

Pregled potencijalnih ekonomskih učinaka razvoja 5G infrastrukture – slučaj Hrvatske

TAJANA BARBIĆ^{1,*}

¹ Ekonomski institut, Zagreb, Hrvatska [✉](#)

SAŽETAK

U radu su navedene potencijalne ekonomske prednosti implementacije 5G infrastrukture u Republici Hrvatskoj kroz kritički pregled relevantne literature. Pojava 5G infrastrukture obećava transformativne promjene u različitim sektorima, preoblikovanje industrija i poticanje gospodarskog rasta. Brojne su studije i istraživanja koja predviđaju da će 5G imati značajan ekonomski utjecaj, otvarajući nova tržišta i mogućnosti za rast u mnogim industrijama kroz stvaranje novih poslova, poboljšanje produktivnosti i poticanje globalnog ekonomskog rasta. Ovaj rad predstavlja regulatorni okvir za 5G infrastrukturu u Hrvatskoj i EU, uz identificiranje potencijalnih koristi koje bi različite industrije i slučajevi korištenja mogli imati od implementacije 5G mreže i povezanih digitalnih mobilnih tehnologija. Cilj ovog rada je dati detaljan i kritički pregled takvih istraživanja te se posebno kroz analizu dostupne literature fokusirati na ključne sektore u Republici Hrvatskoj kod kojih bi potencijalne koristi od 5G mreže bile najveće. Ti sektori uključuju proizvodnju, IKT, usluge javnog sektora, trgovinu na veliko i malo, financije i osiguranje, prijevoz i skladištenje, kao i turizam. Doprinosa rada sastoji se u identifikaciji i kompilaciji potencijalnih izazova implementacije 5G mreže iz postojeće literature.

KLJUČNE RIJEČI

digitalizacija, 5G infrastruktura, socio-ekonomski učinci

VRSTA ČLANKA
Pregledni članak

INFORMACIJE O ČLANKU
Primljeno: 22. srpnja 2024.
Prihvaćeno: 6. studenog 2024.
DOI: 10.62366/crebss.2024.2.001
JEL: A12, O33, O40

1. Uvod

Razvoj 5G infrastrukture rezultirat će brojnim pozitivnim učincima i promijeniti način na koji živimo i poslujemo. Cilj ovog rada je utvrditi potencijalne prednosti razvoja 5G infrastrukture u Hrvatskoj. 5G je najnovija, peta generacija mobilnih komunikacijskih mreža koja koristi OFDM metodu za modulaciju digitalnih signala na više različitih kanala, čime se smanjuju smetnje i povećava učinkovitost prijenosa podataka. Kao prirodni slijed razvoja mobilnih mreža od 1G, 2G, 3G, 4G do 5G donosi značajna poboljšanja u brzini, pouzdanosti i kapacitetu mreže, omogućujući razvoj novih aplikacija i tehnologija, poput pametnih gradova i autonomnih vozila. Svaka nova mrežna tehnologija (skraćeno G) značajno je promicala korisničko iskustvo, latenciju, brzinu i širi pristup mobilnoj širokopojasnoj mreži.

*Dopisni autor

Prva generacija (1G) mreža, pokrenuta 1979. godine, bila je ograničena na povezivanje ljudi putem osnovnih komunikacijskih funkcija. Druga generacija (2G), uvedena 1991., nastavila je omogućavati povezivanje ljudi, ali i uređaja. Treća generacija (3G), koja je pokrenuta 2002. godine, označava prvi korak prema globalnom povezivanju, omogućujući povezivanje milijuna uređaja s kašnjenjem od približno 300 ms i brzinom prijenosa podataka do 42 Mbit/s. Četvrta generacija (4G), uvedena 2009., dodatno proširuje kapacitete mreže s brzinama do 1000 Mbit/s, smanjenim kašnjenjem između 30 i 40 ms, te povezivanjem milijardi uređaja. Peta generacija (5G), pokrenuta 2019., predstavlja vrhunac u brzini i kapacitetu, s brzinama prijenosa podataka do 10000 Mbit/s i kašnjenjem manjim od 10 ms, omogućujući povezivanje bilijuna uređaja i potpuno globalno povezivanje (Wang i sur., 2021; IHS, 2017; EIZ, 2021).

Iako su pozitivni učinci napretka mreže prepoznati i za korisnike, fokus ovog rada stavljen je na analizu prednosti za industriju. Najznačajnija promjena dogodila se s 4G na 5G, a potonja je bila osnova za razvoj četvrte industrijske revolucije jer je omogućila napredni pristup mobilnoj širokopojasnoj mreži, veće brzine, manju latenciju i veću pouzdanost u komunikaciji. U skladu s tim, 5G je polazna točka za primjenu pametnih tvornica, obrazovanja, gradova i vozila, jer omogućuje trenutni prijenos podataka pri velikim brzinama te upravljanje i analizu velikih količina podataka. Četvrta industrijska revolucija temelji se na prijenosu dijela aktivnosti na strojeve, što je dopušteno kombinacijom kibernetičko-fizičkih sustava, Interneta stvari (IoT) i internetskih sustava (IoS). Nadalje, u industrijskim primjenama, brže brzine i niže latencije omogućavaju bolju automatizaciju, nadzor i kontrolu u realnom vremenu. Veća pouzdanost koju 5G mreža nudi je ključna za industrije poput proizvodnje, logistike i zdravstva, gdje mrežni prekidi mogu prouzročiti značajne operativne probleme. Temelj 5G mreže temelji se na tri stupa: poboljšana mobilna širokopojasna mreža (eMBB), masivni internet stvari (Mass IoT) i usluge kritične misije (MSC). Iako se očekuje da će slučajevi korištenja eMBB-a imati znatan učinak, predviđa se da će ukupni gospodarski utjecaj tog stupa na 5G mrežu biti manje transformativan u usporedbi s masovnim aplikacijama Interneta stvari i MSC-a (IHS, 2017). Osim toga, 5G mreža poslužit će kao platforma za generiranje novih poslovnih modela i kataliziranje transformacije industrija i gospodarstava širom svijeta (IHS, 2017).

Brojne su studije i istraživanja koja predviđaju da će 5G imati značajan ekonomski utjecaj na razini pojedine zemlje, ali i na globalnoj razini, otvarajući nova tržišta i mogućnosti za rast u mnogim industrijama kroz stvaranje novih poslova, poboljšanje produktivnosti i poticanje globalnog ekonomskog rasta. Cilj ovog rada je dati detaljan pregled i kritički osvrt takvih istraživanja te se posebno kroz analizu dostupne literature fokusirati na ključne sektore u Republici Hrvatskoj kod kojih bi potencijalne koristi 5G mreže bile najveće. Iako se priznaje važnost razvoja 5G mreže za širu industriju, ključno je odrediti sektore s najvećim kapacitetom za apsorpciju i potencijalom za poticanje ukupnog gospodarskog rasta. Ovaj rad doprinosi oskudnoj literaturi na temu analize ukupnih potencijalnih učinaka 5G mreže na gospodarstvo RH. Također, doprinos rada sastoji se u identifikaciji i kompilaciji potencijalnih izazova implementacije 5G mreže iz postojeće literature.

Ostatak rada organiziran je na sljedeći način. Nakon pregleda regulativnog okvira u EU i Hrvatskoj, fokus je na ekonomskim učincima 5G infrastrukture u pojedinim zemljama ili regijama. Potom se u četvrtom poglavlju daje pregled metodoloških pristupa u analizi socio-ekonomskih koristi 5G infrastrukture. Poglavlje pet pojašnjava potencijalne ekonomske učinke 5G infrastrukture za Hrvatsku, a završne napomene nude se na kraju rada.

