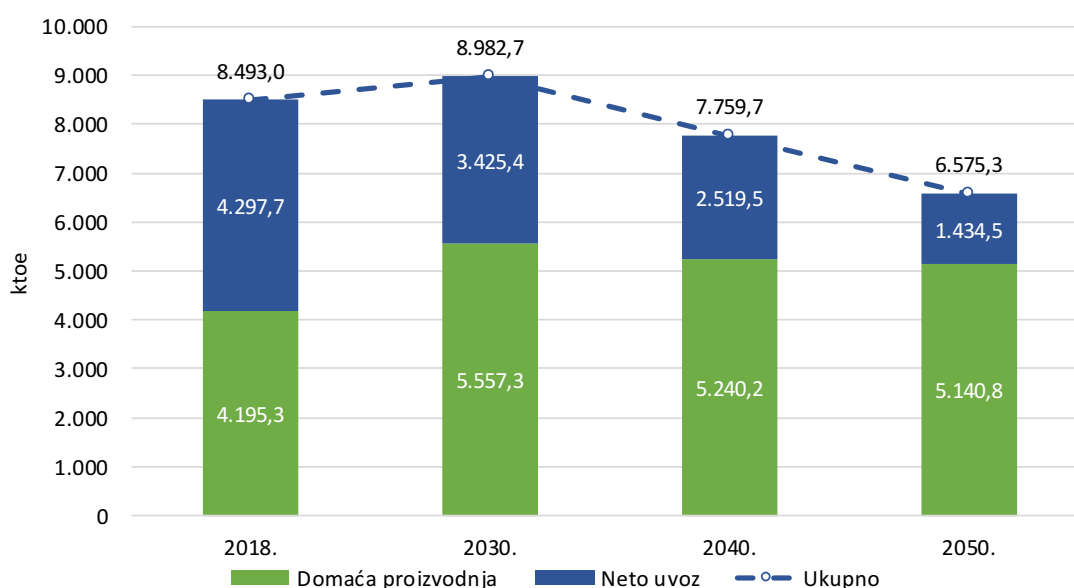
¹⁰ Ovdje je iskazan udio OIE-a u ukupnoj potrošnji energije



Slika 5.12. Obnovljivi izvori energije

5.4. Proizvodnja i uvoz energije

Prema analiziranom scenariju, udio domaće proizvodnje energije u ukupnoj potrošnji energije kontinuirano raste prema kraju razdoblja. To je prije svega posljedica smanjenja ukupnih potreba za energijom uzrokovanog primjenom snažnih mjera energetske učinkovitosti (obnova fonda zgrada) i prelaskom na druge oblike energije (npr. električna energija u prometu). Istovremeno se povećava proizvodnja iz OIE-a, i unatoč opadanju proizvodnje fosilnih goriva, vlastita opskrbljenost raste s 49,4 % u 2018. godini na 61,9 % u 2030. i na 78,2 % u 2050. godini.



Slika 5.13. Proizvodnja i uvoz energije

5.5. Razvoj prijenosne i distribucijske mreže

5.5.1. Prijenos električne energije

Prijenosnu elektroenergetsku mrežu potrebno je unutar scenarija klimatske neutralnosti dugoročno dimenzionirati na način da se postigne njena zadovoljavajuća pouzdanost u pogonu, da se izvedu priključci svih novih proizvodnih postrojenja na mrežu kao i eventualno novih korisnika mreže, te da se omoguće tržišne transakcije na širem regionalnom i europskom jedinstvenom tržištu električne energije. Sve kako bi se potaknulo nadmetanje između različitih tržišnih sudionika, a pritom ne omogući niti jednom od njih bilo kakva tržišna moć. Sustav vođenja elektroenergetskog sustava potrebno je unaprijediti i visoko automatizirati kako bi se na siguran način odvijao pogon u realnom vremenu te postigla njegova zadovoljavajuća fleksibilnost i otpornost na velike i male poremećaje koji mogu nastati, te zaštititi ga od bilo kakvih kibernetičkih prijetnji.

U svakom će trenutku biti potrebno sustav uravnotežiti (izjednačavajući trenutnu proizvodnju i potrošnju električne energije) na tržišnim osnovama, minimizirajući pri tom odstupanja razmjene energije na granicama u odnosu na planirane vrijednosti na najmanju moguću mjeru, kako bi se doprinosilo očuvanju stabilnosti frekvencije u europskom kontinentalnom prostoru. Pomoćne usluge nabavljat će se od operatora sustava na tržišnim principima, što će očekivano dovesti do dostupnosti istih u dovoljnim količinama pri čemu će njihova cijena biti određena odnosom između ponude i potražnje. Uravnoteženje će biti vrlo zahtjevan zadatak imajući u vidu promjenljivost proizvodnje obnovljivih izvora energije, poput vjetroelektrana i sunčanih elektrana, na kojima će se dominantno temeljiti proizvodni portfelj kompanija.

Kvalitetu električne energije (valni oblik, naponske granice, frekvenciju) bit će potrebno održavati na propisanoj razini, što će biti izazovan zadatak imajući u vidu očekivano velik broj uređaja u mreži koji se zasnivaju na energetskej elektronici poput pretvarača, ispravljača, istosmjernih visokonaponskih postrojenja (HVDC) te fleksibilnih AC sustava (FACTS).

Prema do sada iskazanom interesu potencijalnih investitora, većina će novih VE i SE biti smještena na području Dalmacije i Like te manjim dijelom i Kvarnera, što će zbog očekivanih ograničenja u 110 kV mreži zahtijevati njihov priključak na 400 kV mrežu preko tzv. „zonskih priključaka“, odnosno novih TS 400/110 kV opremljenih s jednim ili dva transformatora 300 MVA ili 400 MVA. To je potrebno kako bi se viškovi njihove proizvodnje u odnosu na lokalni konzum mogli prenositi prema udaljenijim područjima, odnosno području Rijeke i Istre te sjeverozapadne i istočne Hrvatske uz moguću prekogranični izvoz viškova na europsko tržište.

Predviđa se da će postojeće interkonektivne veze prema susjednim zemljama do 2030. godine zadovoljiti potrebe za prijenosom električne energije i tržišnim razmjenama energije, pri čemu će se prekogranični prijenosni kapaciteti raspoloživi za tržišne transakcije određivati temeljem tržišnih mehanizama (*flow based* alokacija prekograničnih kapaciteta uz spajanje tržišta). Od novih interkonekcija moguća je jedino izgradnja DV 400 kV Lika – Banja Luka ako obje zemlje u tome budu vidjele ekonomski i tehnički interes, a ovisno o budućoj situaciji na regionalnom tržištu električne energije.

Do 2040. godine očekuje se izgradnja ukupno 2.525 MW instalirane snage u vjetroelektranama te 4.774 MW instalirane snage u sunčanim elektranama od kojih će 3.672 MW biti priključeno na prijenosnu mrežu. Izgradnja HE će stagnirati, a instalirana snaga plinskih elektrana blago će se smanjivati. Termoelektrana na ugljen u Plominu u potpunosti će izaći iz pogona, a NE Krško će još uvijek davati polovicu svoje proizvodnje u hrvatski prijenosni sustav. Uravnoteženje će se provoditi i koristeći novoizgrađene baterije, od čije će

ukupne snage u iznosu 278 MW dio biti priključen na prijenosnu mrežu (100 MW), a ostatak na distribucijsku mrežu i neposredno kraj finalnih potrošača.

Visoka očekivana varijabilnost tokova energije u prijenosnoj mreži i visoki iznosi povremenog izvoza ili uvoza energije ukazuju na potrebu daljnjeg jačanja 400 kV mreže, posebno u dijelovima zemlje gdje se predviđa veća koncentracija vjetroelektrana i sunčanih elektrana, te na potrebu dodatne izgradnje međudržavnih vodova 400 kV prema susjednim zemljama kako bi se podržao izvozni potencijal proizvodnih postrojenja na području Republike Hrvatske u satima kada će dolaziti do izrazitih viškova proizvodnje električne energije.

S obzirom na to da se ukazuje potreba za daljnjom izgradnjom mreže 400 kV, koja će biti izuzetno promjenljivo opterećena ovisno o trenutnim prilikama u sustavu s visokom integracijom VE i SE, pojavit će se potreba za izgradnjom novih kompenzacijskih postrojenja odgovarajućih snaga koja bi preuzimala reaktivnu energiju koja nastaje pri niskim opterećenjima 400 kV vodova. Nova kompenzacijska postrojenja trebalo bi graditi istodobno pri svakoj izgradnji novog 400 kV dalekovoda kako bi se izbjegao problem dugotrajne pojave visokih napona u mreži te omogućila HOPS-u učinkovita regulacija napona, neovisno o generatorima priključenim na sustav.

Uz predviđeni nastavak revitalizacije, mrežu 110 kV trebat će na pojedinim dionicama pojačavati, prvenstveno koristeći HTLS vodiče veće prijenosne moći. Potrebe pojačanja mreže 110 kV ovisit će o porastu potrošnje na pojedinim područjima, priključku novih VE, SE, HE i baterija te eventualnom priključku novih velikih kupaca. Podmorske kabele 110 kV koji nisu predviđeni za zamjenu u razdoblju do 2030. godine trebat će dugoročno zamijeniti novima, ovisno o njihovom stvarnom stanju. Isto vrijedi i za podzemne kabele izgrađene prije 2000. godine, posebno za postojeće kabele 110 kV na području grada Zagreba.

Prilikom daljnjeg razvoja prijenosne mreže operator sustava procjenjivat će stvarne potrebe i tehno-ekonomsku opravdanost primjene modernih visokotehnoloških rješenja poput ugradnje DTR sustava (određivanje opteretivosti vodiča u realnom vremenu), HTLS vodiča na nadzemnim dalekovodima, SVC postrojenja, različitih tipova FACTS postrojenja, visokovodljivih kabela, prigušnica za ograničavanje struja kvara (FCL) i HVDC veza. Modernizacija prijenosnog sustava ultimativni je cilj kojem treba težiti, no samo ako je korist od pojedinačnih rješenja veća od njihovih troškova imajući u vidu očekivani životni vijek promatranog postrojenja/jedinice/uređaja.

5.5.2. Distribucija električne energije

ODS se treba razvijati u operatora distribucijskog sustava kojem na raspolaganju stoji mogućnost korištenja usluga fleksibilnosti proizvodnje i potrošnje (uključivo i spremnika električne energije) te nabave pomoćnih usluga od korisnika mreže priključenih na distribucijski sustav. U skoroj budućnosti nužna je prilagodba propisa koji će omogućiti korisnicima mreže sudjelovanje na tržištu električne energije (izravno ili posredstvom agregatora), a u tom je smislu u distribucijskom sustavu nužno uvođenje sustava naprednog mjerenja, intenzivna obnova, modernizacija i automatizacija mreže te unaprijeđenje informacijsko-komunikacijskih sustava. U mreži s dvosmjernim tokovima snage nužna su inovativna tehnička rješenja u nadzoru, vođenju, mjerenju i relejnoj zaštiti čime distribucijska mreža od tradicionalno pasivne postaje aktivna i napredna.

Napredne mreže i sustavi naprednog mjerenja odigrat će ključnu ulogu i u omogućavanju fleksibilnosti korisnika mreže; potencijal fleksibilnosti odziva potrošnje moguće je ostvariti

korištenjem odgovarajućih mrežnih tarifa i naprednih mjernih uređaja. Napredno mjerenje s kraćim razdobljima i obračunom potrošnje električne energije omogućava vremenski promjenjive tarife, tarifiranje snage te izravno upravljanje potrošnjom.

Postojeći tarifni modeli su za veliku većinu korisnika mreže temeljeni na volumetrijskom pristupu. Nedvojbeno je kako će u budućem razdoblju biti nužna njihova promjena u pogledu:

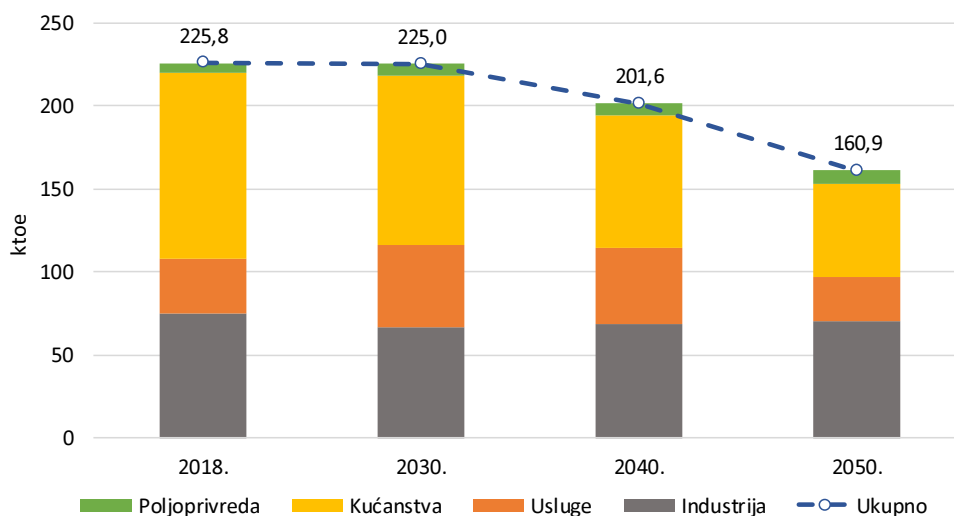
- sve većeg udjela tarifnog elementa snage u naknadi za korištenje mreže
- raspodjele troškova korištenja mreže na pojedine kategorije korisnika mreže (primjerice uvođenje naknade za korištenje mreže i za proizvođače električne energije).

Napredne mreže u Republici Hrvatskoj trebaju omogućiti: jeftiniju i veću integraciju obnovljivih izvora kupaca s vlastitom proizvodnjom, smanjenje broja prekida napajanja i troškova neisporučene električne energije, smanjenje potrebe za novim investicijama u mrežu, uvođenje električnih vozila i njihovo fleksibilno punjenje te optimalno korištenje energetskih izvora i uštedu električne energije. Sustav naprednog mjerenja središnji je sustav koji objedinjuje prikupljanje podataka i komunikaciju unutar napredne mreže. Zbog toga mnoge funkcionalnosti naprednih mreža nije moguće razviti bez njega.

5.6. Proizvodnja i potrošnja toplinske energije

Prema analiziranom S_N scenariju, udio neposredne potrošnje energije u sektoru kućanstva i u ukupnoj energiji u sektoru toplinarstva polagano se smanjuje, bez obzira na pretpostavljeno povećanje broja priključenih potrošača. Činjenica da se neposredna potrošnja toplinske energija smanjuje, dok broj priključenih potrošača blago raste (na razini cca 10.000 dodatno priključenih potrošača) proizlazi iz očekivane vrlo intenzivne obnove stambenog fonda. U sektoru kućanstva projicirano je kontinuirano smanjenje potrošnje toplinske energije s 111 ktoe u 2018. godini na 56 ktoe u 2050. godini što je posljedica obnovljenih objekata sa značajno nižim toplinskim potrebama.

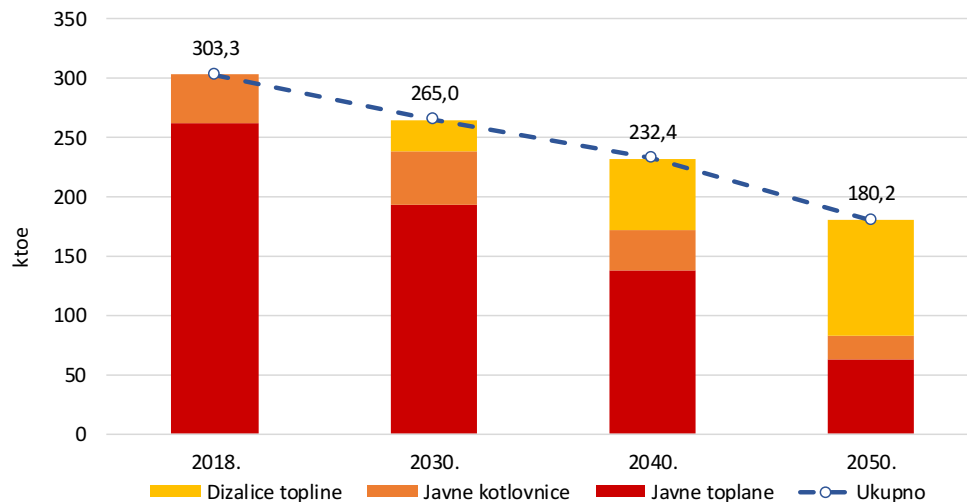
U sektoru usluga dolazi do blagog porasta potrošnje toplinske energije s 33 ktoe u 2018. godini na 49 ktoe u 2030. godini, nakon čega se predviđa postupno smanjenje potrošnje na 23 ktoe u 2050. godini što iznosi 80 % vrijednosti iz 2018. godine.



Slika 5.14. Finalna potrošnja toplinske energije prema sektorima potrošnje

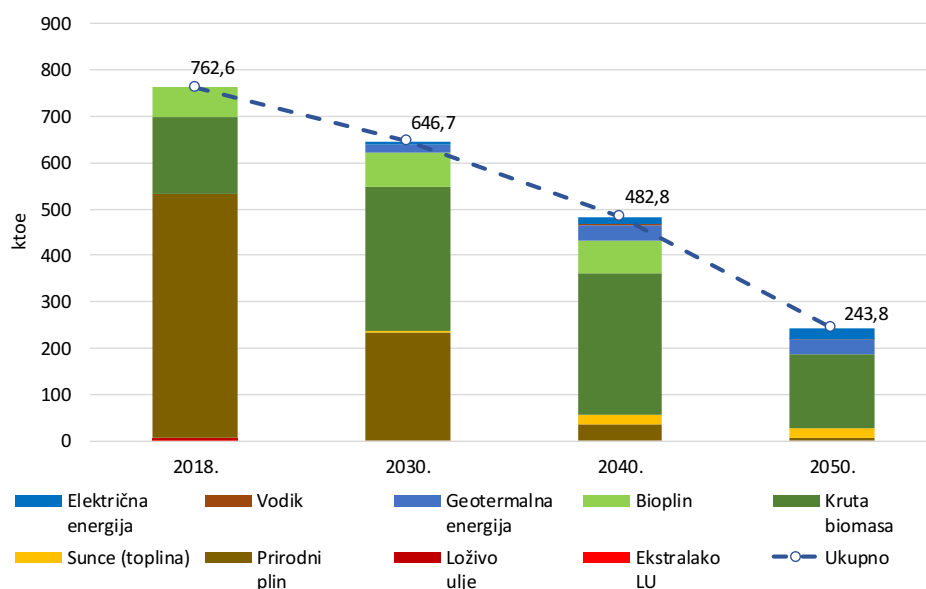
REZULTATI SCENARIJA

Najveći udio u proizvodnji toplinske energije u 2018. godini odnosio se na javne toplane (86 %), dok je udio javnih kotlovnica iznosio 14 %. Projicirani udio dizalica topline do 2050. se kontinuirano povećava te iznosi 54 %, dok se istovremeno očekuje smanjenje udjela proizvodnje toplinske energije iz javnih toplana na 35 %. Udio javnih kotlovnica bi prema analiziranom scenariju u 2050. godini iznosio oko 11 %.



Slika 5.15. Proizvodnja toplinske energije iz javnih toplana, javnih kotlovnica i dizalica topline

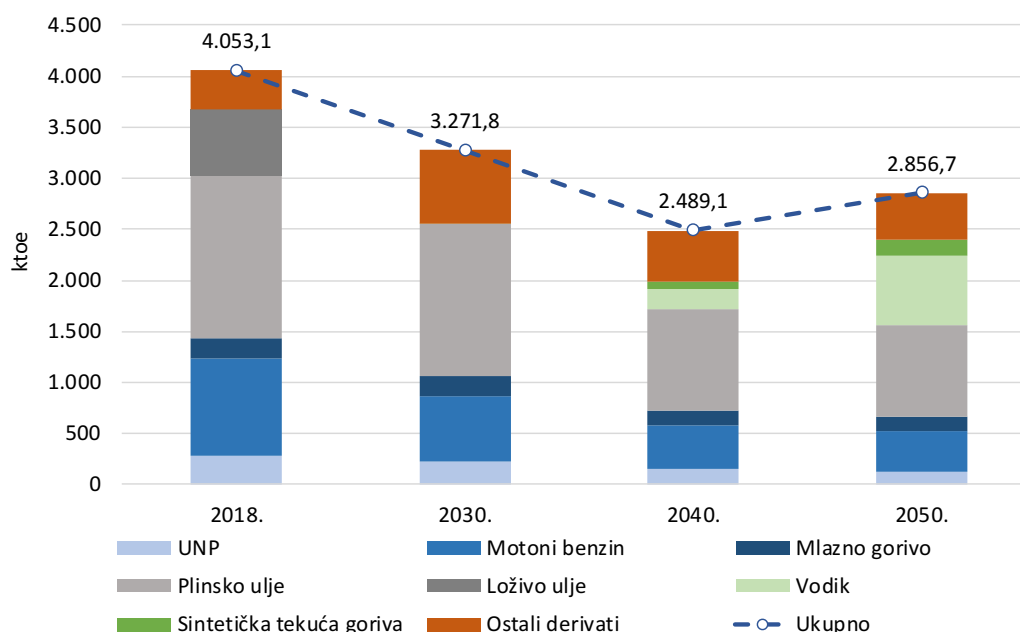
Promatramo li proizvodnju toplinske i električne energije u javnim toplinama, javnim kotlovnicama i dizalicama topline prema korištenim energentima, najzastupljeniji energent u 2018. godini bio je prirodni plin s udjelom od 69 %. Nakon njega slijede kruta biomasa, bioplin te ekstra lako loživo ulje i loživo ulje. Udio prirodnog plina će se do 2050. godine smanjivati te će iznositi svega 2 %, dok će se povećavati udio krute biomase, sunčeve energije i električne energije za dizalice topline.



Slika 5.16. Potrošnja energenata za proizvodnju toplinske i električne energije

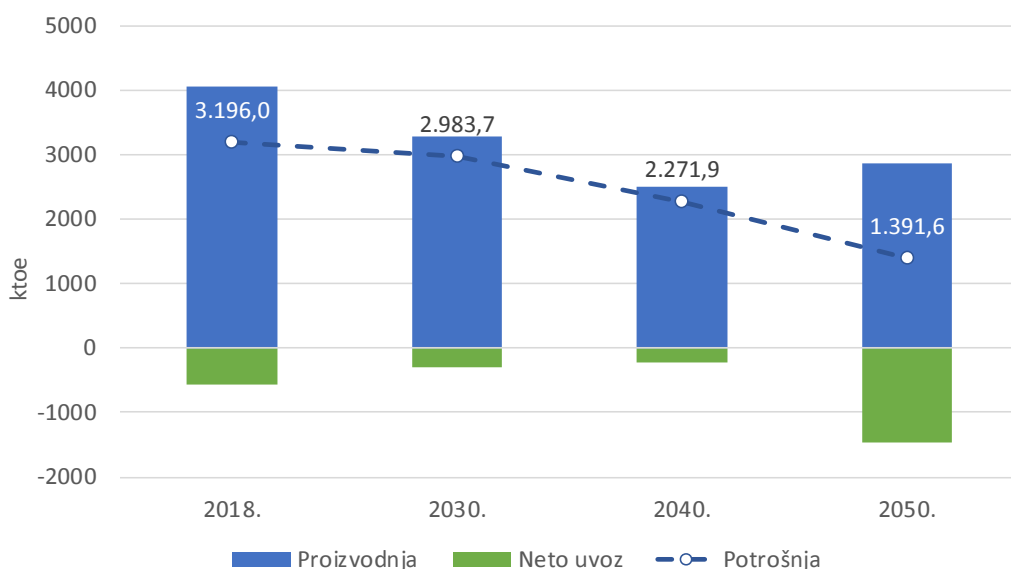
5.7. Proizvodnja naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva

Godišnja proizvodnja naftnih derivata do 2018. godine iznosila je oko 4.000 ktoe. Prema analiziranom scenariju očekuje se znatno smanjenje proizvodnje koja će u 2040. godini iznositi 2.500 ktoe, odnosno gotovo 40 % manje od proizvodnje ostvarene 2018. godine. Pad proizvodnje prati pretpostavljeno smanjenje potrošnje naftnih derivata u svim sektorima. Promatrano prema derivatima, očekuje se prestanak proizvodnje loživog ulja nakon 2025. godine te smanjenje proizvodnje motornog benzina za 55 %, ukapljenog naftnog plina za 46 % te plinskog ulja za 38 %. Navedene projekcije proizvodnje napravljene su uz uvjet investiranja u modernizaciju rafinerijskog sektora (projekt tzv. duboke prerade u Rafineriji nafte Rijeka) čime bi se povećao udio proizvodnje bijelih derivata, a time i konkurentnost rafinerija na domaćem i stranim tržištima. Završetak modernizacije predviđen je do 2025. godine. Također, s povećanjem potražnje za vodikom i sintetičkim gorivima, predviđena je i proizvodnja tih goriva u rafineriji uz korištenje CCS tehnologije. Očekuje se da se dio potreba za vodikom i sintetičkim gorivima osigura proizvodnjom u rafineriji, a dio kroz proizvodnju iz električne energije iz obnovljivih izvora energije. Proizvodnja vodika i sintetičkih goriva djelomično će nadomjestiti smanjenje proizvodnje ostalih naftnih derivata te se očekuje povećanje ukupne proizvodnje u riječkoj rafineriji u 2050. godini za oko 15 % u odnosu na 2040. godinu. Smanjenje korištenja naftnih derivata poput loživog ulja, motornog benzina i plinskog ulja (dizelsko gorivo i ekstra lako loživo ulje) imat će veliki utjecaj na rad svih subjekata unutar naftnog sektora i oni će strategije svojih poslovanja morati uskladiti sa zahtjevima koji proizlaze iz S_N scenarija.



Slika 5.17. Proizvodnja naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva

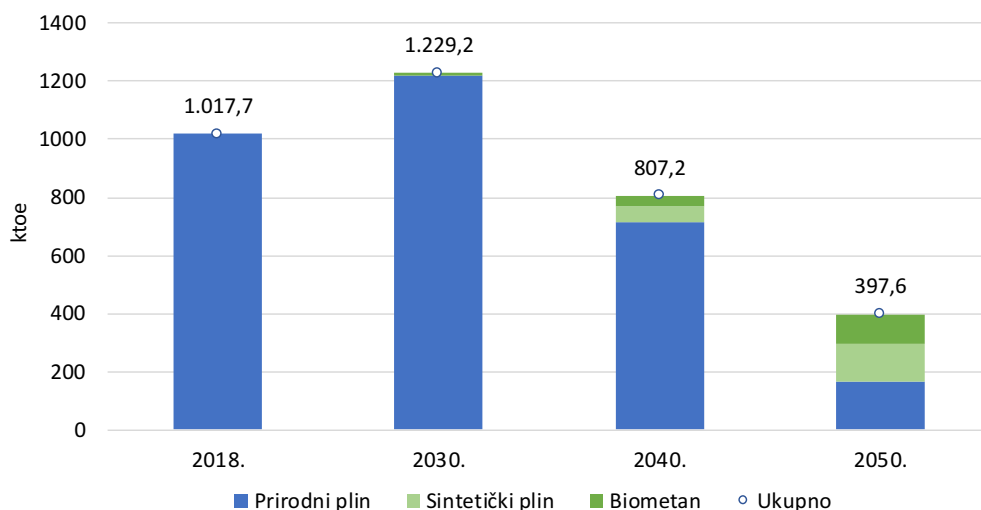
Prema projekcijama, proizvodnja naftnih derivata pratit će smanjenje potrošnje sve do 2040. godine pri čemu će se neto izvoz smanjiti i u 2040. godini iznositi 200 ktoe. Nakon 2040. godine predviđeno je povećanje neto izvoza uslijed prestanka potrošnje naftnih derivata u Hrvatskoj. Izvoz naftnih derivata u 2018. godini iznosio je 2.500 ktoe, a uvoz 1.900 ktoe. Pretpostavljeno je da će države u regiji, i to prvenstveno one koje još nisu dio Europske unije, nastojati ostvariti ciljeve vezane za klimatsku neutralnost, ali sa određenim kašnjenjem u odnosu na Hrvatsku odnosno EU. Iz tog razloga predviđen je izvoz naftnih derivata iz Rafinerije nafte Rijeka u 2050. godini u iznosu od 1.600 ktoe.



Slika 5.18. Projekcija proizvodnje, potrošnje i neto uvoza naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva

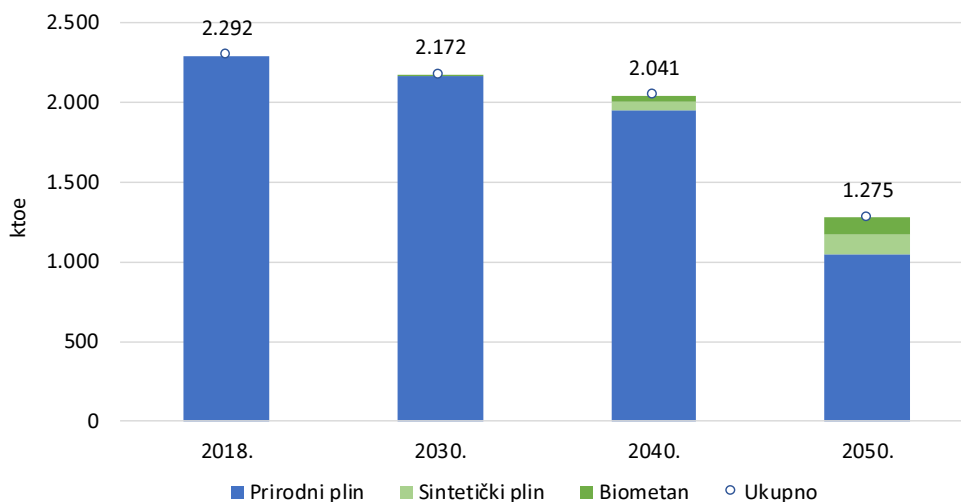
5.8. Sektor prirodnog plina

Proizvodnja prirodnog plina će rasti do 2030. godine, nakon čega se očekuje pad njezine proizvodnje, ali i porast proizvodnje biometana i sintetičkog plina. Očekuje se da će proizvodnja prirodnog plina do 2050. godine pasti na 164 ktoe, što je na razini od oko 16 % proizvodnje u 2018. godini. Istovremeno, očekuje se da će proizvodnja sintetičkog plina iznositi 130 ktoe, a proizvodnja biometana 103 ktoe.



