

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek



FERIT

Tehnologija na selu

(Tehnički i uslužni aspekti koncepta pametnog sela s mogućnostima primjene u ruralnim područjima
Osječko-baranjske županije)

Autori:
Krešimir Grgić
Josip Job

U Osijeku, siječanj 2021.

Naručitelj:



Osječko-baranjska županija, Upravni odjel za ruralni razvoj

Izradio:



FERIT

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek

Naziv studije:

Tehnologija na selu

(Tehnički i uslužni aspekti koncepta pametnog sela s mogućnostima primjene u ruralnim područjima Osječko-baranjske županije)

Autori: Krešimir Grgić i Josip Job

Mjesto i vrijeme: Osijek, siječanj 2021.



SUFINANCIRANO SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE
EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND ZA RURALNI RAZVOJ: EUROPA
ULAŽE U RURALNA PODRUČJA
Mjera Tehnička pomoć - Podmjera 20.2.
„Podrška za osnivanje i upravljanje Nacionalnom ruralnom mrežom“



SADRŽAJ

1. UVOD	4
2. RAZVOJ KONCEPTA PAMETNOG SELA	5
3. TEHNOLOŠKI PREDUVJETI	12
4. INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U PAMETNOM SELU	19
4.1 Pokretne (mobilne) mreže	20
4.2 IEEE 802.11 mreže (Wi-Fi)	21
4.3 Bluetooth	21
4.4 IEEE 802.15.4 (ZigBee)	22
4.5 LPWAN tehnologije	23
4.5.1 LoRa/LoRaWAN	24
4.5.2 Sigfox	26
4.5.3 NB-IoT	27
5. NAPREDNE PAMETNE USLUGE U OKVIRU PAMETNOG SELA	29
5.1 e-zdravstvo (<i>e-health</i>)	29
5.2 e-uprava (<i>e-government</i>)	31
5.3 e-poljoprivreda (<i>e-agriculture</i>)	32
5.4 ostale e-usluge	36
6. ZAKLJUČAK	38
LITERATURA	39

1. UVOD

Internet kao globalna svjetska mreža odavno više nije mreža koja međusobno povezuje računala u klasičnom smislu te riječi. Globalna mreža zapravo rapidno evoluirala ka mreži koja povezuje čitav niz različitih heterogenih objekata (stvari) sa zajedničkim svojstvom da su u mogućnosti komunicirati putem standardnih internetskih komunikacijskih protokola. Umreženi objekti u mogućnosti su putem odgovarajućih senzora prikupljati informacije iz svoje okoline, ali i putem odgovarajućih aktuatora ostvarivati interakciju s fizičkim svijetom oko sebe. Ovakva vrsta globalne mreže predstavlja paradigmu *Internet of Things (IoT)* – internet objekata (internet stvari). Kontinuirani razvoj i napredak paradigme interneta objekata (IoT) omogućio je i pojavu paradigme pametnog grada (*engl. Smart City*). Koncept pametnog grada podrazumijeva postojanje razvijene i razgranate heterogene mrežne infrastrukture na koju je povezan veliki broj senzora različite vrste i namjene. Ovi senzori izvor su velike količine podataka koji se na inteligentan način procesiraju, što rezultira korisnim informacijama koje su temelj za različite vrste pametnih usluga u različitim domenama (transport, zdravstvena skrb, zabava, zaštita okoliša, energetska učinkovitost i sl.). Ovaj koncept se u posljednje vrijeme sve više preslikava i u ruralna područja (paralelno sa razvojem informacijsko-komunikacijske infrastrukture u njima), pri čemu pametne usluge obuhvaćaju i domene karakteristične za ruralna područja (sve grane poljoprivrede, turizam, promocija i plasman poljoprivrednih proizvoda i uslužno-turističkih djelatnosti i sl.) te nastaje paradigma pametnog sela (*engl. Smart Village*).

Ova studija, koja se bavi problematikom pametnog sela, ima za cilj obuhvatiti analizu tehničkih i tehnoloških preduvjeta (infrastrukturnih i komunikacijskih) koji omogućavaju razvoj koncepta pametnog sela, obuhvaćajući i primjere dobre prakse. Analizira se i trenutno stanje i mogućnosti implementacije naprednih usluga iz domene pametnog sela u ruralnim područjima u Osječko-baranjskoj županiji. Osim tehnoloških aspekata (bez previše tehničkih detalja, radi razumljivosti širem krugu čitatelja), studija obuhvaća i pregled mogućih naprednih usluga koje se pod okriljem ove platforme mogu ponuditi stanovnicima ruralnih sredina, te tako izravno doprinijeti podizanju razine kvalitete života na selu. Pametne usluge stanovnicima u ruralnim područjima mogu biti u više različitih domena: poljoprivreda, turizam, transport, zdravstvena skrb, komunikacija s upravnim tijelima, administrativne usluge, zaštita okoliša i druge. Studija analizira i mogućnosti primjene različitih pametnih usluga u ruralnim područjima. Iako se studija primarno orijentira ka području Osječko-baranjske županije, prezentirani sadržaji primjenjivi su i šire (na području Slavonije i Baranje, pa i u ruralnim područjima čitave Republike Hrvatske).

2. RAZVOJ KONCEPTA PAMETNOG SELA

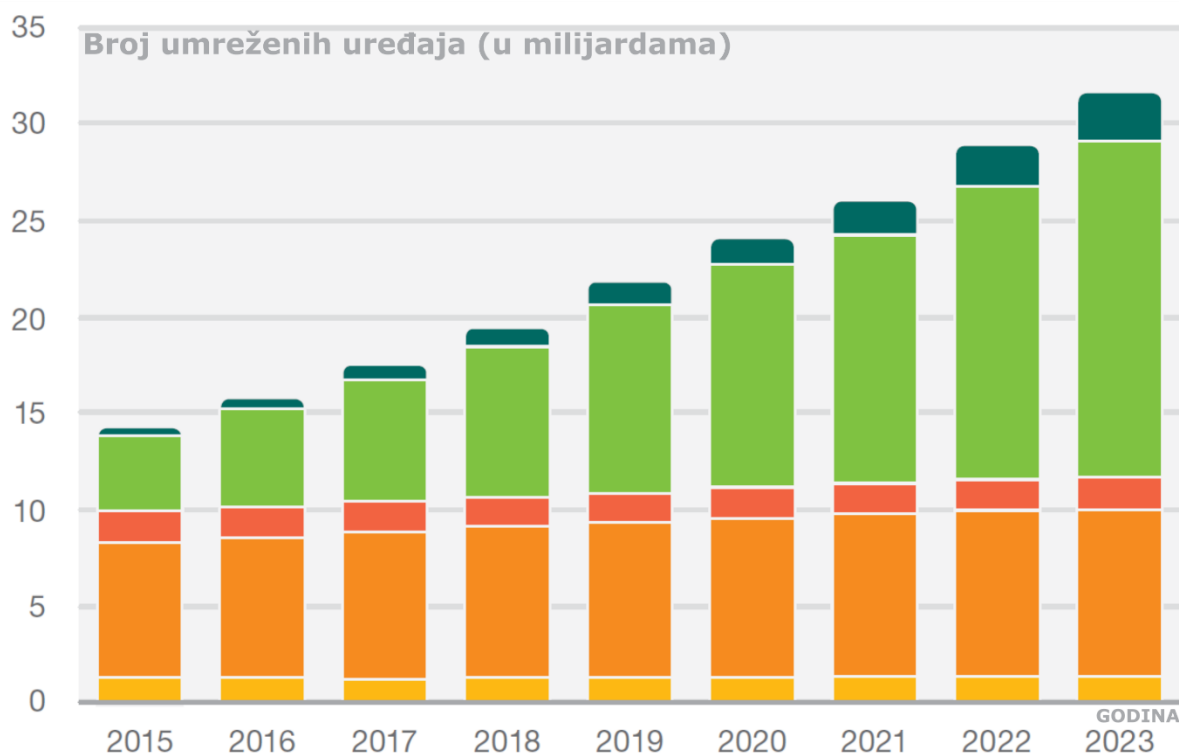
Internet kao globalna svjetska mreža danas povezuje veliki broj različitih mreža, uređaja i njihovih korisnika u jednu jedinstvenu logičku cjelinu. Rani počeci razvoja interneta sežu još u 60-te godine prošlog stoljeća, da bi danas on dosegao razmjere globalne svjetske mreže, te se i dalje nastavlja intenzivno razvijati i širiti. Već dugo vremena uređaji koji se povezuju na internet nisu više isključivo računala, već je današnji internet u strukturalnom i tehnološkom smislu vrlo heterogena struktura.

Prve ideje, iz kojih će se kasnije razviti internet kakvog poznajemo danas, javljaju se u znanstvenim krugovima u SAD-u (uz pokroviteljstvo tamošnjeg Ministarstva obrane). Cilj je bio udaljeno povezati veći broj računala u svrhu komunikacije, razmjene podataka i udaljenog pokretanja programa [Leiner2009]. Znanstveno-istraživački tim američke agencije ARPA (*engl. Advanced Research Project Agency*) 1969. godine uspostavlja mrežu pod nazivom ARPANET, koja se smatra pretečom današnjeg interneta. Izvorno ova mreža povezuje samo četiri čvorišta, no tijekom 70-tih godina prošlog stoljeća mreža se širi, izlazi izvan granica SAD-a, te uključuje i povezuje i druge mreže koje u ovom razdoblju nastaju. Važna novost koja se razvija i uvodi jest komunikacija temeljena na razmjeni pojedinačnih podatkovnih paketa, koji od izvora do odredišta putuju potpuno neovisno jedan od drugog (čak niti ne moraju svi proći istim putem kroz mrežu). Pri tome se moraju poštivati određena pravila koja se definiraju pomoću komunikacijskih protokola, pa razvoj komunikacijskih mreža paralelno prati i razvoj odgovarajućih komunikacijskih protokola. Paketski način prijenosa podataka je izuzetno otporan na kvarove, jer mreža nastavlja funkcionirati u slučaju kvara (pa čak i uništenja) jednog njezinog dijela (ne treba zanemariti da je u povijesnom kontekstu ovo razdoblje „hladnog rata“, pa je želja prilikom projektiranja bila stvoriti mrežu otpornu čak i na mogući nuklearni napad) [Lukasik2011]. Najznačajniji komunikacijski protokoli razvijeni u ovom razdoblju i prihvaćeni kao standard početkom 80-tih godina su protokoli TCP (*engl. Transmission Control Protocol*) i IP (*engl. Internet Protocol*) koji su i do danas (uz određeni razvoj) ostali najvažniji internetski protokoli. Prva globalna mreža koja od samih početaka koristi ove protokole je mreža NSFNET, koja iako povezana s ARPANET-om izlazi iz vojnog okrilja, te se širi u znanstvene krugove i obuhvaća sve veći broj računalnih centara i manjih računala. Ovu mrežu, koja predstavlja važan korak u razvoju interneta, utemeljila je američka Nacionalna zaklada za znanost (*engl. National Science Foundation*) [Severance2014].

Paralelno s razvojem interneta u njegovom infrastrukturnom smislu, pojavljuju se i razvijaju i različite internetske usluge koje se koriste i danas (npr. elektronička pošta, prijenos datoteka, udaljeni rad na računalu). Sve to je dovelo do brojke od preko milijun umreženih računala početkom 90-tih godina. 1991. godine pojavljuje se nova internetska usluga – WWW (*engl. World Wide Web*) koja je omogućila izradu web stranica (sa različitim sadržajima – tekst, slike, zvuk video) međusobno povezanih pomoću

tekstualnih poveznica (uslugu je razvio fizičar Tim Berners-Lee). Bila je to još jedna ključna prekretnica u razvoju interneta, budući da je nakon pojave ove usluge internet započeo eksponencijalno rasti i širiti se.

Suvremeni internet predstavlja heterogenu mrežu na koju se osim računala (stolnih i prijenosnih) povezuje čitav niz različitih uređaja – pametni telefoni, tableti, niz raznih drugih uređaja u kućanstvima (pametni televizori, kamere). Na slici 1 prikazano je kretanje broja umreženih uređaja (izraženo u milijardama), uključujući i predviđanja do 2023. godine [Ericsson2017].



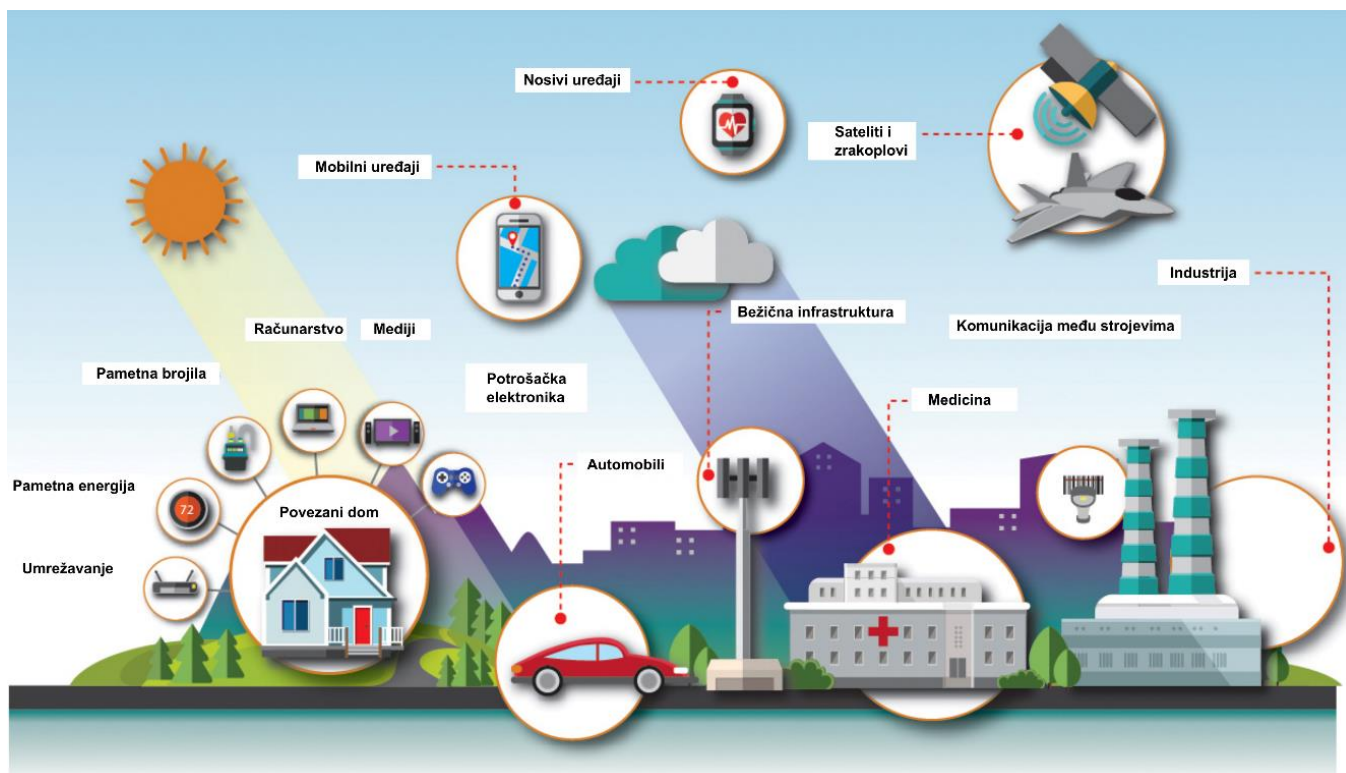
Slika 1. Broj umreženih uređaja, u milijardama [Ericsson2017]

Udio pojedinih vrsta uređaja u ukupnom broju umreženih uređaja detaljnije je prikazan na slici 2. Može se primijetiti da najbrže raste brojka različitih „pametnih“ uređaja koji ne pripadaju u skupinu telefona (mobilnih i fiksni) i računala (stolnih, prijenosnih ili tableta). CAGR predstavlja godišnju stopu rasta (*engl. Compound Annual Growth Rate*).