2. Regulatorni okvir 5G mreže u EU i Hrvatskoj

Tijekom godina Europska komisija prepoznala je potencijal 5G mreže kao katalizatora društvenih i poslovnih prilika. Aktivno promiče javno–privatna partnerstva kako bi ubrzala istraživanje i razvoj 5G tehnologije, dodijelivši u tu svrhu više od 700 milijuna eura u okviru programa Obzor 2020 (EC, 2019). Europska komisija donijela je 2016. akcijski plan za 5G, što predstavlja strateški pomak prema napretku 5G tehnologije. Sljedeće ključne etape uključuju rano pokretanje 5G mreža u odabranim područjima 2018. i korištenje Europskog zakonika elektroničkih komunikacija (EECC) u istoj godini za poticanje ulaganja. U očekivanju 2025. godine, Europska komisija predviđa integraciju 5G mreže u urbana područja i duž glavnih prometnih pravaca. Osim toga, postoji plan dijeljenja 5G spektra kako bi se podržao Internet svega. Gigabitno društvo (EGS) je uvedeno 2016. s ciljem neprekidne pokrivenosti 5G mrežom u svim urbanim područjima i glavnim prometnim pravcima do 2025. Godina 2021. donijela je inicijativu *Digitalno desetljeće* u kojoj je iznesena vizija digitalne transformacije u EU do 2030. Digitalni kompas obuhvaća četiri ključna područja: IKT vještine, transformaciju poslovanja, sigurnu i održivu infrastrukturu te digitalizaciju javnih usluga. 5G je identificiran kao ključan element u postizanju uspjeha, s ciljem pokrivanja svih naseljenih područja 5G mrežom do 2030. godine. Nadalje, u *Planu za oporavak i otpornost za 2021.* infrastruktura za 5G prepoznaje se kao ključno područje ulaganja za digitalni i zeleni oporavak. Znanan dio proračuna od 150 milijardi EUR namijenjen je ulaganjima u infrastrukturu 5G mreže. Tim se planom dopunjuju *Instrument za povezivanje Europe* i program *Digitalna Europa*.

Različiti pojasevi spektra igraju ključnu ulogu u ispunjavanju zahtjeva 5G tehnologije i iskorištavanju njezina potencijala. Prema IHS (2017) spektar je klasificiran u niske, srednje i široke propusnosti, od kojih svaka zadovoljava određene slučajeve upotrebe 5G mreže. Europska komisija je identificirala 700 MHz, 3,6 GHz i 26 GHz kao primarne frekvencijske pojaseve za uvođenje 5G tehnologije. Dakle, početne gigabitne 5G implementacije oslanjat će se na tri frekvencijska pojasa: 700 MHz olakšava distribuciju širokopojsnog pristupa internetu, 3,6 GHz omogućuje gigabitne brzine i mobilnost, dok 26 GHz nudi značajne kapacitete i veće gigabitne brzine za stacionarne aplikacije.

Digitalna strategija 2032. za Hrvatsku naglašava značaj 5G tehnologije u poticanju digitalne evolucije. U dokumentu se navode ciljevi za promicanje opsežne integracije 5G mreža u više sektora kao što su industrija, zdravstvo, poljoprivreda i promet. Cilj je potaknuti inovacije, povećati operativnu učinkovitost i ojačati konkurentnost unutar tih sektora. *Nacionalni plan razvoja širokopojsnog pristupa internetu u Republici Hrvatskoj*, koji je aktivan od 2021. do 2027. godine, bavi se izazovima koji ometaju napredak Hrvatske u njegovom razvoju. Treći i četvrti cilj dokumenta posebno su usmjereni na 5G, s ciljem uvođenja 5G mreža u urbanim područjima, duž glavnih kopnenih prometnih pravaca i u ruralnim regijama. Ključna mjera u okviru plana uključuje promicanje uvođenja 5G mreža dodjelom potrebnog radiofrekvencijskog spektra. Dodatni korak u okviru ove inicijative uključuje provedbu postupaka za dodjelu radiofrekvencijskog spektra posebno za zahtjeve 5G mreže.

U skladu s tim ciljevima Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti (HAKOM) dodijelila je radiofrekvencijski spektar u ožujku 2023. mobilnim komunikacijskim mrežama u frekvencijskim pojasevima 800 MHz, 900 MHz (880-915 MHz/925-960 MHz), 1800 MHz (1710-1785/1805-1880 MHz), 2100 MHz (1920-1980/2110-2170 MHz), 2600 MHz (2500-2570/2620-2690 MHz) na nacionalnoj razini i 3600 MHz (3400-3480 MHz) na regionalnoj razini. Još jedan korak prema usklađivanju hrvatskog zakonodavstva sa standardima

EU dogodio se donošenjem novog Zakona o elektroničkim komunikacijama 1. srpnja 2022. godine. Među njegovim ciljevima, zakonodavstvom se naglašava poticanje ulaganja u širokopojasnu infrastrukturu velikih brzina i uspostavljanje preduvjeta za uvođenje i unapređenje 5G tehnologije.

Prema izvješću DESI indeksa (engl. *Digital Economy and Society Index*) za 2022. godinu, Hrvatska drži 24. poziciju u povezivanju, s ukupnim rangom od 21 (EC, 2023). Povezivost, zajedno s komponentom digitalnih javnih usluga, služi kao primarni čimbenik koji ograničava ocjenu indeksa. U Hrvatskom planu za oporavak i otpornost planiraju se ulaganja u iznosu od 106 milijuna EUR za poboljšanje povezivosti, čime se usklađuje s ciljem EU-a da se do 2025. postignu gigabitne veze. Na području povezivosti se planiraju dva projekta – prvi koji ima za cilj poboljšanje gigabitne povezivosti za kućanstva te ključne socioekonomske faktore, dok će drugi projekt biti fokusiran na razvoj pasivne infrastrukture, poput neovisnih antenskih stupova i optičkih kabela, koji će omogućiti povezivanje mobilnih baznih stanica (EC, 2023). Potonji je dominantno fokusiran na ruralna područja s ispodprosječnim gospodarskim i socijalnim uvjetima. Ulaganje u povezivosti u ruralnim područjima u pravilu nije predmet interesa privatnih ulagača.

Vrijednosti DESI indeksa ukazuju na značajan ostvareni napredak u pokrivenosti 5G mrežom, koji se povećao s 0% u 2020. na 34% u 2021. u naseljenim područjima (u usporedbi s prosjekom EU od 66% u 2021.), daljnja ulaganja smatraju se ključnima za postizanje ciljeva digitalnog desetljeća do 2030. Uspjeh u ovom pokazatelju povezuje se s činjenicom da je 2021. Hrvatska dodijelila spektar za 5G mrežu koji je usklađen na razini EU u pojasevima od 700 MHz, 3,6 GHz i 26 GHz. Dodijeljene licence uključuju obveze pokrivenosti, koje variraju ovisno o pojasevima, s ciljem da se do 2025. godine postigne pokrivenost 99% ukupne duljine autocesta, 95% odabranih željezničkih pruga i 95% stanovništva u urbanim područjima, dok se do 2027. godine planira postići 50% pokrivenost ruralnih područja (EC, 2023).

3. Pregled literature o ekonomskim učincima 5G mreže

Pojava 5G mreža olakšava digitalnu transformaciju gospodarstava i integraciju Interneta stvari i drugih suvremenih tehnologija. Forge i Vu (2020) ističu da se usvajanje 5G tehnologije može analizirati u skladu s važećim teorijama u literaturi koje pojašnjavaju kako i zašto tehnologije i inovacije postaju široko prihvaćene. Model prihvaćanja tehnologije (Davis, 1989), teorija difuzije inovacija (Rogers, 1983), te model tehnologije, organizacije i okruženja (Tornatzky i Fleischer, 1990) tri su važna modela. Model prihvaćanja tehnologije sugerira da percipirana korisnost i jednostavnost korištenja igraju ključnu ulogu u odluci pojedinca da usvoji novu tehnologiju. Ako korisnici smatraju tehnologiju korisnom i lako se koristi, vjerojatnije je da će je prihvatiti i koristiti. S druge strane, teorija difuzije inovacija pruža širi pogled na proces usvajanja jer se nove ideje šire kroz društvo, a različiti faktori mogu utjecati na brzinu i širinu tog procesa. Model tehnologije, organizacije i okruženja istražuje kako različiti aspekti unutar tvrtke i njenog okruženja utječu na usvajanje tehnologije.