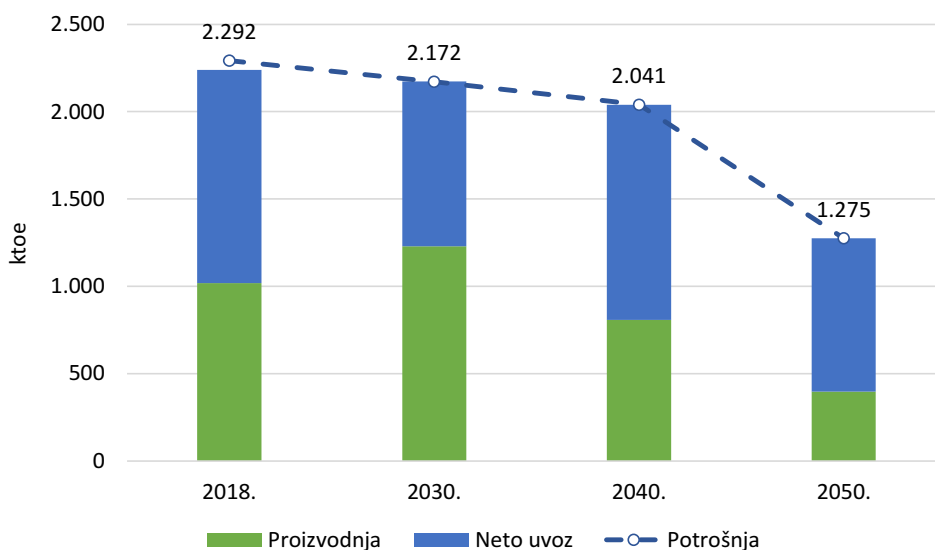
Slika 5.19. Projekcija proizvodnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana

Što se tiče potrošnje prirodnog plina, predviđeno je da će se ona u budućnosti kontinuirano smanjivati i do 2050. godine pasti na razinu od oko 45 % potrošnje u 2018. godini. Potrošnja sintetičkog plina u 2050. godini iznositi će 130 ktoe, što odgovara udjelu od 10,2 % u ukupnoj potrošnji plina, dok će potrošnja biometana iznositi 103 ktoe, što odgovara udjelu od 8,1 % ukupne prognozirane potrošnje plina u 2050. godini.



Slika 5.20. Projekcija potrošnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana

Nakon 2030. godine očekuje se smanjenje proizvodnje prirodnog plina, ali i porast proizvodnje sintetičkog plina i biometana, no ukupna proizvodnja plina nakon 2030. godine ima silazni trend. Unatoč smanjenju potrošnje, udio uvoza u ukupnoj potrošnji plina raste i u 2050. godini iznosi 68,8 % ukupne potrošnje (Slika 5.21.). Pritom treba napomenuti da se sav uvoz odnosi na uvoz prirodnog plina, dok su sav sintetički plin i bioplin lokalno proizvedeni.

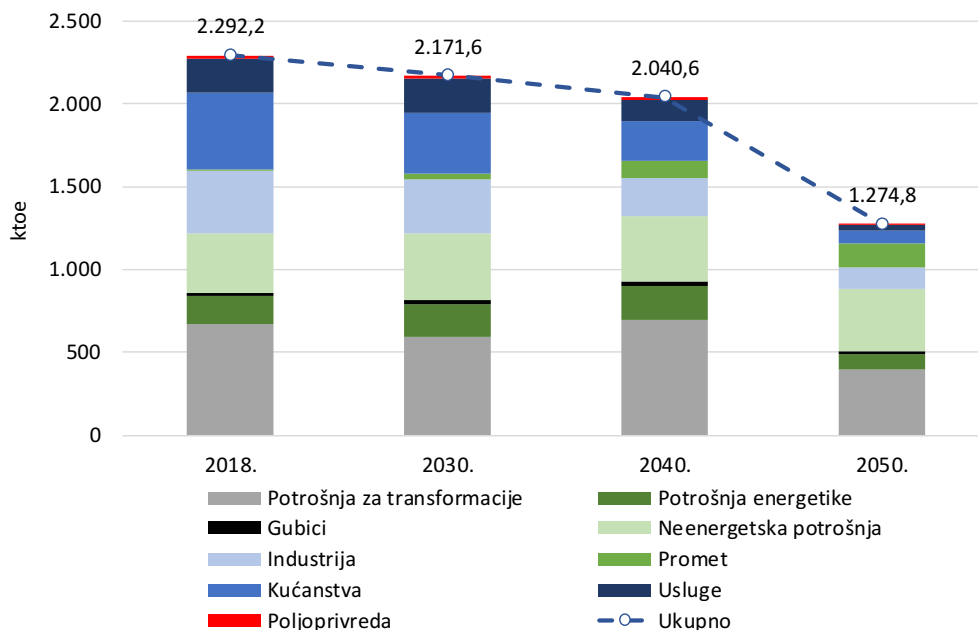


Slika 5.21. Projekcija proizvodnje, potrošnje i neto uvoza prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana

Kada govorimo o strukturi potrošnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana, najveći udio u ukupnoj potrošnji u 2050. godini odnosi se na potrošnju za transformacije i za neenergetsku potrošnju. Možemo primijetiti da su udjeli pojedinih sektora u ukupnoj potrošnji u 2050. godini podjednaki udjelima u baznoj godini. Na taj način potrošnja za transformacije ostaje na 30 %, a potrošnja energetike na 7,5 % udjela u ukupnoj potrošnji plina. S druge strane, udio neenergetske potrošnje u ukupnoj potrošnji 2050. godine gotovo je dvostruko veći nego 2018. godine. Najznačajniji porast udjela u ukupnoj potrošnji plina do 2050. godine ima potrošnja plina u prometu, čija je potrošnja u baznoj godini zanemariva, dok se značajno smanjuje potrošnja plina u industriji, a pogotovo u kućanstvima i sektoru usluga.

REZULTATI SCENARIJA

Razlog za smanjenje potrošnje u ovim sektorima je smanjenje ukupnih toplinskih potreba koje se podmiruju prirodnim plinom, što je posljedica povećanja energetske učinkovitosti kao osnovne polazne pretpostavke u analizama razmatranog scenarija.



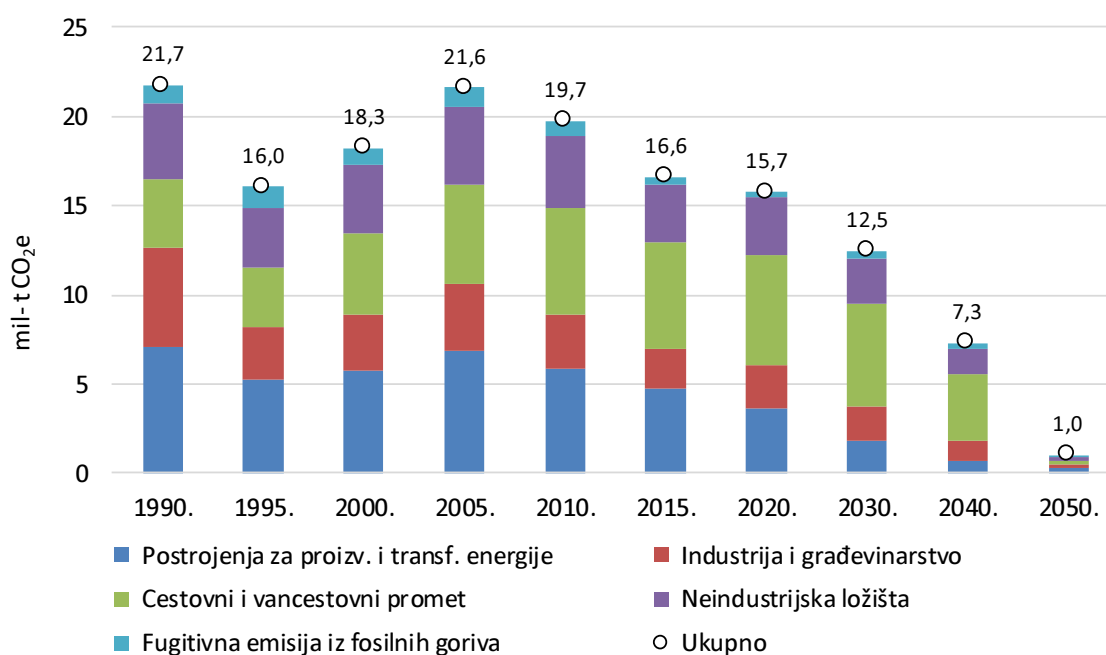
Slika 5.22. Struktura potrošnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana

6. EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

6.1. Projekcije emisija stakleničkih plinova

Analizirani S_N scenarij dimenzioniran je kako bi se postiglo smanjenje emisija stakleničkih plinova u skladu s očekivanim ciljem za 2030. te neto nulte emisije do 2050. godine. Pretpostavlja se veliki porast cijena emisijskih jedinica stakleničkih plinova do 92 EUR₂₀₁₅/t CO₂e u 2050. godini te vrlo snažne mjere povećanja energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije. Kako bi se postiglo željeno smanjenje emisije, pretpostavljena je primjena CCS tehnologije u termoelektranama, kogeneracijama, rafinerijama i industrijskim postrojenjima, postupno od 2030. do 2050. godine.

Analiziranim S_N scenarijem postiglo bi se smanjenje emisije od 42,6 % do 2030. i 95,4 % do 2050. godine (Slika 6.1.), u odnosu na 1990. godinu. Po ovom scenariju u 2030. godini dominantan izvor emisije bi bio promet (46,1 %), zatim neindustrijska ložišta (20,5 %), industrija i građevinarstvo (15,5 %), postrojenja za proizvodnju i transformaciju energije (14,2 %) te fugalivni izvori emisije (3,7 %), dok bi u 2050. godini najveći udio imala postrojenja za proizvodnju i transformaciju energije (29,2 %), zatim promet (24,8 %), neindustrijska ložišta (21,4 %), industrija i građevinarstvo (16,4 %) te fugalivni izvori emisije (8,2 %),



Slika 6.1. Projekcija emisija stakleničkih plinova

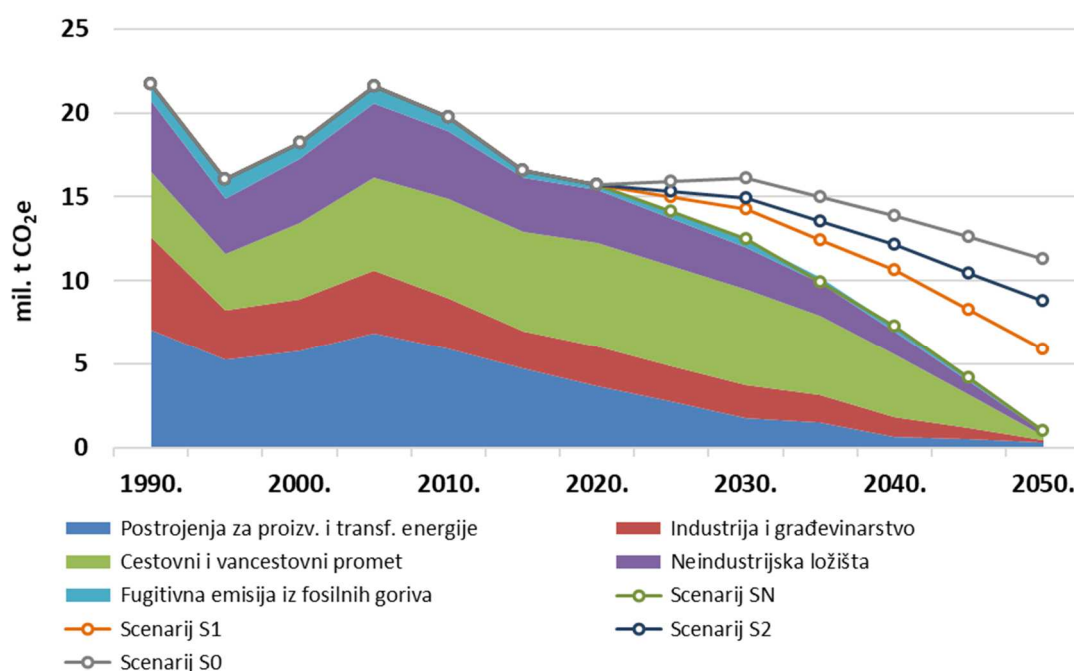
Ostvarena i očekivana smanjenja emisija stakleničkih plinova po energetske sektorima za 2017., 2030., 2040. i 2050. godinu, u odnosu na razinu emisije u 1990. godini, prikazana su u tablici 7.1. Do 2050. godine očekuje se smanjenje emisija u industriji i građevinarstvu u iznosu od 97,0 %, u postrojenjima za proizvodnju i transformaciju energije 95,8 %, u neindustrijskim ložištima 94,9 %, u prometu 93,6 % te smanjenje fugalivnih emisija od 92,0 %, u odnosu na 1990. godinu.

EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Tablica 6.1. Ostvareno i očekivano smanjenje emisije po sektorima

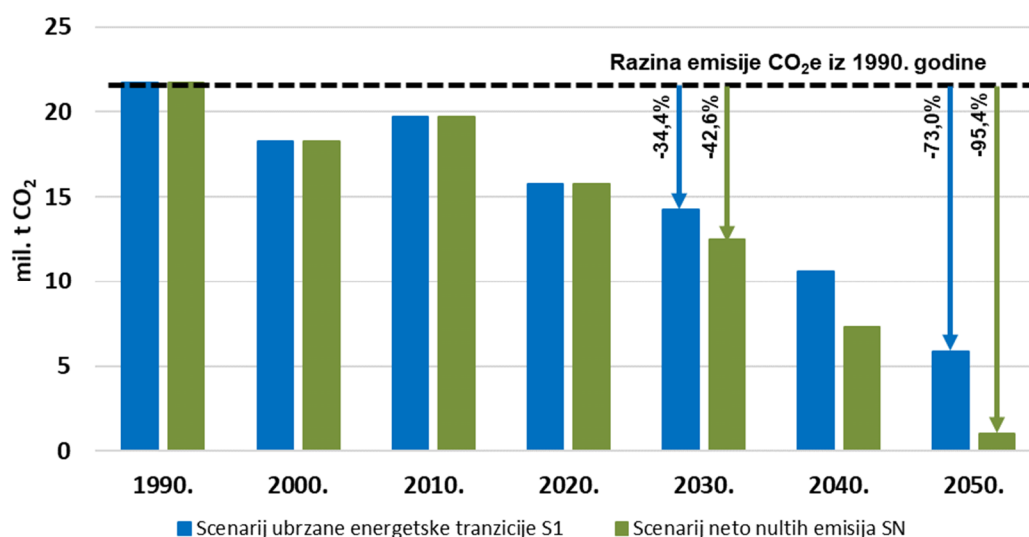
Emisije u odnosu na 1990. godinu (%)	2017.	Scenarij S _N		
		2030.	2040.	2050.
Postrojenja za proizvod. i transf. energije	-36,5	-74,9	-90,6	-95,8
Industrija i građevinarstvo	-56,3	-65,0	-79,1	-97,0
Cestovni i vancestovni promet	+71,2	+48,3	-2,6	-93,6
Neindustrijska ložišta	-21,8	-39,4	-67,2	-94,9
Fugitivne emisije iz fosilnih goriva	-51,8	-55,8	-70,8	-92,0
Ukupno	-20,2	-42,6	-66,5	-95,4

Projekcija emisija stakleničkih plinova prema S_N scenariju te usporedba s referentnim scenarijem (S₀), scenarijem ubrzanе energetske tranzicije (S₁) i scenarijem umjerene energetske tranzicije (S₂) prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 6.2. Projekcija emisija stakleničkih plinova za scenarije S_N, S₀, S₁ i S₂

Trend povijesnih emisija i očekivanog smanjenja emisija za S_N scenarij te usporedba sa S₁ scenarijem prikazana je na sljedećoj slici. S_N scenarijem postiglo bi se smanjenje emisije od 42,6 % do 2030. i 95,4 % do 2050. godine, u odnosu na razinu emisija iz 1990. godine, što je znatno više od očekivanih smanjenja emisija prema S₁ scenariju (34,4 % u 2030. i 73,0 % u 2050.).

Slika 6.3. Projekcija ukupnih emisija stakleničkih plinova za scenarije S_N i S₁

U analizi mogućnosti ispunjavanja preuzetih obveza za ETS sektor, razmatran je samo dio vezan za energetiku, odnosno izgaranje goriva u nepokretnim i pokretnim energetskim izvorima te fugitivne emisije iz goriva. Smanjenje energetskih emisija u ETS sektoru bi u 2030. iznosilo 49,9 %, u 2040. godini 71,4 %, a u 2050. godini 96,1 %, u odnosu na emisiju iz 2005. godine (Tablica 6.2.).

Tablica 6.2. Smanjenje energetskih emisija ETS sektora

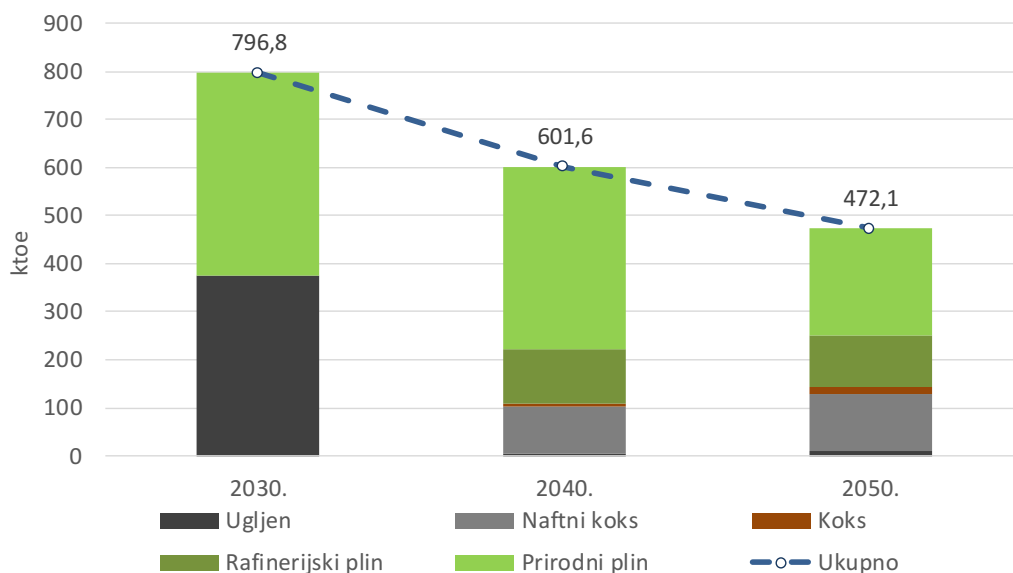
Emisije u odnosu na 2005. godinu (%)	2017.	S _N scenarij		
		2030.	2040.	2050.
Energetske emisije u ETS sektoru	-26,1	-49,9	-71,4	-96,1

Republika Hrvatska analiziranim scenarijem vrlo vjerojatno ispunjava i obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova iz sektora izvan ETS-a. Treba napomenuti da ne-ETS sektori pokrivaju i veliki dio emisija iz neenergetskih izvora pa se ne može sa sigurnošću tvrditi da bi obveze bile ispunjene bez odgovarajućih projekcija emisija stakleničkih plinova iz neenergetskih sektora.

6.2. Doprinos CCS-a smanjenju emisija stakleničkih plinova

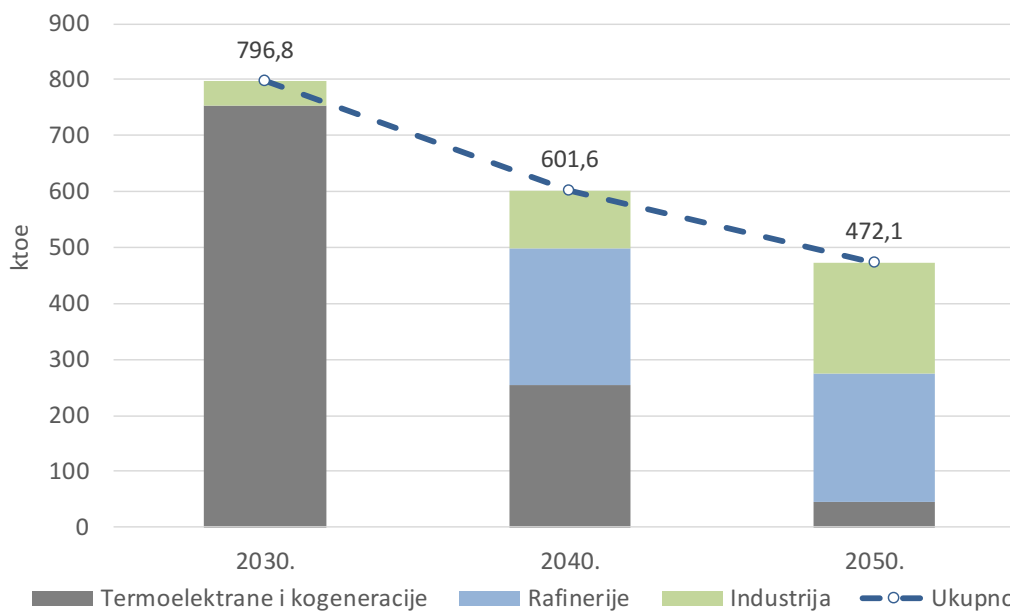
Znatan doprinos smanjenju emisije stakleničkih plinova očekuje se kroz primjenu tehnologije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂. Na slici u nastavku prikazane su vrste i količine energenata koje bi bile obuhvaćene CCS tehnologijom. S obzirom na to da je generalno pretpostavljeno smanjenje korištenja fosilnih goriva u nadolazećem razdoblju, količine energenata koje će biti obuhvaćene CCS-om će se smanjivati. U 2030. godini, očekuje se primjena CCS tehnologije na velikim termoenergetskim postrojenjima koja koriste prirodni plin i ugljen. Nakon 2030. godine doći će do postupne zamjene ugljena nekim drugim energentima te će od 2040. do 2050. godine CCS tehnologija biti dominantna na postrojenjima koja koriste prirodni plin, a zatim rafinerijski plin i naftni koks.

EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA



Slika 6.4. Količine korištenih goriva obuhvaćene CCS tehnologijom

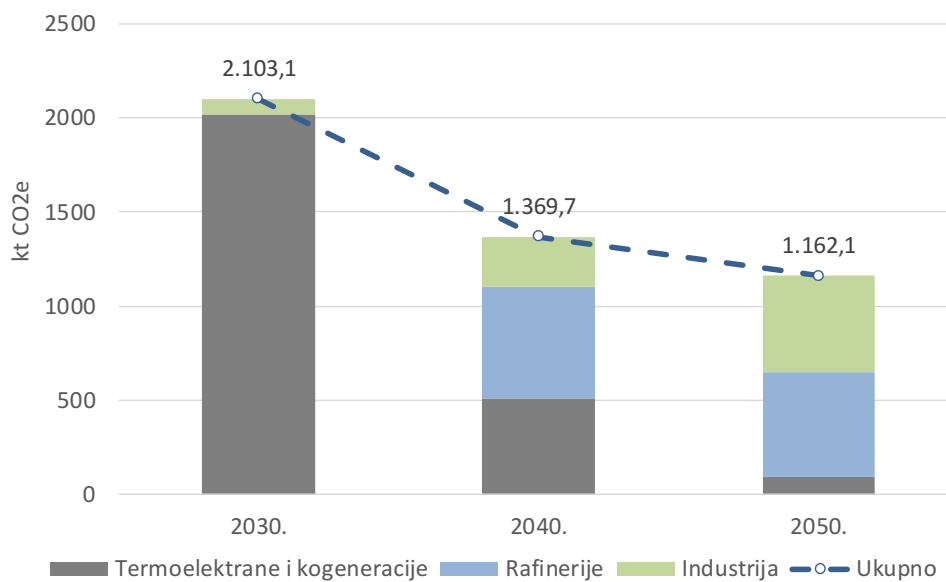
Promatrano po vrstama postrojenja, CCS tehnologija će se u 2030. godini dominantno primjenjivati u termoelekttranama i kogeneracijskim postrojenjima. Nakon 2040. godine će se udio tih postrojenja smanjivati, a primjena CCS-a će dominirati u rafineriji i sektoru industrije.



Slika 6.5. Sektori u kojima je predviđeno korištenje CCS tehnologije

Doprinos CCS tehnologije u smanjenju emisije CO₂ će u 2030. godini iznositi 2,1 milijun tona CO₂e, što iznosi gotovo 10 % od emisije ostvarene 1990. godine. U 2040. godini taj doprinos će iznositi 1,4 milijuna tona CO₂e, da bi se u 2050. smanjio na 1,2 milijuna tona (Slika 6.6.).

EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA



Slika 6.6. Doprinos CCS-a smanjenju emisija stakleničkih plinova

7. UTJECAJ NA OKOLIŠ

Proizvodnja električne energije iz OIE-a dovodi do ušteda emisija stakleničkih plinova u odnosu na korištenje fosilnih goriva. S druge strane, postoji sukob između elektrana na OIE i bioraznolikosti te drugih oblika korištenja prostora. Vjetroelektrane, sunčane elektrane i hidroelektrane nerijetko zauzimaju prostore na kojima obitavaju ugrožene vrste, a razina njihovog utjecaja još je uvijek nedovoljno istražena¹¹. Također, u određenim slučajevima novi OIE objekti natječu se s drugim namjenama za isti prostor. Stoga je na temelju dostupnih podataka o stanju okoliša i prirode potrebno sagledati osjetljivost prostora Republike Hrvatske na aktivnosti koje se mogu očekivati u okviru postizanja klimatske neutralnosti u razdoblju do 2050. godine te definirati smjernice za daljnje postupke energetske planiranja i njegove integracije s planiranjem korištenja prirodnih dobara i prostornim planiranjem.

Glavni instrumenti zaštite okoliša definirani su Zakonom o zaštiti okoliša¹² i Zakonom o zaštiti prirode¹³ te uključuju: Stratešku procjenu utjecaja na okoliš (SPUO) kojom se procjenjuju značajni utjecaji na okoliš koji mogu nastati provedbom strategije, plana ili programa, Procjenu utjecaja zahvata na okoliš (PUO) koja se provodi na projektnoj razini te Ocjenu prihvatljivosti za ekološku mrežu (OPEM) kojom se osigurava očuvanje područja ekološke mreže.

7.1. Vjetroelektrane

Utjecaji vjetroelektrana (VE) na okoliš nisu zanemarivi, a oni negativni uključuju:

- Utjecaj na bioraznolikost, prije svega ptice, šišmiše i velike zvijeri. U slučaju ptica i šišmiša može doći do kolizije s VE. Vjetroelektrane uznemiruju životinje što može dovesti do napuštanja područja, predstavlja prepreku prilikom sezonskih i dnevnih migracija te prouzrokuju gubitak i fragmentaciju pogodnih staništa.
- Zauzimanje i degradaciju prostora izgradnje VE i prateće infrastrukture.
- Utjecaj na krajobraz.
- Utjecaj emisije buke i efekt treperenja/zasjenjenja.

U slučaju izgradnje VE na moru (engl. *offshore*) dodatni utjecaji primarno su vezani uz utjecaj buke tijekom sidrenja VE. Kod morskih sisavaca, za koje je provedena većina istraživanja, buka može uzrokovati premještanje, onemogućavanje komunikacije, promjene u ponašanju pa i fizička oštećenja.

Navedeni utjecaji naročito dolaze do izražaja s povećanjem instaliranog kapaciteta vjetroelektrana. S_N scenarijem predviđen je znatan porast instaliranog kapaciteta, koji u 2030. godini iznosi 1.928 MW, a u 2050. godini 3.975 MW. S obzirom na trend rasta snage vjetroagregata (VA), ali i situaciju da će dio izgrađenih VE u 2030. biti još uvijek operativan, predviđa se da će prosječna jedinična snaga VA u 2030. iznositi 4 - 5 MW, a u 2050. godini 8 - 12 MW. Iz navedenog je vidljiva potreba za značajnim porastom broja instaliranih VA do 2030. dok će njihov broj, zbog povećanja snage i zamjene starih VA, biti relativno stabilan do 2050. godine. Međutim, povećanje dimenzija VA također dovodi do većeg zauzimanja prostora, a time i do porasta određenih utjecaja na okoliš, npr. utjecaja na krajobraz.

Određene vrste ptica, npr. grabljivice, posebno su osjetljive na rad VE. Rezultati dosadašnjih istraživanja na razini Europske unije ukazuju na znatan rizik negativnog utjecaja VE na

¹¹ Strategija i akcijski plan zaštite prirode RH za razdoblje od 2017. do 2025. godine (NN 72/17)

¹² NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18

¹³ NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19

određene vrste, od koji su na Crvenom popisu ptica Hrvatske¹⁴ štekavac (*Haliaeetus albicilla*), bjeloglavi sup (*Gyps fulvus*), zmijar (*Circaetus gallicus*) i suri orao (*Aquila chrysaetos*).

Kod razmatranja prostora za smještaj VE na kopnu nije preporučljivo zauzimati staništa dominantno klasificirana kao šumska staništa, koja predstavljaju važna staništa za šišmiše¹⁵ i velike zvijeri¹⁶ te površinske kopnene vode i močvarna staništa koja nisu pogodna za izgradnju VE iz okolišnih, ali i tehničkih razloga.

Najvažnija mjera za smanjenje potencijalnih negativnih utjecaja VE na okoliš i prirodu je integrirano planiranje po načelima zaštite okoliša što, prije svega, uključuje odgovarajuće prostorno planiranje te odgovarajući postupak odabira lokacija VE. Prilikom planiranja, potrebno je u obzir uzeti i kumulativne utjecaje u odnosu na druge antropogene aktivnosti u prostoru, s posebnim naglaskom na postojeće i planirane VE te prirodne varijacije u okolišu i kod populacija pod utjecajem.