	2017	2023	CAGR
 IoT šireg područja	0.6	2.4	26%
 IoT kratkog dometa	6.4	17.4	18%
 PC/laptop/tablet	1.6	1.7	0%
 Mobilni telefoni	7.5	8.8	3%
 Fiksni telefoni	1.4	1.3	0%
	17.5 milijardi	31.6 milijardi	Godišnja stopa rasta

Slika 2. Vrste umreženih uređaja i njihov udio u ukupnom broju [Ericsson2017]

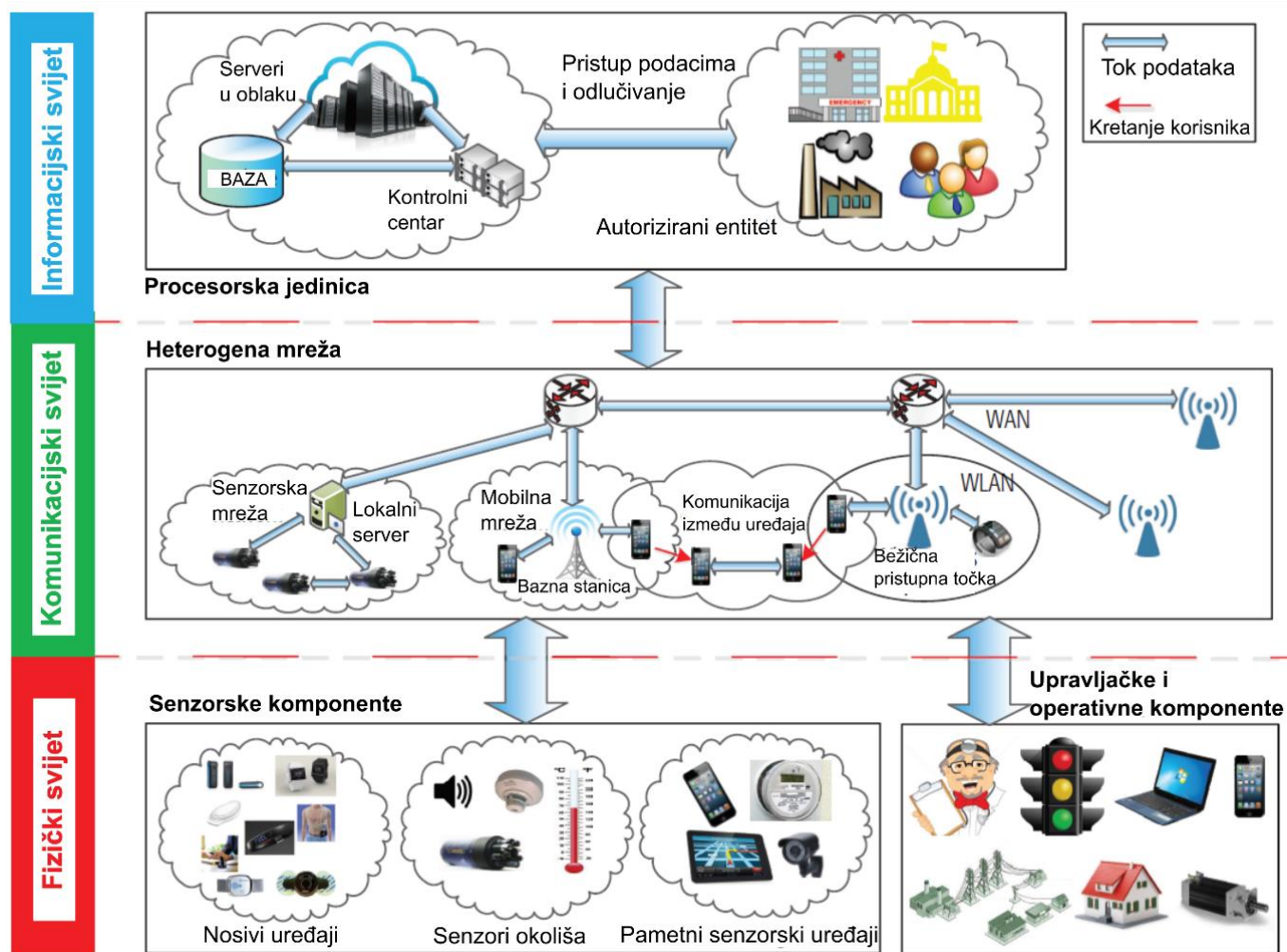
Sa slike 2 je također vidljivo da brojčano najveći udio u ukupnom broju umreženih uređaja otpada na tzv. internet objekata (internet stvari) (*engl. Internet of Things, IoT*). Ono što je zajedničko svim ovim povezanim objektima jest da pri komunikaciji koriste standardne internetske komunikacijske protokole, što omogućava njihovo jednostavno i jedinstveno adresiranje. Umreženi objekti putem različitih senzora s kojima su opremljeni u mogućnosti su prikupljati informacije iz svojeg okruženja, te ostvarivati interakciju sa fizičkim svijetom putem odgovarajućih aktuatora [Al-Fuqaha2015]. Prema tome, globalna mreža evoluirala ka mreži povezanih objekata čineći tako IoT (*engl. Internet of Things*) paradigmu (internet objekata), simbolično prikazanu na slici 3.



Slika 3. Internet stvari (internet objekata) [Skyworks2019]

Razvoj i napredak koncepta Interneta objekata (IoT) omogućio je i pojavu paradigme pametnog grada (*engl. Smart City*). Koncept pametnog grada podrazumijeva postojanje velikog broja sveprisutnih senzora različite vrste i namjene, koji su povezani na razgranatu mrežnu infrastrukturu. Veliki broj senzora generirat će i veliku količinu podataka, čijom se inteligentnom obradom mogu izvući značajni zaključci od velike važnosti za pametno upravljanje različitim vrstama usluga. Zahvaljujući tome, koncept pametnog grada omogućava kontinuirano praćenje različitih parametara, te pružanje cijelog niza pametnih usluga svojim stanovnicima i gostima i to u različitim domenama i područjima djelovanja: transport, zdravstvena njega i skrb, zaštita okoliša, energetska učinkovitost, poljoprivreda, industrijska proizvodnja, zabava i rekreacija...

Koncept pametnog grada pruža gradovima iznimne mogućnosti društvenog i gospodarskog razvoja, koji uspješno prate porast broja urbane populacije (bez primjene pametne tehnologije komunalna infrastruktura bi iznimno teško mogla pratiti ovakav rast i razvoj). Prema tome, koncept pametnog grada predstavlja poveznicu između fizičkog svijeta (senzori i aktuatori) i informacijskog svijeta (ogromne količine pohranjenih podataka) koja se ostvaruje putem heterogene komunikacijske mreže (u kojoj susrećemo niz različitih komunikacijskih tehnologija, kako žičnih tako i bežičnih). Stoga se u logičkom smislu arhitektura pametnog grada može promatrati kao troslojna arhitektura koja integrira i povezuje tri „svijeta“: fizički svijet, informacijski svijet i komunikacijski svijet (slika 4).



Slika 4. Troslojna arhitektura pametnog grada [Zhang2017]

Senzorske komponente zadužene su za prikupljanje informacija iz fizičkog svijeta, koje se potom pohranjuju, obrađuju i prenose putem različitih vrsta komunikacijskih mreža. U senzorske komponente moguće je ubrojiti i različite vrste nosivih uređaja, industrijske senzore i sve druge vrste pametnih uređaja. Što se tiče komunikacijskih tehnologija, susreću se bežične lokalne mreže (*engl. Wireless Local Area Network*), pokretne mreže (trenutačno dominiraju mreže četvrte generacije, no uskoro se može očekivati intenzivnije širenje i komercijalizacija pokretnih mreža pete generacije), te niz različitih drugih komunikacijskih tehnologija namijenjenih pametnim sensorima i senzorskim mrežama. Za obradu informacija, odlučivanje i upravljanje primjenjuju se napredni distribuirani računalni sustavi, kojima uz autorizaciju pristupaju odgovarajuća nadležna tijela.

Jedan od najznačajnijih ciljeva pametnog grada jest unaprijediti kvalitetu života njegovih stanovnika, kao i osigurati ugodan boravak njegovim posjetiteljima. Koncept pametnog življenja (*engl. Smart Living*) podrazumijeva napredno pametno upravljanje različitim uređajima u kućanstvima (npr. napredni sustavi za klimatizaciju, daljinsko upravljanje pojedinim uređajima i sl.) uz maksimalnu energetska učinkovitost. U okruženju pametnog grada korisnicima su dostupne brojne pametne usluge (*engl. Smart Service*), primjerice: inteligentni transportni sustav (npr. navigacija, izbjegavanje prometnih gužvi), pametna

zdravstvena skrb (npr. stalno praćenje vitalnih parametara uz daljinsku dijagnostiku, automatski alarm u slučaju nezgode), pametne javne i komunalne usluge. Neke moguće aplikacije pametnog grada prikazane su na slici 5.



Slika 5. Aplikacije pametnog grada [Zhang2017]

U pametnom gradu kontinuirano se prati tijek i potrošnja energije (putem odgovarajućih senzora), što uključuje proizvodnju električne energije, njezin prijenos i distribuciju putem pametne elektroenergetske mreže, te potrošnju kod krajnjih potrošača. Napredna tehnologija omogućava smanjenje ukupne potrošnje, te pomaže u prevenciji kvarova (*engl. Smart Energy*). Kontinuirano se prati i klimatske parametre, kao i ostale parametre okoliša (npr. buka, zagađenje), te se pametnim upravljanjem nastoji podići razina kvalitete izravnog okruženja (*engl. Smart Environment*). Važnu ulogu u okruženju pametnog grada ima i koncept pametne industrije (*engl. Smart Industry*), koji podrazumijeva optimizaciju procesa proizvodnje s ciljem učinkovite potrošnje resursa i minimalnog negativnog utjecaja na okoliš.

U posljednje vrijeme gotovo sve zemlje Europske unije suočavaju se s problemom depopulacije ruralnih područja, što je uzročno-posljedično povezano i sa problemom sve većeg zaostajanja ruralnih područja u odnosu na urbana. Stoga na razini čitave Europske unije postoji konsenzus da je rješavanje ovog problema važan strateški interes svih zemalja članica. S druge strane, koncept pametnog grada koji u sve većoj mjeri biva prihvaćen u urbanim sredinama pozitivno utječe na njihov razvoj i napredak. Pokazuje se da široka uporaba naprednih digitalnih tehnologija pozitivno utječe na kvalitetu življenja i donosi poboljšanja u različitim sferama ljudske djelatnosti. Budući da je u proteklih nekoliko godina evidentno da model pametnog grada i napredne usluge koje nudi (široko se pri tome oslanjajući na napredne digitalne informacijsko-komunikacijske tehnologije) doprinose razvoju urbanih sredina, logična je pretpostavka da se sličan koncept oslanjanja na tehnologiju može pokušati primijeniti i u ruralnim sredinama s ciljem pokretanja i ubrzavanja njihovog razvoja. Naravno, jasno je da zbog naglašenih specifičnosti ruralnih

sredina nije moguće u takva područja izravno preslikati koncept pametnog grada. Pristup razvoju ruralnih područja uz oslanjanje na moderne tehnologije (npr. informacijsko-komunikacijske tehnologije, internet objekata, prikupljanje i obrada velike količine podataka) zahtijeva prilagodbu postojećih rješenja, te razvoj novih, inovativnih rješenja posebno prilagođenih za potrebe ruralnih sredina [SVN2020, SRA2020].

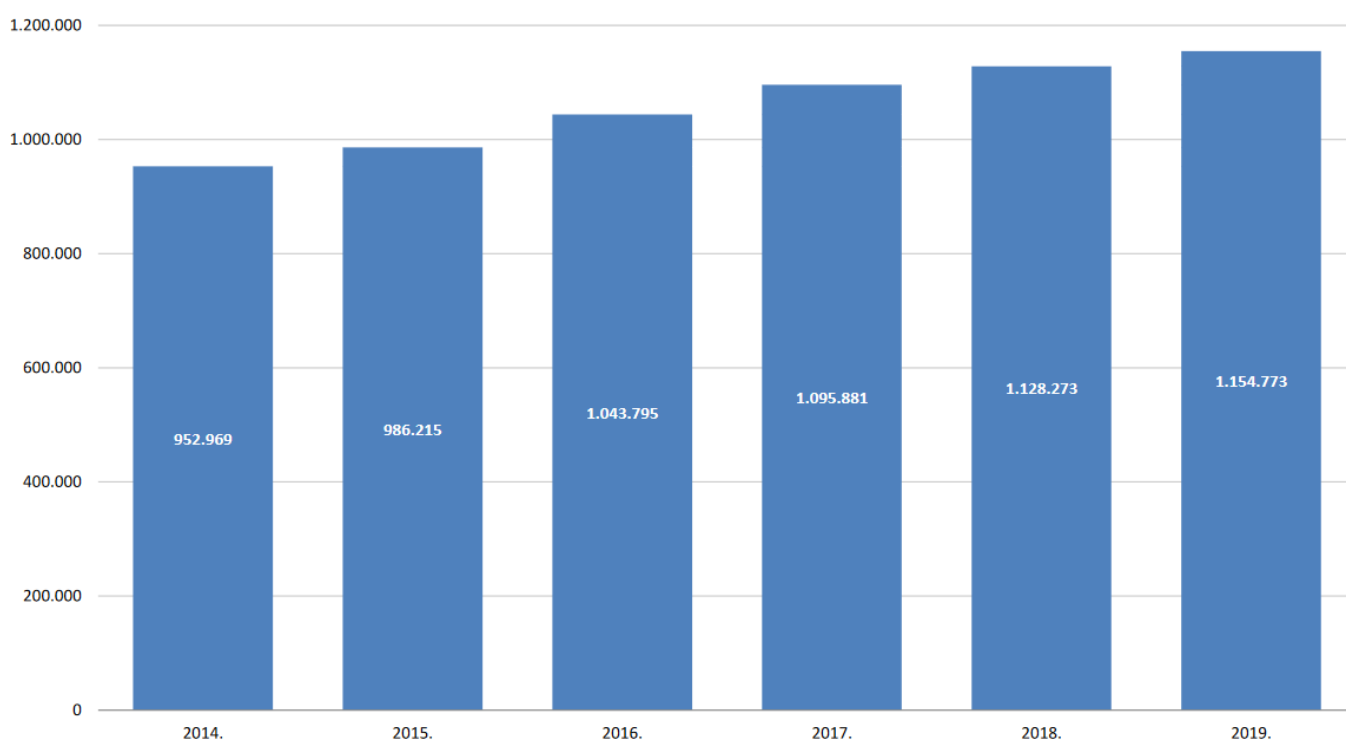
Sukladno tome, Europski je parlament na plenarnoj sjednici održanoj u ožujku 2019. godine prihvatio pametna sela (*engl. Smart Village*) kao novi koncept razvoja ruralnih područja u novom financijskom razdoblju (od 2021. do 2027. godine). Također, donesena je i odluka o financiranju ovog koncepta iz Europskog fonda za regionalni razvoj i Kohezijskog fonda s značajnim sredstvima – najmanje 2.4 milijarde eura, uz mogućnost dodatnog financiranja iz ostalih EU fondova. Jedna od mogućih definicija pametnih sela kaže: „Pametna sela“ su zajednice u ruralnim područjima koje koriste inovativna rješenja za poboljšanje svoje otpornosti, nadograđujući se na lokalne snage i mogućnosti [SVP2020]. Oslanjaju se na participativni pristup u razvoju i provedbi svoje strategije za poboljšanje ekonomskih, socijalnih i/ili okolišnih uvjeta, posebno mobiliziranjem resursa koje nude digitalne tehnologije. Pametna sela imaju koristi od suradnje i povezivanja s drugim zajednicama i akterima u ruralnim i urbanim područjima [OBZ2020].