Brojne su studije imale za cilj mjerenje socio-ekonomskih učinaka 5G mreže na nacionalnoj, regionalnoj ili globalnoj razini. U nastavku se kritički analiziraju najvažnija istraživanja, s primarnim naglaskom na ekonomske i društvene koristi istaknute u relevantnoj literaturi. Većina recentnih istraživanja uglavnom uključuju optimistična očekivanja vezana za utjecaj 5G mreže na globalno gospodarstvo u sljedećih 10–15 godina.

Potencijalna globalna ekonomska vrijednost do 2035. zbog 5G mreže procjenjuje se na 12,3 bilijuna američkih dolara, a očekuje se da će samo globalni lanac vrijednosti 5G stvoriti 22,3 milijuna radnih mjesta (IHS, 2017). Slično tome, izvješće Tech4i2 (2019) predviđa da će 5G pridonijeti 137000 radnih mjesta u Švicarskoj do 2030. godine, s ekonomskim doprinosom od 42,4 milijarde švicarskih franaka. WEF (2020) prepoznaje potencijal 5G tehnologije za stvaranje društvene vrijednosti u 11 ključnih područja usklađenih s 11 od 17 ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih naroda, posebno uključujući napredak u dobrom zdravlju i dobrobiti, odgovornu potrošnju, održive gradove i zajednice te promicanje dostojanstvenog rada i gospodarskog rasta.

U izvješću EC (2016) navode se ključne socio–ekonomske koristi od uvođenja 5G mreža za EU, pri čemu konzervativne procjene obuhvaćaju različite scenarije u automobilskom sektoru, zdravstvu, prometu i komunalnom sektoru. Procijenjena ulaganja na razini EU za provedbu 5G mreža iznose 56,6 milijardi EUR, a procjena Hrvatske iznosi 480 milijuna EUR. Potencijalne godišnje gospodarske koristi od 5G mreže procjenjuju se na 113,1 milijardu EUR. Primarne koristi iznose 62,5 milijardi EUR, a odnose se na koristi koje ostvaruju izravno proizvođači u ključnim sektorima, pri čemu je procijenjeno da će automobilski sektor imati najznačajniji učinak. Sekundarne koristi, uključujući povećanje produktivnosti na radnom mjestu, inicijative pametnih gradova, pametne domove i razvoj ruralnih područja, procjenjuju se na 50,6 milijardi EUR, a očekuje se da će radno mjesto ostvariti najznačajnije koristi.

Wang i sur. (2021) ističu ključne doprinose prerađivačkoj industriji, maloprodaji, zdravstvenom sektoru, automobilskom i transportnom sektoru te energetske sektoru. Ukupan doprinos 5G mreže američkom gospodarstvu procjenjuje se na način da se uzimaju u obzir izravni, neizravni i inducirani efekti. Broj radnih mjesta koji će se stvoriti ili transformirati do 2025. godine pod utjecajem 5G mreže iznosi 16 milijuna, dok se očekuje da će doprinos ukupnim prihodima iznositi 2,7 bilijuna dolara.

PwC (2021) proveo je analize u pet sektora: zdravstvu, pametnim komunalnim poduzećima, potrošačima i medijima, industrijskoj proizvodnji i financijskim uslugama, projicirajući kumulativni učinak na globalni BDP koji će do 2030. dosegnuti 1,3 bilijuna američkih dolara. Konkretno, PwC (2021) predviđa da će zdravstvo imati koristi od 530 milijardi USD, komunalne usluge za 330 milijardi USD, potrošačke i medijske aplikacije za 254 milijarde USD, industrijska proizvodnja za 134 milijarde USD i aplikacije za financijske usluge od 85 milijardi USD. Nadalje, studija koju su proveli Roberts i sur. (2021) procijenila je utjecaj 5G infrastrukture na gospodarstvo, zaposlenost i emisije stakleničkih plinova u pet europskih zemalja: Francuskoj, Španjolskoj, Poljskoj, Belgiji i Rumunjskoj. Rezultati provedenog istraživanja procjenjuju preko milijun novih radnih mjesta i ukupne prihode od 407 milijardi EUR do 2030. godine u odabranim zemljama. Osim toga, u studiji se potvrđuje očekivano smanjenje emisija stakleničkih plinova, u ukupnom iznosu od 33 milijuna tona ekvivalenta ugljičnog dioksida u pet zemalja do 2030.

Za ovaj rad posebno je značajna analiza koju su proveli Stewart i Daly (2020) jer slučajeve korištenja kategorizira u četiri klastera: pametnu proizvodnju i logistiku, pametno selo, pametni grad i pametnu javnu upravu. Uvođenje 5G mreže u Europi potencijalno bi moglo donijeti koristi u ukupnom iznosu od 210 milijardi EUR neto sadašnje vrijednosti, s povezanom troškom od približno 46 milijardi EUR, što bi dovelo do omjera koristi i troškova od 4,5 (Stewart i Daly, 2020). Omjeri koristi i troškova u određenom klasteru su sljedeći: pametni grad 8, pametna javna uprava 5, pametno selo i pametna proizvodnja 4. Ta projekcija troškova i koristi relevantna je i za hrvatsko gospodarstvo s obzirom da je istraživanje procijenilo da

bi ukupna korist iznosila 658 milijuna EUR do 2035. godine. Prema studiji Ekonomskog instituta, Zagreb iz 2021. godine koja je primijenila istu metodologiju kao [Stewart i Daly \(2020\)](#) predviđa se da će ulaganje u 5G mrežu u Hrvatskoj donijeti značajne koristi, s procijenjenom neto sadašnjom vrijednošću od 1,33 milijarde eura, nadmašujući troškove ulaganja od oko 445 milijuna eura ([EIZ, 2021](#)). Omjer troškova i koristi u Hrvatskoj od 3,0 svrstava ga uz bok zemljama poput Estonije, Latvije, Grčke i Bugarske, što je nešto niže od prosjeka EU od 4,3. Na pojedinačnoj razini to znači godišnju neto dobit od 14,5 EUR po stanovniku, što odgovara 1,72% BDP-a ([EIZ, 2021](#)).

Istraživanje [Oughton i sur. \(2019\)](#) analizira kapacitet, pokrivenost i troškove različitih strategija za poboljšani mobilni širokopojasni pristup (eMBB) u kontekstu integracije novih 5G spektarskih pojaseva i povećanja gustoće postojećih mreža, kroz studiju slučaja Nizozemske. Analize ulaganja temelje se na ponudi i potražnji, gdje ponuda procjenjuje kapacitet putem novog spektra prije dodatne mrežne densifikacije, dok potražnja kvantificira performanse ulagačkih strategija pri različitim brzinama po korisniku (30, 100 i 300 Mbps). Rezultati istraživanja pokazuju da 5G spektar može osigurati prosječno poboljšanje kapaciteta prometa po korisniku od 40% u usporedbi s postojećim LTE kapacitetom u Nizozemskoj ([Oughton i sur., 2019](#)). Relevantna literatura naglašava da poboljšanje digitalne infrastrukture također donosi pozitivne rezultate za poslovnu učinkovitost ([Castaldo i sur., 2018](#)), inovacije u proizvodima i uslugama ([Katz i sur., 2010](#)) te osnivanje i privlačenje novih poduzeća ([Mack i Rey, 2014; Ford, 2018](#)).