7.2. Sunčane elektrane

Direktni utjecaji sunčanih elektrana na okoliš proizlaze iz zauzeća prostora. U slučaju korištenja fiksno postavljenih fotonaponskih modula u tehnologiji kristaliničnog silicija, zauzeće površine je 3 ha/MW.

U slučaju integriranih elektrana, koje su smještene na izgrađene objekte, mogući negativni utjecaji se primarno odnose na vizualni dio. Razina utjecaja ovisi o lokaciji, karakteristikama objekta i okolnog prostora. Razina mogućih negativnih utjecaja veća je u urbanim sredinama, posebnog povijesnog i/ili arhitektonskog značaja. U cilju što bolje integracije ovakvih sustava u urbanim cjelinama, urbanistički i prostorno-planski dokumenti često propisuju smjernice za njihov smještaj.

Neintegrirane sunčane elektrane, s druge strane, zauzimaju bitno veće površine u čemu se prvenstveno i ogleda njihov glavni utjecaj na prirodu i okoliš. Za izgradnju elektrane najčešće je potrebno ukloniti barem dio postojeće vegetacije, što može dovesti do promjene mikroklimatskih i ekoloških uvjeta i posljedično transformacije staništa nakon izgradnje. Osim što dolazi do uznemiravanja faune tijekom izgradnje, elektrane se najčešće ograđuju što može dovesti do fragmentacije i/ili smanjenja površine staništa za faunu. Uz navedeno, velike elektrane predstavljaju nove elemente u krajoliku koje okolno stanovništvo i drugi korisnici prostora mogu doživjeti kao nagrđivanje prostora.

Imajući na umu da se do 2050. godine očekuje 7.104 MW instalirane snage u sunčanim elektranama od kojih će 5.052 MW biti priključeno na prienosnu mrežu (neintegrirane elektrane), može se procijeniti da će za njihov smještaj biti potrebno osigurati 15.000 hektara zemljišta. S obzirom na znatno veći potencijal za iskorištavanje sunčeve energije u primorskoj regiji i njenom zaleđu, na ovom području se očekuje i veći pritisak na okoliš, barem u prvom razdoblju. Kako upravo ovo područje posjeduje visok stupanj biološke i krajoliku raznolikosti, a time i ranjivost prostora, posebnu pažnju treba posvetiti integriranju sunčanih elektrana kroz postupke prostornog planiranja. Kao i u slučaju vjetroelektrana, integrirano planiranje po načelima zaštite okoliša najvažnija je mjera smanjenja mogućih negativnih utjecaja, kako bi se osiguralo istodobno ispunjenje nacionalnih ciljeva za zaštitu okoliša i prirode te ciljeva ublažavanja klimatskih promjena.

¹⁴ Kralj i su., 2017.

¹⁵ UNEP/EUROBATS, 2015.

¹⁶ Kusak i sur., 2016.

7.3. Proizvodnja toplinske i električne energije iz drvene biomase

Drvena biomasa tradicionalno se koristi za grijanje stambenih prostora, a i danas čini najveći udio u finalnoj potrošnji energije za grijanje u Hrvatskoj. Osim za grijanje, drvena biomasa se koristi za proizvodnju električne i toplinske energije u kogeneracijskim postrojenjima.

Prema projekcijama neposredne potrošnje energije do 2050. godine, potrebe za grijanjem kućanstava značajno će se smanjiti, prvenstveno zbog predviđenog povećanja izolacijskih svojstava zgrada. Osim smanjenih potreba za toplinom, očekuje se da će dio kućanstava zamijeniti tradicionalne oblike (ogrjevno drvo) s modernom biomasom (peleti, briketi), a dio kućanstava prijeći na druge oblike energije za grijanje. Prema analiziranom scenariju, ukupna potrošnja krute biomase u 2030. zadržava se na 54,3 PJ, s time da se udio biomase za grijanje smanjuje s nešto manje od 50 PJ u 2018. godini, na 42 PJ u 2030. godini, a udio korišten u kogeneracijama s 4,5 PJ u 2018. godini na 12 PJ u 2030. godini. U razdoblju do 2050. očekuje se nastavak ovog trenda i smanjenje potreba za toplinom pa ukupna potrošnja biomase u 2050. godini pada na 29 PJ, od čega 15 PJ za toplinu te 14 PJ za proizvodnju električne energije. Smanjenjem potrošnje biomase za grijanje kućanstava, oslobodit će se dio postojećeg potencijala sirovine za proizvodnju električne energije i drugih vidova korištenja drvene biomase.

Utjecaji korištenja drvene biomase na okoliš primarno su vezani za iskorištavanje šumske biomase, odnosno sječu šuma i prikupljanja ostataka od sječe za dobavu ogrjevnog drveta. Naime, šume predstavljaju važna staništa za brojne vrste i održavanje bioraznolikosti, a istodobno su i jako važne za pohranjivanje ugljika u nadzemnoj i podzemnoj biomasu. Glavni nepovoljni utjecaji na okoliš do kojih može doći uslijed neodrživog gospodarenja i sječe šuma mogu se odraziti na produktivnosti šumskog tla, bioraznolikost te na zalihe ugljika.

Kada govorimo o mogućim nepovoljnim utjecajima na produktivnost tla, oni mogu uključivati narušavanje fizikalnih (zbijanje, povećani rizik od erozije), kemijskih (smanjenje organske tvari i zaliha ugljika u tlu) i bioloških značajki tla (promjena u sastavu biote u tlu radi promjene sastava supstrata i mikroklima tla). Ove promjene posljedično mogu utjecati na kvalitetu šumskog tla i na potencijal za regeneraciju šuma. Navedeni nepovoljni utjecaji proizlaze iz režima i načina sječe, što uključuje odabir stabala/ploha za sječu, vrijeme provedbe sječe i korištenu mehanizaciju. Osim navedenih, razina utjecaja ovisit će i o količini i oblicima biomase koji se izvlače iz šume.

Mogući nepovoljni utjecaji na bioraznolikost mogu se gledati na razini krajobraza, staništa i vrsta. Na razini krajobraza sječa šuma može dovesti do fragmentacije staništa i na taj način utjecati na međudnose ekosustava na nekom području i na faunu koja koristi taj prostor. Osim promjena staništa na širem prostoru, izvlačenjem drvene biomase (mrtvo drvo, drveni ostatak) koja prirodno ostaje na šumskom tlu, dolazi do promjene staništa nižih slojeva šuma i tla. Takve promjene mogu direktno utjecati na opstojnost bioraznolikosti i vrsta ovih ekosustava. Nadalje, promjena sastava drvnih vrsta u gospodarskim šumama (npr. promjena prirodnih i polu-prirodnih šuma u plantaže) može rezultirati značajnim promjenama u tom ekosustavu i dovesti do smanjenja bioraznolikosti.

Ukoliko nisu utemeljeni na principima održivog upravljanja šumama, sječa i iskorištavanje šumske biomase za energiju može rezultirati smanjenjem ukupne zalihe ugljika u šumama te umanjiti njihov potencijal za pohranu (potencijal šuma kao ponora ugljika). Naime, pretpostavka da energija proizvedena iz drvene biomase „CO₂ neutralna“, vrijedi isključivo u slučaju kada je ukupna sječa u nekom razdoblju jednaka ili manja od ukupnog povećanja drvene mase u tom razdoblju. Osim ovog načela, održivo upravljanje šumama uključuje i druge

aspekte koji se odnose na zaštitu bioraznolikosti, šumskog tla i ostalih funkcija šuma, kao što je zaštita od erozije i dr.

Kako bi se usuglasili ciljevi zaštite klime te zaštite okoliša i prirode, Direktiva 2018/2001 o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora¹⁷ definira kriterije održivosti i ušteda stakleničkih plinova. U slučaju krute biomase ovi kriteriji su primjenjivi na postrojenja za proizvodnju električne energije, grijanja i hlađenja ili goriva s ukupnom ulaznom toplinskom snagom jednakom 20 MW. Kriteriji održivosti primarno se odnose na izvore dobave biomase u pogledu korištenja zemljišta, prenamjene zemljišta i šumarstva, dok se kriteriji vezani za uštede stakleničkih plinova odnose na cijeli lanac proizvodnje energije: dobavu, prijevoz i energetske pretvorbu drvene biomase. Za postrojenja puštena u pogon od 1. siječnja 2021. do 31. prosinca 2025. propisane su minimalne uštede stakleničkih plinova od 70 %, a za postrojenja puštena u pogon nakon 1. siječnja 2026. godine čak 80 % u odnosu na komparativnu vrijednost emisija usporednog goriva.

Za ispunjenje kriterija održivosti i ušteda emisija stakleničkih plinova, uz punu implementaciju prakse održivog gospodarenja šumama koja se u Hrvatskoj provodi već niz godina, pažnju treba posvetiti odabiru lokacija za smještaj elektrana na biomasu i ostvarenju učinkovitosti energetske pretvorbe (što se posebno odnosi na iskorištavanje topline iz kogeneracijskih postrojenja).

7.4. Tekuća i plinovita biogoriva u prometu

Procijenjena finalna potrošnja biogoriva u prometu u 2030. godini iznosi 172,8 ktoe, a u 2050. godini 218,3 ktoe. Udio konvencionalnih biogoriva, proizvedenih iz poljoprivrednih kultura za proizvodnju hrane i hrane za životinje, u 2030. godini iznosi 23%, dok se do 2050. godine predviđa prestanak njihova korištenja u potpunosti.

Direktiva 2018/2001 definira kriterije održivosti za biogoriva u cilju ostvarivanja ciljeva za 2030. godinu. Uštede emisija stakleničkih plinova moraju iznositi minimalno 65% za biogoriva potrošena u sektoru prometa, a proizvedena u postrojenjima koja su stavljena u pogon nakon 2021. godine. Također, poljoprivredna sirovina za proizvodnju biogoriva ne smije biti dobivena na zemljištu koje je važno za očuvanje bioraznolikosti, odnosno na zemljištu s velikim zalihama ugljika. U slučaju korištenja otpada i ostataka s poljoprivrednog zemljišta potrebno je uspostaviti planove praćenja ili upravljanja radi rješavanja utjecaja na kvalitetu tla i ugljik u tlu. U slučaju korištenja šumske biomase potrebno je imati uspostavljen sustav upravljanja šumskim područjima koji osigurava održivu proizvodnju te dugoročno održavanje ili jačanje razina zaliha i ponora ugljika u šumi.

S obzirom na to da Direktiva 2018/2001 ograničava korištenje konvencionalnih biogoriva i definira pripadajuće kriterije održivosti, a predmetni scenarij stavlja naglasak na korištenje naprednih biogoriva u nastavku je dan pregled mogućih utjecaja naprednih biogoriva na okoliš. Predviđa se da će većinu sirovine za proizvodnju naprednih biogoriva u Republici Hrvatskoj činiti ostaci usjeva, drvene i travnate energetske kulture, stajski gnoj i biorazgradivi otpad te šumska biomasa¹⁸.

Glavni utjecaji vezani uz korištenje žetvenih ostataka odnose se na smanjenje unosa organske tvari i nutrijenata u tlo te povećanje erozije što može dovesti do smanjenja plodnosti tla.

¹⁷ Direktiva (EU) 2018/2001 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2018. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora (preinaka)

¹⁸ Utjecaji na okoliš prilikom korištenja šumske biomase opisani su u poglavlju 8.4.

Navedene utjecaje moguće je umanjiti primjenom odgovarajućih poljoprivrednih praksi, npr. korištenjem pokrovnih usjeva, stajskog gnoja, primjenom reduciranih i/ili konzervacijskih sustava obrade tla. Utjecaji vezani uz učinak istiskivanja primarno će ovisiti o novom izvoru sirovine odnosno o novoj sirovini.

Prinosi energetskih kultura značajno variraju i ovise prije svega o kvaliteti tla, klimi i poljoprivrednoj praksi¹⁹. Utjecaji će ovisiti o tipu zemljišta koje se koristi za proizvodnju sirovine, obradivo poljoprivredno zemljište odnosno nekorišteno poljoprivredno i marginalno zemljište. Na nekorištenom i marginalnom zemljištu ostvaruju se niži prinosi, stoga je potrebno osigurati veće površine za proizvodnju.

Ovisno o načinu proizvodnje energetskih kultura s jedne strane te osjetljivosti prostora na kojem se sirovina uzgaja, utjecaji mogu biti pozitivni odnosno negativni. Glavni negativni utjecaji prilikom korištenja obradivog poljoprivrednog zemljišta vezani su uz utjecaj na proizvodnju hrane, indirektnu prenamjenu zemljišta (ILUC), potencijalnu invazivnost u slučaju unosa stranih vrsta te povećanu potrošnju vode. Pozitivan utjecaj vezan je uz moguće povećanje organske tvari u tlu i povećanje bioraznolikosti na poljoprivrednim površinama. U slučaju korištenja nekorištenog odnosno marginalnog poljoprivrednog zemljišta moguć je i negativan utjecaj na bioraznolikost. Najveće pozitivne utjecaje na okoliš moguće je ostvariti korištenjem degradiranih površina za uzgoj energetskih kultura.

Predviđa se da će biorazgradivi otpad i stajski gnoj predstavljati glavnu sirovinu za proizvodnju biometana (1,8 ktoe u 2030. i 59,8 ktoe u 2050. godini). U slučaju korištenja biorazgradivog otpada, osim zamjene korištenja fosilnih goriva, ostvaruju se i druge koristi za okoliš, npr. smanjenje količina otpada koje je potrebno zbrinuti te smanjenje emisija metana (potencijal globalnog zagrijavanja (GWP) za metan iznosi 25).

Prilikom korištenja stajskog gnoja za proizvodnju biometana dolazi do istiskivanja korištenja stajskog gnoja na poljoprivrednim površinama. Međutim, digestat (tretirani ostatak procesa anaerobne digestije (AD)) je također moguće koristiti kao gnojivo.

Glavni pozitivni utjecaji na okoliš prilikom korištenja digestata vezani su uz smanjenje emisija metana iz stajskog gnoja, smanjenje pojave neugodnih mirisa te povećanje veterinarske sigurnosti gnojiva. S druge strane, digestat sadrži manje organske tvari nego stajski gnoj što potencijalno može dovesti do smanjenja organske tvari u tlu. Digestat, u odnosu na stajski gnoj, ima veći udio dušika lako dostupnog biljkama čime je moguće ostvariti bolju usklađenost korištenja gnojiva s potrebama usjeva te smanjenje korištenja umjetnih gnojiva. S druge strane, može doći do povećanja ispiranja dušika iz tla, a time i do negativnog utjecaja na vodna tijela, što će ovisiti o načinu upravljanja digestatom i poljoprivrednoj praksi.

¹⁹ Searle i Malins (2014.)

8. MJERE ZA POSTIZANJE KLIMATSKE NEUTRALNOSTI

Tranzicija energetskeg sektora mijenja odnose u cijelom lancu proizvodnje, transporta/prijenosa, distribucije i potrošnje te niti jedan poslovni subjekt, kućanstvo ili građanin neće ostati izvan njezinog obuhvata. Kako bi se postigla klimatska neutralnost, potrebno je osigurati smanjenje emisija stakleničkih plinova za više od 95 % u odnosu na 1990. godinu, a preostale emisije ne smiju nadmašiti njihove odljeve.

Mjere s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova, povećanog korištenja obnovljivih izvora energije i unaprjeđenja energetske učinkovitosti provode se već godinama, a možemo ih podijeliti na

- regulatorne mjere – mjere kojima se predviđa donošenje nekog akta značajnog za buduće emisije stakleničkih plinova (bilo neposredno – mjerama kojima se izravno utječe na emisije, bilo posredno – mjerama kojima se neizravno utječe na emisije, primjerice putem energetske učinkovitosti, korištenja obnovljivih izvora energije, regulativom na području prometa, prostornog planiranja itd)
- financijske mjere – mjere kojima se predviđa sufinanciranje, porezne olakšice ili povoljniji krediti za provedbu projekata koji bez takve potpore ne bi bile isplativi
- tehničke mjere – mjere tehničke pomoći za izradu tehničke dokumentacije projekata
- informacijske i obrazovne mjere – mjere kojima se povećanjem razine znanja i informiranosti utječe na ponašanje korisnika
- istraživačke mjere – mjere kojima se omogućava uvid u stanje i osiguravaju preduvjeti za donošenje ostalih vrsta mjera.

Sve navedene grupe mjera prisutne su u svim razmatranim scenarijima energetskeg razvoja (S1, S2 i S_N), a ono što varira je očekivani opseg njihove primjene. U ovom trenutku nije moguće razraditi mjere čija se provedba očekuje do 2050. godine, odnosno nije moguće precizirati koje će administrativne mjere biti nužne, koje će tehničke mjere biti potrebno sufinancirati i u kojem opsegu, o čemu će biti nužno informirati građane i pojedine ciljne skupine te što će biti potrebno dodatno istražiti kako bi se neka mjera mogla uspješno provesti. Važno je primijetiti kako su tehnologije predviđene u sva tri scenarija identične, s tim što je u scenariju S_N predviđeno korištenje tehnologije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂, što nije slučaj u S1 i S2.

U svim scenarijima se očekuju otprilike jednaki administrativni i financijski kapaciteti javnog sektora pa je jasno kako najvažnija razlika između pojedinih scenarija leži u opsegu angažmana privatnog sektora – kako poslovnog sektora, tako i građana. Zato se već sada može procijeniti kako će najvažnija razlika u mjerama koje dovode do manje ili više ambicioznih rezultata biti u uspješnosti provedbe administrativnih mjera (koje moraju čim prije dovesti do jednostavnih i brzih postupaka te omogućiti primjenu novih poslovnih modela) te u informacijskim i obrazovnim mjerama (koje utječu na ponašanje građana, promjenu životnog stila i prihvaćanje niskougličnih obrazaca ponašanja).

S obzirom na ograničene mogućnosti sufinanciranja provedbe mjera iz javnih sredstava, nužno je ciljeve tranzicije povezati s ekonomskim interesima dionika jer će jedino tako ona biti dugoročno održiva. Zato je važno emisije stakleničkih plinova – prvenstveno CO₂ – učiniti „manje isplativima“ i potaknuti što brže uvođenje tehnologija koje ne emitiraju CO₂, što se može brzo postići uvođenjem naknade na emisije CO₂, pri čemu je važno zaštititi tržište Europske unije od tzv. „carbon leakage“.

Zbog dugog životnog vijeka zgrada te s tim povezanim dugoročnim utjecajima investicijskih odluka u zgradarstvu, potrebno je u regulativu za izgradnju zgrada čim prije postaviti ciljeve za nove zgrade bez emisija, te utvrditi godine nakon kojih više neće biti moguće uvođenje tehnologija na fosilna goriva.

U nastavku su opisane najvažnije promjene koje se očekuju po pojedinim podsektorima. Važno je istaknuti kako svi podsektori predstavljaju važan gospodarski potencijal, a u pojedinim podsektorima Hrvatska već danas ima relevantne gospodarske mogućnosti. Također, u okviru vremenskog horizonta na koji se odnosi ova analiza moguće je razviti i unaprijediti i druge podsektore. Međutim, u tu je svrhu potrebno utvrditi prioritetne podsektore i na tim poljima sustavno poticati konkurentnost poslovnog sektora, razvoj istraživačke i inovacijske infrastrukture te suradnju znanosti i industrije.

8.1. Električna energija

Očekuje se porast udjela električne energije u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije i elektrifikacija sektora koji su se tradicionalno zasnivali na fosilnim gorivima: toplinskog i transportnog. Predviđa se kako će se glavina električne energije proizvoditi iz obnovljivih izvora energije, a glavina porasta proizvodnje električne energije zasnivat će se na varijabilnim obnovljivim izvorima: suncu i vjetru. Zbog tržišne isplativosti njihovo se korištenje neće financijski poticati, već će poticaji biti u formi pojednostavljenja administrativnih procedura potrebnih za njihovu izgradnju, ulaganja u razvoj električne mreže, pohranu energije te povezivanje energetske sustava (električni, toplinski, plinski, prometni). Također, potrebno je osigurati aktivnu ulogu kupaca energije, njihovo agregiranje i uključivanje u energetske zajednice te nesmetano sudjelovanje na energetske tržištima.

Tehnologije koje će doprinositi razvoju drugih sektora, a to su prvenstveno biomasa i geotermalna energija (značajne za sektor poljoprivrede i sektor gospodarenja otpadom), bit će potrebno poticati u okviru poljoprivredne politike i politike gospodarenja otpadom, sukladno njihovom značaju za te sektore.

Ako se zbog očuvanja energetske sigurnosti utvrdi nužnost zadržavanja dijela proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (u slučajevima izuzetno nepovoljnih meteoroloških prilika, nemogućnosti uvoza električne energije i sl.), za ta će postrojenja biti nužno osigurati uklanjanje CO₂ iz dimnih plinova i njegovo korištenje ili trajno zbrinjavanje.

Očekuje se rastuća digitalizacija elektroenergetskog sektora koja će pridonijeti njegovoj većoj fleksibilnosti te omogućiti veću integraciju varijabilnih obnovljivih izvora energije.

Kontinuirano će biti potrebno pratiti razvoj novih niskougljičnih tehnologija i po potrebi potaknuti njihovo uvođenje u hrvatski elektroenergetski sustav.

Kao osnovne izazove vezane za proizvodnju električne energije iz OIE-a možemo izdvojiti sljedeće:

- nedovoljna sposobnost prijenosnog/distribucijskog sustava za prihvat varijabilnih OIE-a
- otpor javnosti prema izgradnji novih postrojenja
- zapreke u okolišnoj regulativi/Natura
- podijeljenost na resore
- prilagodba financijskog sektora i razvoj novih modela financiranja OIE projekata (tržišni način funkcioniranja i same klimatske promjene unose nove elemente rizika koje je potrebno ukloniti)

- razvoj tržišta energije (utjecaj tržišta mora postat vidljiv na ponašanje pojedinaca u pogledu potrošnje)
- promjena načina vođenja mrežnih sustava (elektroenergetskog sustava).

Ograničenja koja se već danas javljaju prilikom planiranja razvoja prijenosne mreže, a realno je očekivati čak i njihovo intenziviranje u dugoročnom razdoblju, su sljedeća:

- Problematika pronalaska novih koridora za nadzemne vodove uzimajući u obzir potrebne prilagodbe planova prostornog uređenja, ekološka ograničenja i rješavanje imovinsko-pravnih odnosa duž trasa dalekovoda, radi čega će HOPS sve više morati koristiti postojeću infrastrukturu i trase, na primjer ugradnjom vodiča veće prijenosne moći na postojećim vodovima ili eventualno kabliranje pojedinih kraćih dionica nadzemnih dalekovoda
- Dugo vremensko razdoblje potrebno za pripremu izgradnje i samu izgradnju nadzemnih dalekovoda, radi čega će HOPS trebati za najvažnije projekte pravovremeno dovršiti sve pripreme aktivnosti kako bi što prije mogao krenuti u izgradnju kada se pokaže realna potreba za pojačanjem mreže
- Osiguravanje potrebne P/f regulacijske rezerve u sustavu koja će se koristiti radi potreba uravnoteženja proizvodnje i potrošnje električne energije u svakom trenutku, odnosno minimiziranja odstupanja prekograničnih razmjena u odnosu na unaprijed planirane razmjene u mjeri koja je propisana pravilima rada u europskoj kontinentalnoj interkonekciji, a za je predviđeno da će se u potpunosti osigurati iz akumulacijskih i reverzibilnih hidroelektrana, plinskih elektrana i baterija priključenih na prijenosni sustav
- Velik broj nesigurnih ulaznih čimbenika, vrlo utjecajnih na planiranje razvoja prijenosne mreže, prvenstveno u izgradnji, lokacijama i instaliranim snagama novih proizvodnih postrojenja te dugoročnim tržišnim prilikama u širem okruženju, koji dovode do potrebe izgradnje robusne i fleksibilne mreže, odnosno do donošenja odluka o financiranju izgradnje novih objekata u mreži i regulatornog odobrenja tih odluka, u trenutku kada još uvijek nije moguće s dovoljnom sigurnošću procijeniti tehno-ekonomsku korist pojedinačnih investicija
- Pravovremeno osiguranje dostatnih financijskih sredstava za provođenje investicijskih planova, posebno u situacijama kada veći broj novih korisnika mreže (pretežito proizvođača) dovodi do potrebe za sistemskim pojačanjem mreže koja se smatraju stvaranjem tehničkih uvjeta u mreži za priključak svih tih korisnika, te u situacijama kada iz različitih razloga postoje određena regulatorna ograničenja u određivanju naknada za prijenos električne energije (regulatorno odobrenje za financiranje investicija iz mrežarine potrebno je pravovremeno dobiti za sve investicije koje pokazuju tehno-ekonomsku opravdanost izgradnje uz nizak stupanj ili učinkovitu kontrolu rizika koji nastaje zbog budućih nesigurnosti).

Ostali tehnički izazovi koji su povezani s visokom integracijom obnovljivih izvora električne energije, baterija i ostalih postrojenja koja koriste za priključak na mrežu pretvarače i ostale uređaje energetske elektronike, a koji će se rješavati na europskoj razini, su sljedeći:

- smanjenje inercije sustava radi izlaska iz pogona većih proizvodnih sinkronih generatora te s tim povezane očekivane veće fluktuacije frekvencije i veće brzine promjene frekvencije;
- problem koordinacije i podešenja zaštita pri visokoj integraciji OIE s niskim doprinosom strujama kratkih spojeva;

- problem kvalitete električne energije imajući u vidu priključak na prijenosnu i distribucijsku mrežu velikog broja postrojenja preko pretvarača (VE, SE, baterije, HVDC i dr.) koji potenciraju problem održavanja propisane kvalitete napona.

Potrebno je naglasiti da će u budućnosti priključak svih novih korisnika mreže, kao i HVDC postrojenja, morati biti izveden u skladu s odgovarajućom EU regulativom, a svi novi i postojeći korisnici mreže, koji će revitalizirati svoja postrojenja, morat će zadovoljiti jedinstvene europske zahtjeve u pogledu karakteristika i tehničkih mogućnosti njihovih postrojenja, priključenih na prijenosnu ili distribucijsku mrežu.

Osim financijskih sredstava potrebnih za pokrivanje troškova izgradnje prijenosne mreže dugoročno će biti potrebno osigurati i financijska sredstva za uravnoteženje sustava (nabavu dijela pomoćnih usluga sustava). Osim navedenih troškova uravnoteženja mogu se očekivati i povećani troškovi otklanjanja zagušenja u mreži kroz redispečing proizvodnih postrojenja i ostale raspoložive mjere.

Budući da je razvoj prijenosne mreže u razmatranom scenariju prvenstveno određen potpunom promjenom proizvodnog miksa, a u najvećem dijelu će se financirati kroz naknadu za prijenos električne energije koju prema postojećem zakonodavnom okviru plaćaju samo korisnici mreže, bit će potrebno razmotriti nove mogućnosti njenog financiranja eventualno uvođenjem i proizvodne komponente u naknadu za prijenos.

U području distribucije električne energije možemo izdvojiti slijedeće izazove:

- ubrzati uvođenje novih tehnologija
- unaprijediti koordinaciju između operatora distribucijske i prijenosne mreže
- razviti tržište pomoćnih usluga.
- Potrebno je potaknuti krajnje kupce za preuzimanje aktivne uloge u EES-u.

8.2. Daljinsko grijanje i hlađenje

Dekarbonizacija sektora daljinskog grijanja i hlađenja može se odvijati na različite načine i treba biti kombinacija primijenjenih mjera u zgradama, distribucijskim mrežama i energetskim izvorima, omogućujući sinergije kroz lanac vrijednosti. Fokusirajući se jedino na energetski sustav u cjelini bit će moguće povećati energetsku učinkovitost i korištenje obnovljivih izvora energije u sektoru daljinskog grijanja i hlađenja, što će osigurati i veću sigurnost opskrbe energijom. Najveći izazov je upravo u dugoročnom postizanju višestrukih učinaka (obnovi zgrada, poboljšanju energetske učinkovitosti svih dijelova sustava, digitalizaciji i sl.), međusektorskoj suradnji i zajedničkom nastojanju minimaliziranja učinka na okoliš.

Postojeći sustavi daljinskog grijanja u velikoj su potrebi za rekonstrukcijom i obnovom odnosno prilagodbom novim izazovima, a značajne mjere odnose se na osiguranje zakonodavne, financijske i institucionalne potpore njihovom opstanku:

- rekonstrukcija i obnova toplinskih mreža te sustava za upravljanje i vođenje
- veće uključivanje OIE, visokoučinkovitih kogeneracija, velikih toplinskih pumpi u proizvodnju toplinske energije
- unaprjeđenje postojećih toplinskih sustava druge generacije na sustave treće i četvrte generacije

- provođenje institucionalnih mjera nužnih za povećanje učinkovitosti sustava, povećanje poticajnog poslovnog okruženja i konkurentnosti postojećih sustava kao i daljnje otvaranje tržišta
- planiranje (moguće zoniranje) razvoja toplinskih sustava u gradovima te bolja suradnja svih sudionika od jedinica lokalne samouprave do prostornog planiranja
- osiguravanje financijskih sredstava za prilagodbu novim uvjetima na tržištu.

8.3. Zgradarstvo

Dugoročno je potrebno osigurati potpunu ugljičnu neutralnost fonda zgrada. To znači da zgrade moraju biti energetske neutralne (s minimalnim energetske potrebama i vlastitom proizvodnjom energije), a četvrti i gradovi energetske pozitivni (s proizvodnjom energije ukupno većom od vlastitih potreba). Ugljičnu neutralnost potrebno je ostvariti u čitavom životnom ciklusu zgrade te izbjeći emisije stakleničkih plinova prilikom proizvodnje građevinskog materijala, izgradnje zgrade i njezinog uklanjanja.

Predlaže se izrada akcijskog plana koji zadaje broj energetske neutralnih odnosno pozitivnih gradskih četvrti, naselja ili čitavih gradova do 2030., 2040. i 2050. godine. Politiku unaprjeđenja energetske karakteristika fonda zgrada potrebno je uskladiti sa strategijama demografske razvoja, prostorne razvoja te razvoja poduzetništva i industrijske proizvodnje, odnosno koristiti ju i u svrhu zadržavanja stanovništva u područjima iz kojih se ono iseljava te općenito u ruralnim područjima.