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine u Osječko-baranjskoj županiji živi 305 032 stanovnika u 263 naselja. Od toga je samo 7 gradskih naselja (Beli Manastir, Belišće, Donji Miholjac, Đakovo, Našice, Osijek i Valpovo) i čak 256 sela, grupiranih u 35 općina. Prema tome, veliki broj ruralnih naselja otvara široke potrebe i mogućnosti primjene naprednih pametnih usluga iz paradigme pametnog sela u ovim sredinama, a s ciljem njihovog razvoja i povećanja kvalitete života, što bi neizravno dovelo i do rješavanja problema depopulacije ruralnih područja.

3. TEHNOLOŠKI PREDUVJETI

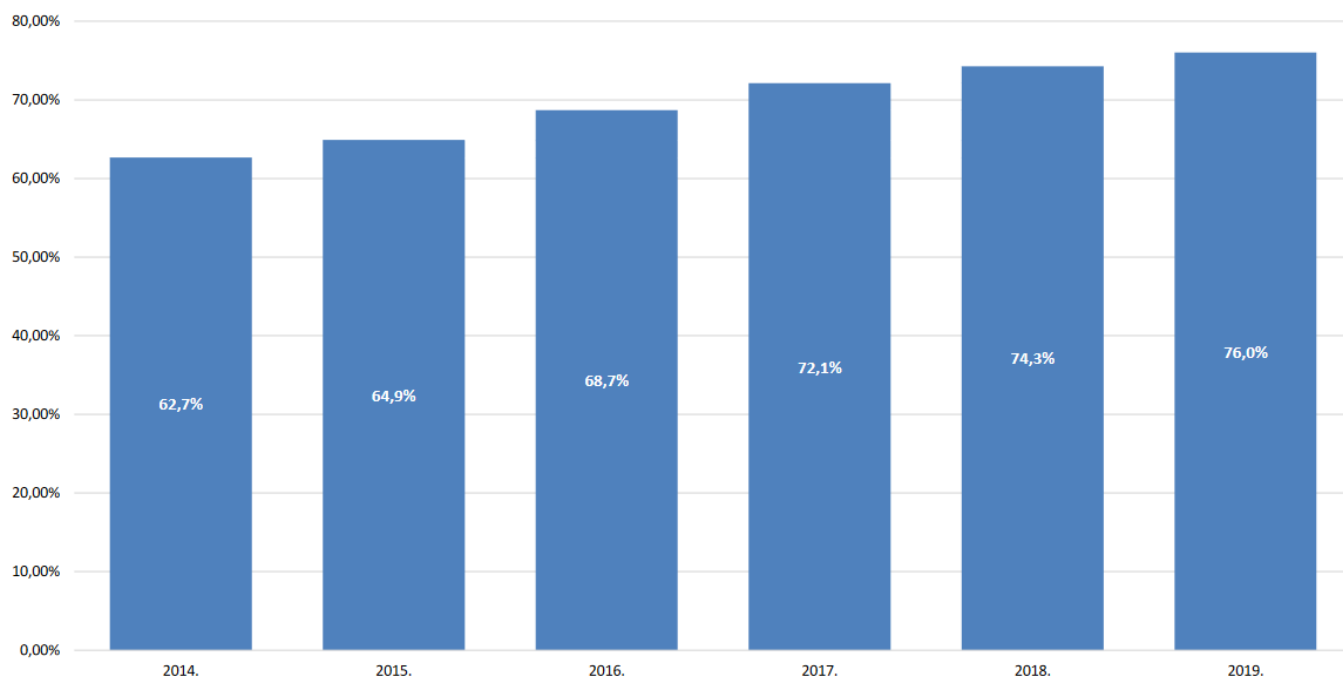
Preduvjet za razvoj naprednih pametnih usluga iz domene pametnog sela jest postojanje odgovarajuće informacijsko-komunikacijske infrastrukture na kojoj se ovakve usluge uobičajeno temelje. Postoji cijeli niz različitih tehnologija koje ruralnim područjima mogu osigurati pouzdani širokopojasni pristup internetu na velikom području, uz pokrivenost kompletnog stanovništva. Često nije riječ o konkurentskim, nego komplementarnim tehnologijama čijom zajedničkom primjenom je moguće postići željeni učinak – pokrivenost kompletnog teritorija i stanovništva brzim širokopojasnim pristupom internetu.

Slika 6 prikazuje kretanje broja širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže u razdoblju od 2014. do 2019. godine, prema podacima HAKOM-a (Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti) [HAKOM2020].



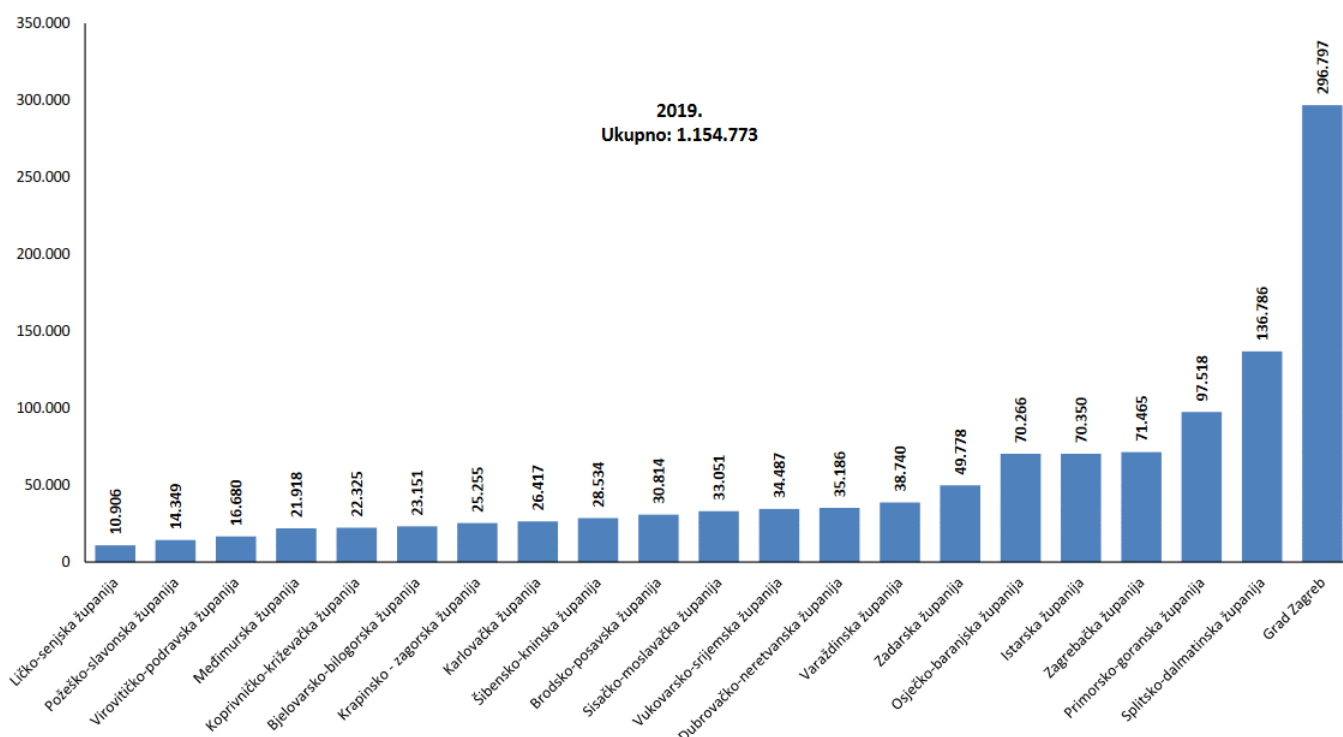
Slika 6. Broj širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže

Na slici 7 prikazana je gustoća širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže, koja je dobivena izračunavanjem u odnosu na broj kućanstava u Republici Hrvatskoj (koji iznosi 1.519.038).



Slika 7. Gustoća širokopojsnih priključaka putem nepokretne mreže

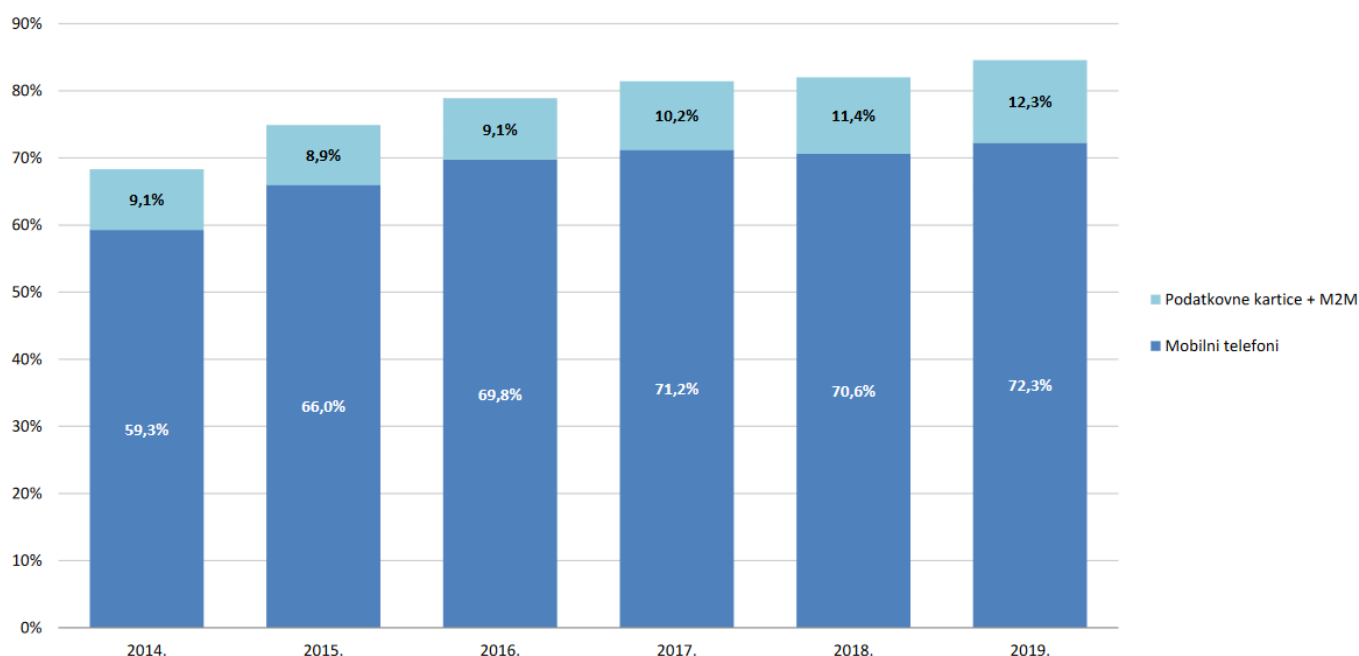
Zanimljivo je pogledati i broj širokopojsnih priključaka po županijama, koji je prikazan na slici 8.



Slika 8. Broj širokopojsnih priključaka putem nepokretne mreže po županijama RH

Osječko-baranjska županija se po broju širokopojsnih priključaka putem nepokretne mreže nalazi na 6. mjestu, sa ukupnom brojkom od 70.266 priključaka.

Brojni korisnici internetskim uslugama pristupaju i putem pokretne mreže. Tako slika 9 pokazuje gustoću korisnika širokopojasnog pristupa putem pokretne mreže (pri čemu se gustoća priključaka izračunava u odnosu na broj stanovnika RH, koji prema posljednjim službenim podacima iznosi 4.284.889).



Slika 9. Gustoća korisnika širokopojasnog pristupa internetu putem pokretne mreže

Vlada Republike Hrvatske također je prepoznala i utvrdila da je razvoj infrastrukture i usluga širokopojasnog pristupa internetu (brzinama većim od 30 Mbit/s) jedan od temeljnih preuvjeta razvoja suvremenog gospodarstva, te je stoga donijela i Strategiju razvoja širokopojasnog pristupa u republici Hrvatskoj (u razdoblju od 2016. do 2020. godine), s ciljem dostizanja razine dostupnosti i korištenja širokopojasnog pristupa jednake barem prosjeku Europske unije [StrategijaŠP2020]. Nadalje, Strategija naglašava i potrebu osiguranja dostupnosti širokopojasnog pristupa i brzinama većim od 100 Mbit/s, kako bi se pružio temelj za nesmetani razvoj i rad aplikacija koje zahtijevaju iznimno velike brzine. Također, cilj je postići i simetričnost pristupnih brzina (tako da brzine pristupa budu jednake u oba smjera, ne samo u dolaznom), pošto je većina pristupnih tehnologija asimetrična (omogućavaju postizanje značajno većih brzina u dolaznom smjeru u odnosu na odlazni).

Ovi ciljevi u skladu su i sa strateškim okvirom Europske unije, koja je donijela Strategiju za pametan, održiv i uključiv rast – Europa 2020 [StrategijaEU2020]. Prioriteti ove europske strategije jesu razvoj gospodarstva utemeljenog na znanju i inovacijama, promicanje gospodarstva koje učinkovitije iskorištava resurse („zelenije“ i konkurentnije gospodarstvo), te održavanje gospodarstva s visokom stopom zaposlenosti koje donosi društvenu i teritorijalnu povezanost. Jedan od ključnih stupova koji podupire ove ciljeve i predstavlja važan preuvjet za njihovu realizaciju jest razvoj i širenje širokopojasnog pristupa

internetu. Stoga je Europska unija donijela i inicijativu Digitalna agenda za Europu, koja ima za cilj ubrzati širenje brzog (i ultrabrzog) interneta te korištenja prednosti jedinstvenog digitalnog tržišta za kućanstva i poslovni sektor. Važno je napomenuti da ovi planovi i strategije promiču i razvoj i uvođenje mreža nove generacije, koje bi omogućile ostvarivanje ciljeva u pogledu dostizanja određene brzine širokopojsnog pristupa, te pokrivanje određenog postotka teritorija, stanovništva odnosno kućanstava. U tom kontekstu, pod mrežama nove generacije najčešće se podrazumijevaju nepokretne mreže temeljene na svjetlovodnoj niti (FTTx standard) te pokretne mreže četvrte i pete generacije (4G i 5G). Nacionalna strategija dostupnost širokopojsnog pristupa internetu smatra osnovnim preduvjetom za daljnji društveni i gospodarski razvoj, kao i tranziciju ka digitalnom društvu i gospodarstvu (utemeljenom na digitalnim tehnologijama). Pretpostavka je da širokopojsni pristup internetu može značajno koristiti različitim skupinama korisnika: građanima i kućanstvima (korištenje usluga elektroničke javne uprave, dostupnost multimedijских sadržaja za obrazovanje, gospodarsku djelatnost i zabavu, te povećanje dostupnosti trenutačno ograničeno dostupnih ili nedostupnih sadržaja, posebice u ruralnim krajevima), gospodarskim subjektima (povećanje produktivnosti uz smanjenje troškova poslovanja, te uključanje u ekosustav digitalnog gospodarstva), javnoj upravi (smanjenje troškova i povećanje učinkovitosti kroz uvođenje elektroničkih usluga: e-uprava, e-zdravstvo, e-obrazovanje).