Unatoč nedvojbenim ekonomskim koristima, implementacija 5G mreže uključuje određene izazove koji variraju od ekonomskih prepreka i regulativnih pitanja do sigurnosnih briga i društvenih implikacija. Naime, jedan od najvećih izazova u implementaciji 5G mreže su visoki početni troškovi ([Oughton i Frias, 2018](#)) koji mogu biti posebno zahtjevni za manje razvijene zemlje koje već zaostaju u tehnološkoj infrastrukturi ([Forge i Vu, 2020](#)). Čak i unutar pojedinih zemalja postoji opasnost da će 5G tehnologija, uz produbljivanje digitalnog jaza, dodatno produbiti ekonomski jaz između urbanih i ruralnih područja. [Köstereli i Ergün \(2024\)](#) te [Forge i Vu \(2020\)](#) naglašavaju važnost kreiranja nacionalnih strateških dokumenata uz uvažavanje regulatornih izazova koji bi trebali pokriti sve aspekte, od raspodjele spektra do pravila o privatnosti i sigurnosti. Naime, s povećanjem broja povezanih uređaja i količine prenesenih podataka, rastu i rizici za privatnost i sigurnost ([Uher i sur., 2016](#)). Iako trenutni znanstveni konsenzus sugerira da 5G mreže ne predstavljaju izravan zdravstveni rizik, postoji javna zabrinutost zbog mogućeg utjecaja elektromagnetskih polja na zdravlje. Analiza literature iz ovog područja nadilazi ekspertizu i fokus ovog rada. Brojni su radovi koji ispituje stav javnosti o različitim aspektima prihvaćanja 5G mreže ([Cheng i sur., 2021; Ejdyš i Soler, 2023](#)), koji mogu biti od koristi i nositeljima politika i ulagačima. Drugu stranu medalje automatizaciji i povećanju produktivnosti predstavljaju mogući gubici poslova u određenim sektorima. [Arntz i sur. \(2020\)](#) su dokazali pozitivan mali neto efekt automatizacije na zaposlenost na primjeru Njemačke u petogodišnjem razdoblju, koji dolazi uz velike strukturalne promjene u zanimanjima i industrijskim sektorima. Ističu da rutinski kognitivni poslovi opadaju zbog zamjene strojevima, a poslovi koji uključuju apstraktne ili interaktivne zadatke su u porastu i obično dopunjuju nove tehnologije. U tom kontekstu, očekuju da će radnici sposobni za prelazak na nove poslove profitirati od novih tehnologija, dok će oni bez potrebnih vještina vjerojatno osjetiti negativne posljedice. Stoga je važno da se aktivno pristupi prilagodbi na strani ponude radnih mjesta, odnosno obrazovnog sustava kako bi se osiguralo da tranzicija ne rezultira socijalnim nejednakostima ([Eberhard i sur., 2017; Goulart i sur., 2022](#)).

4. Pregled metodoloških pristupa u analizi korisnosti 5G infrastrukture

Prilikom procjene socio–ekonomskih utjecaja 5G tehnologije, koriste se raznovrsne empirijske metode i statistički pristupi, uključujući input–output modele (I/O), analize troškova i koristi (CBA), tehno–ekonomske modele (TEM) i razne ekonometrijske modele, pri čemu se nerijetko u istraživanjima kombiniraju različiti pristupi.

Input–output modeli su važan alat u analizi socio–ekonomskih učinaka 5G tehnologije, s obzirom da omogućuju kvantifikaciju multiplikativnih efekata 5G mreže kroz međusektorske veze. Procjenjuju se izravni, neizravni i inducirani učinci svakog sektora na cijelu ekonomiju. Primjena I/O modela u analizi ulaganja u širokopojasnu mrežu je česta te uglavnom uključuje dodanu vrijednost, zaposlenost, uvoz i porezne prihode koji se stvaraju duž opskrbnog lanca ulaganja u širokopojasnu mrežu (Katz i sur., 2010; Koutroumpis, 2019). Input–output modeli često se koriste u kombinaciji s ekonometrijskim modelima, ali i kvalitativnim istraživanjima, što je slučaj u većini istraživanja predstavljenih u prethodnom poglavlju provedenih s ciljem procjene socio–ekonomskih učinaka 5G mreže na nacionalnoj, regionalnoj ili na globalnoj razini. U tom smislu, metodološki pristup u studiji IHS (2017) temelji se na makroekonomskom i mikroekonomskom utjecaju 5G tehnologije na gospodarstvo. Primjenom I/O analize oblikovan je međunarodni model korištenjem podataka iz svjetske I/O baze podataka za kvantificiranje ekonomskog doprinosa. Obuhvaćeno je sedam ključnih zemalja: SAD, Kina, Japan, Njemačka, Južna Koreja, Francuska i Ujedinjeno Kraljevstvo. Metodologija uključuje i semi–kvalitativno istraživanje te ocjenu produktivnosti za 16 sektora temeljenu na budućim 5G slučajevima korištenja. Na kraju, koristi se složeni makroekonomski model GLM (engl. *Global Link Model*) koji pokriva 68 zemalja i uključuje 250 do 500 vremenskih nizova po zemlji, obuhvaćajući sve glavne ekonomske regije. Kao model dinamičke opće ravnoteže, GLM analizira učinke ulaganja u 5G na globalni gospodarski rast kroz preraspodjelu resursa među sektorima, što omogućuje procjenu neto učinka 5G tehnologije na globalno gospodarstvo.

Wang i sur. (2021) koriste Arellano–Bover/Blundell–Bond dinamički panel za procjenu veze između povećane mobilne penetracije na prodajne prihode. Na temelju kvalitativnog istraživanja dodatno se procjenjuje diferencirani učinak 5G tehnologije u odnosu na 4G u svakom sektoru koristeći faktore kao što su stvaranje novih industrija, povećanje produktivnosti i optimizacija troškova. U sljedećem koraku, početni rezultati se prilagođavaju kako bi obuhvatili specifičan utjecaj 5G tehnologije. I/O modeli korišteni su za procjenu utjecaja na BDP, zaposlenost i ukupne prihode. EC (2016) također primjenjuje složeni metodološki pristup koji obuhvaća kvalitativnu i kvantitativnu analizu, uključujući I/O i CBA modele. Stewart i Daly (2020) provode detaljnu analizu troškova i koristi kako bi procijenili utjecaj implementacije potpune 5G mreže u različitim sektorima u Europi. Glavni elementi analize uključuju usporedbu ekonomskih, društvenih i ekoloških koristi s povezanim troškovima implementacije. Nadalje, Agnoletto i sur. (2022) provode analizu troškova i koristi (CBA) kako bi procijenili socio–ekonomski utjecaj različitih strategija dodjele spektra, s posebnim naglaskom na implementaciju 5G mreže. Analiza uključuje izravne i neizravne učinke: izravni učinci obuhvaćaju potrošački i proizvođački višak, dok se neizravni odnose na šire ekonomske koristi, poput rasta BDP-a, povezane s usvajanjem digitalnih tehnologija. Metodološki pristup obuhvaća i regulatorne procjene utjecaja koje pomažu identificirati optimalne strategije za dodjelu spektra, ističući važnost analize troškova i koristi kako bi se osigurale regulatorne odluke koje maksimiziraju društvenu i ekonomsku vrijednost spektra.

U literaturi se za procjenu 5G tehnologije često koriste tehno–ekonomski modeli (TEM). [Oughton i Lehr \(2022\)](#) pojašnjavaju provođenje TEM-a kroz tri ključna koraka: (1) definiranje inženjerskih specifikacija tehnologije, uključujući kapacitet i pokrivenost, (2) kvantifikaciju potrebnih mrežnih resursa i (3) primjenu financijskih pokazatelja kako bi se omogućila detaljna procjena investicijskih potencijala. Iako je cilj ovog istraživanja prvenstveno pružiti pregled istraživanja koja su provela procjenu ukupnih socio–ekonomskih koristi na nacionalnim i regionalnim razinama te na globalnoj razini, korisno je dopuniti analizu širim pregledom literature u svrhu pojašnjenja korištenja TEM-a u analizi ekonomskih koristi 5G infrastrukture. U tom smislu, [Oughton i Lehr \(2022\)](#) pružaju opsežan pregled tehno–ekonomske literature o 5G tehnologijama, ističući 75 relevantnih studija kategoriziranih kroz šest ključnih dimenzija: slučajeve primjene 5G-a, tehnologije, tehnike modeliranja, financijske metrike, poslovne modele i prostorni fokus. Tehnike modeliranja u provođenju tehno–ekonomskih analiza uključuju najčešće optimizaciju, analizu osjetljivosti i analize scenarije, dok financijska metrika obuhvaća procjenu kapitalnih ulaganja i operativnih troškova. Također, ovi modeli obuhvaćaju sveobuhvatne ekonomske procjene kroz metrike poput troška ukupnog vlasništva i stope povrata na investiciju, pružajući vrijedne pokazatelje održivosti ulaganja ([Oughton i Lehr, 2022](#)).