Održavanje visoke stope gradnje uz prihvatljive troškove kritično je za sektor zgradarstva, a može se postići pažljivim moduliranjem potražnje za energetske obnovom kroz sustav poticaja i subvencija te izbjegavanjem skokovitih promjena u potražnji za zgradama.

Kao osnovne izazove u ostvarenju ciljeva S_N scenarija u sektoru zgradarstva, možemo izdvojiti sljedeće:

- nedostatna razina svijesti o energetske učinkovitosti/potrebi smanjenja emisija
- nesređeni suvlasnički odnosi na zgradama (posebno višestambenim) i nezadovoljavajući odnos prema zajedničkim dijelovima zgrada
- nedostatni financijski instrumenti
- nedostatna međusektorska suradnja
- nestabilan regulatorni okvir
- nedostatak radne snage.

8.4. Promet

Iako je emisije potrebno smanjiti u svim sektorima, u sektoru prometa potrebni su dodatni naponi u odnosu na prijašnje projekcije (scenarij s postojećim mjerama i scenarij ubrzane energetske tranzicije) nego u ostalim sektorima.

Prema sadašnjim saznanjima, u budućnosti se očekuje dominacija električnih vozila u cestovnom prometu osobnim vozilima, dok se u teretnom cestovnom prometu očekuje kombinacija korištenja tehnologije zasnovane na vodik i gorivnim ćelijama, električnih vozila, biogoriva i sintetičkih goriva. Očekuje se porast udjela željezničkog prometa i njegova potpuna elektrifikacija te porast udjela brodskog prometa (riječnog i pomorskog). Korištenje vodika u željezničkom i brodskom prometu nije kvantificirano u okviru ove studije. S obzirom da postoji

potencijal za primjenu vodika i u tim vrstama prometa, detaljne analize i u tom segmentu će svakako biti potrebne. U pogledu pogonskih energenata očekuje se kombinacija korištenja električne energije, biogoriva, vodika te sintetičkih goriva.

U sektoru prometa možemo izdvojiti slijedeće izazove:

- Optimiziranje prometnog sustava i povećanje učinkovitosti
- Povećanje upotrebe alternativne energije s niskom razinom emisije
- Poticanje potražnje za vozilima bez emisija
- Poticanje istraživanja i inovacija
- Aktivno sudjelovanje lokalne zajednice

Načine prometovanja bit će potrebno usmjeriti prema niskougljičnom javnom prijevozu i boljem korištenju (okupiranosti) pojedinačnih cestovnih vozila te više poticati korištenje bicikla i pješaćenje.

Potrebno je usvojiti regulatornu mjeru zabrane uvoza, kupovine i korištenja vozila na fosilna goriva, definirati grupe obveznika te razraditi rokove za pojedine grupe obveznika.

Treba donijeti financijske i fiskalne mjere koje potiču daljnje smanjenje emisija stakleničkih plinova iz prometa. Financijskim je mjerama potrebno poticati izgradnju potrebne infrastrukture (intermodalna prometna čvorišta, punionice, korištenje obnovljivih izvora energije uz punionice itd.).

Prometni sektor s niskom razinom emisije ključna je sastavnica preobrazbe u gospodarstvo bez neto emisija stakleničkih plinova. Republika Hrvatska bi svojim inicijativama trebala stvoriti povoljne uvjete i osigurati snažan poticaj za mobilnost koja se temelji na alternativnim izvorima energije, omogućuje učinkovit prometni sustav, otvara mogućnost za inovacije i stvaranje novih radnih mjesta te omogućuje smanjenje ovisnosti o naftnim derivatima. Funkcioniranje prometnog sustava bitno će se promijeniti prvenstveno zahvaljujući novim tehnologijama, poslovnim modelima i obrascima kretanja. Sustav se može uspješno preobraziti isključivo uz pomoć održivih mjera koje provode svi sudionici radi savladavanja sljedećih izazova:

- Optimiziranje prometnog sustava i povećanje učinkovitosti

U prometnom je sektoru potrebno poticati razvoj i uvođenje usklađenih inteligentnih sustava. Uz primjenu digitalnih tehnologija promet će postati učinkovitiji, sigurniji i inkluzivniji. Integracijom novih tehnologija u postojeći sustav omogućit će se neprekidna mobilnost od vrata do vrata, učinkovita logistika i usluge s dodanom vrijednošću.

Potrebno je uspostaviti pravedne i učinkovite cijene prijevoza koje će u potpunosti odražavati načelo „onečišćivač plaća“. U tom pogledu očekuje se revizija postojećeg sustava oporezivanja motornih goriva.

Potrebno je snažno potaknuti multimodalni prijevoz, čime će se značajno povećati učinkovitost prometnog sustava. Prioritetno je uspostaviti određene mjere potrebne za bolje upravljanje i povećanje kapaciteta željezničkog i vodnog prijevoza.

- Povećanje upotrebe alternativne energije s niskom razinom emisije

Kako bi se postigla masovna prihvaćenost i uvođenje vozila s pogonom na alternativne izvore energije, infrastruktura za punjenje i održavanje mora postati lako i široko dostupna. Za velik dio alternativnih goriva/izvora energija potrebna je posebna infrastruktura koja nije dovoljno rasprostranjena u okviru trenutnog sustava opskrbe. Pri tome je potrebno voditi računa da se alternativna infrastruktura u što većoj mjeri poveže sa već postojećim benzinskim

postajama, posebice kada je riječ o glavnim cestovnim koridorima kroz Republiku Hrvatsku. Republika Hrvatska trebala bi revidirati postojeće političke okvire i postaviti jasne smjernice i mjere za postizanje ciljeva u pogledu uspostave odgovarajućih mjesta za punjenje.

Potrebno je revidirati sustav postojećeg zakonodavstva koji se odnosi na obveze dobavljača goriva za osiguranjem određenog udjela alternativne energije, poput naprednih i sintetičkih biogoriva, kako bi se osigurao snažan poticaj za inovacije u području energenata potrebnih za dugoročnu dekarbonizaciju.

Potrebno je osigurati interoperabilnost i normizaciju u području elektromobilnosti te omogućiti pružanje informacija o punjenju u stvarnom vremenu. Predmetne aktivnosti ključne su za potpunu integraciju elektromobilnosti u elektroenergetski sustav i uspostavu dvosmjerne komunikacije između vozila i operatora distribucijskog sustava.

- Poticanje potražnje za vozilima bez emisija

Vozila s niskom razinom emisije i bez emisija moraju biti dostupna na tržištu i zauzimati znatni udio već do 2030. godine. Kako bi se to ostvarilo bit će potrebni poticaji na strani ponude i na strani potražnje u obliku mjera na razini Europske unije i Republike Hrvatske te na lokalnoj i regionalnoj razini.

Potencijal uvođenja tehnologija s niskim emisijama razlikuje se ovisno o kategoriji vozila. Za neke kategorije, poput gradskih autobusa, rano uvođenje takvih tehnologija čini se realnim te bi u tom smislu trebalo razmotriti definiranje konkretnih ciljeva. Javna nabava moćan je instrument za stvaranje tržišta za inovativne proizvode i treba je iskoristiti za potporu prihvaćanja takvih vozila.

- Poticanje istraživanja i inovacija

Važno je utvrditi jasne prioritete i maksimalno povećati sinergije između prometnih i energetske sustava, među ostalim razvojem rješenja za pohranjivanje energije.

Istraživačke aktivnosti trebale bi se usredotočiti na napredna biogoriva i sintetička goriva, koja su relevantna za dekarbonizaciju postojećeg cestovnog voznog parka i za sektore koji bi barem djelomično mogli ostati ovisni o tekućim gorivima, poput zračnog prometa.

Potrebno je stvoriti regulatorne okvire za poticanje razvoja i tržišnog prihvaćanja digitalnih tehnologija te postaviti standarde za osiguranje interoperabilnosti, te omogućiti razmjenu podataka istovremeno uzimajući u obzir zaštitu podataka i pitanja kibernetičke sigurnosti.

- Aktivno sudjelovanje lokalne zajednice

Postizanje definiranih ciljeva uvelike će ovisiti o gradovima i lokalnim tijelima. Potreban je sveobuhvatni pristup planiranju održive gradske mobilnosti, integriranjem prostornog planiranja i razmatranjem potražnje za mobilnošću, kako bi se u gradovima smanjila zagađenja i onečišćenja.

8.5. Sektor nafte i plina

Primarne djelatnosti unutar sektora nafte i plina poput istraživanja ugljikovodika, prerade nafte, transporta i distribucije naftnih derivata i plina, u scenariju dekarbonizacije energetske sektora suočit će se prije svega sa znatnim smanjenjem potražnje za fosilnim energentima. Osim smanjenja potražnje na lokalnom i regionalnim tržištima, zahtijevat će se znatno reduciranje emisije stakleničkih plinova u bilo kojem dijelu proizvodnje i korištenja energenata.

Nije moguć trenutni prelazak na niskougljično gospodarstvo već je to proces u kojem će sektori nafte i plina imati važnu ulogu. Prije svega, to se odnosi na početno razdoblje tranzicije u kojem će postojati potreba za fosilnim energentima. U takvim uvjetima bit će potrebno osigurati neophodnu opskrbu fosilnim energentima, ali istodobno stvoriti preduvjete da kompanije u naftnom i plinskom sektoru prošire svoje djelatnosti u skladu sa zahtjevima niskougljičnog gospodarstva.

Kada je u pitanju plinska infrastruktura, dekarbonizacija i manje transportirane količine plina u plinskom sektoru dovest će do većih mrežnih tarifa što će imati negativan utjecaj na konkurentnost plina kao goriva, no s druge strane postojeća plinska infrastruktura može se koristiti za transport i skladištenje biometana i plina dobivenog iz električne energije, što će barem djelomično ublažiti ovakav negativan utjecaj.

Prednost korištenja biometana je u tome što je kompatibilan s postojećom plinskom infrastrukturom, no projekcije pokazuju da su količine biometana koji se može proizvesti relativno skromne i nedovoljne za održavanje postojećih kapaciteta plinske mreže. Osim toga, postavlja se i pitanje kompatibilnosti plinskog sustava s obzirom na „smjer“ opskrbe jer je plinska infrastruktura izgrađena uvažavajući svojstva i izvore fosilnog prirodnog plina, dok će upotreba biometana zahtijevati prilagodbu iz centralizirano usmjerene mreže na mrežu koja se napaja odozdo prema gore. Naime, ruralni centri kao izvori opskrbe biometana ne moraju se nužno nalaziti u blizini potražnje.

Kod iskorištavanja postojeće plinske infrastrukture za utiskivanje vodika i miješanje s plinom, postoje ograničenja s obzirom na udio vodika u plinskoj mreži. Utiskivanje vodika u plinsku mrežu trenutno je ograničeno uslijed regulatornih zapreka vezanih za kemijski sastav plina, no istraživanja pokazuju da se miješanje vodika u koncentracijama do 10 %, pa čak i do 20 % vodika, može bez problema izvršiti bez većih infrastrukturnih poboljšanja. Međutim, kompatibilnost postojećih kućanskih uređaja za kuhanje i grijanje sa sastavom plina koji sadrži 20 % vodika treba detaljnije istražiti.

S druge strane, prenamjena postojeće plinske infrastrukture za transport 100 % vodika zahtijeva velike promjene i same plinske infrastrukture i opreme sa strane potrošača.

Osnovni izazovi pred naftnim i plinskim sektorom, koji su vezani za prijelaz iz postojećeg sustava koji je većim dijelom baziran na fosilnoj energiji, u sustav koji se gotovo u potpunosti zasniva na obnovljivim izvorima energije su sljedeći:

- razvoj i primjena novih tehnologija za proizvodnju alternativnih izvora energije poput biogoriva, vodika i sintetičkih goriva
- prilagodba velikim promjenama u strukturi potrošnje energije i proizvođača i potrošača
- prilagodba infrastrukture i trošila na zamjenu alternativnim gorivima poput biogoriva, vodika i sintetičkih goriva
- otpor prema donošenju odluke o zabrani priključenja novih potrošača na plinsku mrežu
- razvoj, istraživanje i primjena tehnologija za geološko skladištenje CO₂
- dopuna zakonodavnog okvira vezanog za geološko skladištenje CO₂
- osposobljavanje/obrazovanje ljudi za nova zanimanja
- uska suradnja različitih sektora (npr. sektor poljoprivrede i proizvođači biogoriva).

8.6. Industrija

Industrijski sektor predstavlja važan izvor emisija stakleničkih plinova i uslijed potrošnje energije iz fosilnih goriva, koja doprinosi emisijama i uslijed industrijskih procesa u kojima, u

nekim slučajevima, nužno dolazi do emisija stakleničkih plinova. Ako se pokaže da emisije iz pojedinih industrijskih procesa ne omogućavaju postizanje neto ugljične neutralnosti, odnosno da ukupne emisije premašuju ukupne ponore stakleničkih plinova, takva će industrijska postrojenja trebati opremiti uređajima za uklanjanje CO₂ te osigurati njegovo korištenje ili trajno zbrinjavanje.

Potrebno je osmisliti strategiju industrijskog razvoja koja omogućava rast industrijske proizvodnje, odnosno rast dodane vrijednosti u industriji, a istovremeno i ugljičnu neutralnost. Pritom su ključne analize različitih industrijskih skupina, raznovrsnih tehnoloških procesa i korištenih energenata. Nužno je pratiti globalni tehnološki razvoj kod naprednih industrija, uzimajući u obzir tehničku i komercijalnu zrelost te primjenjivost rješenja za prijelaz na niskougljičnu proizvodnju. Nadalje, jako je važno osigurati sudjelovanje hrvatske industrije u energetske tranziciji uz osiguravanje konkurentnosti i izvozne sposobnosti na zahtjevna tržišta. U tu je svrhu potrebno izraditi dugoročnu strategiju pametne specijalizacije koja će osigurati povezivanje poslovnog sektora i istraživačke zajednice te omogućiti njegovo punopravno sudjelovanje na globalnom tržištu. Niskougljična tranzicija Republike Hrvatske mora se zasnivati na značajnom dijelu domaće komponente proizvoda čime će niskougljična tranzicija doprinijeti lokalnom rastu, razvoju i zapošljavanju te pridonositi bruto domaćem proizvodu.

Mjere za postizanje gotovo nultih emisija u industriji mogu se klasificirati na sljedeće kategorije:

- povećanje energetske učinkovitosti
- korištenje alternativnih goriva
- korištenje alternativnih tehnoloških metode u procesima
- izdvajanje i skladištenje CO₂ (CCS).

Prepreke provedbi takvih mjera su sljedeće:

- *Povećanje energetske učinkovitosti* znači manju potrošnju energenata i posljedično manje emisije. U principu, uspješne industrije provode te mjere same po sebi do razine ekonomske isplativosti odnosno pozitivnog učinka na poslovanje, u daljnjem koraku i radi izbjegavanja nameta na emisije. Daljnja ulaganja, iznad te razine znače investiranje koje nije u potpunosti poslovno opravdano pa je tvrtke potrebno dodatno stimulirati.
- *Korištenje alternativnih goriva* doprinosi smanjenju emisija, ali zbog više ulazne cijene, teže dobavljalivosti i organizacijske složenosti nije lako provedivo.
- *Korištenje alternativnih tehnoloških metoda u procesima* zahtijeva složenije zahvate u tehnološke procese i znanja koja u principu nedostaju pa tvrtke nisu sklone tome.

8.7. Izdvajanje i geološko skladištenje CO₂

Tehnologije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂ imat će važnu ulogu u postizanju klimatske neutralnosti posebno zato što je komplementarna s postojećim postupcima za smanjivanje ispuštanja stakleničkih plinova, kao što su povećanje udjela obnovljivih izvora i povećanje energetske učinkovitosti u svim sektorima potrošnje. Na razvoj sustava za izdvajanje i geološko skladištenje ugljičnog dioksida danas se gleda kao na prijelazno rješenje koje bi u predstojeća 3 - 4 desetljeća trebalo omogućiti nastavak korištenja fosilnih goriva s određenim udjelom u ukupnoj proizvodnji električne energije i industriji uz istovremeno

postupno smanjenje emisije stakleničkih plinova, dok se ne postignu tehnološki i organizacijski uvjeti za prelazak na niskouglično gospodarstvo.

Izazovi implementacije izdvajanja i geološkog skladištenja CO₂ su višestruki:

- Nedovoljno definiran i precizan zakonodavni okvir, dugotrajnost provođenja postupaka izdvajanja dozvola.
- Prostorni planovi: lokacije postrojenja za utiskivanje CO₂ u geološke strukture u prostornim planovima još nisu predviđene.
- Potreba za dodatnim istraživanjima radi definiranja točnih lokacija pogodnih za utiskivanje CO₂ u geološke strukture: iako već postoje regionalni podaci o građi podzemlja koji su prikupljeni u proteklih 70 godina, te je moguće procijeniti da postoji i značajni potencijal za izgradnju podzemnih skladišta ugljika u kontinentalnom dijelu Hrvatske i sjevernom dijelu Jadranskog podmorja, za definiranje točnih lokacija najpogodnijih za skladištenje potrebna su dodatna istraživanja.
- Ulaganja u postrojenja za izdvajanje i hvatanje CO₂: velika ulaganja termoenergetskih kompanija i industrija u postrojenja za izdvajanje i hvatanje CO₂, ovo rješenje je neophodno jer će u protivnom uskoro imati neprihvatljivo visoke troškove proizvodnje.
- Nedostatak transportne mreže: za prijevoz izdvojenih količina CO₂ potrebna je izgradnja cjevovoda kojima bi se on transportirao od postrojenja za izdvajanje do mjesta utiskivanja. U Hrvatskoj se polovina emisija iz velikih stacionarnih izvora nalazi u njenom priobalju, a većina pouzdanog kapaciteta za uskladištenje CO₂ predviđa se u kopnenom dijelu.
- Cijena: izdvajanje, prijevoz i utiskivanje CO₂ u podzemlje iziskuje povećanje cijene proizvoda, rada te industrije zbog znatnih novih kapitalnih i operativnih troškova. Također zbog različitih duljina transporta i uvjeta u podzemlju projekcije troškova uskladištenja CO₂ značajno variraju.
- Otpor javnosti: u kopnenom dijelu Hrvatske ljudi su navikli živjeti uz naftno-rudarska postrojenja i radove pa je nužno ne narušiti prihvaćanje podzemnih radova u javnosti, dobro pripremljenim projektima poštujući najviše sigurnosne standarde. Usprkos tome, edukacija javnosti te uska suradnja s lokalnim strukturama vlasti nužne su u provedbi ovakvih projekta.
- Seizmičnost: projekti utiskivanja CO₂ u podzemna skladišta katkad mogu izazvati manje seizmičke događaje kao rezultat aktivacije mikrofraktura ili rasjeda radi povećanja hidrostatskog tlaka u ležištu/skladištu, koji mogu uzbuniti javnost.
- Curenje CO₂ iz podzemnog skladišta: iako je rizik od izlaženja CO₂ iz podzemnog skladišta mali, potrebno je zaštititi atmosferu, vode i okolno stanovništvo pomnom razradom podzemnog skladišta i sustavnim monitoringom.
- Monitoring: osim ekoloških koristi, utiskivanje CO₂ u podzemlje nosi i određene potencijalne rizike vezane uz migraciju utisnutoga CO₂ prema podzemnim vodama i površini, stoga mogućnost izvođenja takvih projekata ovisi o mogućnosti smanjenja spomenutih rizika na prihvatljivu razinu. U tu svrhu provodi se detaljna procjena i analiza rizika, na temelju koje se potom i izrađuje plan praćenja stanja okoliša (monitoring). Dobro osmišljeni i provedeni program i plan monitoringa osiguravaju

važne podatke o integritetu podzemnoga skladišta i izvedbi cjelokupnoga skladišnog kompleksa.

8.8. Proizvodnja vodika i sintetičkih goriva iz OIE-a

Postizanje ciljeva koji su definirani analiziranim scenarijem obuhvaća široko korištenje vodika i sintetičkih goriva proizvedenih iz obnovljivih izvora energije. Iz današnje perspektive, očigledno je da bi tehnološki napredak u pogledu proizvodnje predmetnih energenata s vremenom mogao dovesti do ekonomski opravdane proizvodnje velikih razmjera. Osnovna prednost sintetičkih goriva je značajna kompatibilnost s infrastrukturom postojećeg energetskeg sustava. Njihova upotreba neće zahtijevati značajne promjene u pogledu skladištenja i transporta te trenutačnih rutina u neposrednoj potrošnji. S druge strane, relativno niska energetska učinkovitost proizvodnog procesa zahtijevat će količinski značajnije izvore električne energije. Osim njihove izvjesne upotrebe u sektoru prometa, goriva proizvedena iz OIE-a posjeduju potencijal i za grijanje, dugoročno skladištenje električne energije te za proizvodnju ulaznih materijala. Ključni izazovi koji predstoje komercijalnom razvoju predmetnih tehnologija su sljedeći:

- Viškovi energije iz OIE-a neće biti dovoljni kako bi se zadovoljile potrebe za energijom proizvodnog procesa

Kako bi procesi proizvodnje sintetičkih goriva iz OIE-a bili ekonomski učinkoviti, potrebno je osigurati visoku razinu godišnjih radnih sati postrojenja. Za održivu proizvodnju nužno je osigurati kontinuiranu opskrbu cjenovno povoljnom električnom energijom, što može biti izazovno s obzirom na intermitentni karakter opskrbe iz OIE-a. Visoki konverzijski gubici osnovni su razlog činjenici da će cijena električne energije definirati varijabilne troškove proizvodnje.

- Potrebne su znatne investicije u proizvodne lance

Trenutna tehnološka faza je na demonstracijskoj razini. Za postizanje komercijalne razine širokih razmjera, potrebna su značajna ulaganja u nove vrijednosne lance koji obuhvaćaju elektrolizatore, hvatanje ugljikovog dioksida te postrojenja za konverziju u sintetička goriva.

U pogledu korištenja vodika, potrebna su i značajna ulaganja i u infrastrukturu za distribuciju, i u uređaje/sredstva za primjenu.

- Promjene zakonodavnog okvira

Donositelji političkih odluka u Republici Hrvatskoj trebali bi definirati odgovarajući zakonodavni okvir kako bi se omogućili održivi poslovni modeli. Shodno tome privatni sektor trebao bi prepoznati investicijski potencijal te ulagati u predmetne tehnologije.

- Poticanje sinergije s postojećim industrijskim postrojenjima koja emitiraju CO₂

Energetski intenzivne industrije poput čeličana, cementara, rafinerija i sl. i u budućnosti će nastaviti emitirati značajne količine CO₂. Industrijski klasteri koji povezuju industrijska postrojenja koja emitiraju značajne količine CO₂ i tehnološka postrojenja za proizvodnju sintetičkih goriva rezultirali bi istovremeno poboljšanjem ekonomske učinkovitosti postrojenja za proizvodnju sintetičkih goriva i djelomičnom dekarbonizacijom industrijskog sektora.

8.9. Međusektorske mjere

Kako bi niskogljivična tranzicija bila uspješna, ona mora zahvatiti sve sektore društva a zbog svojeg međusektorskog utjecaja važno ju je integrirati u sve relevantne razvojne strategije, a to su, prije svega, strategija energetskeg razvoja, razvoja prometa, poljoprivrede, šumarstva i gospodarenja otpadom. Također, postizanje nultih emisija stakleničkih plinova mora postati glavna odrednica i strategije gospodarskog razvoja, prostornog razvoja i demografskog razvoja.

Pri tome će biti nužno osigurati sustavno obrazovanje o uzrocima i razlozima tranzicije, kao i kontinuirano informiranje građana o svim njenim elementima. Potrebno je osigurati trajnu izgradnju kapaciteta svih sektora, od učenika i studenata preko medija i poduzetnika do predstavnika lokalne i nacionalne vlasti, jer je tranziciju moguće provesti samo kroz partnerstvo svih sudionika, uvažavajući i očuvanje okoliša.

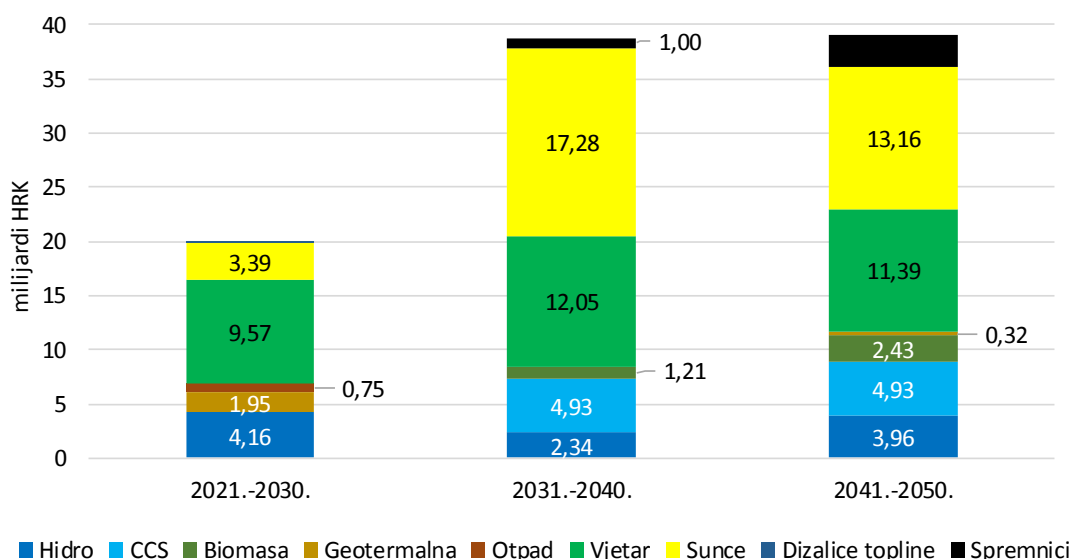
Također, neophodno će biti trajno i sustavno praćenje ostvarenih ciljeva i provođenje analiza kako bi se, u slučaju odstupanja od zadanih ciljeva, pravovremeno mogle vršiti korekcije.

9. PROCJENA ULAGANJA PO SEKTORIMA

U ovom poglavlju prikazana je procjena potrebnih ulaganja do 2050. godine za analizirani scenarij klimatske neutralnosti te dana usporedba sa scenarijima S1 i S2. Procijenjena ulaganja za scenarije S1 i S2 prikazana u ovoj studiji korigirana su u odnosu na procjene prikazane u Strategiji energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. Značajno veće razlike odnose se na procjene ulaganja u zgradarstvu, a vezane su za nova saznanja i informacije prikupljene u razdoblju nakon izrade strategije. Osim izmjene osnovnih pretpostavki poput jedinične cijene obnove stambenog i nestambenog fonda, djelomično je izmijenjena metodaologija procjene ulaganja kako bi se dobili što je moguće realniji podaci o potrebnim ulaganjima za svaki od analiziranih scenarija.

9.1. Procjena ulaganja u proizvodnju električne energije

Procjena ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenariju klimatske neutralnosti prikazana je na slici 9.1. Ulaganja su podijeljena u desetogodišnja razdoblja.



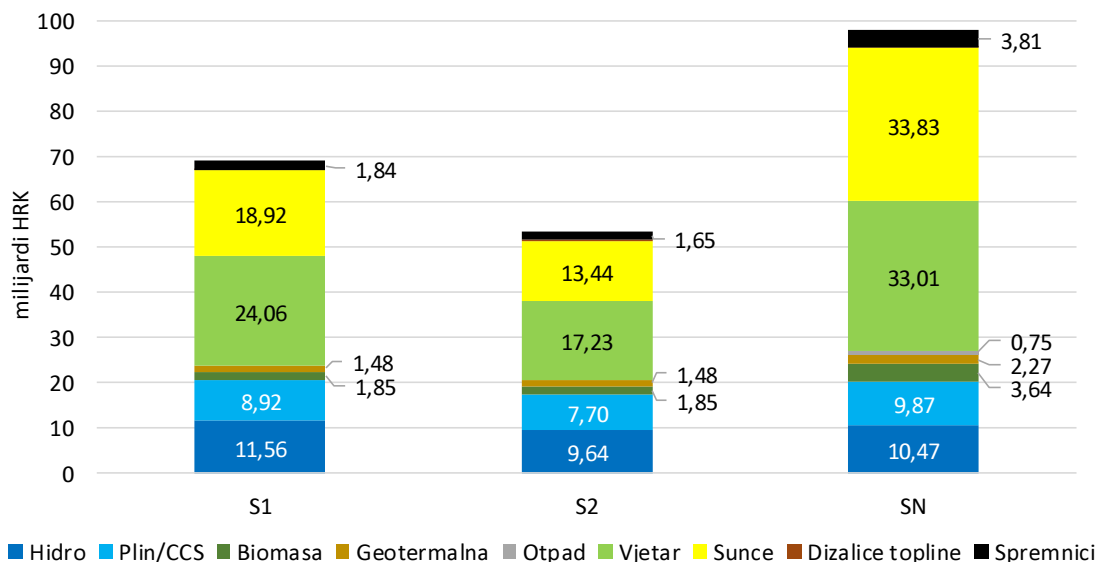
Slika 9.1. Procjena ulaganja u proizvodnju električne energije

Ukupna ulaganja u postrojenja za proizvodnju električne energije iznose 97,75 milijardi kuna. Najveći dio tih ulaganja odnosi se na solarne i vjetroelektrane, od čega ulaganja u solarne elektrane čine 35 % ukupnih ulaganja, a u vjetroelektrane oko 34 % ukupnih ulaganja. Osim tih ulaganja, potrebno je uložiti i u izgradnju postrojenja za izdvajanje i spremanje CO₂ kod plinskih postrojenja, te u hidroelektrane, geotermalne elektrane, elektrane na biomasu i otpad te dizalice topline. U ukupna ulaganja uključena su i ulaganja u spremnike energije. Intenzitet ulaganja raste s prolaskom vremena te je znatno viši u zadnja dva promatrana desetogodišnja razdoblja.