Republika Hrvatska je s prosječnom gustoćom naseljenosti od 75,7 stanovnika po četvornom kilometru pretežito ruralna država. Otprilike trećina stanovništva naseljava 10 najvećih hrvatskih gradova, trećina živi u 200-tinjak naselja između 2.000 i 30.000 stanovnika, dok preostala trećina živi u preko 6.300 naselja s manje od 2.000 stanovnika. Stoga je jasno da je u najvećem dijelu Republike Hrvatske prisutna prostorno disperzirana naseljenost (veliki broj manjih naselja), što vrijedi i za Osječko-baranjsku županiju. Zbog toga u pravilu izgradnja širokopojsnih pristupnih mreža sljedeće generacije (*engl. NGA – Next Generation Access*) nije isplativa privatnim operatorima pod uobičajenim tržišnim uvjetima. Stoga strategija predviđa i mogućnosti poticanja izgradnje NGA mreža javnim sredstvima (državnim potporama), te je nužno tražiti balans između troškova implementacije, pokrivenosti populacije NGA mrežom, te očekivanih gospodarskih benefita.

Nedavno predstavljen nacrt prijedloga Nacionalne razvojne strategije Republike Hrvatske do 2030. godine također prepoznaje ključnu važnost digitalne tranzicije za cjelokupni razvoj i napredak Republike Hrvatske [StrategijaHR2020]. Ova strategija izdvaja četiri razvojna smjera, od kojih je kao treći razvojni smjer izdvojen smjer „Zelena i digitalna tranzicija“ (preostala tri su: održivo gospodarstvo i društvo, jačanje otpornosti na krize, te ravnomjeran regionalni razvoj). U sklopu svakog od razvojnih smjerova izdvaja se po nekoliko strateških ciljeva, među kojima je (u okviru smjera Zelena i digitalna tranzicija) i strateški cilj „Digitalna tranzicija društva i gospodarstva“. Unutar ovoga strateškog cilja kao prioriteta područja javnih politika izdvojena su:

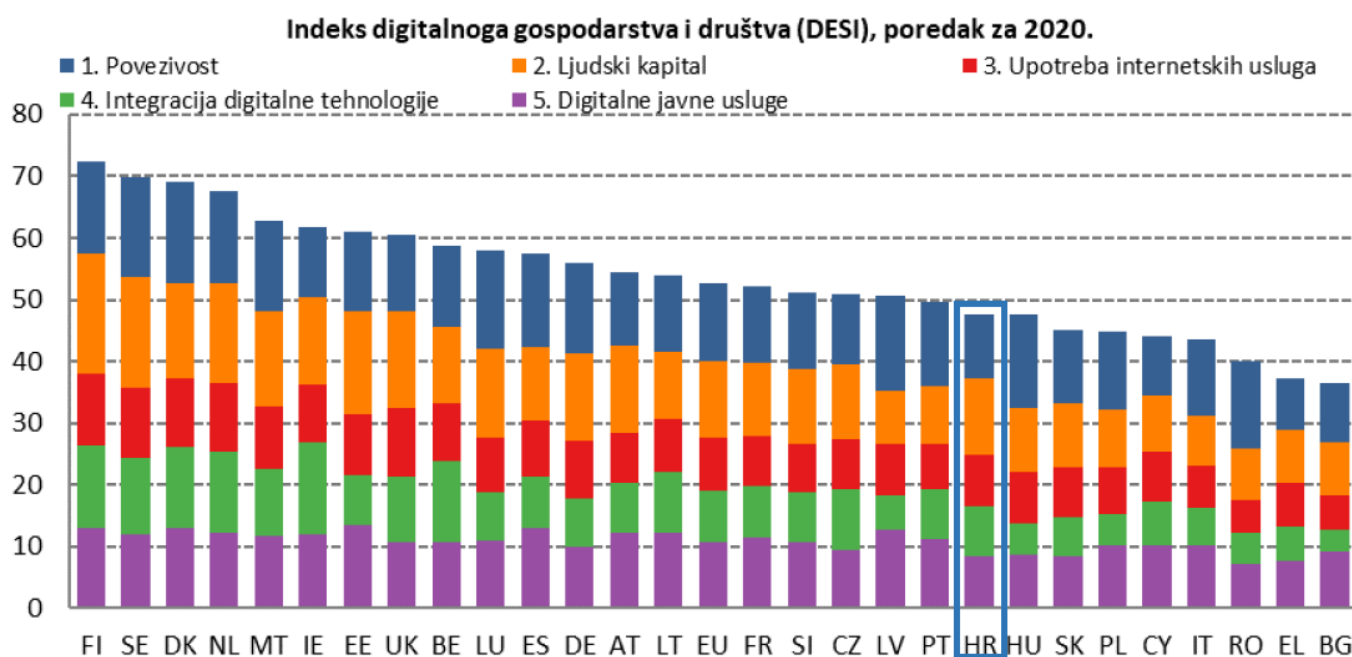
- 1) Digitalna tranzicija gospodarstva
- 2) Digitalizacija javne uprave i pravosuđa

- 3) Razvoj širokopojsasnih elektroničkih komunikacijskih mreža
- 4) Razvoj digitalnih kompetencija i digitalnih radnih mjesta

Kao mjerljivi pokazatelj uspješnosti provedbe koristi se DESI indeks gospodarske i društvene digitalizacije (ukupna vrijednost). Vrijednost ovog indeksa za Republiku Hrvatsku za 2020. godinu iznosi 47,6 čime RH svrstava na 20. mjesto unutar Europske unije. Prosječna vrijednost ovog indeksa za EU (u 2020. godini) iznosi 52,57. Strateški cilj RH (definiran njezinom razvojnom strategijom) jest dostići prosjek zemalja članica EU do 2030. godine.

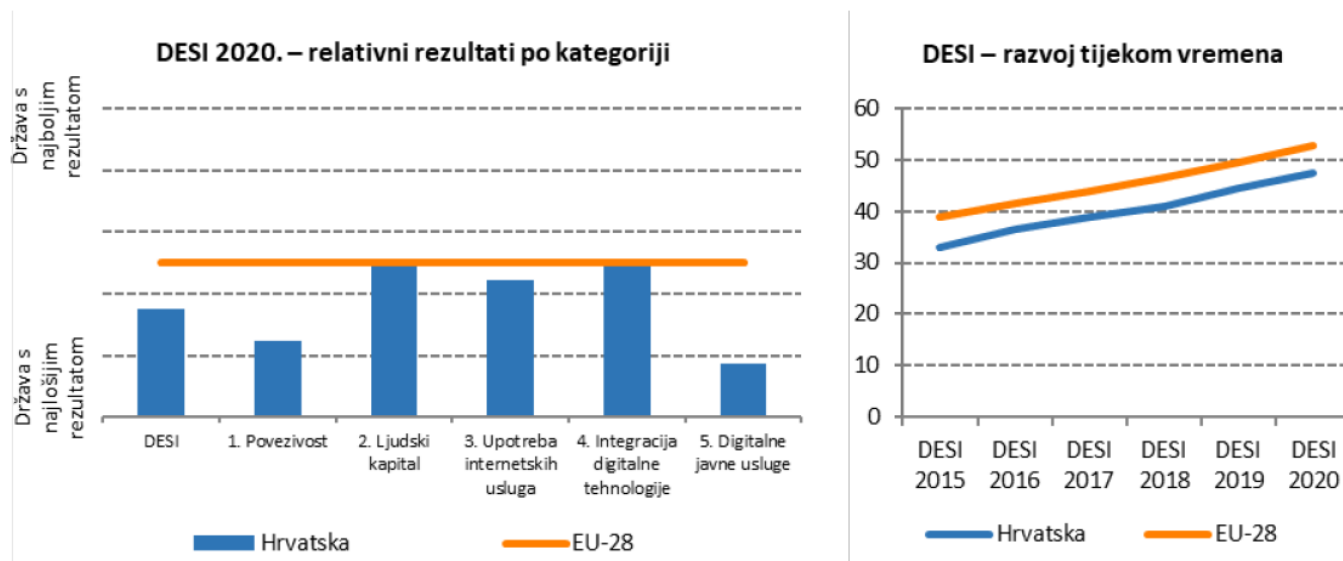
Indeks gospodarske i društvene digitalizacije (DESI) (*engl. Digital Economy and Society Index*) od 2014. godine Europska komisija koristi za praćenje digitalnog napretka država članica [DESI2020]. U izvješćima o DESI-ju po državama članicama kvantitativni dokazi pokazatelja u okviru pet kategorija indeksa kombiniraju se s uvidima u politiku i najboljom praksom konkretne države. DESI za 2020. godinu sadržava i tematska poglavlja s analizom sljedećih područja (na europskoj razini): širokopojsna povezivost, digitalne vještine, upotreba interneta, digitalizacija poduzeća, digitalne javne usluge, tehnologije u nastajanju, kibernetička sigurnost, sektor IKT-a i troškovi tog sektora za istraživanje i razvoj, te upotreba sredstava iz programa Obzor 2020. u državama članicama. Na slici 10 prikazana je usporedba DESI indeksa za RH i ostale zemlje članice EU (kao i usporedba sa prosjekom za EU).

	Hrvatska		EU
	rang	rezultat	rezultat
DESI 2020.	20	47,6	52,6
DESI 2019.	20	44,3	49,4
DESI 2018.	21	40,8	46,5



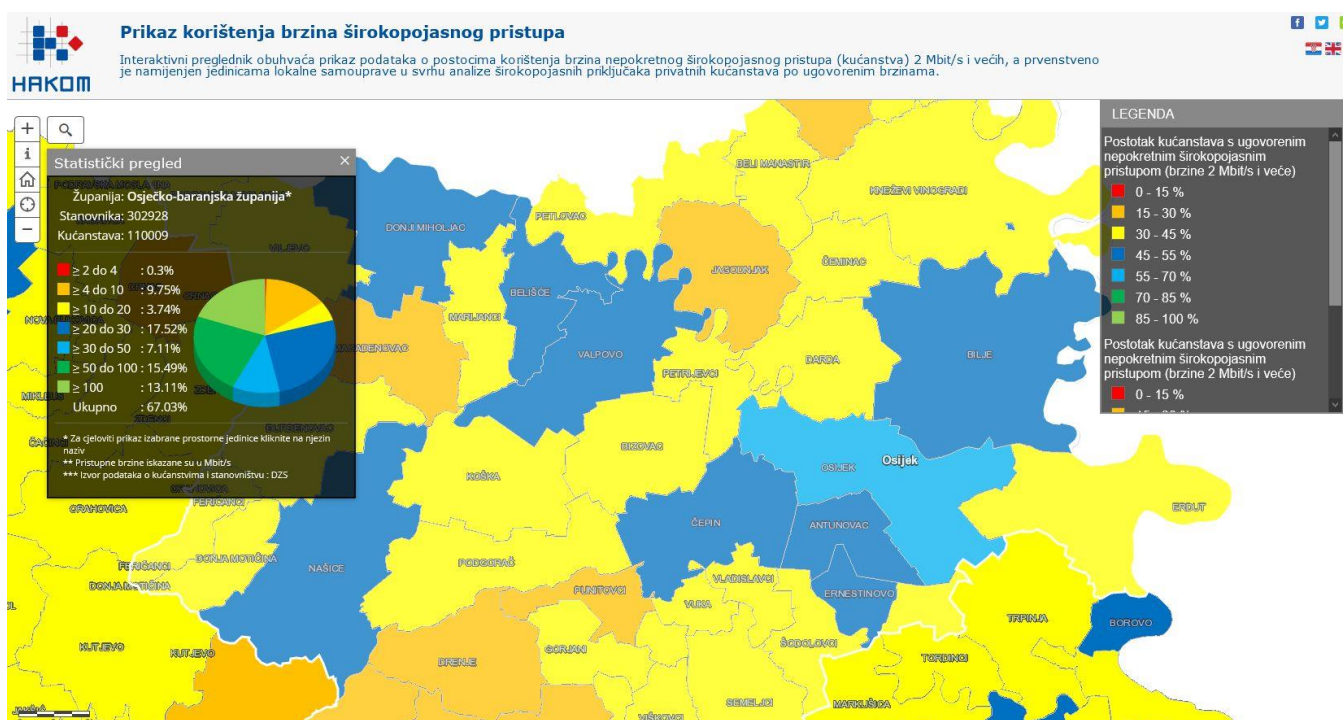
Slika 10. DESI indeks, poredak za 2020. godinu

Slika 11 prikazuje relativne rezultate po pojedinačnim kategorijama, te usporedbu s prosjekom za EU.



Slika 11. DESI relativni rezultati po kategoriji i razvoj tijekom vremena

Slika 12 prikazuje statistički prikaz korištenja brzina širokopojasnog pristupa internetu u Osječko-baranjskoj županiji. Na web stranicama HAKOM-a raspoloživ je interaktivni preglednik koji omogućava uvid u podatke o korištenju brzina širokopojasnog pristupa internetu za svaku pojedinačnu jedinicu lokalne samouprave (općinu/grad) ali i za županiju u cjelini [Prikaz2020].



Slika 12. Prikaz korištenja brzina širokopojasnog internet u OBŽ

Razvoj i implementacija širokopojasnih rješenja u ruralnim područjima umanjit će postojeći tzv. „digitalni jaz“ između ruralnih i urbanih područja, te omogućiti daljnji razvoj ruralnih područja. Cilj je zapravo umanjiti (ili u idealnom slučaju u potpunosti izbrisati) razlike u mogućnostima primjene naprednih digitalnih informacijsko-komunikacijskih tehnologija i usluga između urbanih i ruralnih područja. Pri tome je nužno omogućiti razvoj različitih tehnoloških rješenja (kako žičnih tako i bežičnih), bez da se pojedine tehnologije favoriziraju (načelo tehnološke neutralnosti). Na pravilan izbor adekvatnog rješenja za implementaciju u konkretnoj situaciji (na konkretnoj lokaciji) utjecat će više parametara: broj potencijalnih korisnika (veličina tržišta), vrste usluga koje se namjeravaju nuditi korisnicima, dominantan profil korisnika (privatni korisnici, poslovni korisnici), te stanje postojeće infrastrukture kao preduvjet za daljnji razvoj.

Pri tome treba imati na umu da fiksne i mobilne širokopojasne pristupne tehnologije nisu međusobno isključujuće, već često zapravo komplementarne, tako da mogu koegzistirati i dopunjavati se na istom području. Obično su fiksne širokopojasne tehnologije one koje krajnjem korisniku omogućavaju velike pristupne brzine s neograničenim prometom i nižim cijenama, dok mu mobilne tehnologije primarno omogućavaju fleksibilnost i pokretljivost, odnosno mogućnost pristupa usluzi s bilo koje lokacije.

U nešto većim ruralnim naseljima (u smislu broja korisnika odnosno kućanstava) zbijenog tipa koja se nalaze relativno blizu jezgre mreže (brzi središnji dio mrežne infrastrukture šireg područja) moguće je izgraditi i fiksna pristupna rješenja (pri čemu se, ukoliko je riječ o gradnji nove infrastrukture, obično preporučuje izgradnja rješenja zasnovanih na svjetlovodima). U manjim ruralnim sredinama (koja su obično i udaljenija od jezgrenog dijela mreže) najčešće nije ekonomski isplativo graditi fiksni pristup, pa se u tom slučaju obično koriste bežične tehnologije (koje zahtijevaju značajno manje investicijske troškove). Također, prisutan je i hibridni model koji rezultira heterogenom mrežom koja kombinira žične i bežične tehnologije. U tom slučaju se fiksna infrastruktura dovodi negdje „blizu“ korisnika (ne do njegovog kućanstva), osiguravajući veliku brzinu i propusnost mreže, a posljednji dio veze ka krajnjem korisniku ostvaruje se bežičnim putem (omogućavajući mu mobilnost kao u klasičnoj bežičnoj mreži).

Kao što je ranije rečeno, suvremena mreža je heterogena struktura u kojoj često po brojčanom udjelu najveći broj uređaja otpada na internet objekata (IoT, Internet of Things). Iako su IoT tehnologije još uvijek predmetom intenzivnog razvoja i istraživanja, već danas nalaze svoju vrlo široku primjenu. Ove tehnologije posebno su zanimljive i za ruralna područja, budući da imaju čitav niz različitih mogućnosti primjene u djelatnostima karakterističnim za ruralna područja (npr. različite grane poljoprivrede – ratarstvo, stočarstvo, vinogradarstvo, voćarstvo). IoT rješenja sa sobom donose i različite karakteristične vrste komunikacijskih tehnologija kraćeg i duljeg dometa pomoću kojih se ostvaruje komunikacija unutar ovog okruženja (između senzorskih čvorova), kao i poveznica sa ostatkom mreže.

4. INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U PAMETNOM SELU

Intenzivni razvoj tehnologije interneta objekata (IoT) omogućio je razvoj različitih pametnih usluga, uključujući i razvoj koncepta pametne poljoprivrede (*engl. Smart Agriculture*), što je od posebnog značaja za ruralna područja [Ahmed2018]. Tehnologije interneta objekata čine procese u poljoprivredi „inteligentnijim“, budući da oni postaju precizniji, podatkovno-orijentirani i u visokom stupnju automatizirani. Promatrano na globalnoj razini, ubrzani porast svjetske populacije (praćen i trendom snažne urbanizacije) dovodi do povećanih zahtjeva za proizvodnjom kvalitetne i zdrave hrane, uz istovremeno što manji angažman ljudske radne snage u cjelokupnom procesu. Koncept pametne poljoprivrede (uglavnom temeljen na IoT tehnologijama) omogućava povećanje produktivnosti i prihoda, uz istovremeno smanjenje troškova i uloženi resursa. Različite vrste senzora (bežičnih senzorskih čvorova) distribuiranih po poljima omogućavaju prikupljanje podataka u stvarnom vremenu, te time kontinuirano praćenje i nadzor usjeva, parametara tla i okoline (i to kroz sve stadije ciklusa, od pripreme tla do žetve). Bežični senzorski čvorovi mogu biti opremljeni vrlo različitim vrstama senzora, ovisno o konkretnim potrebama. To mogu primjerice biti senzori za mjerenje vlažnosti i temperature tla (na različitim dubinama), temperature i vlažnosti okoline, kemijskog sastava tla, vlažnosti lista, količine sunčevog zračenja, snage vjetera i mnogi drugi. Postoje i različiti specijalizirani senzori koji mogu detektirati oboljenja na usjevima, kao i štetu od kukaca i divljih životinja. Bežični senzorski čvorovi ne koriste se samo u ratarstvu, već i u drugim granama poljoprivrede, kao što su stočarstvo, voćarstvo, vinogradarstvo. Nadalje, posebne vrste senzorskih čvorova mogu se ugraditi i na različitu mehanizaciju: traktore, kombajne, bespilotne letjelice (dronove). Važno je napomenuti da senzori koji se koriste u pametnoj poljoprivredi „znaju“ i svoju točnu geografsku poziciju, tako da se prikupljanjem podataka s ovih senzora dobija i precizna prostorna raspodjela vrijednosti parametara koji se prate.

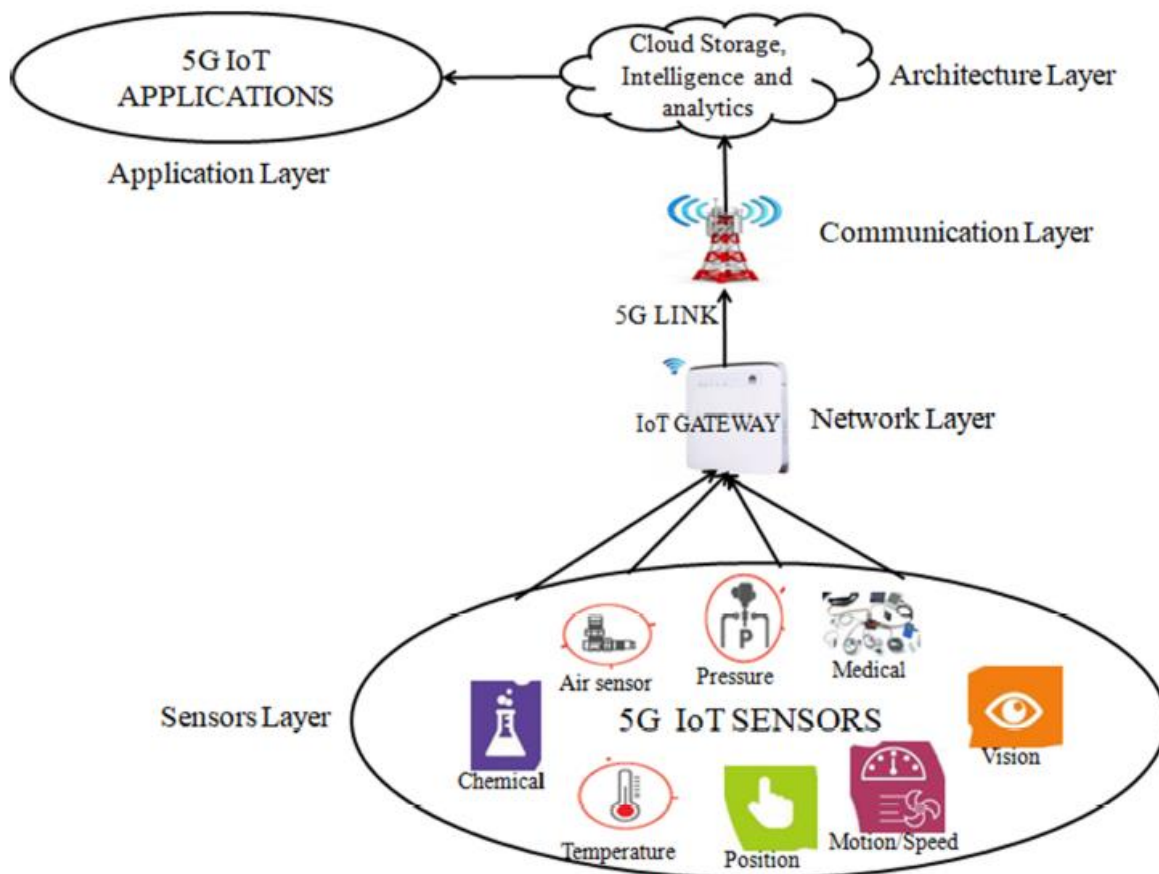
Precizni i relevantni podaci koji se prikupljaju pomoću poljoprivredne senzorske mreže prikupljaju se i pohranjuju u bazama podataka (pohranjenim u računalnom oblaku), te se analiziraju s ciljem optimalizacije primjene agrotehničkih mjera. Sukladno tome, mogu se ostvariti značajne uštede vode (za navodnjavanje), kemijskih sredstava (umjetna gnojiva, pesticidi, herbicidi), kao i smanjiti potrebu za ljudskom radnom snagom. IoT tehnologija u suradnji sa sustavima za navodnjavanje može značajno popraviti njihovu učinkovitost. Precizni podaci prikupljeni s polja kombiniraju se s meteorološkim podacima, te se u skladu s time upravlja sustavom za navodnjavanje kako bi se postigla optimalna vlažnost tla za rast i razvoj usjeva. Senzorski podaci o sastavu tla omogućavaju vrlo preciznu primjenu umjetnih gnojiva (bez primjene suvišnih količina) i različitih kemikalija (herbicidi, pesticidi), što je iznimno važno i sa stanovišta ekologije i proizvodnje zdrave hrane [Khanna2019].

Poljoprivredne senzorske mreže mogu primjenjivati čitav niz različitih komunikacijskih tehnologija u svrhu sigurnog i pouzdanog povezivanja s globalnom mrežom. Primjene u poljoprivredi podrazumijevaju

implementaciju IoT tehnologija na vrlo širokom prostornom području. Prema tome, u ruralna područja nužno je implementirati robusnu, pouzdanu i skalabilnu komunikacijsku infrastrukturu, pri čemu je u isto vrijeme važno zadovoljiti i vrlo stroge kriterije u pogledu troškova, potrošnje energije, i velikog područja pokrivenosti mrežom.

4.1 Pokretne (mobilne) mreže

Pokretne (mobilne) mreže predstavljaju široko rasprostranjenu moguću tehnologiju za povezivanje, koja signalom pokriva velika prostorna područja. Ukoliko je dostupna, mobilnu mrežu moguće je iskoristiti za povezivanje poljoprivredne senzorske mreže sa nekom udaljenom lokacijom, dok se lokalno (za međusobnu komunikaciju između senzorskih čvorova) obično može koristiti neka druga tehnologija kratkog ili srednjeg dometa [Chettri2020]. Poljoprivredna senzorska mreža obično ne proizvodi jako velike količine podataka. U pitanju su najčešće senzorska očitavanja, koja se često i na licu mjesta djelomično obrađuju i agregiraju, pa za ovu vrstu primjene u većini slučajeva prikladne mogu biti sve generacije pokretnih mreža (od 2G do 5G) (slika 13). Naravno, veća propusnost novijih generacija pokretnih mreža omogućit će i jednostavniji prijenos većih količina podataka, ukoliko se za tim ukaže potreba (npr. prijenos slike ili videa).



Slika 13. Pokretne mreže [Chettri 2020]

Pokretne mreže predstavljaju sigurnu i pouzdanu opciju za povezivost na širokom području, no njihov glavni nedostatak su troškovi. Uporaba pokretnih mreža uz inicijalne troškove opreme i infrastrukture podrazumijeva i troškove pretplate mrežnom operatoru. Drugi nedostatak jest velika potrošnja energije, što obično zahtijeva dodatno napajanje (što može biti problematično na udaljenim lokacijama na poljima).

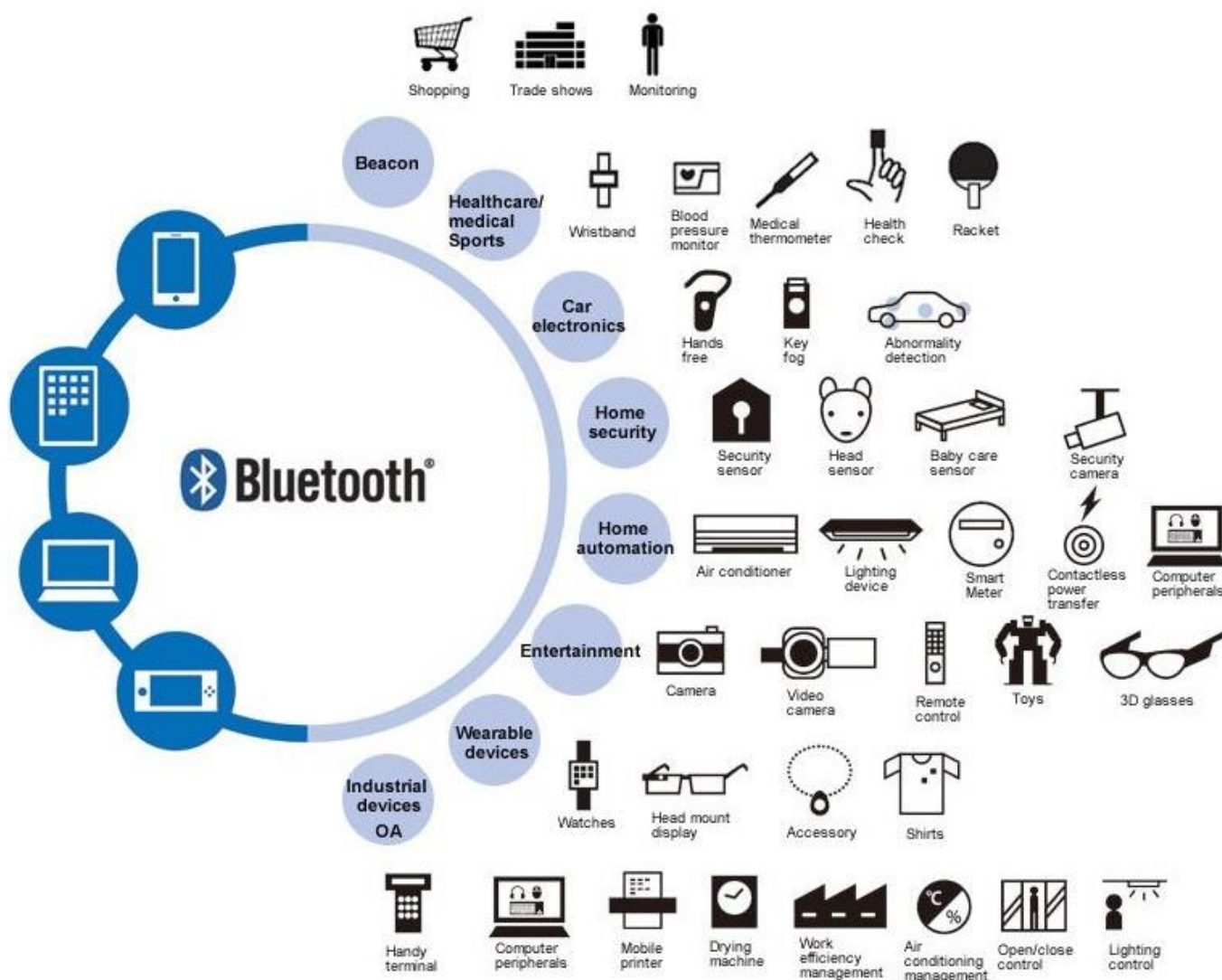
4.2 IEEE 802.11 mreže (Wi-Fi)

Najpopularniji i najrašireniji standardi za izgradnju bežičnih lokalnih mreža (*engl. Wireless Local Area Network, WLAN*) jesu standardi iz skupine IEEE 802.11. Iako primarno nisu namijenjeni za primjenu u pametnoj poljoprivredi, IEEE 802.11 mreže mogu se koristiti za lokalnu komunikaciju između senzorskih čvorova, kao i za njihovu konekciju na udaljeni mrežni prospojnik (gateway). Prednost ove tehnologije je moguće postizanje velikih brzina, no na relativno malim udaljenostima uz relativno visoku potrošnju energije.

4.3 Bluetooth

Bežični komunikacijski standard Bluetooth izvorno je bio namijenjen povezivanju malih uređaja na kratkim udaljenostima. Budući da je riječ o jednostavnom standardu niskih energetske zahtjeva, prikladan je i za primjene u pametnoj poljoprivredi. Za tu svrhu posebice je prikladna varijanta standarda Bluetooth 4.0, poznatija kao BLE (*engl. Bluetooth Low Energy*) upravo zbog dodatno sniženih energetske zahtjeva (slika 14) [Jeon2018].

Glavni nedostatak ove tehnologije je relativno kratak domet. Zbog toga je prikladna za međusobno povezivanje senzorskih čvorova na nekoj lokaciji (polju), no nije prikladna za povezivanje s udaljenom lokacijom.