[Smail i Weijia \(2017\)](#) ocjenjuju komercijalnu održivost i troškovnu učinkovitost 5G infrastrukture u odnosu na 4G mreže korištenjem tehno–ekonomske analize, pri čemu se uspoređuju kapitalna ulaganja i operativni troškovi s očekivanim prihodima tijekom razdoblja implementacije. Rezultati pokazuju da 5G donosi značajne koristi uslijed nižih troškova u usporedbi s 4G LTE mrežom te porasta prosječne potrošnje podataka koju omogućuju 5G tehnologije i porasta broja korisnika. Tehno–ekonomski modeli dodatno su prilagođeni za detaljnu analizu troškova i koristi uvođenja 5G mreža, koristeći podatke o kapitalnim ulaganjima i operativnim troškovima, potražnji za uslugama, očekivanoj korisničkoj bazi i prihodima. Primjerice, [Chiaraviglio i sur. \(2017\)](#) koriste TEM kako bi modelirali dugoročne ekonomske koristi i troškove uvođenja 5G mreža u odabranim urbanim sredinama, dok [Jha i Saha \(2018\)](#) primjenjuju ovu metodologiju u slučaju masivnog MIMO HetNet-a, analizirajući ekonomske koristi uvođenja 5G mreža u urbanim i ruralnim područjima države Teksas. Rezultati potpunijeg istraživanja pokazuju da su ukupni troškovi vlasništva za 5G mreže otprilike jedna trećina troškova implementacije 4G LTE napredne mreže, dok analiza osjetljivosti pokazuje da 5G donosi profitabilnost u 70% slučajeva, u usporedbi s alternativnom tehnologijom.

[Koratagere Anantha Kumar i Oughton \(2023\)](#) koriste tehno–ekonomsku analizu i matematičko modeliranje kako bi procijenili modele dijeljenja 5G infrastrukture u ruralnim područjima. Ključne metode uključuju usporedbu troškova između različitih strategija dijeljenja (bez dijeljenja, pasivno dijeljenje, aktivno dijeljenje i neutralna host mreža) te procjenu zahtjeva za nadogradnjom mreže. Rezultati istraživanja pokazuju da strategija neutralne host mreže može smanjiti ukupne troškove za 10-50% u usporedbi s drugim modelima. [Neokosmidis i sur. \(2017\)](#) se fokusiraju na identifikaciju socio–ekonomskih čimbenika koji utječu na usvajanje 5G mreža, koristeći fuzzy analitički hijerarhijski proces (AHP) za prioritizaciju različitih čimbenika koji utječu na usvajanje 5G mreža. Rezultati pokazuju da je najvažniji kriterij za usvajanje 5G mreža njihova izvedba, osobito niska latencija, visoka pouzdanost i brzina prijenosa podataka. AHP pristup omogućava strukturirano odlučivanje koje kvantificira preferencije donositelja odluka u složenim problemima, što je posebno korisno u brzorastućem sektoru IKT–a gdje se često javlja potreba za evaluacijom različitih tehnologija i strategija ([Dede i sur., 2011](#)).

5. Potencijalni učinci 5G mreže na produktivnost i rast u Hrvatskoj

U ovom poglavlju primjenjuju se nalazi relevantne literature kako bi se identificirali najistaknutiji sektori u Hrvatskoj i pokušali procijeniti njihove potencijalne koristi. Naime, kako bi se iskoristio puni potencijal 5G mreže važno je prepoznati koji sektori će biti najučinkovitiji u iskorištavanju navedenih potencijala u pojedinim gospodarstvima. Relevantna literatura, ali i uvažavanja strukture gospodarstva su polazišne točke prilikom prepoznavanja takvih sektora, a onda i oblikovanja ciljanih javnih politika koje bi na najučinkovitiji način poticale pozitivne promjene i digitalnu transformaciju.

Prilikom identifikacije sektora analizirao se i značaj pojedinog sektora za hrvatsko gospodarstvo prema kriteriju bruto dodane vrijednosti. Sektori s najvećim očekivanim koristima od uvođenja 5G mreže u Hrvatskoj bili bi proizvodnja, IKT, usluge javnog sektora, trgovina na veliko i malo, financije i osiguranje, prijevoz i skladištenje, kao i hoteli i restorani (EIZ, 2021). O prednostima svakog sektora detaljno se raspravlja u nastavku.

Sektor prerađivačke industrije će imati koristi od 5G tehnologije u smislu povećanja učinkovitosti u proizvodnim pogonima i duž lanaca opskrbe (PwC, 2021). Wang i sur. (2021) ističu da će tvornice povezane 5G mrežom iskusiti porast produktivnosti od 20% do 30%, uz unaprijeđenje vremena proizvodnje od 50% te utvrđivanja kvara od 90%. 5G tehnologija nudi potencijal za poboljšanje ekonomije razmjera, racionalizaciju velike proizvodnje putem optimiziranih sustava i omogućavanje prilagodljivih varijanti proizvoda pomoću fleksibilnih, računalno upravljanih sustava. Attaran (2023) pak ističe da napredak u tehnologiji u prerađivačkoj industriji skraćuje vrijeme proizvodnje i plasmana novih proizvoda na tržište te ubrzava odgovor na zahtjeve potražnje. Povećanje produktivnosti proizlazi iz prilagodljivih računalno upravljanih sustava, dok je poboljšana povezanost proizvodnih procesa na različitim lokacijama olakšana koordiniranim logističkim sustavima. Pametne tvornice koriste 5G tehnologiju u automatizaciji, umjetnoj inteligenciji i Internetu stvari. Rao i Prasad (2018) ističu da će 5G mreža omogućiti unaprijeđenu komunikacijsku platformu koja će pokrenuti stvaranje novih poslovnih modela u pametnim tvornicama. Inteligentni samooperativni ekosustavi spremni su poboljšati lance opskrbe proaktivnim predviđanjem i rješavanjem pitanja (PwC, 2021). Predviđa se da će autonomni roboti i vozila u industrijskim okruženjima doprinijeti globalnom BDP-u s oko 130 milijardi USD do 2030. godine, dok se očekuje da će poboljšana učinkovitost, koja proizlazi iz smanjenja nedostataka, donijeti neto doprinos od 4 milijarde USD (PwC, 2021). Razmatrajući prednosti 5G mreže za hrvatsku prerađivačku industriju, treba imati na umu da hrvatska prerađivačka industrija trenutno zaostaje u tehnologiji, ulaganjima i inovacijama u usporedbi s drugim državama EU, što potencijalno ograničava koristi od 5G mogućnosti.

Informacijski i komunikacijski sektor (IKT) ima značajnu važnost u omogućavanju buduće digitalizacije prerađivačke industrije jer ubrzava usvajanje Industrije 4.0, kao što su umjetna inteligencija, robotika, automatizacija, što bi trebalo potaknuti gospodarski rast unutar ovog sektora. Attaran (2023) identificira različite pokretače koji potiču proizvodne industrije na prihvaćanje digitalizacije, uključujući poboljšanje prihoda poboljšanom korisničkom službom, zadovoljavanje sve veće potražnje, nadmašivanje konkurenata, smanjenje troškova poboljšanom produktivnošću i učinkovitošću te ublažavanje rizika jačanjem sigurnosnih mjera. Ti su pokretači relevantni ne samo na globalnim tržištima, već i na lokalnoj razini, pri čemu 5G služi kao katalizator ove digitalne transformacije. Napredovanje 5G tehnologija olakšava brz i opsežan prijenos podataka, omogućujući aktivnosti kao što su streaming

HD videozapisa, igranje videoigara te iskustva proširene i virtualne stvarnosti. Nadalje, širenjem 5G tehnologije promiče se digitalna uključenost omogućavanjem pristupa internetu velike brzine nedovoljno razvijenim regijama, čime se potiče socijalna jednakost i proširuje sudjelovanje u digitalnom gospodarstvu. Ubrzana digitalizacija potaknuta širenjem 5G mreže također će poboljšati performanse malih i srednjih poduzeća (MSP) u Hrvatskoj. Prema indeksu DESI za 2022., 50% MSP-ova ima barem osnovnu razinu digitalnog intenziteta među ukupnim poduzećima. Nadalje, 5G ima ključnu ulogu u širenju IoT ekosustava i aplikacija u različitim industrijama izvan proizvodnje, uključujući poljoprivredu, zdravstvo i pametne gradove. Integracija 5G tehnologije s IKT-om i inicijativama pametnih gradova dovodi do poboljšanja urbanih usluga, prometnih sustava, energetske učinkovitosti i javne sigurnosti, što u konačnici povećava kvalitetu života građana i privlači ulagače. Taj napredak ima poseban značaj za razvoj pametnih gradova u Hrvatskoj, posebno u turistički intenzivnim područjima, koji se bore s raznim povezanim izazovima.