Tablica 9.1. Usporedba ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima

	S1	S2	S _N	S _N -S1	S _N -S2	(S _N -S1)/S1	(S _N -S2)/S2
	bilijardi HRK			bilijardi HRK		%	%
2021.-2030.	19,12	16,32	19,93	0,81	3,61	4%	22%
2031.-2040.	21,67	17,52	38,81	17,14	21,29	79%	122%
2041.-2050.	28,07	19,34	39,00	10,93	19,66	39%	102%
Ukupno	68,86	53,18	97,75	28,88	44,56	42%	84%

Procijenjena potrebna ulaganja u proizvodnju električne energije u razdoblju do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 68,86 milijardi kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 23% te iznose 53,18 milijardi kuna. Procijenjena ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenariju S_N iznose 97,75 milijardi kuna što je 42% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 84% više u odnosu na scenarij S2.



Slika 9.2. Usporedba procijenjenih ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima

9.2. Procjena ulaganja u prijenosnu elektroenergetsku mrežu

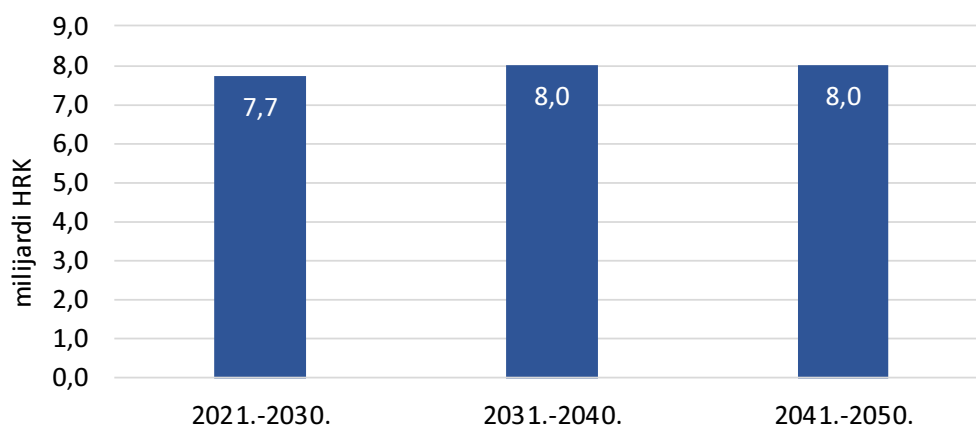
Ulaganja u prijenosnu infrastrukturu (uključujući priključke novih korisnika mreže) u razdoblju od 2021. do 2030. godine, prema scenariju S_N, procjenjuju se na 7,7 milijardi kuna, odnosno prosječno 771 milijun HRK/godišnje (Slika 9.3.), što predstavlja maksimalno očekivano ulaganje. Pojedinačne objekte i jedinice mreže trebaće analizirati u tehničkom i ekonomskom pogledu, odnosno njihova izgradnja bit će tehnološko-ekonomski utemeljena pri čemu će se promatrati koristi i troškovi od provedbe pojedinačnih financijski zahtjevnijih projekata.

Osim financijskih sredstava potrebnih za pokrivanje troškova izgradnje i revitalizacije prijenosne mreže potrebno je osigurati i financijska sredstva za uravnoteženje sustava (kroz mehanizam uravnoteženja i dijelom kroz naknadu za prijenos električne energije), odnosno za nabavu dijela pomoćnih usluga sustava (prvenstveno regulaciju frekvencije i snage). Godišnji iznos koji će se koristiti u tu namjenu ovisit će o nizu čimbenika poput: pogrešaka u predviđanju proizvodnje VE i SE, proizvodnim postrojenjima koje će pružati potrebne regulacijske rezerve, eventualnom razvoju tržišta pomoćnih usluga, raspoloživosti tih usluga na strani distribucijske mreže i/ili od kupaca priključenih na prijenosnu mrežu, dijeljenju usluga/zajedničkoj nabavi sa ostalim operatorima sustava u okruženju te općenito o cijenama po kojim će HOPS moći osigurati regulacijske rezerve. Potrebno je naglasiti da će predviđenu razinu integracije VE i SE do razmatranog vremenskog presjeka biti moguće ostvariti samo ukoliko će potrebne P/f regulacijske rezerve biti dostatne i raspoložive, uz primjenu i ostalih mehanizama uravnoteženja, budući da učestala, nekontrolirana i velika odstupanja unaprijed planiranih razmjena na prekograničnim vodovima nisu u skladu s pravilima rada u europskoj visokonaponskoj mreži. Osim navedenih troškova uravnoteženja mogu se očekivati i povećani

troškovi otklanjanja zagušenja u mreži kroz redispečing proizvodnih postrojenja i ostale raspoložive mjere.

Preliminarna je procjena da bi ukupna ulaganja u prijenosnu mrežu od 2031. do 2050. godine iznosila do 16 milijardi kuna (približno 8 milijardi u razdoblju 2031. – 2040. te 8 milijardi kuna u razdoblju 2041. – 2050.). Uz pretpostavku jednakih godišnjih ulaganja to bi značilo investicijski trošak do 799 milijuna HRK/godišnje.

Budući da je razvoj prijenosne mreže u razmatranom scenariju prvenstveno određen potpunom promjenom proizvodnog miksa, a u najvećem dijelu će se financirati kroz naknadu za prijenos električne energije koju prema postojećem zakonodavnom okviru plaćaju samo korisnici mreže, bit će potrebno razmotriti nove mogućnosti financiranja razvoja mreže eventualno uvođenjem i proizvodne komponente u naknadu za prijenos.

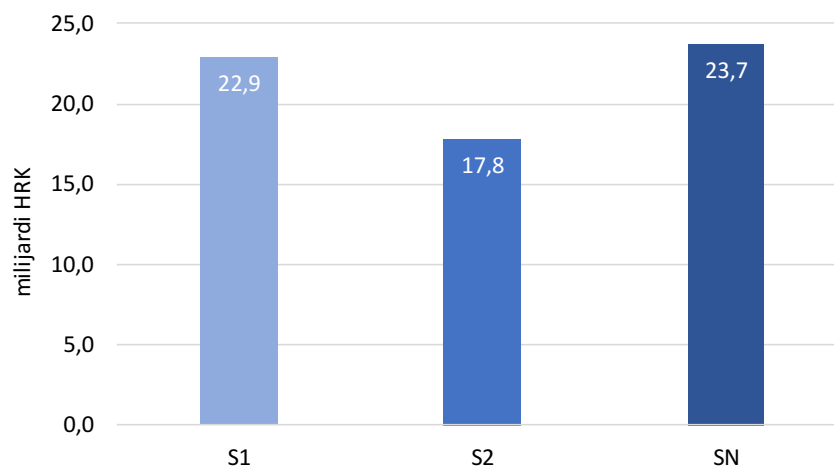


Slika 9.3. Procjena ulaganja u prijenosnu elektroenergetsku mrežu

Procijenjena potrebna ulaganja u prijenosnu mrežu u razdoblju do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 22,9 milijardi kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 22% te iznose 17,8 milijardi kuna. Procijenjena ulaganja u prijenosnu mrežu prema scenariju S_N iznose 23,71 milijardu kuna što je 4% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 33% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.4.).

Tablica 9.2. Usporedba ulaganja u prijenosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	8,20	7,90	7,71	-0,49	-0,19	-6%	-2%
2031.-2040.	7,35	4,95	8,00	0,65	3,05	9%	62%
2041.-2050.	7,35	4,95	8,00	0,65	3,05	9%	62%
Ukupno	22,90	17,80	23,71	0,81	5,91	4%	33%



Slika 9.4. Usporedba procijenjenih ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima

9.3. Procjena ulaganja u distribucijsku elektroenergetsku mrežu

Za procjenu potrebnih ulaganja u razvoj distribucijske mreže potrebno je izraditi novi dugoročni strateški (master) plan, koji će vrednovati promatrane scenarije razvoja i sve varijable koje utječu na određivanje vrste, dinamike, načina i iznosa ulaganja u distribucijsku mrežu. Analizom postojećeg stanja distribucijske mreže i unapređenja postignutog u prethodnom dvadesetogodišnjem razdoblju, procjenjuje se kako bi razina ulaganja od 1 milijarde kuna godišnje mogla biti dostatna tijekom promatranog razdoblja, uz uvjet prilagodbi propisa, modela tržišta električne energije i regulatornog okvira radi upravljanja (gospodarenja) električnom energijom koju korisnici predaju u distribucijsku mrežu, učinkovitog odziva potrošnje, aktivnog doprinosa korisnika u održavanju napona u distribucijskoj mreži te uvođenja novih tehnologija.

Procijenjena ulaganja u distribucijsku elektroenergetsku mrežu u razdoblju od 2020. do 2050. godine jednaka su za sve analizirane scenarije (S1, S2 i SN) te iznose 30 milijardi kuna.

Takva razina ulaganja u razvoj distribucijske mreže omogućila bi:

- smanjenje gubitaka električne energije s postojeće razine od 8 % na 4 - 5 %
- značajno unapređenje pouzdanosti opskrbe korisnika mreže
- prijelaz najvećeg dijela distribucijske mreže srednjeg napona na pogonski napon od 20 kV do 2040. godine
- obnovu i povećanje prienosnih kapaciteta distribucijske mreže uz povećanje udjela kabela u mreži srednjeg napona na 66 % i niskog napona na 50 % do 2050. godine
- primjenu naprednog mjernog sustava
- značajno povećanje razine priključenja distribuiranih izvora (distribuirane proizvodnje i spremnika električne energije) te pogon distribucijske mreže uz primjenu funkcionalnosti napredne mreže
- poticanje proizvodnje električne energije u distribucijskoj mreži koja se troši na lokaciji i vremenski podudara s potrošnjom električne energije („uravnoteženje proizvodnje i potrošnje“).

Prioriteti ulaganja u distribucijski sustav (u smislu povećanja udjela u strukturi ukupnih ulaganja) su:

- do 2030. – napredni mjerni sustav do 2025. godine i pilot projekti naprednih mreža
- do 2040. – napredna mreža (faza I: modernizacija i automatizacija, napredne funkcije vođenja)
- do 2050. – napredna mreža (faza II: integrirani distribucijski sustav prilagodljiv promjenama, optimiran u pogledu resursa uz aktivno sudjelovanje korisnika mreže, sposoban spriječiti krizne događaje).

Navedena ulaganja, koja uključuju investicije u razvoj distribucijske mreže i priključke korisnika mreže, sada čine manje od 1/3 ukupnih troškova operatora distribucijske mreže. Veći dio odnosi se na operativne troškove koji će u budućnosti porasti radi nabave pomoćnih usluga, ovisno o modelu njihova angažiranja i razini integracije distribuiranih izvora energije.

9.4. Procjena ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja

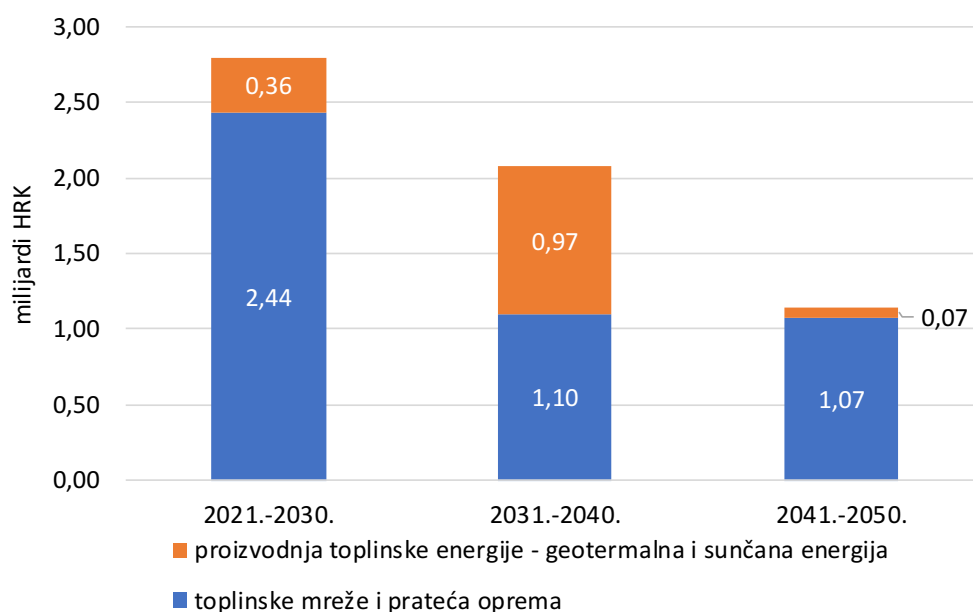
U promatranom scenariju dekarbonizacije energetske sektora do 2050. godine u sektoru daljinskog grijanja i hlađenja sve će veći značaj imati povećanje energetske učinkovitosti te veća primjena obnovljivih izvora energije, što dovodi i do veće sigurnosti opskrbe toplinskom energijom.

Ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja u razdoblju do 2050. godine prvenstveno se odnose na investicije u zamjenu postojećih toplinskih mreža modernim sustavima sa smanjenim gubicima te vezane investicije u sustave kontrole i vođenja, i na dijelu pogona mreže i na dijelu upravljanja potražnjom (kod krajnjeg potrošača). U Hrvatskoj u trenutku pisanja ove studije postoji 440 km toplinskih mreža. U razdoblju do 2050. godine predviđa se izgradnja dodatnih 50 km mreža te se pretpostavlja se da će se sve mreže rekonstruirati i modernizirati do 2050. godine. Rekonstrukcija mreža već je započela i većinom se vodi uz sufinanciranje Europske unije u skladu s Operativnim programom kohezije i konkurentnosti i mehanizmom Integralnih teritorijalnih ulaganja.

Investicije u dijelu proizvodnje toplinske energije za daljinsko grijanje i hlađenje većim dijelom nisu prikazane u donjim brojkama, već su prikazane u dijelu dokumenta koji se odnosi na proizvodnju električne energije (ulaganja u kogeneracije, dizalice topline velikih snaga i spremnike topline). Posebno se razmatra proizvodnja toplinske energije za daljinsko grijanje iz geotermalnih izvora te iz sunčeve energije.

U tom smislu, za S_N scenarij se ukupna ulaganja od 2021. do 2050. godine procjenjuju kako slijedi:

- toplinske mreže i prateća oprema – 4,61 milijardi kuna
- proizvodnja toplinske energije – geotermalna – 392 milijuna kuna
- proizvodnja toplinske energije – sunčana – 1,01 milijarde kuna.

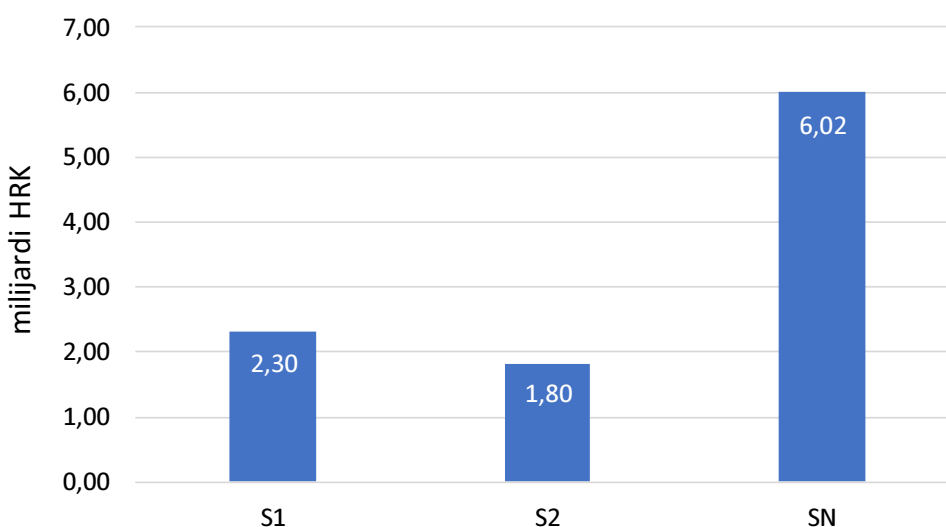


Slika 9.5. Procjena ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja

Procijenjena potrebna ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 2,3 milijarde kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 22% te iznose 1,8 milijardi kuna. Procijenjena ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenariju S_N iznose 6,02 milijarde kuna što je 162% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 234% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.6).

Tablica 9.3. Usporedba ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	bilijardi HRK			bilijardi HRK		%	%
2021.-2030.	1,05	0,95	2,80	1,75	1,85	166%	194%
2031.-2040.	0,95	0,65	2,07	1,12	1,42	118%	219%
2041.-2050.	0,30	0,20	1,15	0,85	0,95	282%	473%
Ukupno	2,30	1,80	6,02	3,71	4,21	162%	234%

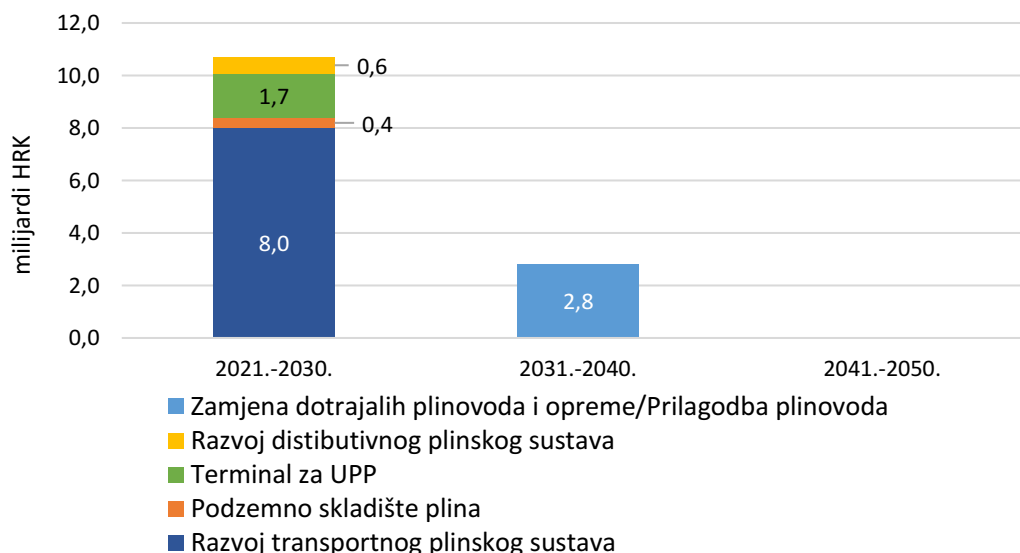


Slika 9.6. Usporedba procijenjenih ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima

9.5. Procjena ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina

Sva procijenjena ulaganja u razvoj plinskog sustava predviđena su u razdoblju do 2040. godine, od čega najveći dio u razdoblju do 2030. godine.

U slučaju smanjenja potrošnje prirodnog plina prema projekcijama S_N scenarija, pretpostavljeno je da bi se ulaganja u zamjenu dotrajalih plinovoda i opreme kompenzirala s ulaganjima potrebnima za prilagodbu plinovoda za transport plina s većim udjelom vodika ili slično.



Slika 9.7. Procjena ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina

Struktura procijenjenih ukupnih ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina od 2021. do 2050. godine navedena je u nastavku:

- razvoj transportnog plinskog sustava – 8 milijardi kuna
- izgradnja terminala za ukapljeni prirodni plin – 1,7 milijardi kuna
- ulaganja u razvoj skladišta prirodnog plina Grubišno Polje – 380 milijuna kuna
- ulaganja u distribucijski plinski sustav – 615 milijuna kuna
- dodatna ulaganja za zamjenu dotrajalih plinovoda i opreme, odnosno prilagodbu plinovoda za prihvat plina s većim udjelom vodika ili slično – 2,8 milijardi kuna.

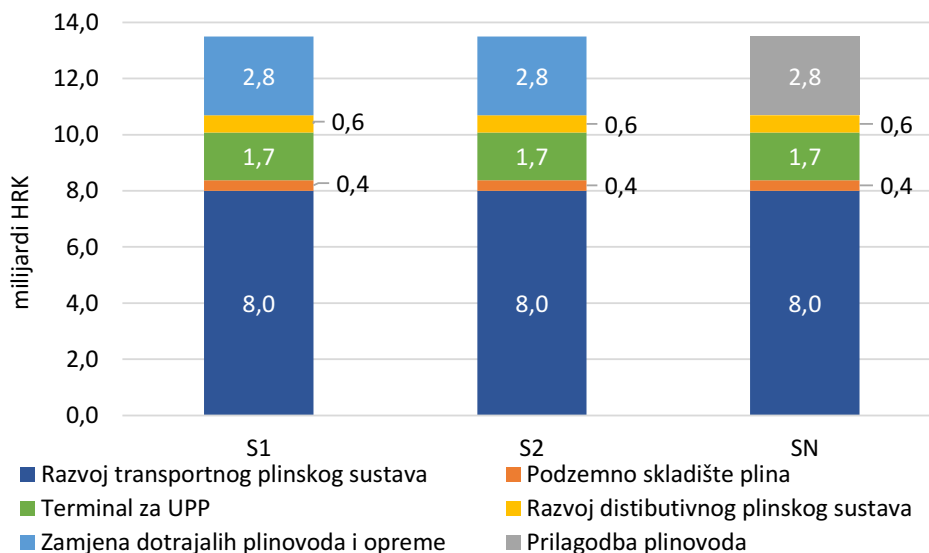
Procjena ulaganja u istraživanje novih nalazišta plina uključena je u ukupna ulaganja u istraživanje ugljikovodika u sklopu procjene ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata.

Procijenjena ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina u razdoblju od 2020. do 2050. godine jednaka su za sve analizirane scenarije (S_1 , S_2 i S_N) te iznose 13,5 milijardi kuna.

Tablica 9.4. Usporedba ulaganja u razvoj sustave prirodnog plina prema scenarijima

	S_1	S_2	S_N	S_N-S_1	S_N-S_2	$(S_N-S_1)/S_1$	$(S_N-S_2)/S_2$
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	10,70	10,70	10,70	0,00	0,00	0%	0%
2031.-2040.	2,80	2,80	2,80	0,00	0,00	0%	0%
2041.-2050.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Ukupno	13,50	13,50	13,50	0,00	0,00	0%	0%

Osnovna razlika u procjeni potrebnih ulaganja prema scenariju S_N u odnosu na scenarije S1 i S2 vezana je za strukturu ulaganja. Naime, scenarijem S_N, nakon 2031. godine pretpostavljena su ulaganja u prilagodbu plinovoda za prihvatanje plina s većim udjelom vodika u iznosu od 2,8 milijardi kuna, dok su u scenarijima S1 i S2 ta ulaganja nakon 2031. godine predviđena za zamjenu dotrajalih plinovoda.



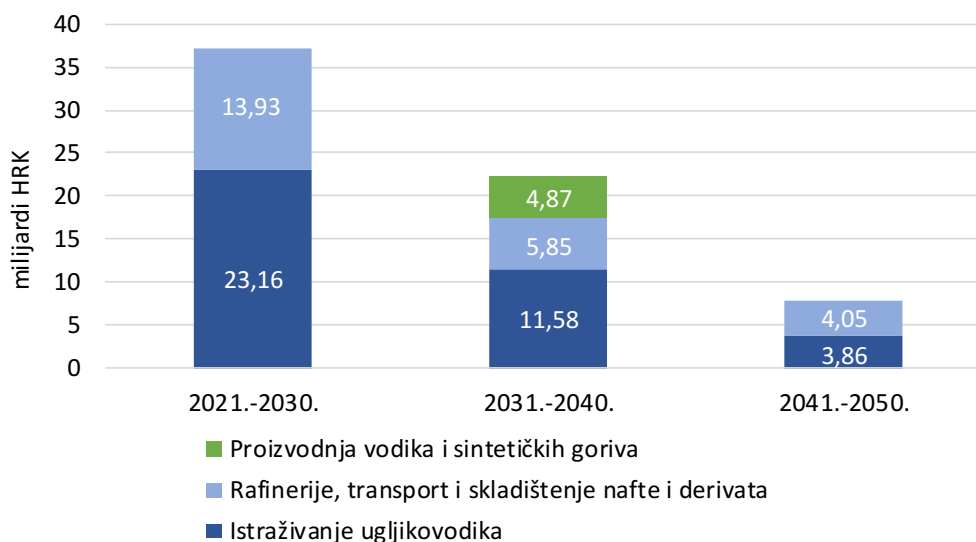
Slika 9.8. Usporedba procijenjenih ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina prema scenarijima

9.6. Procjena ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata

U razmatranom scenariju politike dekarbonizacije energetskog sektora, naftni sektor bit će pod snažnim utjecajem povećanja korištenja alternativnih goriva poput biogoriva, vodika, električne energije i dr. ali i povećanja energetske učinkovitosti. To će se naročito odraziti na rad rafinerija, transport i distribuciju nafte i naftnih derivata te tržište skladištenja.

Potrošnja naftnih derivata u Hrvatskoj će se postepeno smanjivati te će u 2030. godini iznositi oko 85% potrošnje ostvarene 2018. godine. Nakon 2030. godine, a radi postizanja klimatske neutralnosti do 2050. godine, potrošnja naftnih derivata će se značajno smanjiti i u 2050. godini iznositi svega 25% potrošnje ostvarene u 2018. godini. Osim postojećih naftnih derivata poput motornog benzina i dizelskog goriva, predviđena je i potrošnja vodika, sintetičkog plina i sintetičkih tekućih goriva. Jedan dio vodika i sintetičkih goriva proizvodit će se u rafineriji, a osnovna sirovina bit će prirodni plin. Postrojenja za proizvodnju vodika i sintetičkih goriva iz prirodnog plina moraju biti opremljena sustavom za izdvajanje CO₂ kako bi se on mogao trajno skladištiti u podzemlju.

Ulaganja u naftni sektor prvenstveno se odnose na investicije u istraživanje novih rezervi ugljikovodika radi povećanja domaće proizvodnje nafte i plina, odnosno produljenja komercijalne proizvodnje ugljikovodika do 2050. godine te ulaganja u modernizaciju rafinerijskih kapaciteta i u infrastrukturu za transport i skladištenje nafte i naftnih derivata. Smanjenu potražnju za naftnim derivatima, a time i smanjenje proizvodnje u rafinerijama, moguće je jednim dijelom kompenzirati ulaganjem u proizvodnju vodika i sintetičkih goriva uz primjenu CCS tehnologije.



Slika 9.9. Procjena ulaganja u istraživanje ugljikovodika, modernizaciju rafinerija, transport i skladištenje te proizvodnju vodika i sintetičkih goriva u rafineriji prema S_N scenariju

Ukupna ulaganja u istraživanje ugljikovodika, modernizaciju rafinerijske prerade te transport i skladištenje nafte i naftnih derivata od 2021. do 2050. godine procjenjuju se na:

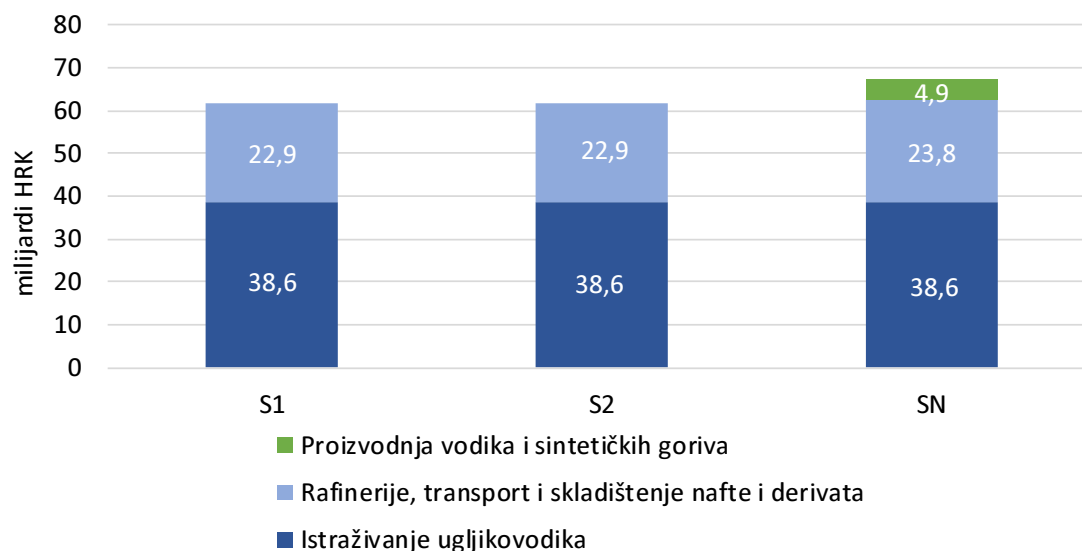
- istraživanje ugljikovodika – 38,6 milijardi kuna
- obnova rafinerija, infrastruktura za transport i skladištenje nafte i naftnih derivata – 23,8 milijardi kuna
- postrojenja za proizvodnju vodika i sintetičkih goriva – 3,7 milijardi kuna.

Promatrano u desetogodišnjim razdobljima, najveća ulaganja očekuju se u prvom promatranom desetljeću (2021. – 2030.), kada se očekuju najveća ulaganja u istraživanje ugljikovodika, ali i u modernizaciju riječke rafinerije. Od 2031. do 2040. godine očekuju se ulaganja u proizvodnju vodika i sintetičkih goriva iz sirovine koja je fosilnog porijekla (prirodni plin). Navedena ulaganja uključuju i investicije u izdvajanje i skladištenje CO₂ pri toj proizvodnji.

Procijenjena ulaganja u sektoru nafte i naftnih derivata do 2050. godine prema scenarijima S1 i S2 iznose 61,51 milijardu kuna. Prema scenariju S_N, ona su veća za oko 9% i iznose 67,3 milijarde kuna. Povećani iznos ulaganja prvenstveno je vezan za proizvodnju vodika i sintetičkih goriva, i to one količine koje će se proizvoditi iz sirovine fosilnog porijekla uz primjenu CCS tehnologije.