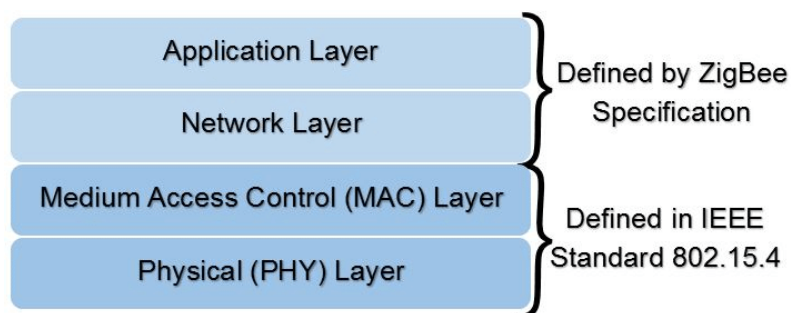


Slika 14. Bluetooth [Dhaketa2020]

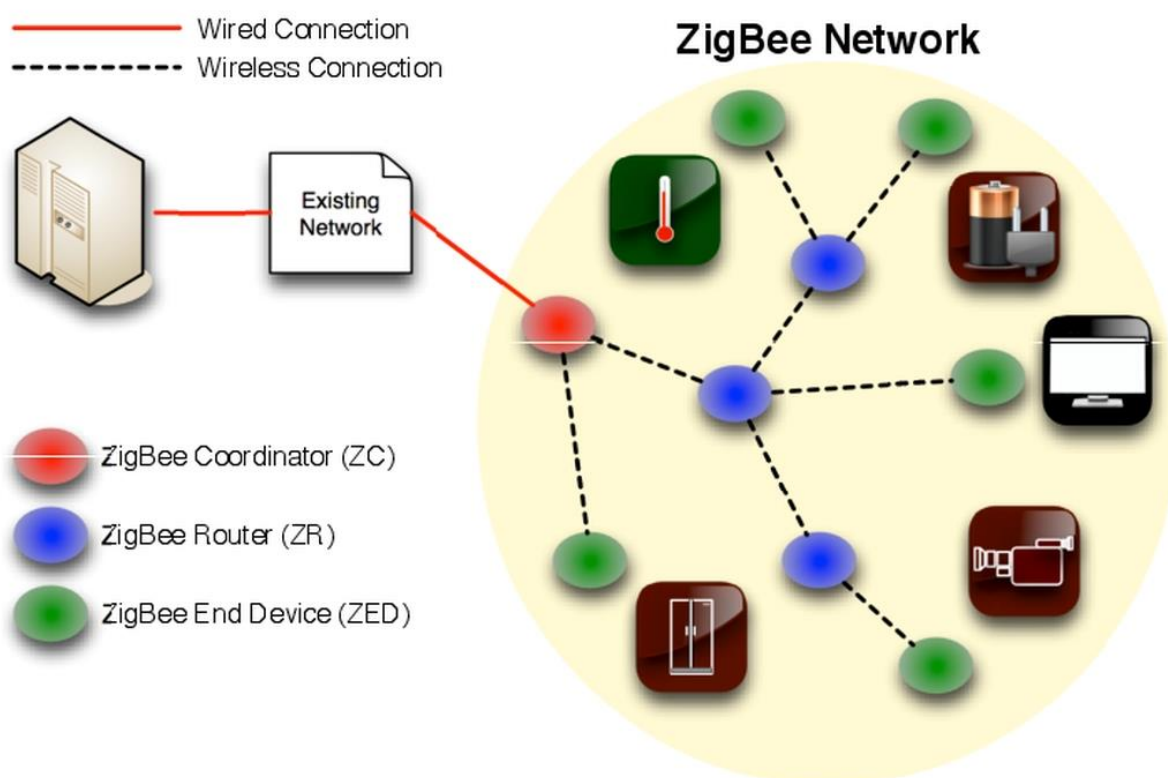
4.4 IEEE 802.15.4 (ZigBee)

Još jedan niskoenergetski bežični standard prikladan za bežične mreže malih brzina koje zahtijevaju nisku potrošnju je IEEE 802.15.4 standard [Kone2015]. Ovaj standard definira samo niže slojeve mrežnog modela (fizički sloj i sloj pristupa mediju), pa stoga predstavlja temelj za nadogradnju brojnim drugim specifikacijama (koje definiraju gornje slojeve), od kojih je najpopularnija ZigBee specifikacija (slika 15).

Ovaj standard podržava kreiranje mreža s isprepletenom arhitekturom, koja omogućava dobru međusobnu povezanost čvorova i prijenos podataka preko više „skokova“ (slika 16).



Slika 15. IEEE 802.15.4 [Noreen2016]



Slika 16. ZigBee mreža [Collotta2012]

Glavni nedostatak mu je relativno kratak domet, pa se putem ovog standarda ne može ostvariti poveznica ka udaljenim lokacijama.

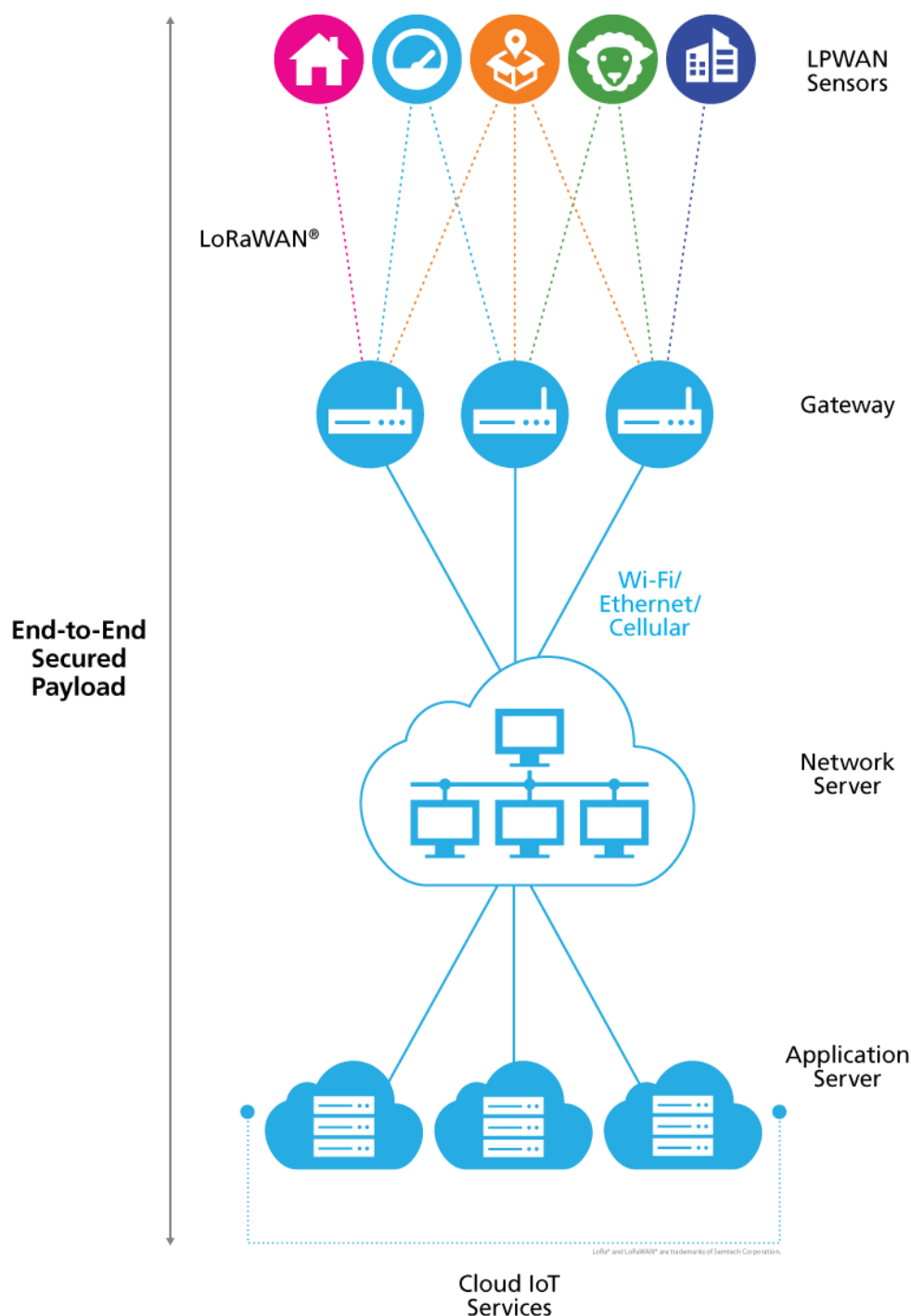
4.5 LPWAN tehnologije

Osim zahtjeva za niskom potrošnjom energije i niskom cijenom opreme, sve više IoT aplikacija (posebice pametna poljoprivreda) zahtijevaju i mogućnost komunikacije dugog dometa (na velikim udaljenostima). Pri tome pokretne mreže zadovoljavaju kriterij mogućnosti komunikacije na širokom

području i na velike udaljenosti, ali ne zadovoljavaju kriterije niske cijene i potrošnje. Stoga su razvijene i neke novije tehnologije koje imaju za cilj omogućiti komunikaciju u niskoenergetskim mrežama širokog područja (*engl. Low Power Wide Area Network, LPWAN*), udovoljavajući pri tome navedenim zahtjevima [Raza2017]. Od ovih tehnologija obično se očekuje mogućnost komunikacije na udaljenostima od barem 10 do 40 km u ruralnim područjima, te barem 1 do 5 km u urbanim područjima. Također, očekuje se da životni vijek baterije kojom se ovakvi uređaji napajaju prelazi čak i 10 godina. Trenutačno najpoznatije i najraširenije tehnologije iz ove kategorije su LoRa, Sigfox i NB-IoT [Mekki2019].

4.5.1 LoRa/LoRaWAN

LoRa predstavlja tehnologiju koja za svoj rad koristi nelicencirano frekvencijsko područje (ISM pojas), koristeći pri tome CSS modulacijsku tehniku (*engl. Chirp Spread Spectrum*) [Sundaram2020]. Omogućava dvosmjernu komunikaciju, pri čemu se u svakoj razmijenjenoj poruci može prenijeti maksimalno 243 bajta korisnih podataka. LoRa podržava prijenosne brzine u rasponu od 300 bit/s do 50 kbit/s. 2015. godine standardiziran je prvi komunikacijski protokol temeljen na LoRa tehnologiji – LoRaWAN. LoRaWAN protokol popravljala omjer uspješno primljenih poruka, budući da implementira podršku za višestruke bazne stanice (slika 17).



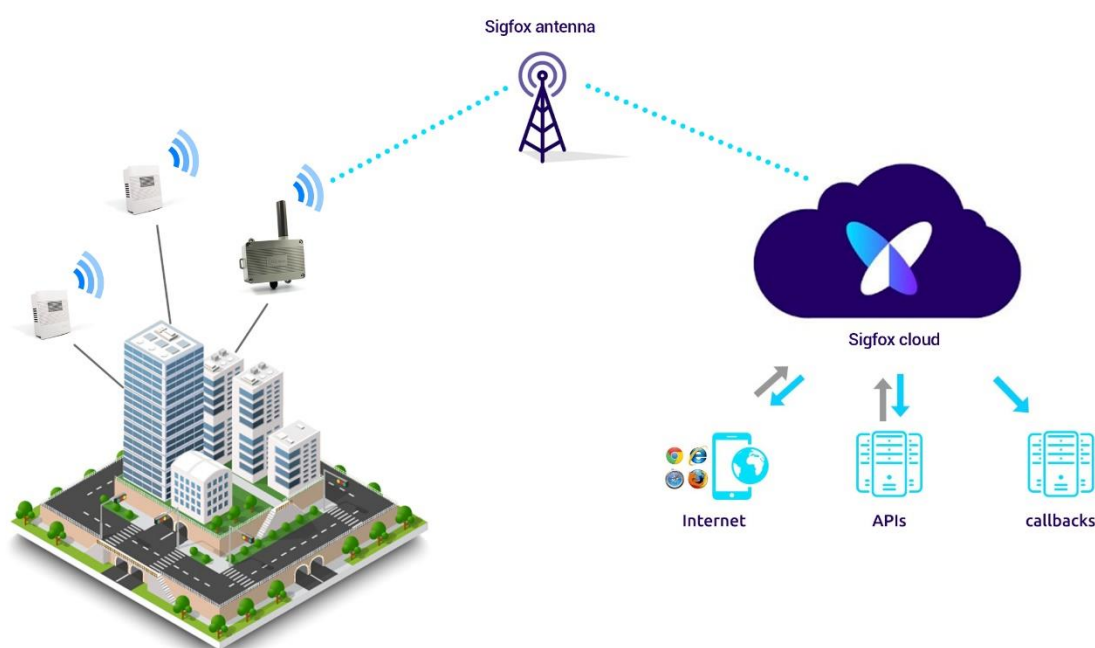
Slika 17. LoRa/LoRaWAN [Semtech2020]

Prema tome, svaka poslana poruka (od strane bilo kojeg mrežnog čvora) bit će primljena na svim baznim stanicama koje su mu u dometu (duplicirane poruke kasnije će se filtrirati na poslužitelju). Ovakav pristup značajno povećava pouzdanost, no zbog većeg broja baznih stanica u određenoj mjeri povećava inicijalne troškove. Međutim, primitak poruka na više baznih stanica može poslužiti za lokalizaciju senzorskih čvorova, čime se uklanja potreba za nekim drugim sustavom za pozicioniranje, što znači da sami senzorski čvorovi mogu biti jednostavniji i jeftiniji. Ovakva tehnika lokalizacije temelji se na mjerenju razlike u vremenu dolaska poruke do različitih baznih stanica (čije su lokacije poznate), što

zahtijeva vremensku sinkronizaciju baznih stanica. Nadalje, koncept višestrukih baznih stanica značajno olakšava pružanje podrške za pokretljivost čvorova, tako da se ova tehnologija lako može primjenjivati i u situacijama kada su senzorski čvorovi pokretljivi (npr. nalaze se instalirani na neki poljoprivredni stroj).

4.5.2 Sigfox

Sigfox tehnologiju razvila je i patentirala istoimena tvrtka 2010. godine. Sigfox radi kao LPWAN mrežni operator, pružajući rješenje za IoT povezivost s kraja na kraj. Tvrtka postavlja svoje namjenske bazne stanice diljem svijeta, i putem mreže ih povezuje sa svojim poslužiteljima (slika 18).

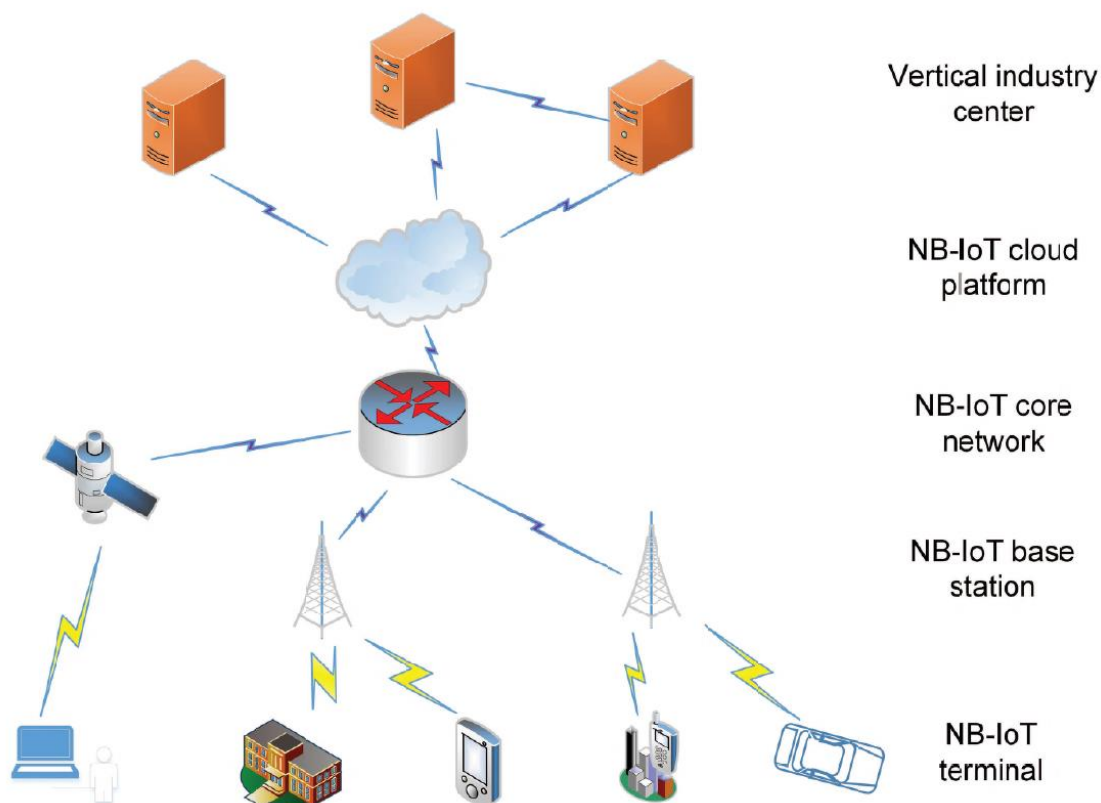


Slika 18. Sigfox [Enless2020]

Za komunikaciju s baznom stanicom koristi se vrlo uski frekvencijski pojas (100 Hz) i BPSK modulacijski postupak (*engl. Binary Phase Shift Keying*). Ovu tehnologiju karakterizira vrlo niska potrošnja energije i niska cijena uređaja, ali i vrlo niska prijenosna brzina od samo 100 bit/s. Trenutačno Sigfox podržava komunikaciju u oba smjera (izvorno je bila moguća isključivo komunikacija prema baznoj stanici), no komunikacija od bazne stanice do mrežnog čvora mora uslijediti neposredno nakon slanja poruke od čvora ka baznoj stanici. Kod Sigfox-a postoji dnevno ograničenje na broj poruka: 140 poruka od čvorova ka baznoj stanici, te samo 4 poruke od bazne stanice ka čvorovima. Pri tome je količina korisnih podataka koja se može prenijeti jednom porukom samo 12 bajta. Pouzdanost prilikom prijenosa osigurava se višestrukim slanjem poruke (podrazumijevano se poruka šalje tri puta), pri čemu se koriste različiti kanali.