Sektor javnih usluga imat će koristi od ubrzane brzine i proširenih kapaciteta 5G mreže, a kao ključni korisnici tog napretka pojavljuju se sustavi gospodarenja otpadom i inicijative za javnu sigurnost. Korištenje analitičkih sustava koji se napajaju podacima iz 5G mreža u stvarnom vremenu može omogućiti prediktivne sposobnosti za vrijeme i lokaciju, čime se olakšavaju proaktivne mjere za sprečavanje prirodnih katastrofa poput poplava i tajfuna. Međutim, pozicija Hrvatske u pogledu digitalnih javnih usluga izaziva zabrinutost, što je istaknuto indeksom DESI za 2022. godinu, gdje značajno zaostaje za drugim zemljama EU, zauzimajući ukupno 23. mjesto. Zemlja zaostaje u gotovo svim aspektima digitalnih javnih usluga, posebice u pogledu stopa usvajanja korisnika e-uprave, koje iznose 55% (EU prosjek je 65%). Pojava 5G mreže također predstavlja značajne mogućnosti za zdravstveni sektor, posebno u području telemedicine (Dananjayan i Raj, 2021). Ova tehnologija omogućuje kontinuirano praćenje pacijenata i olakšava odluke o liječenju na temelju opažanja u stvarnom vremenu. Hrvatski zdravstveni portal, jedan od sedam e-usluga koje nudi portal e-Građani, omogućuje pristup centraliziranim podacima e-zdravstvene evidencije integriranim u Centralizirani zdravstveni informacijski sustav Republike Hrvatske (CEZIH).

U području e-trgovine Hrvatska nadmašuje prosjek EU kako je istaknuto indeksom DESI za 2022. Konkretno, 29% MSP-ova u Hrvatskoj bavi se internetskom prodajom, što premašuje prosjek EU od 18%. Osim toga, promet e-trgovine čini 13% ukupnog prometa MSP-ova u Hrvatskoj, u usporedbi s prosjekom EU od 12%. Ostali pozitivni pokazatelji uključuju usvajanje e-računa od strane 43% hrvatskih MSP-ova, čime je premašen prosjek EU od 32%, te korištenje tehnologija umjetne inteligencije od strane 9% hrvatskih MSP-ova, što premašuje prosjek EU od 8%. Razvoj 5G infrastrukture trebao bi ubrzati širenje e-trgovine u Hrvatskoj. Osim toga, očekuje se da će 5G olakšati razvoj interaktivnih demonstracija proizvoda, virtualnih iskustava isprobavanja i prilagođenih preporuka, osnažujući kupce da prilagode svoja iskustva kupovine. Veletrgovci i trgovci na malo imat će koristi od 5G tehnologije poboljšanom povezošću, omogućavanjem upravljanja zalihama i lancima opskrbe u stvarnom vremenu, kao i pojednostavljenom obradom narudžbi. Korištenjem IoT uređaja i senzora s podrškom za 5G, tvrtke mogu pristupiti neposrednom uvidu u svoje lance opskrbe, omogućujući im praćenje razine zaliha, praćenje pošiljaka proizvoda i optimizaciju logističkih operacija radi veće učinkovitosti.

Hrvatski financijski sektor ima povijest brze integracije novih digitalnih tehnologija u svoje poslovanje. Značajan primjer je široko prihvaćanje usluga internetskog i mobilnog bankarstva. Povećane brzine i sigurnost koje nudi 5G mreža spremne su dodatno poboljšati

financijske usluge u budućnosti, čineći ih personaliziranijima i prilagođenijima individualnim potrebama kupaca. Nadalje, hrvatska osiguravajuća društva imat će koristi od poboljšanih mogućnosti procjene rizika pristupom širem rasponu pravovremenih informacija. To uključuje podatke pametnih senzora u domovima i vozilima, omogućujući osigurateljima da ponude točnije i personalizirane police osiguranja na temelju individualnih ponašanja i obrazaca upotrebe. Integracija 5G tehnologije u hrvatski financijski sektor i sektor osiguranja zahtijeva pažljivo razmatranje regulatornih zahtjeva i standarda usklađenosti. Bit će potrebno da se regulatori pozabave pitanjima privatnosti podataka, kibernetičke sigurnosti i pouzdanosti mreže kako bi osigurali sigurnu i odgovornu upotrebu 5G tehnologije u tim sektorima. Integracijom 5G tehnologije u Hrvatsku prijevoznike tvrtke mogu poboljšati svoje logističke postupke pristupom podacima u stvarnom vremenu o prometnim uvjetima, prometnim nezgodama, prometnom zagušenju i vremenskim prognozama. Ove informacije omogućuju optimizaciju rute, što rezultira smanjenim vremenom isporuke, potrošnjom goriva i troškovima prijevoza. Štoviše, 5G olakšava brz prijenos podataka u stvarnom vremenu, pomažući u optimizaciji prometnih pravaca, ublažavajući tako zagušenje prometa i ublažavajući posljedice za okoliš (EIZ, 2021). Neposrednim pristupom podacima jačaju se i veze između prijevoznčkih poduzeća i njihove mreže klijenata i dobavljača, čime se smanjuje udaljenost koju prelaze vozila bez tereta. Nadalje, 5G tehnologija omogućuje implementaciju inteligentnih rješenja za skladištenje, uključujući automatizirane sustave upravljanja zalihama, robotiku i autonomna vozila. Te inovacije pojednostavljuju poslovanje skladištenja, povećavaju učinkovitost skladišta i smanjuju oslanjanje na ručni rad. Osim toga, optimizirane logističke i transportne operacije, koje omogućuje 5G, dovode do manje potrošnje goriva, smanjenja emisija i ekološki održivijeg prometnog i logističkog sektora, usklađujući se s hrvatskim ciljevima održivosti.

Hrvatsko gospodarstvo uvelike ovisi o turizmu. Poboljšanja 5G mreže mogu imati blagotvoran učinak na stvaranje MSP-ova u turističkom sektoru i inovacije poslovnih modela. Očekuje se pozitivan učinak 5G na produktivnost u hotelskom sektoru jer bi se IoT uređaji mogli koristiti za pametno upravljanje sobama, energetske učinkovitost i personalizirane usluge gostiju. 5G može pomoći u optimizaciji gradskog prometa i logistike, smanjujući gužve i poboljšavajući iskustvo putovanja. Turistička područja mogu koristiti tehnologiju za upravljanje protocima posjetitelja, čime se izbjegavaju prenapučenost i poboljšava zadovoljstvo turista. Analiza velikih baza podataka omogućit će bolje upravljanje očekivanjima svojih klijenata kroz personalizirane preporuke i ponude temeljene na preferencijama i ponašanju korisnika. Korištenje tehnologija virtualne i proširene stvarnosti podržanih 5G mrežom može doprinijeti popularizaciji turističkih destinacija, dok se održivost može unaprijediti upravljanjem energijom i optimizacijom resursa.

6. Zaključak

Uvođenje 5G infrastrukture u Hrvatskoj ima veliki potencijal za poticanje gospodarskog rasta, povećanje produktivnosti i poticanje inovacija u različitim sektorima. Prijelaz s prethodnih generacija mobilnih komunikacijskih mreža na 5G predstavlja značajan skok u smislu brzine, latencije i kapaciteta, utirući put transformativnim promjenama u industrijama. Regulatorni okvir na razini Europske unije i unutar Hrvatske naglašava stratešku važnost 5G tehnologije, uz značajna ulaganja koja se dodjeljuju kako bi se osigurala široka pokrivenost i usvajanje. Inicijative kao što su Digitalno desetljeće Europske komisije i Hrvatski plan za oporavak i otpornost ističu predanost iskorištavanju 5G tehnologije za digitalnu transformaciju i gospo-

darski rast. Opsežan pregled literature o ekonomskim učincima 5G mreže otkriva obećavajuće prognoze, a studije predviđaju značajan rast BDP-a, otvaranje radnih mjesta i društvene koristi koje se mogu pripisati usvajanju 5G mreža. Očekuje se da će sektori kao što su proizvodnja, IKT, javne usluge, trgovina na veliko i malo, financije i osiguranje, prijevoz i turizam doživjeti znatan napredak u učinkovitosti, inovacijama i konkurentnosti.