Tablica 9.5. Usporedba ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	36,17	36,17	37,09	0,92	0,92	3%	3%
2031.-2040.	17,43	17,43	22,30	4,87	4,87	28%	28%
2041.-2050.	7,91	7,91	7,91	0,00	0,00	0%	0%
Ukupno	61,51	61,51	67,30	5,79	5,79	9%	9%



Slika 9.10. Usporedba procijenjenih ulaganja u naftni sektor prema scenarijima

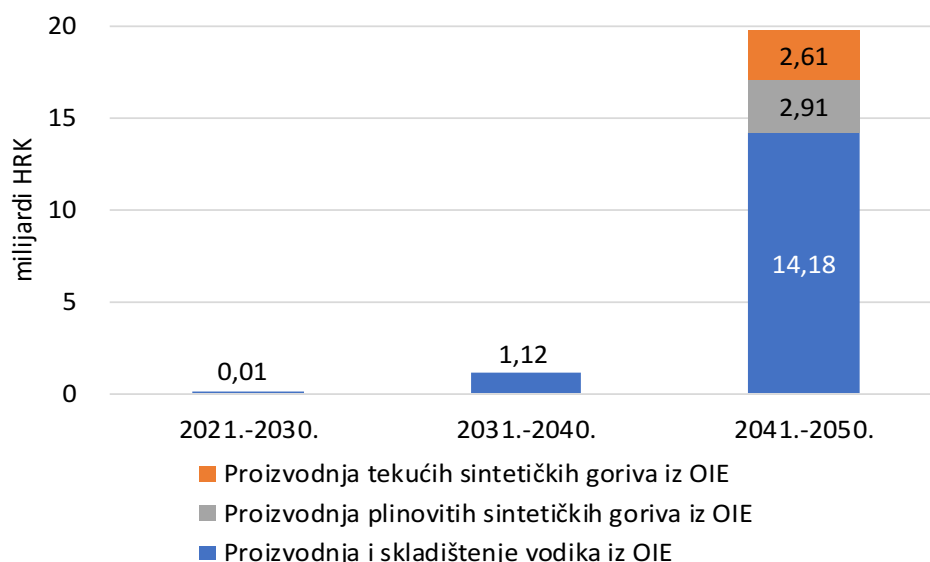
9.7. Procjena ulaganja u proizvodnju vodika i sintetičkih goriva iz OIE-a

S_N scenarij obuhvaća proizvodnju značajne količine vodika procesom elektrolize (uz korištenje električne energije iz OIE-a), naročito od 2041. do 2050. godine. Vodik proizveden iz OIE-a koristiti će se prvenstveno kao alternativno gorivo u sektoru prometa ili kao ulazna komponenta za proizvodnju tekućih ili plinovitih sintetičkih goriva. Pod investicijskim troškom podrazumijeva se postrojenje za proizvodnju vodika iz električne energije i vode te odgovarajuće dimenzionirani sustav za skladištenje.

Sintetička goriva koja nadomještaju fosilna dizelska, benzinska i mlazna goriva te prirodni plin zamjenjiva su te je moguće njihovo dodavanje u fosilna dizelska goriva uz vrlo visoke omjere miješanja ili ih je moguće upotrebljavati u čistom obliku u svim postojećim ili budućim dizelskim vozilima. Ta se goriva stoga mogu distribuirati, pohranjivati i upotrebljavati u okviru postojeće infrastrukture. Sintetička goriva koja nadomještaju benzin, kao što su metanol i drugi alkoholi, moguće je miješati s njim te uz neznatne prilagodbe, koristiti u okviru trenutne tehnologije vozila. Metanol je također moguće koristiti za plovidbu unutarnjim vodama i u pomorskom prometu na kratkim udaljenostima. Pod investicijskim troškom podrazumijevaju se odgovarajuće dimenzionirana postrojenja za metanizaciju te postrojenja metanolske sinteze ili Fischer-Tropschove sinteze.

Ukupna ulaganja u proizvodnju i skladištenje vodika te proizvodnju plinovitih i tekućih sintetičkih goriva iz OIE-a od 2021. do 2050. godine procjenjuju se na:

- proizvodnja i skladištenje vodika iz OIE-a - 15,31 milijardi kuna
- proizvodnja tekućih sintetičkih goriva iz OIE-a - 2,61 milijardi kuna
- proizvodnja plinovitih sintetičkih goriva iz OIE-a - 2,91 milijardi kuna



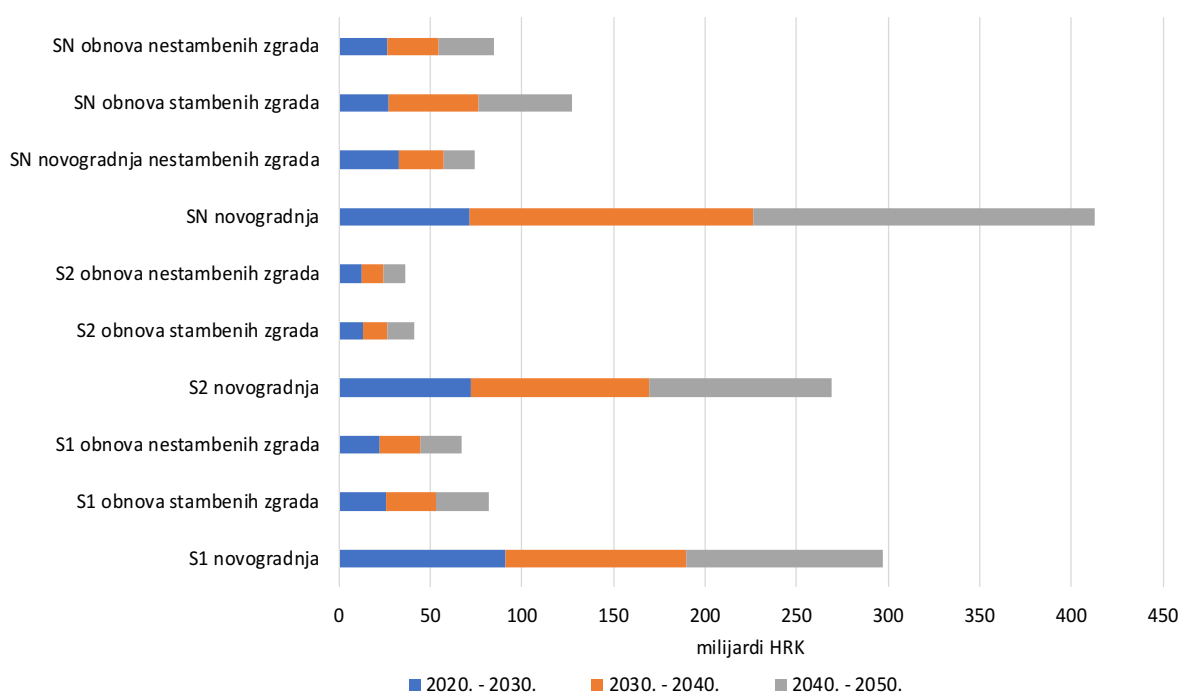
Slika 9.11. Procjena ulaganja u proizvodnju i skladištenje vodika te proizvodnju tekućih i plinovitih sintetičkih goriva iz OIE-a prema S_N scenariju

Predmetna ulaganja predstavljaju dodatan trošak u odnosu na scenarij ubrzane energetske tranzicije (S1), odnosno scenarij umjerene energetske tranzicije (S2).

9.8. Procjena ulaganja u zgradarstvu

Dekarbonizacija zahtijeva izuzetno visoko ulaganje u obnovu fonda zgrada, koje su zbog visoke investicijske vrijednosti i relativno najduljeg životnog vijeka vrlo tromi sustav. Za postizanje ciljeva u pogledu dekarbonizacije nužno je rekonstrukcijom zahvatiti ukupan fond zgrada do razine gotovo nulte potrošnje energije ili budućeg ekvivalenta te razine.

U procjeni ulaganja ukupni investicijski trošak energetske obnove zgrada izračunat je uz sadašnje vrijednosti cijena obnove do nZEB standarda. Za stambene zgrade cijena je 1.500 kn/m², dok je za nestambene zgrade ona 2.500 kn/m², zbog postojanja složenijih tehničkih sustava u takvim zgradama. Značajna stavka u sektoru zgradarstva je izgradnja novih zgrada, koja se promatra zbog usporedbe ukupnih ulaganja. Očekivanje u razvojnim scenarijima, S1 i S2, je rast površine fonda stambenih zgrada za 29 milijuna m² i nestambenih zgrada za 7,6 milijuna m², kao posljedica demografskih kretanja i očekivanog gospodarskog razvoja do 2050. godine. Razliku u ukupnom ulaganju generira različiti intenzitet novogradnje u vezi s intenzivnom stopom demolacije (napuštanja) zgrada zbog depopulacije, što rezultira potrebom za zamjenskom gradnjom na alternativnim lokacijama s većim gospodarskim potencijalom. Posljedica demolacije je povećani pritisak na cijene novih lokacija i povećano opterećenje održavanjem preostale infrastrukture sa smanjenom gustoćom stanovanja. Drugi pokretač je bitno viša stopa rekonstrukcije zgrada, budući da scenarij S2 zahvaća prosječno 1,6% zgrada do 2050. godine, dok u klimatski neutralnom scenariju stopa obnove od 2030. doseže punih 3% godišnje.



Slika 9.12. Usporedba procijenjenih ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima

Procijenjena ulaganja u sektor zgradarstva do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 446,13 milijardi kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 22% te iznose 346,61 milijardu kuna. Procijenjena ulaganja prema scenariju S_N iznose 699,42 milijarde kuna što je 57% više u odnosu na scenarij S1 odnosno dvostruko više u odnosu na scenarij S2 (Tablica 9.6.).

Tablica 9.6. Usporedba ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	139,36	97,41	157,31	17,95	59,90	13%	61%
2031.-2040.	148,74	123,02	257,79	109,05	134,77	73%	110%
2041.-2050.	158,03	126,18	284,32	126,29	158,14	80%	125%
Ukupno	446,13	346,61	699,42	253,29	352,81	57%	102%

9.9. Procjena ulaganja u vozila i infrastrukturu za uvođenje alternativnih izvora energije u prometnom sektoru

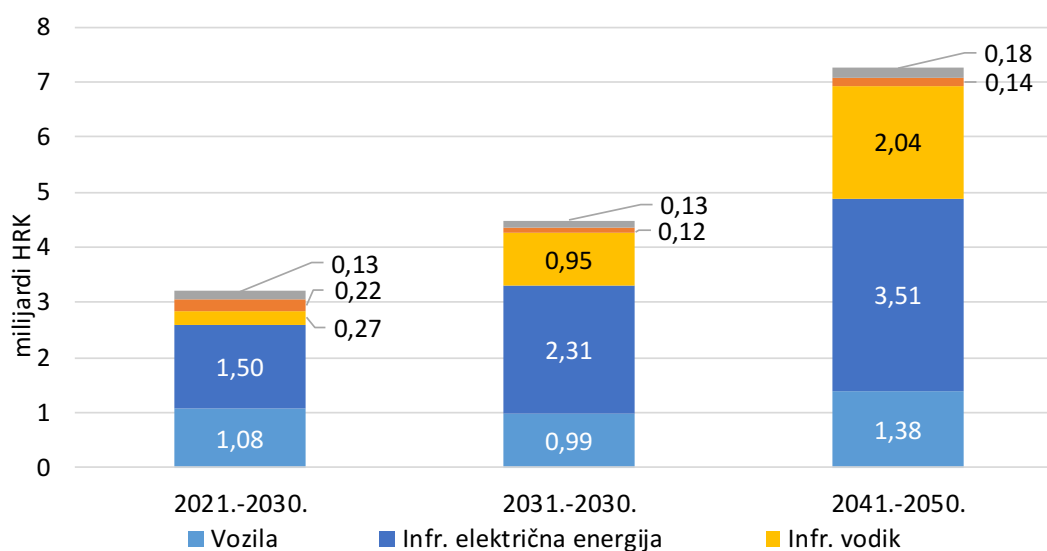
Kako bi se postigli ciljevi definirani S_N scenarijem u Republici Hrvatskoj, nužno je osigurati izgradnju primjerenog broja javno dostupnih mjesta za opskrbu vozila i plovila alternativnim gorivima. Alternativna goriva su goriva ili izvori energije koji služe, barem djelomično, kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi energijom i koji imaju potencijal doprinijeti dekarbonizaciji prometnog sustava te poboljšati okolišnu učinkovitost prometnog sektora. Ulaganja u izgradnju infrastrukture za alternativna goriva uključuju mjesta za punjenje električnih vozila i mjesta za opskrbu prirodnim plinom, uključujući bioplin, u plinovitom (stlačeni prirodni plin – SPP) i ukapljenom obliku (ukapljeni prirodni plin – UPP) te mjesta za opskrbu vodikom. Osim toga, u ranim fazama razvoja tržišta pojedinog alternativnog goriva, odnosno izvora energije, potrebno je osigurati poticajne mjere sufinanciranja nabave vozila s pogonom na alternativna goriva. Poticajne mjere sufinanciranja nabave vozila potrebno je orijentirati na alternativna goriva za koje je procjena stanja pokazala nedovoljnu razvijenost i

neznatnu zastupljenost takvih vozila u ukupnom broju vozila te ih je potrebno vremenski ograničiti do trenutka kada se pokaže njihova dovoljna zastupljenost.

Ukupna ulaganja u infrastrukturu za prijenos alternativnih izvora energije na prometna vozila/plovila i u poticajne mjere sufinanciranja vozila s pogonom na alternativne izvore energije prema S_N scenariju od 2021. do 2050. godine procjenjuju se na:

- infrastruktura za punjenje električnom energijom 7,32 milijardi kuna
- infrastruktura za punjenje SPP-om (SBM-om) 0,48 milijardi kuna
- infrastruktura za punjenje UPP-om (SBM-om) 0,44 milijardi kuna
- infrastruktura za punjenje vodikom 3,26 milijardi kuna
- sufinanciranje nabave vozila 3,45 milijardi kuna

Troškovi ulaganja obuhvaćaju nabavu i instalaciju punionica električnom energijom (kućne punionice, punionice za sporo punjenje do 22 kW, punionice snage 50 kW za brzo punjenje, punionice snage iznad 50 kW za brzo punjenje), punionica stlačenog prirodnog plina (zajedno sa stlačenim biometanom) i ukapljenog prirodnog plina (zajedno s ukapljenim biometanom) i vodika te priključke na elektroenergetsku mrežu.

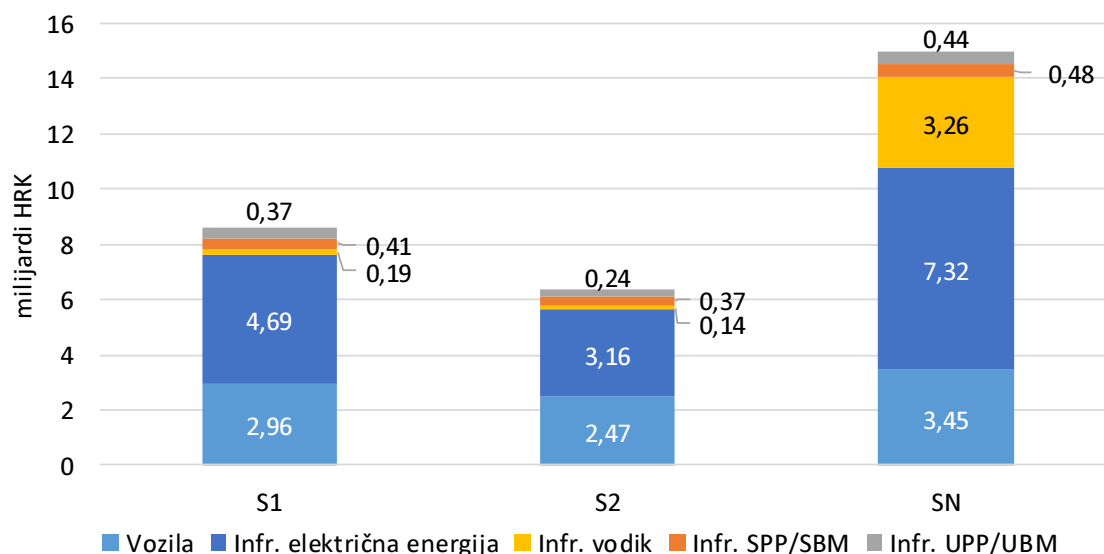


Slika 9.13 Procjena ulaganja u infrastrukturu za prijenos alternativnih izvora energije na prometna vozila/plovila i u vozila s pogonom na alternativne izvore energije

Procijenjena ulaganja u sektor prometa do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 8,61 milijardu kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 26% te iznose 6,37 milijardi kuna. Procijenjena ulaganja prema scenariju S_N iznose 14,96 milijardi kuna što je 74% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 135% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.14.).

Tablica 9.7. Usporedba ulaganja u sektor prometa prema scenarijima

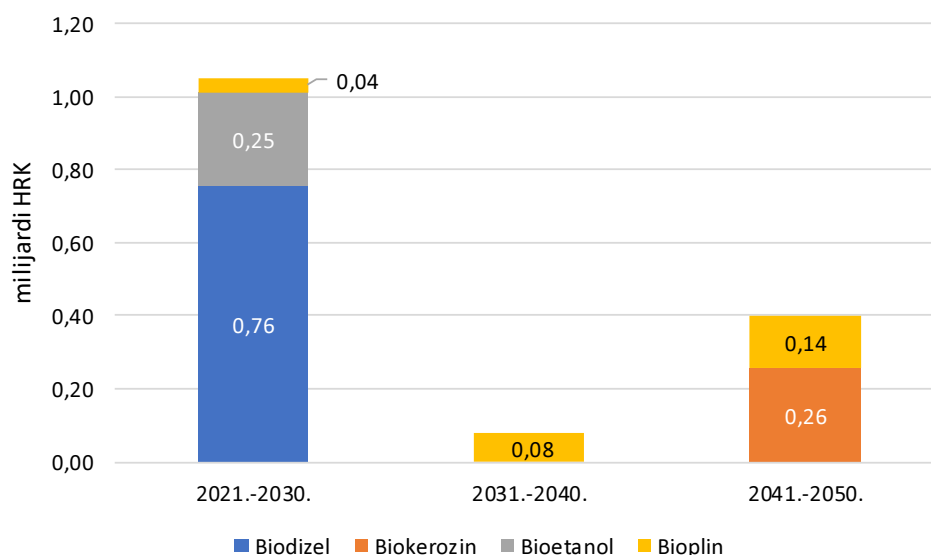
	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	1,52	1,34	3,20	1,69	1,87	111%	140%
2031.-2040.	1,90	1,57	4,50	2,59	2,92	136%	186%
2041.-2050.	5,19	3,46	7,26	2,07	3,80	40%	110%
Ukupno	8,61	6,37	14,96	6,34	8,58	74%	135%



Slika 9.14 Usporedba procijenjenih ulaganja u sektor prometa prema scenarijima

9.10. Procjena ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva

Za proizvodnju procijenjenih potrebnih količina tekućih biogoriva predviđene su investicije u pet biorafinerija: jedna na enzimatsku hidrolizu (bioetanol) i četiri biorafinerije koje bi koristile FT proces ili brzu pirolizu za dobivanje bioulja. pretpostavljeni kapaciteti za proizvodnju biogoriva dimenzionirani su na način da se ostvari maksimalno iskorištenje kapaciteta kroz cijelo promatrano razdoblje pri čemu se onda u nekim godinama pojavljuje potreba za uvozom određenih količina biogoriva, što je vidljivo iz energetske bilanci u Prilogu 1.



Slika 9.15. Procjena ulaganja u kapacitete za proizvodnju naprednih biogoriva prema scenariju S_N

Predložena dinamika ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva za scenarij S_N, prema investicijskim razdobljima je:

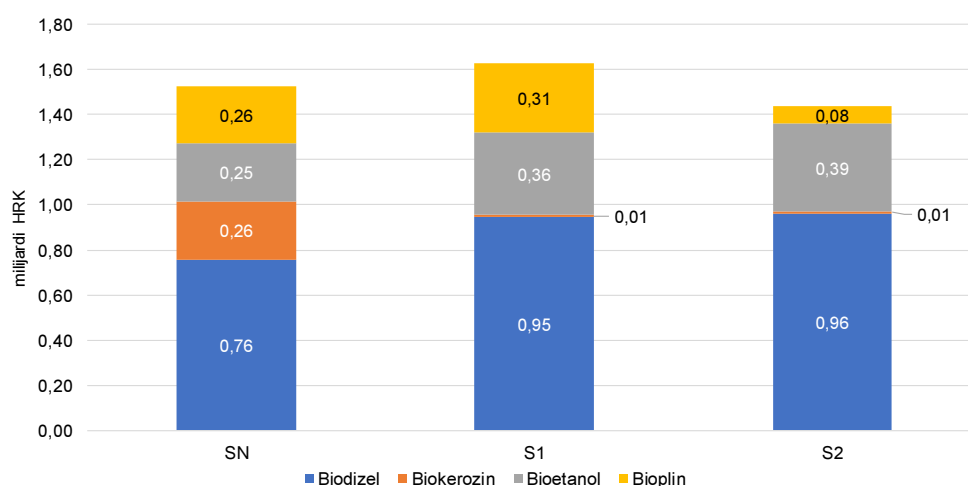
- 2021. – 2030.: ulaganje u kapacitete za proizvodnju biodizela, bioetanola i bioplina: 1,05 milijardi kuna;

- 2031. – 2040.: ulaganje u izgradnju dodatnih 30 % proizvodnih kapaciteta za proizvodnju bioplina: 0,08 milijardi kuna;
- 2041. – 2050.: izgradnja biorafinerije za proizvodnju biokerozina te dodatnih proizvodnih kapaciteta za proizvodnju bioplina: 0,40 milijardi kuna.

Procijenjena ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 1,63 milijarde kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 12% te iznose 1,44 milijarde kuna. Procijenjena ulaganja prema scenariju S_N iznose 1,53 milijarde kuna što je 6% manje u odnosu na scenarij S1 odnosno 6% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.16.).

Tablica 9.8. Usporedba ulaganja u proizvodnju biogoriva prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	0,92	1,02	1,05	0,13	0,03	14%	3%
2031.-2040.	0,49	0,35	0,08	-0,41	-0,28	-84%	-78%
2041.-2050.	0,22	0,06	0,40	0,18	0,33	84%	517%
Ukupno	1,63	1,44	1,53	-0,10	0,09	-6%	6%

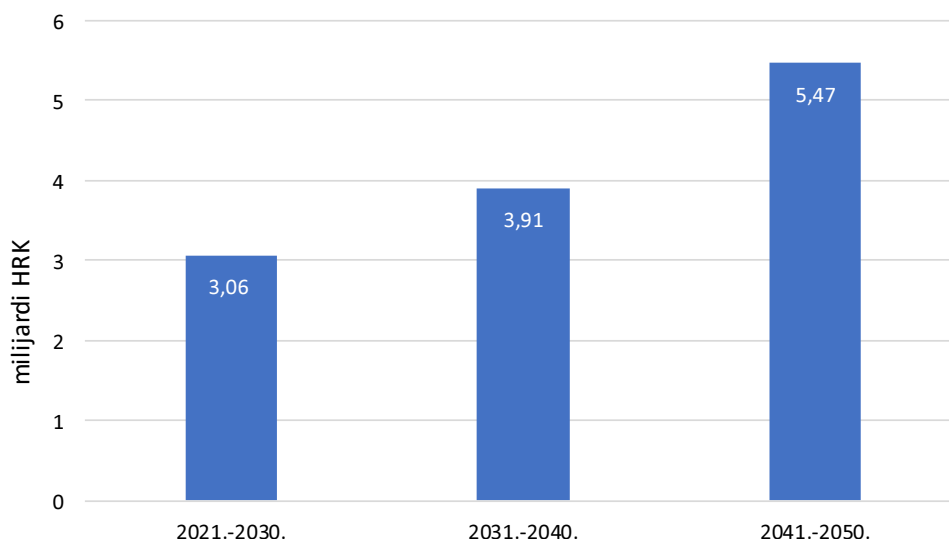


Slika 9.16. Usporedba procijenjenih ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva prema scenarijima

9.11. Procjena ulaganja u sunčane toplinske kolektore

Sunčani toplinski kolektori promatrani su kao sustav samo za pripremu potrošne tople vode (PTV), dok je njihova primjena kao nadopuna sustavu grijanja vrlo rijetka mogućnost. Primjena ove tehnologije u budućnosti ovisit će o cijeni električne energije, a ne o razvoju ove tehnologije.

Prema količini primjene, najviše kolektora očekuje se u sektoru kućanstava, (gotovo 50% ukupne količine), zatim slijedi sektor usluge te industrija i vrlo mala primjena u poljoprivredi. U ukupna ulaganja uključena je i postupna zamjena postojećih sustava kojima se vijek trajanja procjenjuje na 25 godina.



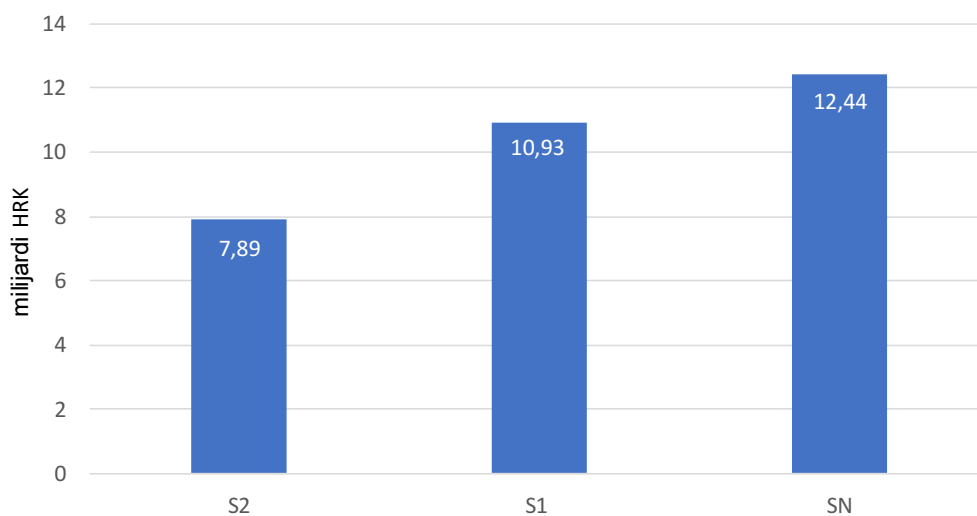
Slika 9.17. Procjena ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenariju S_N

Iz dijagrama je vidljivo da se očekuje eksponencijalni rast primjene sunčanih toplinskih kolektora s najvećim skokom u zadnjem razdoblju od 2041. do 2050. godine.

Procijenjena ulaganja u sunčane toplinske kolektore do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 10,93 milijarde kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 28% te iznose 7,89 milijardi kuna. Procijenjena ulaganja prema scenariju S_N iznose 12,44 milijarde kuna što je 14% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 58% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.18.).

Tablica 9.9. Usporedba ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima

	S1	S2	S _N	S _N -S1	S _N -S2	(S _N -S1)/S1	(S _N -S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	2,69	1,94	3,06	0,37	1,12	14%	58%
2031.-2040.	3,44	2,48	3,91	0,47	1,43	14%	58%
2041.-2050.	4,81	3,47	5,47	0,66	2,00	14%	58%
Ukupno	10,93	7,89	12,44	1,51	4,55	14%	58%



Slika 9.18. Usporedba procijenjenih ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima

Postojeća površina svih postavljenih sunčanih toplinskih kolektora u Hrvatskoj iznosi 300.000 m², a procijenjene površine prema razmatranim scenarijima, za razdoblje do 2050. godine, prikazane su u sljedećoj tablici.

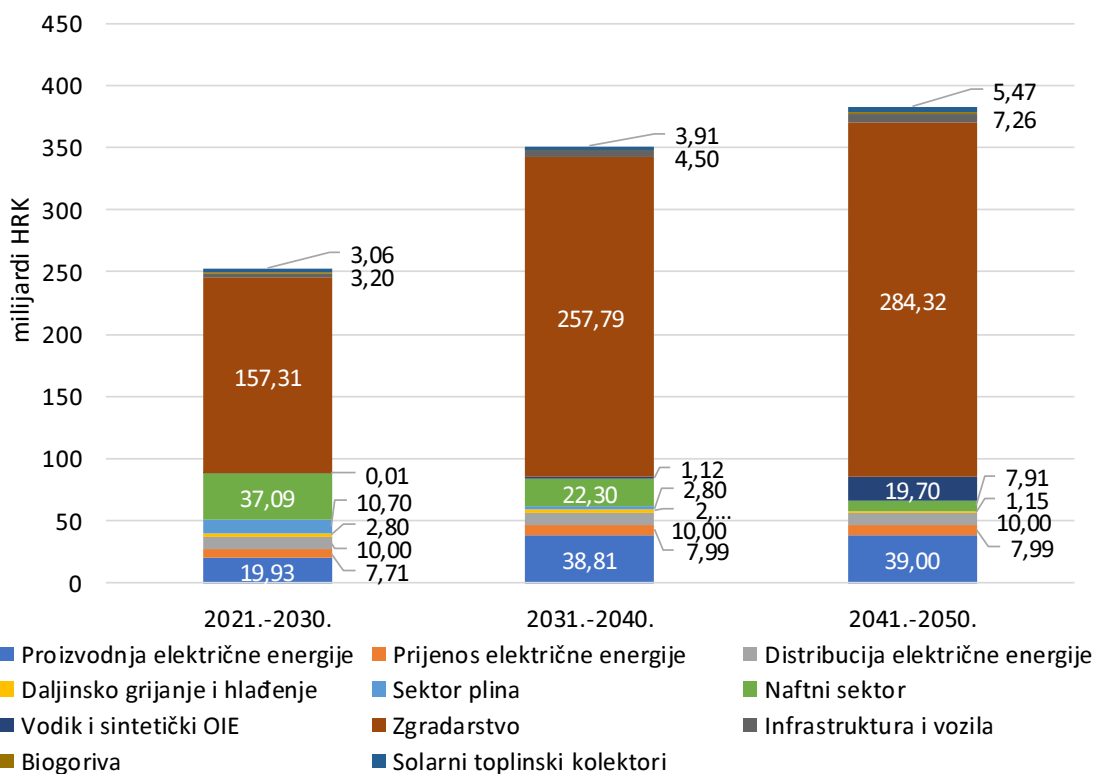
Tablica 9.10. Procijenjene površine sunčanih toplinskih kolektora prema različitim scenarijima

Scenarij	S2	S1	S _N
Ukupna površina toplinskih kolektora (10 ⁶ m ²)	2,03	2,78	3,14

9.12. Procjena ukupnih ulaganja

U prethodnim poglavljima prikazana su ulaganja po pojedinim sektorima za razdoblje od 2021. do 2050. godine. Razmatrani su sljedeći sektori: proizvodnja električne energije, prijenos električne energije, distribucija električne energije, daljinsko grijanje i hlađenje, plinski i naftni sektor, vodik i sintetički OIE, zgradarstvo, infrastruktura i vozila, biogoriva i sunčani toplinski kolektori. Zbrajajući ulaganja u navedenim sektorima dobiven je ukupan iznos ulaganja za razdoblje od 2021. do 2050. u iznosu od 987,4 milijarde kuna.