4.5.3 NB-IoT

NB-IoT je LPWAN tehnologija standardizirana od strane 3GPP (*engl. 3rd Generation Partnership Project*) 2016. godine. Riječ je o uskopojasnoj IoT tehnologiji koja radi u licenciranom frekvencijskom području i koegzistira s pokretnim mrežama (GSM i LTE) (slika 19).



Slika 19. NB-IoT [Chen2017]

Podrška za NB-IoT može biti implementirana kao softverska nadogradnja postojeće infrastrukture pokretnih mreža, pri čemu NB-IoT zauzima jedan blok od 200 kHz pojasne širine. Prema tome, NB-IoT komunikacijski protokol temeljen je na LTE protokolu. Maksimalna prijenosna brzina kod NB-IoT iznosi 200 kbit/s u dolaznom smjeru i 20 kbit/s u odlaznom smjeru, pri čemu je u jednoj poruci moguće prenijeti do 1600 bajta podataka. Ostale prednosti NB-IoT tehnologije su vrlo dobra energetska učinkovitost (očekivani životni vijek baterije oko 10 godina), te podrška za veliki broj krajnjih uređaja [Popli2019].

Kratki usporedni prikaz (kvalitativni) opisanih tehnologija na temelju nekih ključnih karakteristika (domet, brzina, potrošnja, troškovi, sigurnost) prikazan je na slici 20.

	Domet	Brzina	Potrošnja	Troškovi	Sigurnost
Mobilne mreže	velik	visoka	velika	visoki	++
Wi-Fi	srednji	visoka	velika	srednji	++
Bluetooth	srednji	srednja	srednja	srednji	+
IEEE 802.15.4	kratak	niska	niska	niski	+
LoRa/LoRaWAN	velik	niska	niska	srednji	+
Sigfox	velik	niska	niska	visoki	-
NB-IoT	velik	niska	niska	visoki	+

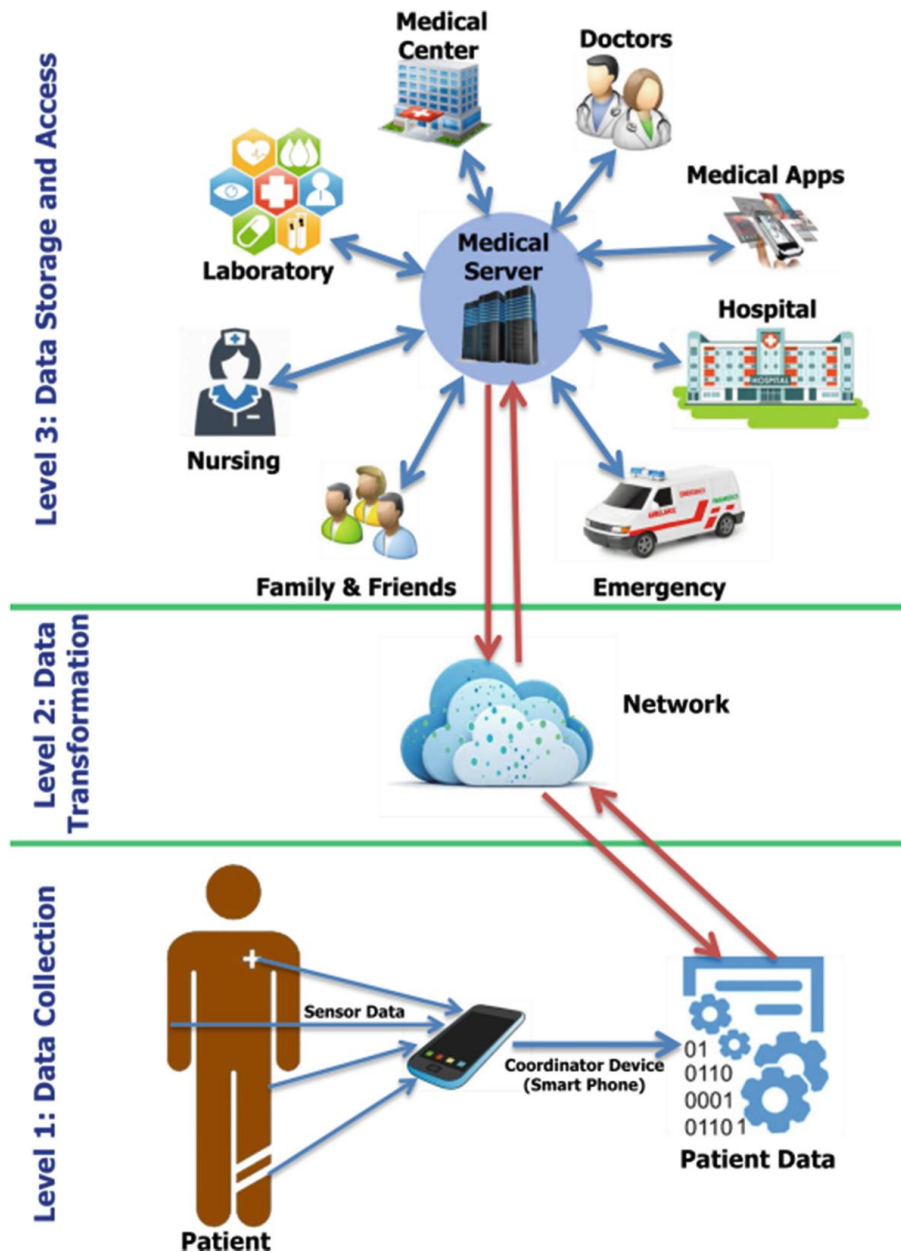
Slika 20. Kvalitativna usporedba tehnologija

5. NAPREDNE PAMETNE USLUGE U OKVIRU PAMETNOG SELA

Razvoj, implementacija i širenje digitalne i komunikacijske tehnologije, te interneta objekata (IoT) u ruralnim područjima preduvjet su za implementaciju brojnih naprednih „pametnih“ usluga koje se na njima temelje. Kombinacija naprednih tehnologija i pametnih usluga stanovnicima ruralnog područja izravno utječu na povećanje kvalitete života, te smanjenje „digitalnog jaza“ koji ih dijeli od urbanih sredina. Napredne digitalne usluge omogućavaju korisnicima da iz vlastitog doma realiziraju ono što je uglavnom podrazumijevalo putovanje do bližeg ili daljeg urbanog središta, štedeći pri tome njihovo vrijeme i financijska sredstva. Nadalje, prisutnost napredne tehnologije i infrastrukture u ruralnim sredinama otvara i nove poslovne mogućnosti za lokalno stanovništvo, čime smanjuje potrebu za dnevnim migracijama ka gradskim središtima, a pozitivno utječe i na smanjenje problema depopulacije ruralnih sredina. Na taj način koncept pametnog sela omogućava održivost ruralnim sredinama, te povećava potencijal pojedinaca i čitave zajednice. Sam postupak digitalne transformacije kontinuirani je proces, s obzirom da obuhvaća više rješenja i tehnologija. S obzirom da se u pravilu radi o inovacijama koje povećavaju kvalitetu života i zadovoljstvo korisnika (pri čemu se iznimno vodi računa i o jednostavnoj i intuitivnoj uporabi), stanovnici u pravilu dosta brzo prihvaćaju i koriste napredne pametne usluge.

5.1 e-zdravstvo (*e-health*)

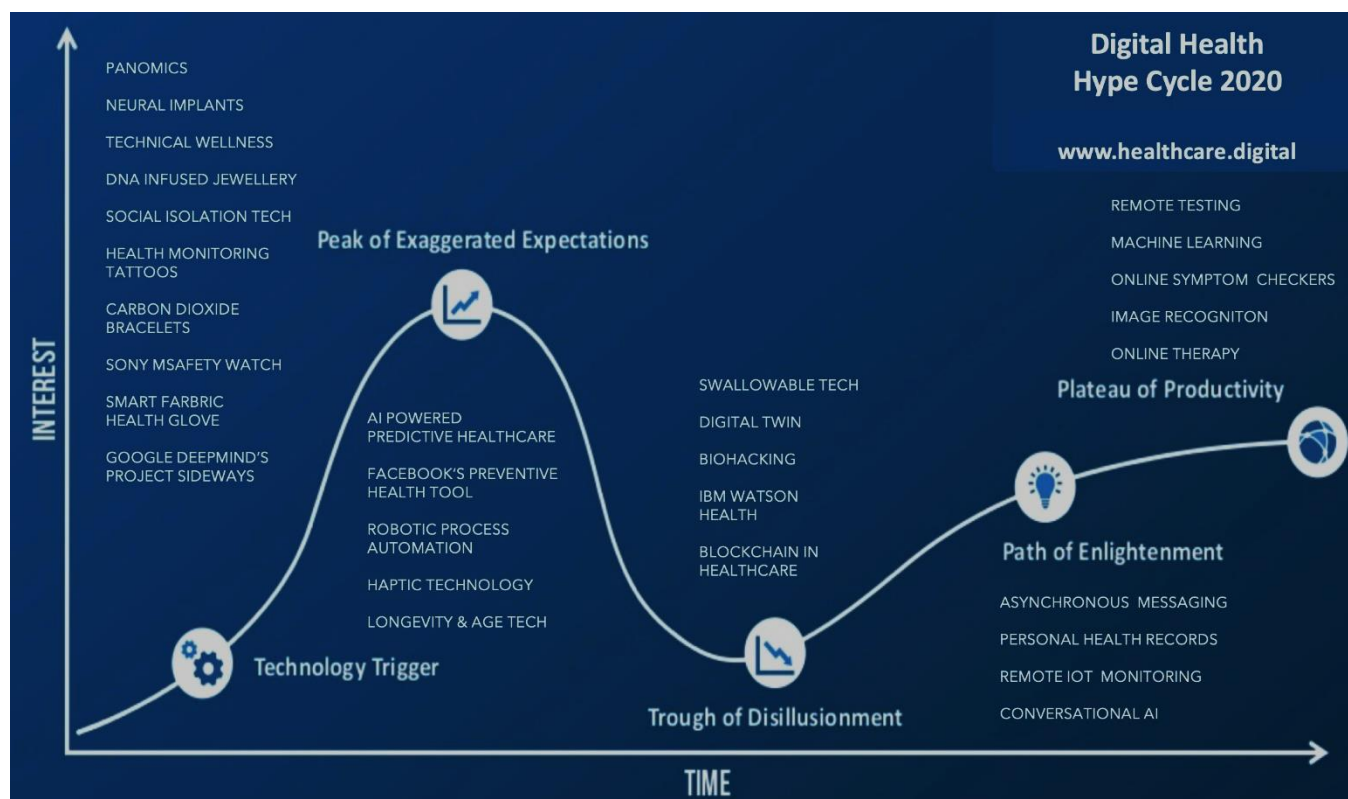
Jedan od najvažnijih čimbenika za kvalitetan život u ruralnim sredinama jest pružanje adekvatne i kvalitetne zdravstvene skrbi, pogotovo uzevši u obzir i veći udio starijeg stanovništva. U ovom području kvaliteti usluge značajno mogu pridonijeti elektronički sustavi za zdravstvenu skrb. Sustav e-zdravstva (*engl. e-health*) u najširem smislu obuhvaća sve postupke u kojima se digitalna tehnologija koristi u cjelokupnom zdravstvenom sustavu, dok u nešto užem smislu podrazumijeva izravno pružanje zdravstvene skrbi pacijentu putem interneta. Dakle, u sferu e-zdravstva pripada i digitalizacija zdravstvenih kartona pacijenata, elektronički sustav naručivanja i uputnica, te elektroničko izdavanje recepata za lijekove (što bi se sve zajedno zapravo moglo smatrati digitalizacijom administrativnih procedura u zdravstvenom sustavu). Ove usluge su već zaživjele u okviru zdravstvenog sustava RH. Ono što zahtijeva daljnji razvoj i širenje jesu zapravo usluge e-zdravstva u užem smislu, koje obuhvaćaju dijagnostiku i tretmane putem mreže, daljinski nadzor i praćenje vitalnih parametara pacijenata i ugrožene populacije, daljinsko pomaganje pri rehabilitaciji, pa čak i izvođenje kirurških zahvata „na daljinu“.



Slika 20. e-zdravstvo [Nidhya2019]

Slika 20 ilustrira model e-zdravstva. Iz tehnološke perspektive, model e-zdravstva koristi tehnologije interneta objekata za prikupljanje i praćenje vitalnih parametara pacijenata, suvremene informacijsko-komunikacijske tehnologije za prijenos ovih podataka do mjesta njihove sigurne pohrane (sustav računalnih poslužitelja), gdje im mogu pristupiti svi relevantni dionici sustava zdravstvene zaštite. Pacijent je opremljen nizom senzora koji kontinuirano prate njegove vitalne parametre, poput (prema potrebi) tjelesne temperature, krvnog tlaka, razine kisika i glukoze u krvi, EKG i slično. Često se koriste i akcelerometri koji mogu detektirati padove. Senzori bežičnim putem šalju prikupljene podatke do koordinatorskog uređaja (najčešće je to pametni telefon) koji ih putem mreže šalje do poslužitelja. S obzirom na osjetljivost podataka koji se prikupljaju i šalju, nužno je primijeniti i adekvatne mjere za zaštitu sigurnosti i privatnosti podataka (što obično podrazumijeva primjenu nekih metoda enkripcije i autentikacije).

U slučaju da se detektira bilo kakvo odstupanje vitalnih parametara od uobičajenih vrijednosti, šalje se automatski alarm hitnoj službi, što omogućava brzu reakciju i pružanje pomoći ugroženom pacijentu.