Unatoč optimističnim izgledima, i dalje postoje izazovi, posebno u osiguravanju pravednog pristupa 5G infrastrukturi i rješavanju problema nedostataka u digitalnim vještinama. Napredak Hrvatske u digitalizaciji, što se odražava u DESI indeksu, ukazuje na područja za poboljšanje, posebno u digitalnim javnim uslugama i usvajanju IKT-a među MSP-ovima. Međutim, zajednički naponi na nacionalnoj razini i razini EU, zajedno sa strateškim ulaganjima u infrastrukturu i ljudski kapital, mogu pozicionirati Hrvatsku da u potpunosti iskoristi potencijal 5G tehnologije. Osim navedenih, literatura prepoznaje troškovne, regulatorne, sigurnosne, zdravstvene i obrazovne izazove.

Analiza literature ukazuje da efikasna implementacija 5G tehnologije zahtijeva sveobuhvatan pristup koji uključuje koordinirane napore nositelja politika, industrije i obrazovnih institucija, a kako bi se osiguralo da 5G tehnologija bude korisna i dostupna svim segmentima društva, te da pritom budu zaštićeni interesi i sigurnost korisnika. Iskorištavanjem transformativnih sposobnosti 5G mreže u ključnim sektorima Hrvatska može potaknuti održiv gospodarski rast, povećati konkurentnost i poboljšati kvalitetu života svojih građana uvažujući i adresirajući analizirane izazove. Nadalje, analizirana literatura o socioekonomskim utjecajima 5G-a nastoji obuhvatiti sve aspekte 5G tehnologije, od osnovne analize troškova do složenijih procjena regionalnih i vremenskih učinaka. Rezultati provedenih istraživanja zajedno pružaju čvrste temelje za razumijevanje i predviđanje ekonomskih koristi i izazova 5G tehnologije, omogućujući donositeljima odluka razvijanje ciljanih politika za poticanje ekonomskog rasta i tehnološkog razvoja. Stoga bi javne politike trebale biti usmjerene na edukaciju i razvoj digitalnih vještina radne snage, ali i na daljnju digitalizaciju malih i srednjih poduzeća. Osim toga, smisljeno je primijeniti ciljani pristup prema sektorima s najvećim potencijalnim koristima od 5G tehnologije, poput proizvodnje, usluga, transporta i turizma, kako bi se maksimizirao učinak ulaganja. Značajni naponi potrebni su u prilagođavanju obrazovnog sustava potrebama tržišta rada. Točnije, nužan je aktivan pristup na strani ponude radnih mjesta, odnosno obrazovnog sustava kako bi se osiguralo da tranzicija prema novim radnim mjestima uzrokovana napretkom umjetne inteligencije i automatizacije ne rezultira širokim socijalnim nejednakostima. Konačno, ulaganja u jačanje istraživanja i razvoja u područjima poput interneta stvari (IoT), umjetne inteligencije i automatizacije povećavala bi inovacijski kapacitet Hrvatske. Ovo istraživanje je suočeno s nekoliko ograničenja. Analiza je primarno temeljena na pregledima i procjenama iz dostupne literature, što može rezultirati ograničenom preciznošću predviđanja specifičnih ekonomskih učinaka implementacije 5G infrastrukture u Hrvatskoj. Rad je primarno fokusiran na makroekonomske aspekte i sektorsku razinu, s manjkom podataka o specifičnim slučajevima korištenja. Brzo mijenjanje tehnologije može utjecati na dugoročne projekcije, jer se i tržišni uvjeti i tehnička infrastruktura ubrzano razvijaju. Konačno, još uvijek postoji nedostatak empirijskih istraživanja koja bi omogućila izravne usporedbe s drugim zemljama, što može dovesti do manjih razlika u procjenama ekonomskih koristi 5G infrastrukture za Hrvatsku. Kako bi se prevladala ograničenja ovog istraživanja, buduće istraživanje planira se usmjeriti na provođenje empirijske analize koja bi omogućila precizno mjerenje učinaka 5G infrastrukture na različite sektore hrvatske ekonomije- Istraživanje bi uključilo prikupljanje primarnih podataka putem anketa

i intervju s ključnim dionicima u prepoznatim sektorima, čime bi se omogućilo detaljnije razumijevanje utjecaja implementacije 5G tehnologije na produktivnost i konkurentnost na mikrorazini. Nadalje, primjena empirijskih modela, korištenih u sličnim istraživanjima navedenim u ovom radu, mogla bi poslužiti za analizu utjecaja 5G tehnologije na ključne pokazatelje, poput BDP-a, zaposlenosti i produktivnosti. Ovakav pristup olakšao bi komparativne analize s drugim zemljama slične veličine i strukture ekonomije te pružio smjernice nositeljima ekonomskih politika pri oblikovanju regulative za primjenu i razvoj 5G infrastrukture u Hrvatskoj, uzimajući u obzir specifične uvjete i prioritete nacionalnog gospodarstva.

Atribucija

Ovaj članak sadrži isključivo autorov individualni doprinos studiji "Ekonomski učinci razvoja 5G infrastrukture u Republici Hrvatskoj" s kojom je povezan te dosada nije bio objavljen u znanstvenim publikacijama. Studiju je 2021. proveo Ekonomski institut, Zagreb.

Literatura

- Agnoletto, F., Buler, C. & Castells, P. (2022). Maximising the socio-economic value of spectrum. *Global System for Mobile Communications Association GSMA*, 1–38. <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2022/01-mobile-spectrum-maximising-socio-economic-value.pdf>
- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2020). Digitalization and the future of work: Macroeconomic consequences. In: Zimmermann, K. (Eds.) *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics*. Springer: Cham, 1–29. doi: 10.1007/978-3-319-57365-6_11-1
- Attaran, M. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitalization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14:5977–5993. doi: 10.1007/s12652-020-02521-x
- Castaldo, A., Fiorini, A. & Maggi, B. (2018). Measuring (in a time of crisis) the impact of broadband connections on economic growth: An OECD panel analysis. *Applied Economics*, 50(8):838–854. doi: 10.1080/00036846.2017.1343448
- Cheng, L. K., Huang, H. L. & Yang, S. Y. (2021). Attitude toward 5G: The moderating effect of regulatory focus. *Technology in Society*, 67:101795. doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101795
- Chiaraviglio, L., Blefari-Melazzi, N., Chiasserini, C. F., Iatco, B., Malandrino, F., & Salsano, S. (2017). An economic analysis of 5G superfluid networks. *Proceedings of the IEEE 18th International Conference on High Performance Switching and Routing*, doi: 10.1109/hpsr.2017.7968690
- Dananjayan, S. & Raj, G. M. (2021). 5G in healthcare: How fast will be the transformation? *Irish Journal of Medical Science*, 190:497–501. doi: 10.1007/s11845-020-02329-w
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *Management Information Systems – MIS Quarterly*, 13(3):319–340. doi: 10.2307/249008
- Dede, G., Kamalakis, T., & Varoutas, D. (2011). Evaluation of optical wireless technologies in home networking: An analytical hierarchy process approach. *Journal of Optical Communications and Networking*, 3(11):850–859. doi: 10.1364/jocn.3.000850
- Eberhard, B., Podio, M., Pérez Alonso, A., Radovica, E., Avotina, L., Peiseniece, L., Caamaño Sendon, M., Gonzales Lozano, A. & Solé-Pla, J. (2017). Smart work: The transformation of the labour market due to the fourth industrial revolution (4.0). *International Journal of Business and Economic Sciences*, 10(3):47–66. doi: 10.25103/IJBESAR.103.03