Po pitanju dinamike ulaganja prema scenariju S_N, ona rastu kroz tri promatrana desetljeća: od 252,85 milijardi kuna od 2021. do 2030. godine, na 351,37 milijardi od 2031. do 2040. te na 383,20 milijardi od 2041. do 2050. Po pitanju strukture ulaganja, najveći dio odnosi se na sektor zgradarstva koji sudjeluje sa 70 % u ukupnim ulaganjima. Slijedi ga sektor proizvodnje električne energije s udjelom nešto manje od 10 % te sektor nafte i naftnih derivata s 6,82 % (prvenstveno u prvim desetljećima). Svi ostali sektori sudjeluju s 3 % ili manje u ukupnim ulaganjima. Na sljedećoj slici dan je grafički prikaz strukture ulaganja po razdobljima i promatranim energetske sektorima prema scenariju S_N.

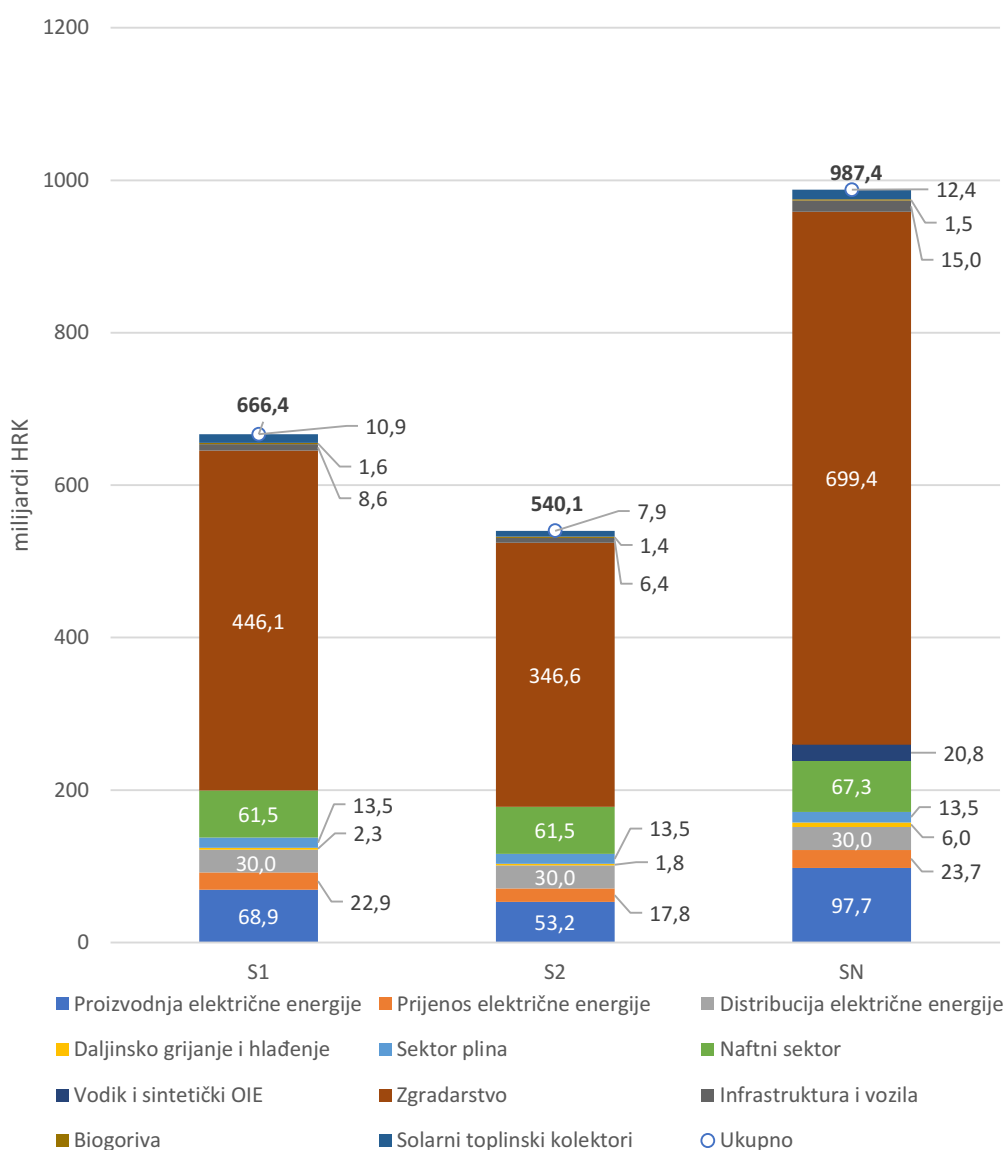


Slika 9.19. Procjena ukupnih ulaganja prema scenariju S_N

Procijenjena ukupna ulaganja do 2050. godine prema scenariju S1 iznose 666,37 milijardi kuna. Za scenarij S2 procijenjena ulaganja su manja u odnosu na scenarij S1 za oko 19% te iznose 540,1 milijardu kuna. Procijenjena ulaganja prema scenariju S_N iznose 987,41 milijardu kuna što je 48% više u odnosu na scenarij S1 odnosno 83% više u odnosu na scenarij S2 (Slika 9.20.).

Tablica 9.11. Usporedba ukupnih ulaganja prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2	(SN-S1)/S1	(SN-S2)/S2
	milijardi HRK			milijardi HRK		%	%
2021.-2030.	229,72	183,74	252,85	23,14	69,11	10%	38%
2031.-2040.	214,77	180,78	351,37	136,59	170,59	64%	94%
2041.-2050.	221,88	175,58	383,20	161,32	207,62	73%	118%
Ukupno	666,37	540,10	987,41	321,05	447,32	48%	83%



Slika 9.20. Usporedba procijenjenih ukupnih ulaganja prema scenarijima

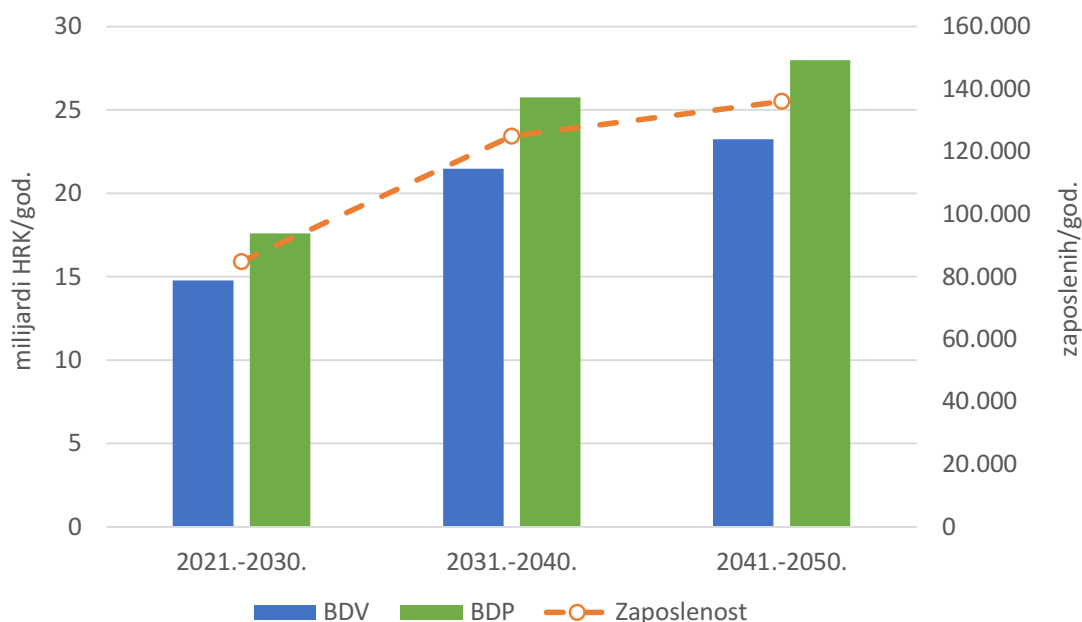
10. UTJECAJ NA GOSPODARSTVO

U ovom poglavlju je dana procjena makroekonomskih učinaka ulaganja u energetski sektor i hrvatsko gospodarstvo definiranih analiziranim S_N scenarijem. Za analizu učinaka utvrđenih ulaganja u gospodarstvo primijenjeni su *input-output* modeli koji su korišteni i u analizi S1 scenarija i S2 scenarija u Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu, usvojenoj u Hrvatskom saboru 28. veljače 2020. godine („Narodne novine“, broj 25/2020). Na ovaj način osiguran je metodološki kontinuitet u utvrđivanju učinaka navedenih mjera na hrvatsko gospodarstvo.

Rezultati analize podijeljeni su na tri razdoblja: od 2021. do 2030., od 2031. do 2040. i od 2041. do 2050. godine. Ujedno su prikazani i prosječni rezultati za cijelo razdoblje od 2021. do 2050. godine. U tablici 10.1. prikazani su apsolutni godišnji učinci danih mjera prema scenariju S_N .

Tablica 10.1. Ukupni apsolutni godišnji učinci ulaganja

	Investicije	Dodana vrijednost	Uvoz	Porezi	BDP	Zaposlenost
	<i>milijardi HRK/god.</i>					<i>zaposlenih/god.</i>
2021.-2030.	25,29	14,78	9,88	2,82	17,60	84.850
2031.-2040.	35,14	21,47	12,80	4,28	25,75	124.949
2041.-2050.	38,32	23,25	14,14	4,73	27,98	136.076
UKUPNO 2021.2050.	32,91	19,83	12,28	3,94	23,78	115.292



Slika 10.1. Apsolutni godišnji učinci ulaganja prema razdobljima

U prvom analiziranom razdoblju uz predviđene godišnje investicije od 25,3 mlrd. kuna zaposlenost bi godišnje porasla za oko 85.000 zaposlenih, dodana vrijednost za 14,8 mlrd. kuna, uvoz za oko 9,9 mlrd. kuna, porezi za 2,8 mlrd. kuna, a BDP bi porastao za 17,6 mlrd. kuna.

U drugom analiziranom razdoblju uz predviđene godišnje investicije od 35,1 mlrd. kuna zaposlenost bi godišnje porasla za oko 125.000, dodana vrijednost za 21,5 mlrd. kuna, uvoz za oko 12,8 mlrd. kuna, porezi za 4,3 mlrd. kuna, a BDP bi porastao za 25,7 mlrd. kuna.

U trećem analiziranom razdoblju uz predviđene godišnje investicije od 38,3 mlrd. kuna zaposlenost bi godišnje porasla za oko 136.000, dodana vrijednost za 23,2 mlrd. kuna, uvoz za oko 14,1 mlrd. kuna, porezi za 4,7 mlrd. kuna, a BDP bi porastao za 28 mlrd. kuna.

U cjelokupnom analiziranom razdoblju uz predviđene godišnje investicije od 32,9 mlrd. kuna zaposlenost bi prosječno godišnje porasla za oko 115.000 zaposlenih, dodana vrijednost za 19,8 mlrd. kuna, uvoz za oko 12,3 mlrd. kuna, porezi za 3,9 mlrd. kuna, a BDP bi porastao za 23,8 mlrd. kuna.

U tablici u nastavku prikazani su ukupni relativni godišnji učinci ulaganja. Promjene su analizirane u odnosu na ukupnu razinu BDP-a i investicija iz 2019. godine te ukupnu zaposlenost iz 2019. godine. Hrvatski BDP je 2019. godine iznosio 400,1 mlrd. kuna, ukupne investicije 82,7 mlrd. kuna, a bilo je ukupno 1,692 milijuna zaposlenih radnika.

Tablica 10.2. Ukupni relativni godišnji učinci ulaganja (baza 2019. godina)

	Investicije	Zaposlenost	Dodana vrijednost	Uvoz	Porezi	BDP
2021.-2030.	30,57%	5,01%	4,50%	4,78%	4,14%	4,40%
2031.-2040.	42,48%	7,38%	6,54%	6,19%	6,29%	6,44%
2041.-2050.	46,33%	8,04%	7,08%	6,84%	6,95%	6,99%
UKUPNO 2021.-2050.	39,79%	6,81%	6,04%	5,93%	5,79%	5,94%

Rezultati analize prvog razdoblja ukazuju da će ukupne investicije predviđene u analiziranom S_N scenariju utjecati na povećanje bruto domaćeg proizvoda (i bruto dodane vrijednosti) od 4,4 % (4,5 %) s obzirom na razinu BDP-a iz 2019. godine. Planirane investicije čine oko 30,6 % ukupno realiziranih investicija u Hrvatskoj 2019. godine. Zaposlenost će godišnje porasti za 5 % u odnosu na ukupan broj zaposlenih 2019. godine.

Rezultati analize drugog razdoblja ukazuju na značajnije makroekonomske učinke predviđenih investicija. Na taj način će ukupne investicije predviđene u S_N scenariju utjecati na povećanje BDP-a od 6,44 %, a BDV-a od 6,54 % u odnosu na razinu BDP-a iz 2019. godine. Planirane godišnje investicije u drugom razdoblju čine oko 42,5 % ukupno realiziranih investicija u Hrvatskoj 2019. godine. Zaposlenost će u 2031. godini porasti za 7,38 % u odnosu na razinu zaposlenosti iz 2019. godine. Također, kao i u prvom razdoblju, očekuje se da rast zaposlenosti neće imati istu dinamiku u idućim godinama.

Rezultati analize trećeg razdoblja ukazuju na još izraženije makroekonomske učinke predviđenih investicija s obzirom na njihov rast u trećem razdoblju. Na taj način će ukupne investicije predviđene u analiziranom scenariju utjecati na povećanje BDP-a od 6,99 % i BDV-a od 7,08 % u odnosu na razinu BDP-a iz 2019. godine. Planirane godišnje investicije u drugom razdoblju čine oko 46,3 % ukupno realiziranih investicija u Hrvatskoj 2019. godine. Zaposlenost će u 2041. godini porasti za 8,04 % u odnosu na razinu zaposlenosti iz 2019. godine. Također, kao i u prvom razdoblju očekuje se da rast zaposlenosti neće imati istu dinamiku u idućim godinama.

Rezultati analize ukupnoga analiziranog razdoblja od 2021. do 2050. godine ukazuju da će BDP porasti za 5,94 %, a BDV za 6,04 % s obzirom na razinu BDP-a iz 2019. godine. Planirane investicije čine oko 39,8 % ukupno realiziranih investicija u Hrvatskoj 2019. godine. Zaposlenost će godišnje porasti za 6,81 % u odnosu na ukupan broj zaposlenih 2019. godine.

Provedena analiza i dobiveni rezultati ukazuju na značajne makroekonomske učinke ulaganja na hrvatsko gospodarstvo, prikazano kroz utjecaj na BDP i zaposlenost. Pritom su svi rezultati iskazani kao prosječne apsolutne godišnje promjene.

U nastavku je prikazana usporedba apsolutnih godišnjih učinaka ulaganja prema scenarijima S1, S2 i scenariju klimatske neutralnosti S_N. Prosječne godišnje investicije prema scenariju S_N iznose 32,9 milijardi kuna te su u odnosu na scenarij S1 veće za 48%, a u odnosu na S2 za 83%.

Veći iznos investicija prema scenariju S_N rezultira: većim porastom zaposlenosti za 75%, dodane vrijednosti za 60%, uvoza za 32%, poreza za 68% te BDP-a za 61% u odnosu na scenarij S1.

Promatrano u odnosu na scenarij S2, porast zaposlenosti je veći za 118%, dodana vrijednost za 99%, uvoz za 62%, porezi za 114% te BDP za 101%.

Tablica 10.3. Usporedba ukupnih apsolutnih godišnjih učinaka ulaganja prema scenarijima

	Investicije	Dodana vrijednost	Uvoz	Porezi	BDP	Zaposlenost
	<i>milijardi HRK/god.</i>					<i>zaposlenih/god.</i>
S1	22,2	12,4	9,3	2,3	14,8	66.025
S2	18,0	10,0	7,6	1,8	11,8	52.831
S_N	32,9	19,8	12,3	3,9	23,8	115.292

Važno je napomenuti kako su učinci iskazani u odnosu na bazne vrijednosti zaposlenosti, dodane vrijednosti i ostalih varijabli, te kako s vremenom te vrijednosti rastu, i učinak će biti relativno slabiji. Nadalje, treba uzeti u obzir kako izračun učinka na zaposlenost pretpostavlja punu iskorištenost inputa rada u domaćem gospodarstvu s implikacijom da je stvarni učinak ipak manji. Naime, visok učinak rasta zaposlenosti implicira povećani input rada u proizvodnom procesu, koji će se djelomično odraziti na rast produktivnosti i povećanje broja radnih sati, a tek djelomično na povećanje broja radnih mjesta. Slično, pretpostavlja se kako prosječne stope poreza i subvencija na proizvode (većina kojih je u obliku PDV-a) dane prema skupinama proizvoda i usluga u *input-output* tablici ostaju nepromijenjene tijekom promatranog razdoblja. Istovjetno vrijedi i za pretpostavku o uvozu proizvoda u zadanim proporcijama (prema IO tablici iz 2015.), kao i za fiksne udjele dodane vrijednosti u proizvodnji.

11. POPIS KRATICA

AD – anaerobna digestija

AEC - alkalna elektroliza (engl. *alkaline electrolysis*)

CCS - hvatanje i skladištenje CO₂ - (engl. *Carbon Capture and Storage*)

CCUS – hvatanje, korištenje i skladištenje CO₂ - (engl. *Carbon Capture Use and Storage*)

CCGT - postrojenja kombiniranog ciklusa (engl. *Combined Cycle Gas Turbine*)

CGO – centri za gospodarenje otpadom

DAC – Direct Air Capture

DEMO – Demonstration fusion reactor

DME – dimetil eter

DTR – opteretivost vodiča u realnom vremenu (engl. *Dynamic Thermal Rating*)

DONES - DEMO Oriented Neutron Source

DV - dalekovod

EES – elektroenergetski sustav

EOR – povećanje iscrpka nafte i plina (engl. *Enhanced Oil Recovery*)

ETS – sustav za trgovanje emisijama (engl. *Emission trading system*)

FACTS - fleksibilni AC sustav prijenosa (engl. *Flexible Alternating Current Transmission System*)

FCL – ograničenje struje kvara (engl. *Fault Current Limiter*)

FF – gorivo fosilnog porijekla – (engl. *Fossil Fuel*)

FN – fotonaponski

FT – Fischer-Tropsch proces

GIO – gorivo iz otpada

GWP – Global Warming Potential

HOPS – Hrvatski operator prijenosnog sustava

HVDC – istosmjerna visokonaponska postrojenja (engl. *High-voltage direct current*)

HTLS – visokotemperaturni vodiči malih provjesa (engl. *High Temperature Low Sag*)

IGCC - integrirani kombinirani ciklus (engl. *Integrated Gasification Combined Cycle*)

ILUC – Indirect Land Use Change

nZEB – zgrada gotovo nulte energije (engl. *nearly zero-energy building*)

OCGT - plinske turbine otvorenog ciklusa (engl. *Open Cycle Gas Turbine*)

ODS – operator distribucijskog sustava

OIE – obnovljivi izvori energije

PEMEC - elektroliza protonske izmjenjivačke membrane (engl. *proton exchange membrane electrolysis*)

PTV – potrošna topla voda

P/f – snaga/frekvencija

SE – solarna elektrana

SBM – stlačeni biometan

SCPC - elektrane sa superkričnim parametrima pare (engl. *Super Critical Pulverized Coal*)

SOEC - elektroliza provođenja iona čvrstim oksidom (engl. *ion conducting solid oxide electrolysis*)

SPP – stlačeni prirodni plin

SVC – statički VAR kompenzatori (engl. *static VAR compensator*)

TS - transformatorska stanica

UPP – ukapljeni prirodni plin

VA – vjetroagregat

VE - vjetroelektrana

12. POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Kretanje fonda zgrada do 2050. godine	9
Tablica 3.1. Procjena kapaciteta za skladištenje CO ₂ u Republici Hrvatskoj.....	18
Tablica 6.1. Ostvareno i očekivano smanjenje emisije po sektorima	41
Tablica 6.2. Smanjenje energetske emisije ETS sektora	42
Tablica 9.1. Usporedba ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima	62
Tablica 9.2. Usporedba ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima.....	64
Tablica 9.3. Usporedba ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima	67
Tablica 9.4. Usporedba ulaganja u razvoj sustave prirodnog plina prema scenarijima	68
Tablica 9.5. Usporedba ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata prema scenarijima.....	70
Tablica 9.6. Usporedba ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima	73
Tablica 9.7. Usporedba ulaganja u sektor prometa prema scenarijima	74
Tablica 9.8. Usporedba ulaganja u proizvodnju biogoriva prema scenarijima.....	76
Tablica 9.9. Usporedba ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima	77
Tablica 9.10. Procijenjene površine sunčanih toplinskih kolektora prema različitim scenarijima	78
Tablica 9.11. Usporedba ukupnih ulaganja prema scenarijima.....	79
Tablica 10.1. Ukupni apsolutni godišnji učinci ulaganja	80
Tablica 10.2. Ukupni relativni godišnji učinci ulaganja (baza 2019. godina).....	81
Tablica 10.3. Usporedba ukupnih apsolutnih godišnjih učinaka ulaganja prema scenarijima	82
Tablica 15.1. Usporedba godišnjih ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima.....	101
Tablica 15.2. Usporedba godišnjih ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima.....	101
Tablica 15.3. Usporedba godišnjih ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima.....	101
Tablica 15.4. Usporedba godišnjih ulaganja u razvoj sustave prirodnog plina prema scenarijima.....	101
Tablica 15.5. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata prema scenarijima	101
Tablica 15.6. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima	102
Tablica 15.7. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor prometa prema scenarijima.....	102
Tablica 15.8. Usporedba godišnjih ulaganja u proizvodnju biogoriva prema scenarijima... ..	102
Tablica 15.9. Usporedba godišnjih ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima	102
Tablica 15.10. Usporedba ukupnih godišnjih ulaganja prema scenarijima.....	102

13. POPIS SLIKA

Slika 5.1. Projekcija neposredne potrošnje energije po sektorima potrošnje	22
Slika 5.2. Projekcija neposredne potrošnje energije prema energentima.....	23
Slika 5.3. Projekcija neposredne potrošnje energije u industriji	24
Slika 5.4. Projekcija neposredne potrošnje energije u prometu	25
Slika 5.5. Projekcija neposredne potrošnje energije u sektoru kućanstava	26
Slika 5.6. Projekcija neposredne potrošnje energije u sektoru usluga	26
Slika 5.7. Projekcija neposredne potrošnje energije u poljoprivredi	27
Slika 5.8. Snaga elektrana do 2050. godine	27
Slika 5.9. Proizvodnja električne energije (TWh)	29
Slika 5.10. Proizvodnja električne energije (ktoe)	29
Slika 5.11. Ukupna potrošnja energije	30
Slika 5.12. Obnovljivi izvori energije	31
Slika 5.13. Proizvodnja i uvoz energije	31
Slika 5.14. Finalna potrošnja toplinske energije prema sektorima potrošnje	34
Slika 5.15. Proizvodnja toplinske energije iz javnih toplana, javnih koltovnica i dizalica topline	35
Slika 5.16. Potrošnja energenata za proizvodnju toplinske i električne energije	35
Slika 5.17. Proizvodnja naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva	36
Slika 5.18. Projekcija proizvodnje, potrošnje i neto uvoza naftnih derivata, vodika i sintetičkih tekućih goriva.....	37
Slika 5.19. Projekcija proizvodnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana	37
Slika 5.20. Projekcija potrošnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana.....	38
Slika 5.21. Projekcija proizvodnje, potrošnje i neto uvoza prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana	38
Slika 5.22. Struktura potrošnje prirodnog plina, sintetičkog plina i biometana.....	39
Slika 6.1. Projekcija emisija stakleničkih plinova	40
Slika 6.2. Projekcija emisija stakleničkih plinova za scenarije S_N , S_0 , S_1 i S_2	41
Slika 6.3. Projekcija ukupnih emisija stakleničkih plinova za scenarije S_N i S_1	42
Slika 6.4. Količine korištenih goriva obuhvaćene CCS tehnologijom	43
Slika 6.5. Sektori u kojima je predviđeno korištenje CCS tehnologije	43
Slika 6.6. Doprinos CCS-a smanjenju emisija stakleničkih plinova	44
Slika 9.1. Procjena ulaganja u proizvodnju električne energije	62
Slika 9.2. Usporedba procijenjenih ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima.....	63
Slika 9.3. Procjena ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu.....	64
Slika 9.4. Usporedba procijenjenih ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima.....	65
Slika 9.5. Procjena ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja.....	67
Slika 9.6. Usporedba procijenjenih ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima.....	67
Slika 9.7. Procjena ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina	68
Slika 9.8. Usporedba procijenjenih ulaganja u razvoj sustava prirodnog plina prema scenarijima.....	69
Slika 9.9. Procjena ulaganja u istraživanje ugljikovodika, modernizaciju rafinerija, transport i skladištenje te proizvodnju vodika i sintetičkih goriva u rafineriji prema S_N scenariju.....	70
Slika 9.10. Usporedba procijenjenih ulaganja u naftni sektor prema scenarijima.....	71

Slika 9.11. Procjena ulaganja u proizvodnju i skladištenje vodika te proizvodnju tekućih i plinovitih sintetičkih goriva iz OIE-a prema S _N scenariju.....	72
Slika 9.12. Usporedba procijenjenih ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima	73
Slika 9.13 Procjena ulaganja u infrastrukturu za prijenos alternativnih izvora energije na prometna vozila/plovila i u vozila s pogonom na alternativne izvore energije	74
Slika 9.14 Usporedba procijenjenih ulaganja u sektor prometa prema scenarijima	75
Slika 9.15. Procjena ulaganja u kapacitete za proizvodnju naprednih biogoriva prema scenariju S _N	75
Slika 9.16. Usporedba procijenjenih ulaganja u proizvodnju naprednih biogoriva prema scenarijima.....	76
Slika 9.17. Procjena ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenariju S _N	77
Slika 9.18. Usporedba procijenjenih ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima	77
Slika 9.19. Procjena ukupnih ulaganja prema scenariju S _N	78
Slika 9.20. Usporedba procijenjenih ukupnih ulaganja prema scenarijima.....	79
Slika 10.1. Apsolutni godišnji učinci ulaganja prema razdobljima	80

14. PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

U nastavku su prikazane projicirane energetske bilance za 2030. 2040. i 2050. godinu. Kao bazna godina za procjenu potrošnje do 2050. godine korištena je 2018. godina kao zadnja godina za koju je raspoloživa detaljna energetska bilanca.

Za analizirani scenarij izrađena je projekcija neposredne potrošnje svih oblika energije (npr. fosilna goriva, biomasa, električna energija i dr.) korištenjem *bottom-up* (odozdo prema gore) pristupa koji omogućava sagledavanje strukturnih promjena na strani korištenja energije u različitim sektorima (npr. industrija, kućanstva, uslužni sektor, promet), a koje su nužne za ostvarenje ciljeva ublažavanja klimatskih promjena.

Polazeći od raspoloživosti lokalnih resursa i izvora primarnih oblika energije, analizirana je mogućnost zadovoljenja potreba svim oblicima energije. Za umrežene sustave (npr. električna energija, prirodni plin) provedena je analiza i optimizacija rada i razvoja sustava proizvodnje, prijenosa/transporta i distribucije energije do krajnjih korisnika po načelu minimalnog troška, a uzimajući u obzir ograničenja utjecaja na okoliš.

Energetske bilance za potrebe ove Studije izrađene su u skadu s Eurostat metodaologijom izrade bilance, a osnovni principi prikazani su u nastavku.

Ukupno potrebna energija ili ukupna potrošnja energije na određenom području prva je karakteristična veličina tijekom energije koja se određuje energetsom bilancom. Da bi se odredila ukupna potrošnja potrebno je znati slijedeće veličine za svaki oblik energije:

- proizvodnja na vlastitom području
- uvoz iz drugih područja
- izvoz u druga područja
- saldo stanja na skladištima
- bunker brodova.

Kod izrade projiciranih energetskih bilanci (za budućnost) obično se pretpostavlja da su saldo stanja na skladištima i bunker brodova jednaki nuli.

Ukupna potrošnja promatranog oblika energije određuje se tako da se zbroje proizvodnja, uvoz i saldo stanja na skladištima, a oduzmu izvoz i tzv. bunker brodova.

Svrha izrade ovog (prvog) dijela energetske bilance u prvom redu je određivanje ukupne potrošnje energije na analiziranom području.

Nakon što je određena ukupna potrošnja energije, provodi se analiza sektora energetskih transformacija i to najprije proizvodnja transformiranih oblika energije u pojedinim postrojenjima za energetske transformacije, a nakon toga potrošnja oblika energije za energetske transformacije u tim istim postrojenjima. Svaki redak toga dijela tablice odnosi se na karakteristično postrojenje za energetske transformacije kao što su hidroelektrane, nuklearne elektrane, termoelektrane, javne i industrijske toplane, javne i industrijske kotlovnice, rafinerije nafte itd.

Kada se od raspoloživih količina pojedinih oblika energije oduzme potrošnja za energetske transformacije i potrošnja za pogon energetskih postrojenja, određena je neposredna ili finalna potrošnja, koja se dijeli u dvije osnovne skupine – energetske i neenergetske potrošnje.

14.1. Energetska bilanca za 2030. godinu

Energetska bilanca za 2030. godinu	Ukupno	Ugljen	Koks	Sirovanafta	Rafinerijski poluproizvodi	LPG	Motorni benzin	Aviobenzin	MG i petrolej	Dizelsko gorivo
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	5.557,3			782,0		45,4				
Uvoz	4.478,5	422,2	23,0	1.890,9	385,1			0,5	20,8	140,0
Izvoz	1.053,1					124,2	140,7			
UKUPNA POTROŠNJA	8.982,7	422,2	23,0	2.673,0	385,1	-78,9	-140,7	0,5	20,8	140,0
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane	705,2									
Vjetroelektrane	460,2									
Solarne elektrane	79,9									
Geotermalne elektrane	67,8									
Termoelektrane	283,3									
Javne toplane	482,1									
Javne kotlovnice	45,7									
Industrijske toplane	27,5									
Toplinske crpke	26,4									
Postrojenja za vodik	0,2									
Rafinerije	3.197,5					186,0	632,7		203,6	1.359,1
Postrojenja za drveni ugljen	8,3									
UKUPNA PROIZVODNJA	5.384,1					186,0	632,7		203,6	1.359,1
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane	705,2									
Vjetroelektrane	460,2									
Solarne elektrane	79,9									
Geotermalne elektrane	451,7									
Termoelektrane	645,0	374,0								
Javne toplane	588,0									
Javne kotlovnice	51,7									
Industrijske toplane	63,4									
Toplinske crpke	7,0									
Postrojenja za vodik	0,2									
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije	3.229,8			2.673,0	385,1					
Postrojenja za drveni ugljen	20,8									
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	6.302,9	374,0		2.673,0	385,1					
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina	133,7									
Hidroelektrane	151,5									
- utrošeno za crpke	143,1									
Termoelektrane	25,9									
Javne toplane	28,2									
Vjetroelektrane	2,3									
Geotermalne elektrane	11,5									
Rafinerije	355,7									
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA	708,8									
GUBICI	174,6									
PREDANO POTROŠAČIMA	7.180,5	48,2	23,0			107,1	492,0	0,5	224,4	1.499,0
NEENERGETSKA POTROŠNJA	547,5									
ENERGETSKA POTROŠNJA	6.633,0	48,2	23,0			107,1	492,0	0,5	224,4	1.499,0
INDUSTRIJA	1.175,0	46,5	23,0			5,9	3,3		3,3	77,2
PROMET	2.321,1					49,7	483,5	0,5	221,1	1.284,5
OPĆA POTROŠNJA	3.137,0	1,6				51,6	5,1			137,3
Kućanstva	2.016,5	1,6				42,8				
Usluge	911,0					8,0				
Poljoprivreda	209,4					0,8	5,1			137,3

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2030. godinu - nastavak -	Ekstralako lož ulje	Loživo ulje	Naftni koks	Primarni benzin	Bitumen	Specijalni benzini	Ulja i maziva	Parafin	Ostali neen. proizvodi	Prirodni plin	Vodne snage
1 000 toe											
Primarna proizvodnja				28,8						1.217,2	705,2
Uvoz		13,8	29,6		103,0	2,0	17,6	7,0		942,4	
Izvoz	50,5			227,3					79,7		
UKUPNA POTROŠNJA	-50,5	13,8	29,6	-198,5	103,0	2,0	17,6	7,0	-79,7	2.159,6	705,2
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE											
Hidroelektrane											
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Javne kotlovnice											
Industrijske toplane											
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Rafinerije	131,8		180,2	227,3			8,2		84,7		
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNA PROIZVODNJA	131,8		180,2	227,3			8,2		84,7		
POTROŠNJA ZA TRANSF.											
Hidroelektrane											705,2
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane										168,8	
Javne toplane										212,0	
Javne kotlovnice										21,0	
Industrijske toplane										44,6	
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Postrojenja za sin. plin											
Postrojenja za sin. tekuća goriva											
Rafinerije				28,8						142,9	
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE				28,8						589,3	705,2
POTROŠNJA ENERGETIKE											
Proizvodnja nafte i plina										120,8	
Hidroelektrane											
- utrošeno za crpke											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Vjetroelektrane											
Geotermalne elektrane											
Rafinerije			91,6							75,7	
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA			91,6							196,5	
GUBICI										29,6	
PREDANO POTROŠAČIMA	81,4	13,8	118,3		103,0	2,0	25,8	7,0	5,0	1.344,3	
NEENERGETSKA POTROŠNJA					103,0	2,0	25,8	7,0	5,0	404,7	
ENERGETSKA POTROŠNJA	81,4	13,8	118,3						0,0	939,6	
INDUSTRIJA	10,8	13,8	118,3							320,8	
PROMET										33,3	
OPĆA POTROŠNJA	70,5									585,5	
Kućanstva	48,0									367,9	
Usluge	21,2									198,2	
Poljoprivreda	1,3									19,3	

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2030. godinu - nastavak -	Energija vjetra	Sunce (toplina)	Sunce PV	Kruta biomasa	Drveni ugljen	Bioplin	Biometan	Obnovljivi gradski otpad	Biobenzin	Biodizel
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	460,2	43,5	79,9	1.296,7		74,2	12,0	102,2	48,1	146,2
Uvoz										
Izvoz										
UKUPNA POTROŠNJA	460,2	43,5	79,9	1.296,7		74,2	12,0	102,2	48,1	146,2
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Javne kotlovnice										
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen					8,3					
UKUPNA PROIZVODNJA					8,3					
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane	460,2									
Solarne elektrane			79,9							
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane								102,2		
Javne toplane		4,0		286,0		72,0				
Javne kotlovnice				26,0						
Industrijske toplane						2,2				
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen				20,8						
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	460,2	4,0	79,9	332,8		74,2		102,2		
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										
Hidroelektrane										
- utrošeno za crpke										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Vjetroelektrane										
Geotermalne elektrane										
Rafinerije										
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA										
GUBICI										
PREDANO POTROŠAČIMA		39,5		964,0	8,3	0,0	12,0		48,1	146,2
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA		39,5		964,0	8,3	0,0	12,0		48,1	146,2
INDUSTRIJA		4,0		95,5			4,0		0,4	8,6
PROMET							1,8		46,1	122,4
OPĆA POTROŠNJA		35,5		868,4	8,3		6,2		1,7	15,3
Kućanstva		16,0		834,4	7,1		1,9			
Usluge		19,3		33,2	1,2		2,1			
Poljoprivreda		0,2		0,8			2,3		1,7	15,3

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2030. godinu - nastavak -	Bio mlazno gorivo	Ostala biogoriva	Geotermalna energija	Aero, geo, hidro term. energija	Industrijski otpad (neobn.)	Vodik	Sin. plin	Sin. tekuća goriva	Daljinska toplina	Električna energija
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	0,4	2,6	502,0		10,6					
Uvoz										480,5
Izvoz										430,7
UKUPNA POTROŠNJA	0,4	2,6	502,0		10,6					49,8
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										705,2
Vjetroelektrane										460,2
Solarne elektrane										79,9
Geotermalne elektrane										67,8
Termoelektrane										283,3
Javne toplane									192,8	289,2
Javne kotlovnice									45,7	
Industrijske toplane										27,5
Toplinske crpke				26,4						
Postrojenja za vodik						0,2				
Rafinerije						0,5				
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNA PROIZVODNJA				26,4		0,7			238,6	1.913,1
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane			451,7							
Termoelektrane										
Javne toplane			14,0							
Javne kotlovnice			4,7							
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										7,0
Postrojenja za vodik										0,2
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE			470,4							7,2
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										12,9
Hidroelektrane										151,5
- utrošeno za crpke										143,1
Termoelektrane										25,9
Javne toplane									14,9	13,3
Vjetroelektrane										2,3
Geotermalne elektrane										11,5
Rafinerije										21,6
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA									14,9	239,1
GUBICI									25,0	120,0
PREDANO POTROŠAČIMA	0,4	2,6	31,5	26,4	10,6	0,7			198,6	1.596,6
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA	0,4	2,6	31,5	26,4	10,6	0,7			198,6	1.596,6
INDUSTRIJA	0,4		8,3	7,8	10,6				58,9	353,4
PROMET		2,6				0,7				74,9
OPĆA POTROŠNJA			23,2	18,6					139,8	1.168,3
Kućanstva			3,7	12,0					90,3	590,8
Usluge			13,2	5,8					43,4	565,5
Poljoprivreda			6,2	0,8					6,1	12,0

14.2. Energetska bilanca za 2040. godinu

Energetska bilanca za 2040. godinu	Ukupno	Ugljen	Koks	Sirovinafta	Rafinerijski poluproizvodi	LPG	Motorni benzin	Aviobenzin	MG i petrolej	Dizelsko gorivo
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	5.240,2			638,9		37,1				
Uvoz	3.493,5	27,5	18,0	1.027,6	274,0			0,6	74,5	
Izvoz	974,0					103,0	32,9			48,4
UKUPNA POTROŠNJA	7.759,7	27,5	18,0	1.666,5	274,0	-65,9	-32,9	0,6	74,5	-48,4
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane	681,0									
Vjetroelektrane	609,8									
Solarne elektrane	476,6									
Geotermalne elektrane	92,7									
Termoelektrane	171,1									
Javne toplane	345,3									
Javne kotlovnice	33,6									
Industrijske toplane	24,1									
Toplinske crpke	60,7									
Postrojenja za vodik	96,5									
Postrojenja za sin. plin	56,7									
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije	2.332,1					117,1	426,8		139,0	913,7
Postrojenja za drveni ugljen	7,8									
UKUPNA PROIZVODNJA	4.987,9					117,1	426,8		139,0	913,7
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane	681,0									
Vjetroelektrane	609,8									
Solarne elektrane	476,6									
Geotermalne elektrane	545,2									
Termoelektrane	327,8									
Javne toplane	429,0									
Javne kotlovnice	38,2									
Industrijske toplane	55,1									
Toplinske crpke	15,6									
Postrojenja za vodik	110,9									
Postrojenja za sin. plin	70,9									
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije	2.355,6			1.666,5	274,0					
Postrojenja za drveni ugljen	19,5									
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	5.735,2			1.666,5	274,0					
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina	162,8									
Hidroelektrane	120,0									
- utrošeno za crpke	111,8									
Termoelektrane	12,9									
Javne toplane	20,1									
Vjetroelektrane	3,0									
Geotermalne elektrane	15,8									
Rafinerije	273,6									
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA	608,1									
GUBICI	186,5									
PREDANO POTROŠAČIMA	6.217,8	27,5	18,0	0,0		51,2	393,9	0,6	213,5	865,3
NEENERGETSKA POTROŠNJA	540,0									
ENERGETSKA POTROŠNJA	5.677,8	27,5	18,0	0,0		51,2	393,9	0,6	213,5	865,3
INDUSTRIJA	1.105,8	26,9	18,0			2,2	2,0		2,0	39,7
PROMET	2.041,2					24,4	388,1	0,6	211,5	733,3
OPĆA POTROŠNJA	2.530,7	0,6				24,6	3,8			92,3
Kućanstva	1.464,4	0,6				21,7				
Usluge	870,9					2,6				
Poljoprivreda	195,5					0,2	3,8			92,3

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2040. godinu - nastavak -	Ekstralako lož ulje	Loživo ulje	Naftni koks	Primarni benzin	Bitumen	Specijalni benzini	Ulja i maziva	Parafin	Ostali neen. proizvodi	Priradni plin	Vodne snage
1 000 toe											
Primarna proizvodnja				23,5						713,8	681,0
Uvoz			44,2		108,2	2,0	17,5	8,0		1.233,4	
Izvoz	59,7			153,7					52,3		
UKUPNA POTROŠNJA	-59,7		44,2	-130,2	108,2	2,0	17,5	8,0	-52,3	1.947,2	681,0
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE											
Hidroelektrane											
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Javne kotlovnice											
Industrijske toplane											
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Postrojenja za sin. plin											
Postrojenja za sin. tekuća goriva											
Rafinerije	76,7		129,3	153,7			6,1		58,3		
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNA PROIZVODNJA	76,7		129,3	153,7			6,1		58,3		
POTROŠNJA ZA TRANSF.											
Hidroelektrane											681,0
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane										225,3	
Javne toplane										30,0	
Javne kotlovnice										7,0	
Industrijske toplane										38,4	
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Postrojenja za sin. plin											
Postrojenja za sin. tekuća goriva											
Rafinerije				23,5						391,6	
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE				23,5						692,3	681,0
POTROŠNJA ENERGETIKE											
Proizvodnja nafte i plina										149,8	
Hidroelektrane											
- utrošeno za crpke											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Vjetroelektrane											
Geotermalne elektrane											
Rafinerije			68,3							62,1	
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA			68,3							211,9	
GUBICI										25,5	
PREDANO POTROŠAČIMA	17,1		105,2		108,2	2,0	23,6	8,0	6,0	1.017,4	
NEENERGETSKA POTROŠNJA					108,2	2,0	23,6	8,0	6,0	392,2	
ENERGETSKA POTROŠNJA	17,1		105,2							625,2	
INDUSTRIJA			105,2							221,3	
PROMET										81,8	
OPĆA POTROŠNJA	17,1									322,1	
Kućanstva	13,3									193,0	
Usluge	3,7									117,8	
Poljoprivreda	0,1									11,3	

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2040. godinu - nastavak -	Energija vjetra	Sunce (toplina)	Sunce PV	Kruta biomasa	Drveni ugljen	Bioplin	Biometan	Obnovljivi gradski otpad	Biobenzin	Biodizel
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	609,8	101,8	476,6	896,2		74,2	36,6	102,5	44,1	132,2
Uvoz									31,3	62,4
Izvoz										
UKUPNA POTROŠNJA	609,8	101,8	476,6	896,2		74,2	36,6	102,5	75,3	194,6
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Javne kotlovnice										
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen					7,8					
UKUPNA PROIZVODNJA					7,8					
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane	609,8									
Solarne elektrane			476,6							
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane								102,5		
Javne toplane		19,0		279,0		72,0				
Javne kotlovnice				26,0						
Industrijske toplane						2,2				
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen				19,5						
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	609,8	19,0	476,6	324,5		74,2		102,5		
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										
Hidroelektrane										
- utrošeno za crpke										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Vjetroelektrane										
Geotermalne elektrane										
Rafinerije										
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA										
GUBICI										
PREĐANO POTROŠAČIMA		82,8		571,7	7,8	0,0	36,6		75,3	194,6
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA		82,8		571,7	7,8	0,0	36,6		75,3	194,6
INDUSTRIJA		14,8		139,5			5,1		0,7	17,0
PROMET							12,1		72,1	136,3
OPĆA POTROŠNJA		68,0		432,2	7,8		19,4		2,6	41,3
Kućanstva		37,3		384,7	6,5		10,2			
Usluge		30,4		46,5	1,3		4,3			
Poljoprivreda		0,3		1,0			5,0		2,6	41,3

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2040. godinu - nastavak -	Bio miazno gorivo	Ostala biogoriva	Geotermalna energija	Aero, geo, hidro term. energija	Industrijski otpad (neobn.)	Vodik	Sin. plin	Sin. tekuća goriva	Daljinska toplina	Električna energija
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	25,0	3,6	633,3		10,0					
Uvoz										564,3
Izvoz								22,3		501,8
UKUPNA POTROŠNJA	25,0	3,6	633,3		10,0			-22,3		62,4
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										681,0
Vjetroelektrane										609,8
Solarne elektrane										476,6
Geotermalne elektrane										92,7
Termoelektrane										171,1
Javne toplane									138,1	207,2
Javne kotlovnice									33,6	
Industrijske toplane										24,1
Toplinske crpke				60,7						
Postrojenja za vodik						96,5				
Postrojenja za sin. plin							56,7			
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije						112,2		70,7		
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNA PROIZVODNJA				60,7		208,7	56,7	70,7	171,7	2.262,5
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane			545,2							
Termoelektrane										
Javne toplane			26,0			3,0				
Javne kotlovnice			5,2							
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										15,6
Postrojenja za vodik										110,9
Postrojenja za sin. plin						70,9				
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE			576,4			73,9				126,5
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										13,0
Hidroelektrane										120,0
- utrošeno za crpke										111,8
Termoelektrane										12,9
Javne toplane									10,9	9,2
Vjetroelektrane										3,0
Geotermalne elektrane										15,8
Rafinerije										29,3
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA									10,9	203,1
GUBICI									19,9	141,0
PREDANO POTROŠAČIMA	25,0	3,6	56,9	60,7	10,0	134,8	56,7	48,4	140,9	1.854,3
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA	25,0	3,6	56,9	60,7	10,0	134,8	56,7	48,4	140,9	1.854,3
INDUSTRIJA	0,7		15,4	20,7	10,0	14,3	7,7		48,2	394,4
PROMET	24,3	3,6				116,4	3,8	48,4		184,6
OPĆA POTROŠNJA			41,5	39,9		4,1	45,3		92,7	1.275,3
Kućanstva			12,7	24,0			38,1		55,8	666,5
Usluge			20,0	13,6			7,2		31,6	591,9
Poljoprivreda			8,9	2,3		4,1			5,3	17,0

14.3. Energetska bilanca za 2050. godinu

Energetska bilanca za 2050. godinu	Ukupno	Ugljen	Koks	Sirovanaftha	Rafinerijski poluproizvodi	LPG	Motorni benzin	Aviobenzin	M/G i petrolej	Dizelsko gorivo
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	5.140,8			185,3		10,8				
Uvoz	3.374,3	10,3	14,0	1.423,6	260,7			0,6		
Izvoz	1.939,7					122,1	397,6		38,7	815,7
UKUPNA POTROŠNJA	6.575,3	10,3	14,0	1.609,0	260,7	-111,3	-397,6	0,6	-38,7	-815,7
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane	857,5									
Vjetroelektrane	955,3									
Solarne elektrane	798,8									
Geotermalne elektrane	147,9									
Termoelektrane	116,5									
Javne toplane	155,9									
Javne kotlovnice	20,4									
Industrijske toplane	20,6									
Toplinske crpke	97,4									
Postrojenja za vodik	572,2									
Postrojenja za sin. plin	129,9									
Postrojenja za sin. tekuća goriva	91,9									
Rafinerije	2.175,1					111,4	406,0		132,2	869,2
Postrojenja za drveni ugljen	6,8									
UKUPNA PROIZVODNJA	6.146,2					111,4	406,0		132,2	869,2
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane	857,5									
Vjetroelektrane	955,3									
Solarne elektrane	798,8									
Geotermalne elektrane	778,6									
Termoelektrane	304,2									
Javne toplane	195,5									
Javne kotlovnice	23,6									
Industrijske toplane	46,4									
Toplinske crpke	24,7									
Postrojenja za vodik	635,8									
Postrojenja za sin. plin	162,3									
Postrojenja za sin. tekuća goriva	114,9									
Rafinerije	2.197,0			1.609,0	260,7					
Postrojenja za drveni ugljen	17,0									
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	7.111,5			1.609,0	260,7					
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina	48,3									
Hidroelektrane	128,3									
- utrošeno za crpke	118,0									
Termoelektrane	9,3									
Javne toplane	10,0									
Vjetroelektrane	4,8									
Geotermalne elektrane	25,1									
Rafinerije	257,5									
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA	483,3									
GUBICI	200,3									
PREDANO POTROŠAČIMA	4.926,4	10,3	14,0			0,0	8,4	0,6	93,5	53,4
NEENERGETSKA POTROŠNJA	525,8									
ENERGETSKA POTROŠNJA	4.400,7	10,3	14,0			0,0	8,4	0,6	93,5	53,4
INDUSTRIJA	1.006,0	10,3	14,0							
PROMET	1.367,9					0,0	8,4	0,6	93,5	35,4
OPĆA POTROŠNJA	2.026,8									18,1
Kućanstva	1.105,6									
Usluge	744,8									
Poljoprivreda	176,4									18,1

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2050. godinu - nastavak -	Ekstralako lož ulje	Loživo ulje	Naftni koks	Primarni benzin	Bitumen	Specijalni benzini	Ulja i maziva	Parafin	Ostali neen. proizvodi	Prirodni plin	Vodne snage
1 000 toe											
Primarna proizvodnja				6,8						164,4	857,5
Uvoz					113,6	2,0	14,8	8,0		877,3	
Izvoz	29,8		4,6	146,2					49,4		
UKUPNA POTROŠNJA	-29,8		-4,6	-139,3	113,6	2,0	14,8	8,0	-49,4	1.041,7	857,5
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE											
Hidroelektrane											
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Javne kotlovnice											
Industrijske toplane											
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Postrojenja za sin. plin											
Postrojenja za sin. tekuća goriva											
Rafinerije	29,8		123,0	146,2			5,8		55,4		
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNA PROIZVODNJA	29,8		123,0	146,2			5,8		55,4		
POTROŠNJA ZA TRANSF.											
Hidroelektrane											857,5
Vjetroelektrane											
Solarne elektrane											
Geotermalne elektrane											
Termoelektrane										40,1	
Javne toplane										5,0	
Javne kotlovnice											
Industrijske toplane										30,5	
Toplinske crpke											
Postrojenja za vodik											
Postrojenja za sin. plin											
Postrojenja za sin. tekuća goriva											
Rafinerije				6,8						320,6	
Postrojenja za drveni ugljen											
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE				6,8						396,1	857,5
POTROŠNJA ENERGETIKE											
Proizvodnja nafte i plina										41,2	
Hidroelektrane											
- utrošeno za crpke											
Termoelektrane											
Javne toplane											
Vjetroelektrane											
Geotermalne elektrane											
Rafinerije			65,0							56,2	
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA			65,0							97,4	
GUBICI										15,7	
PREDANO POTROŠAČIMA			53,4	0,0	113,6	2,0	20,6	8,0	6,0	532,4	
NEENERGETSKA POTROŠNJA					113,6	2,0	20,6	8,0	6,0	375,5	
ENERGETSKA POTROŠNJA			53,4	0,0						156,9	
INDUSTRIJA			53,4							95,1	
PROMET										37,4	
OPĆA POTROŠNJA										24,4	
Kućanstva										13,9	
Usluge										10,5	
Poljoprivreda											

PRILOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2050. godinu - nastavak -	Energija vjetra	Sunce (toplina)	Sunce PV	Kruta biomasa	Drveni ugljen	Bioplin	Biometan	Obnovljivi gradski otpad	Biobenzin	Biodizel
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	955,3	166,5	798,8	696,0		2,2	103,3	102,2	22,0	132,2
Uvoz										41,4
Izvoz										
UKUPNA POTROŠNJA	955,3	166,5	798,8	696,0		2,2	103,3	102,2	22,0	173,6
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Javne kotlovnice										
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen					6,8					
UKUPNA PROIZVODNJA					6,8					
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane	955,3									
Solarne elektrane			798,8							
Geotermalne elektrane										
Termoelektrane				161,9				102,2		
Javne toplane		23,0		141,0						
Javne kotlovnice				18,0						
Industrijske toplane						2,2				
Toplinske crpke										
Postrojenja za vodik										
Postrojenja za sin. plin										
Postrojenja za sin. tekuća goriva										
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen				17,0						
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE	955,3	23,0	798,8	337,9		2,2		102,2		
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										
Hidroelektrane										
- utrošeno za crpke										
Termoelektrane										
Javne toplane										
Vjetroelektrane										
Geotermalne elektrane										
Rafinerije										
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA										
GUBICI										
PREDANO POTROŠAČIMA		143,5		358,1	6,8		103,3		22,0	173,6
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA		143,5		358,1	6,8		103,3		22,0	173,6
INDUSTRIJA		29,5		180,4			14,5		1,2	26,0
PROMET							59,8		15,0	63,3
OPĆA POTROŠNJA		114,0		177,6	6,8		29,0		5,8	84,3
Kućanstva		68,0		145,7	5,4		13,9			
Usluge		45,7		31,1	1,4		7,0			
Poljoprivreda		0,3		0,8			8,1		5,8	84,3

PRIOLOG 1 – ENERGETSKE BILANCE

Energetska bilanca za 2050. godinu - nastavak -	Bio miazno gorivo	Ostala biogoriva	Geotermalna energija	Aero, geo, hidro term. energija	Industrijski otpad (neobn.)	Vodik	Sin. plin	Sin. tekuća goriva	Daljinska toplina	Električna energija
1 000 toe										
Primarna proizvodnja	44,1	0,1	885,3		8,1					
Uvoz	37,7									570,3
Izvoz										335,6
UKUPNA POTROŠNJA	81,8	0,1	885,3		8,1					234,7
PROIZVODNJA TRANSFORMIRANE ENERGIJE										
Hidroelektrane										857,5
Vjetroelektrane										955,3
Solarne elektrane										798,8
Geotermalne elektrane										147,9
Termoelektrane										116,5
Javne toplane									62,4	93,6
Javne kotlovnice									20,4	
Industrijske toplane										20,6
Toplinske crpke				97,4						
Postrojenja za vodik						572,2				
Postrojenja za sin. plin							129,9			
Postrojenja za sin. tekuća goriva								91,9		
Rafinerije						106,7		67,3		
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNA PROIZVODNJA				97,4		678,9	129,9	159,2	82,8	2.990,2
POTROŠNJA ZA TRANSF.										
Hidroelektrane										
Vjetroelektrane										
Solarne elektrane										
Geotermalne elektrane			778,6							
Termoelektrane										
Javne toplane			26,0			0,5				
Javne kotlovnice			5,6							
Industrijske toplane										
Toplinske crpke										24,7
Postrojenja za vodik										635,8
Postrojenja za sin. plin						162,3				
Postrojenja za sin. tekuća goriva						114,9				
Rafinerije										
Postrojenja za drveni ugljen										
UKUPNO ZA TRANSFORMACIJE			810,2			277,7				660,4
POTROŠNJA ENERGETIKE										
Proizvodnja nafte i plina										7,0
Hidroelektrane										128,3
- utrošeno za crpke										118,0
Termoelektrane										9,3
Javne toplane									5,3	4,7
Vjetroelektrane										4,8
Geotermalne elektrane										25,1
Rafinerije										27,8
UKUPNO ZA POGON EN. POSTROJENJA									5,3	207,1
GUBICI									13,9	170,7
PREDANO POTROŠAČIMA	81,8	0,1	75,2	97,4	8,1	401,2	129,9	159,2	63,5	2.186,7
NEENERGETSKA POTROŠNJA										
ENERGETSKA POTROŠNJA	81,8	0,1	75,2	97,4	8,1	401,2	129,9	159,2	63,5	2.186,7
INDUSTRIJA	1,6		19,3	42,9	8,1	33,9	16,1		27,9	431,6
PROMET	80,1	0,1				349,3	52,4	159,2		413,5
OPĆA POTROŠNJA			55,8	54,6		18,1	61,3		35,6	1.341,7
Kućanstva			18,6	33,9			46,4		22,1	737,7
Usluge			25,1	15,9			14,9		10,4	582,9
Poljoprivreda			12,2	4,7		18,1			3,1	21,1

15. PRILOG 2 – PROCJENA PROSJEČNIH GODIŠNJIH ULAGANJA PO SEKTORIMA

Tablica 15.1. Usporedba godišnjih ulaganja u proizvodnju električne energije prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	1,91	1,63	1,99	0,08	0,36
2031.-2040.	2,17	1,75	3,88	1,71	2,13
2041.-2050.	2,81	1,93	3,90	1,09	1,97
Ukupno	6,89	5,32	9,77	2,89	4,46

Tablica 15.2. Usporedba godišnjih ulaganja u prienosnu elektroenergetsku mrežu prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	0,82	0,79	0,77	-0,05	-0,02
2031.-2040.	0,74	0,50	0,80	0,07	0,31
2041.-2050.	0,74	0,50	0,80	0,07	0,31
Ukupno	2,29	1,78	2,37	0,08	0,59

Tablica 15.3. Usporedba godišnjih ulaganja u sustave daljinskog grijanja i hlađenja prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	0,11	0,10	0,28	0,17	0,18
2031.-2040.	0,10	0,07	0,21	0,11	0,14
2041.-2050.	0,03	0,02	0,11	0,08	0,09
Ukupno	0,23	0,18	0,60	0,37	0,42

Tablica 15.4. Usporedba godišnjih ulaganja u razvoj sustave prirodnog plina prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	1,07	1,07	1,07	0,00	0,00
2031.-2040.	0,28	0,28	0,28	0,00	0,00
2041.-2050.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukupno	1,35	1,35	1,35	0,00	0,00

Tablica 15.5. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor nafte i naftnih derivata prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	3,62	3,62	3,71	0,09	0,09
2031.-2040.	1,74	1,74	2,23	0,49	0,49
2041.-2050.	0,79	0,79	0,79	0,00	0,00
Ukupno	6,15	6,15	6,73	0,58	0,58

Tablica 15.6. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor zgradarstva prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	13,94	9,74	15,73	1,80	5,99
2031.-2040.	14,87	12,30	25,78	10,91	13,48
2041.-2050.	15,80	12,62	28,43	12,63	15,81
Ukupno	44,61	34,66	69,94	25,33	35,28

Tablica 15.7. Usporedba godišnjih ulaganja u sektor prometa prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	0,15	0,13	0,32	0,17	0,19
2031.-2040.	0,19	0,16	0,45	0,26	0,29
2041.-2050.	0,52	0,35	0,73	0,21	0,38
Ukupno	0,86	0,64	1,50	0,63	0,86

Tablica 15.8. Usporedba godišnjih ulaganja u proizvodnju biogoriva prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	0,09	0,10	0,11	0,01	0,00
2031.-2040.	0,05	0,04	0,01	-0,04	-0,03
2041.-2050.	0,02	0,01	0,04	0,02	0,03
Ukupno	0,16	0,14	0,15	-0,01	0,01

Tablica 15.9. Usporedba godišnjih ulaganja u sunčane toplinske kolektore prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	0,27	0,19	0,31	0,04	0,11
2031.-2040.	0,34	0,25	0,39	0,05	0,14
2041.-2050.	0,48	0,35	0,55	0,07	0,20
Ukupno	1,09	0,79	1,24	0,15	0,46

Tablica 15.10. Usporedba ukupnih godišnjih ulaganja prema scenarijima

	S1	S2	SN	SN-S1	SN-S2
	milijardi HRK/god.			milijardi HRK/god.	
2021.-2030.	22,97	18,37	25,29	2,31	6,91
2031.-2040.	21,48	18,08	35,14	13,66	17,06
2041.-2050.	22,19	17,56	38,32	16,13	20,76
Ukupno	66,64	54,01	98,74	32,10	44,73