- Ejdys, J. & Soler, U. (2023). The society's attitude toward 5G technologies – a case study of Poland. *Technological and Economic Development of Economy*, 29(5):1539–1558. doi: [10.3846/tede.2023.20157](https://doi.org/10.3846/tede.2023.20157)
- EC, (2016). Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe. *European Commission: DG Communications Networks, Content and Technology – Final Report*, 1–114. doi: [10.2759/56657](https://doi.org/10.2759/56657)
- EC, (2019). 5G for Europe's Digital and Green Recovery. *European Commission Brochure*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/5g-europes-digital-and-green-recovery>
- EC, (2023). Digital Economy and Society Index (DESI) Croatia. *European Commission*, 1–18. <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/88697>
- EIZ, (2021). Ekonomski učinci razvoja 5G infrastrukture u Republici Hrvatskoj. *Studija Ekonomskog instituta Zagreb*, 1–105. https://www.t.ht.hr/webresources/tht/pdf/HT_5G-atlas.pdf
- Ford, G. S. (2018). Is faster better? Quantifying the relationship between broadband speed and economic growth. *Telecommunications Policy*, 42(9):766–777. doi: [0.1016/j.telpol.2018.05.006](https://doi.org/0.1016/j.telpol.2018.05.006)
- Forge, S. & Vu, K. (2020). Forming a 5G strategy for developing countries: A note for policy makers. *Telecommunications Policy*, 44(7):101975. doi: [10.1016/j.telpol.2020.101975](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101975)
- Goulart, V. G., Liboni, L. B. & Cezarino, L. O. (2022). Balancing skills in the digital transformation era: The future of jobs and the role of higher education. *Industry and Higher Education*, 36(2):118–127. doi: [10.1177/09504222211029796](https://doi.org/10.1177/09504222211029796)
- IHS, (2017). The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. *IHS Economics and IHS Technology*, 1–34. <https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Technology-5G-Economic-Impact-Study.pdf>
- Jha, A. & Saha, D. (2018). Techno-economic analysis of 5G deployment scenarios involving massive MIMO HetNets over mmWave: A case study on the US State of Texas. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 5839–5848. doi: [10.24251/HICSS.2018.732](https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.732)
- Katz, R. L., Vaterlaus, S., Zenhäusern, P. & Suter, S. (2010). The impact of broadband on jobs and the German economy. *Intereconomics*, 45(1):26–34. doi: [10.1007/s10272-010-0322-y](https://doi.org/10.1007/s10272-010-0322-y)
- Koratagere Anantha Kumar, S. & Oughton, E. J. (2023). Techno-economic assessment of 5G infrastructure sharing business models in rural areas. *Frontiers in Computer Science*, 5:1-22. doi: [10.3389/fcomp.2023.1191853](https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1191853)
- Köstereli, S. & Ergün, E. (2024). Do not reinvent the wheel: A checklist for developing national 5G strategies. *Systems*, 12(6):193. doi: [10.3390/systems12060193](https://doi.org/10.3390/systems12060193)
- Koutroumpis, P. (2019). The economic impact of broadband: Evidence from OECD countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 148:119719. doi: [10.1016/j.techfore.2019.119719](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119719)
- Mack, E. A. & Rey, S. J. (2014). An econometric approach for evaluating the linkage between broadband and knowledge intensive firms. *Telecommunications Policy*, 38(1):105–118. doi: [10.1016/j.telpol.2013.06.003](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2013.06.003)
- Neokosmidis, I., Rokkas, T., Parker, M., Koczian, G., Walker, S., Siddiqui, M. S. & Escalona, E. (2017). Assessment of socio-techno-economic factors affecting the market adoption and evolution of 5G networks: Evidence from the 5G-PPP CHARISMA project. *Telematics and Informatics*, 34(5):572–589. doi: [10.1016/j.tele.2016.11.007](https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.11.007)
- Oughton, E. J. & Lehr, W. (2022). Surveying 5G techno-economic research to inform the evaluation of 6G wireless technologies. *IEEE Access*, 10:25237–25257. doi: [10.1109/access.2022.3153046](https://doi.org/10.1109/access.2022.3153046)

- Oughton, E. J. & Frias, Z. (2018). The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain. *Telecommunications Policy*, 42(8):636–652. doi: 10.1016/j.telpol.2017.07.009
- Oughton, E. J., Frias, Z., van der Gaast, S. & van der Berg, R. (2019). Assessing the capacity, coverage, and cost of 5G infrastructure strategies: Analysis of the Netherlands. *Telematics and Informatics*, 37:50–69. doi: 10.1016/j.tele.2019.01.003
- PwC, (2021). The global economic impact of 5G. Powering your tomorrow. *PricewaterhouseCoopers*, 1–21. <https://www.pwc.com/gx/en/tmt/5g/global-economic-impact-5g.pdf>
- Rao, S. K. & Prasad, R. (2018). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. *Wireless Personal Communications*, 100:145–159. doi: 10.1007/s11277-018-5615-7
- Roberts, M., Siegle, E., Watson, J. & Sims, G. (2021). The impact of 5G on the economy, employment, and emissions in France, Spain, Poland, Belgium, and Romania in 2030. *Omdia Report*, 1–54. <https://5glab.orange.com/wp-content/uploads/sites/37/2021/05/5g-impact-2030.pdf>
- Rogers, E. M. (1983). *The Diffusion of innovations* (fourth edition). New York: The Free Press.
- Smail, G. & Weijia, J. (2017). Techno-economic analysis and prediction for the deployment of 5G mobile network. *Proceedings of the 20th Conference on Innovations in Clouds, Internet and Networks*, 9–16. doi: 10.1109/icin.2017.7899243
- Stewart, J. & Daly, A. (2020). 5G action plan review for Europe: Final report. *Analysys Mason Report*, 1–59. https://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/5g_cost_benefit_analysis_for_europe_final_report_290121.pdf
- Tech4i2, (2019). 5G socio-economic impact in Switzerland. *Tech4i2 Study*, 1–55. https://asut.ch/asut/media/id/1465/type/document/Study_Tech4i2_5G_socio-economic-impact_switzerland_February_2019.pdf
- Tornatzky, L. & Fleischer, M. (1990). *The process of technology innovation*. Lexington Books.
- Uher, J. J., Harper, J. R., Mennecke, R. G., Patton, P. M. & Farroha, S. (2016). Investigating end-to-end security in the fifth generation wireless capabilities and IoT extensions. *SPIE Proceedings*, 9826:98260A. doi: 10.1117/12.2229608
- Wang, J., Roy, H., Rao, T., Ahshrup, S. & McCluskey, W. (2004). The impact of 5G on the United States economy. *Accenture Research Report*, 1–84. <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/pdf/pdf-146/accenture-5g-wp-us.pdf#zoom=50>
- WEF, (2020). The Impact of 5G: Creating New Value across Industries and Society. *World Economic Forum White Paper*, 1–23. http://www3.weforum.org/docs/WEF-The_Impact_of_5G_Report.pdf

A review of potential economic effects of 5G infrastructure development – the case of Croatia

SUMMARY

This paper outlines the prospective economic advantages of implementing 5G infrastructure within the Republic of Croatia through a critical review of relevant literature. The emergence of 5G infrastructure promises transformative changes across various sectors, reshaping industries and driving economic growth. Numerous studies and research predict that 5G will have a significant economic impact, opening new markets and opportunities for growth in many industries through the creation of new jobs, enhancing productivity, and stimulating global economic growth. This paper presents the regulatory framework for 5G infrastructure in Croatia and the EU, identifying potential benefits that various industries and use cases might gain from the implementation of the 5G network and associated digital mobile technologies. The aim of this paper is to provide a detailed and critical review of such research and to focus specifically on key sectors in the Republic of Croatia where the potential benefits of the 5G network would be greatest. These sectors include manufacturing, ICT, public sector services, wholesale and retail, finance and insurance, transportation and storage, as well as tourism. The contribution of this work consists of identifying and compiling potential challenges of implementing the 5G network from existing literature.

ARTICLE TYPE

Review article

ARTICLE INFO

Received: July 22, 2024

Accepted: November 6, 2024

DOI: 10.62366/crebss.2024.2.001

JEL: A12, O33, O40

KEYWORDS

digitalization, 5G infrastructure, socio-economic effects