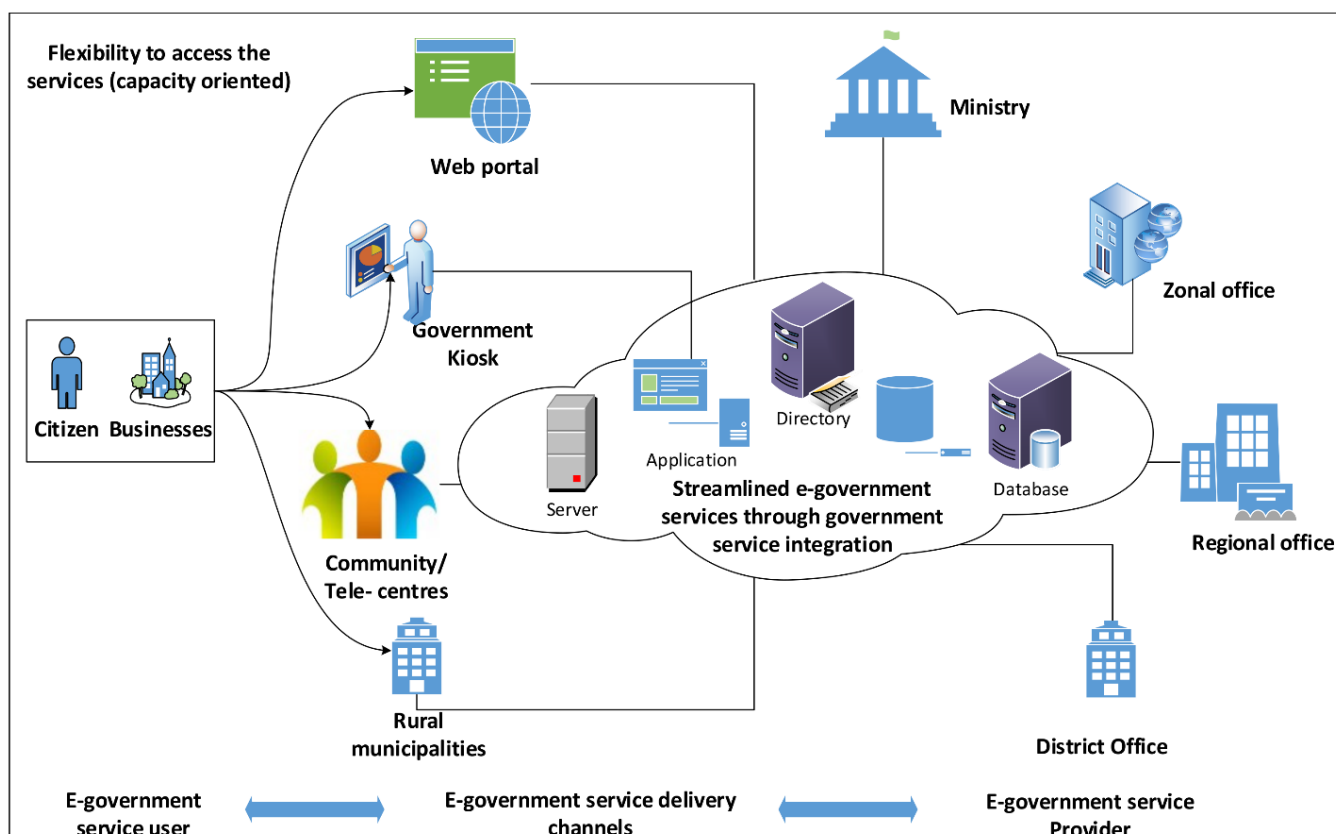


Slika 21. Digitalno zdravstvo – krivulja razvijenosti tehnologije [Price2020]

Krivulja razvijenosti tehnologije (Slika 21.) prikazuje trenutno stanje razvoja različitih tehnologija. Navedene su tehnologije od onih koje su tek u začetcima do onih potpuno razvijenih i koje su zapravo već komercijalno dobavljive. Krivulja može služiti za razlikovanje dobavljivih tehnologija od onih za koje je potrebno još puno istraživanja i razvoja prije nego dosegnu razinu upotrebljivosti potrebnu za praktičnu primjenu.

5.2 e-uprava (e-government)

Napredne digitalne i komunikacijske tehnologije temelj su i za pružanje usluge e-uprave, što podrazumijeva mogućnosti pružanja javnih usluga građanima i njihovu komunikaciju sa upravnim tijelima na različitim razinama (lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj). U širem smislu, e-uprava ne podrazumijeva samo interakciju upravnih tijela s građanima, nego i međusobnu interakciju državnih tijela, agencija, poslovnih subjekata uz primjenu suvremenih digitalnih i komunikacijskih tehnologija. Model e-uprave ilustriran je na slici 22.



Slika 22. e-uprava [Joshi2018]

Ovakav sustav omogućava građanima da najveći dio postupaka vezan uz javnu administraciju obavljaju iz vlastitog doma, što je od posebnog značaja za stanovništvo ruralnih područja (budući da ne moraju putovati do upravnog središta). Usluge e-uprave omogućavaju građanima da elektroničkim putem podnose zahtjeve, te da im se tim putem i izdaju različiti dokumenti i potvrde. Stoga je i u RH uspostavljen sustav nazvan e-Građani, s ciljem modernizacije, pojednostavljenja i ubrzanja komunikacije građana i javnog sektora te povećanja transparentnosti pružanja javnih usluga. Sustav e-Građani se kontinuirano razvija, te se popis dostupnih elektroničkih usluga u okviru ovog sustava stalno proširuje. Naravno, preduvjet da bi ove usluge bile što dostupnije stanovništvu ruralnih područja jest širenje dostupnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologija u ruralnim područjima, te smanjenje „digitalnog jaza“ između ruralnih i urbanih područja.

5.3 e-poljoprivreda (*e-agriculture*)

Tehnologija interneta objekata ima ogroman potencijal za različite primjene u poljoprivredi, budući da omogućava kontinuirano praćenje, prikupljanje i obradu različitih mikroklimatskih i agronomskih podataka, što rezultira primjenom optimalnih agrotehničkih mjera u pravo vrijeme. Ove tehnologije primjenjive su u različitim granama poljoprivrede – ratarstvu, stočarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu i

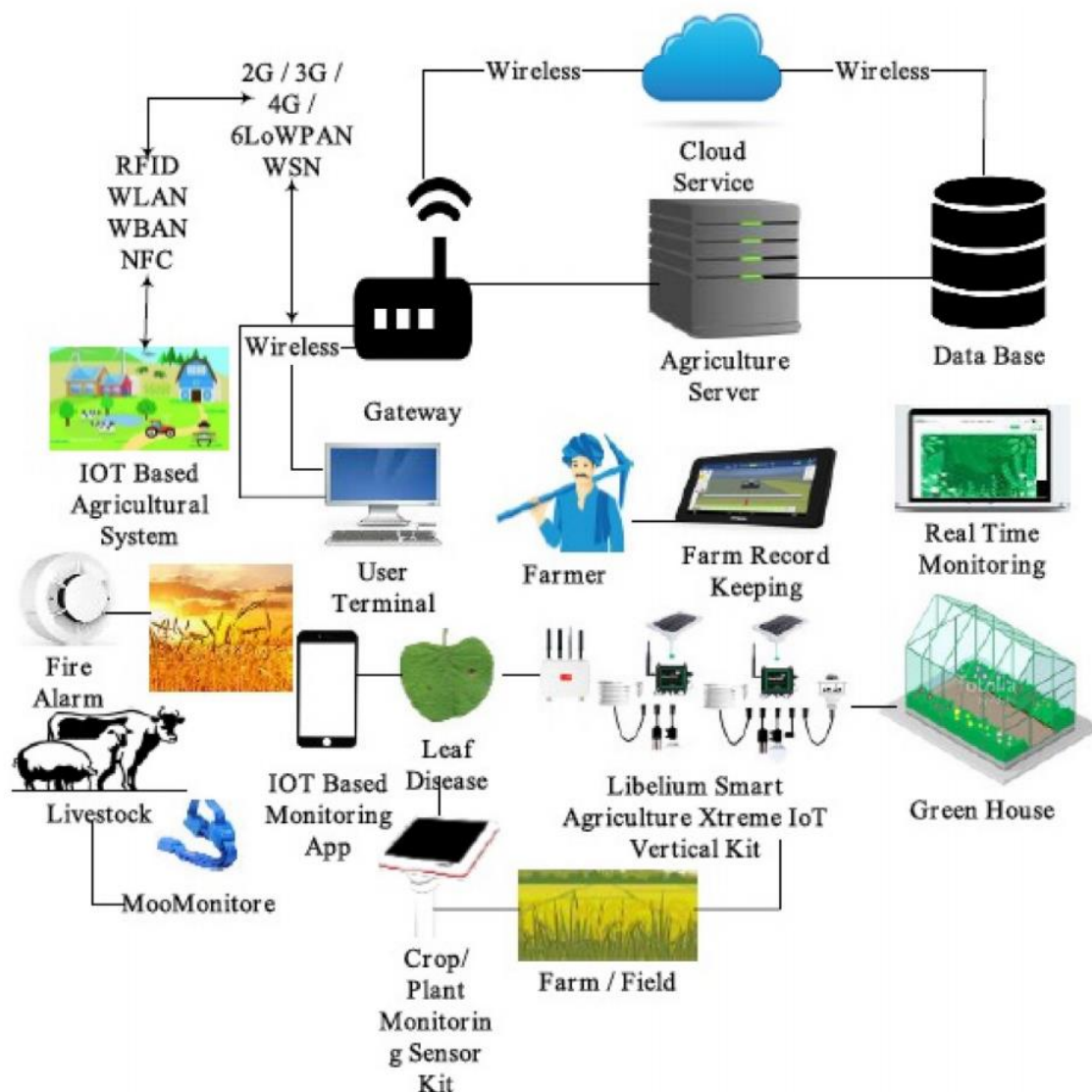
predstavljaju temelj i tehnološki preduvjet za koncept tzv. pametne poljoprivrede ili precizne poljoprivrede (*engl. smart agriculture, precision agriculture*). Primjena ovog koncepta rezultira većim prinosima i boljom kvalitetom krajnjeg proizvoda, zdravijom proizvodnjom (smanjenje količine pesticida i herbicida zahvaljujući ranom otkrivanju i prevenciji štetnika i bolesti), uz istovremenu uštedu financijskih, ljudskih i materijalnih resursa. Zbog toga je ovaj koncept posebno zanimljiv za ruralna područja, u kojima su prisutne različite djelatnosti iz područja poljoprivredne proizvodnje.

Bežični senzorski čvorovi koji prikupljaju i bežičnim putem prenose podatke, ovisno o konkretnoj primjeni i potrebama mogu se opremiti različitim vrstama senzora. Primjer jednog senzorskog čvora kakav se može primijeniti u preciznoj poljoprivredi prikazan je na slici 23.



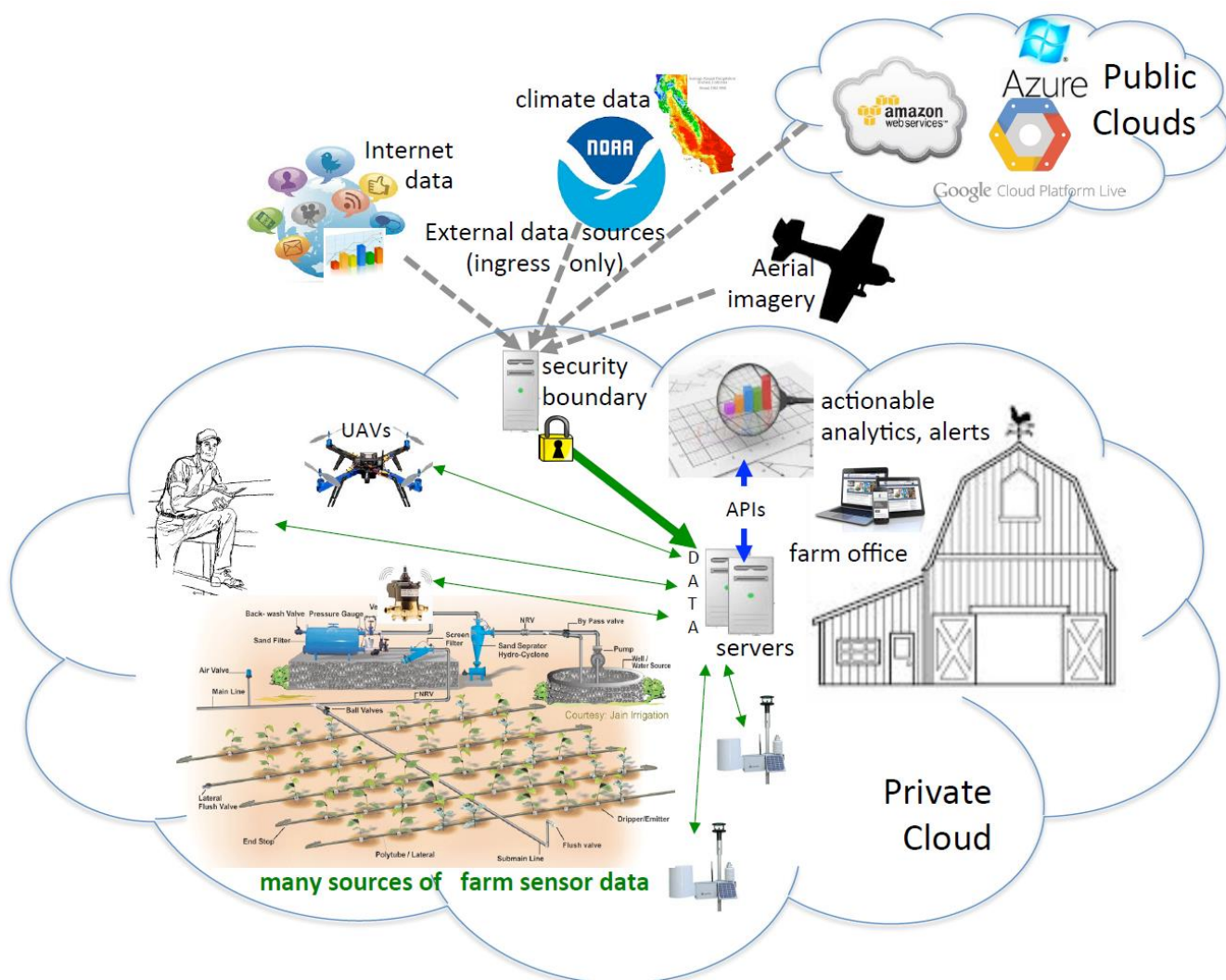
Slika 23. Primjer senzorskog čvora [Libellium2020]

Na ovakav senzorski čvor moguće je povezati čitav niz različitih senzora – ovisno o trenutačnoj potrebi: za mjerenje ambijentalne temperature, temperature i vlažnosti tla (na različitim dubinama), atmosferskog tlaka, sunčevog zračenja, vlažnosti lista, kemijskog sastava tla, atmosferskog tlaka i sl. Podaci sa više ovakvih i sličnih senzorskih čvorova prikupljaju se, obrađuju, proslijeđuju na poslužitelje i pohranjuju, te se na temelju zaključaka dobivenih njihovom analizom putem odgovarajućeg sučelja i aplikacija krajnjem korisniku daju preporuke o optimalnim postupcima i agrotehničkim mjerama. Koncept pametne poljoprivrede ilustriran je na slici 24.



Slika 24. Koncept pametne poljoprivrede [Mahbub2020]

IoT tehnologije i mreže senzora mogu se povezati i sa različitim drugim uređajima i mehanizacijom koja se koristi u različitim segmentima poljoprivrede (npr. sustavi za navodnjavanje, traktori, poljoprivredni dronovi, satelitski izvori podataka, meteorološke stanice i sl.) (slika 25).



Slika 25. Integracija tehnologija za primjene u poljoprivredi [Krintz2016]

Diljem svijeta, pa tako i u RH, kao glavni i najčešći uzrok nerentabilnih prinosa najvažnijih poljoprivrednih kultura identificirana je suša (što je svakako povezano i sa globalnim svjetskim klimatskim promjenama). Stoga se ulažu brojni napor kako bi se umanjili utjecaji ovih promjena, te očuvala održivost poljoprivredne proizvodnje, posebice strateški važnih poljoprivrednih kultura. Na tome tragu je i projekt koji je trenutno aktivan na području Osječko-baranjske županije pod nazivom „Ekosustav umreženih uređaja i usluga za internet stvari s primjenom u poljoprivredi“ (skraćeno: IoT-polje). Projekt u suradnji provode istraživački timovi sa Fakulteta elektrotehnike i računarstva iz Zagreba, Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija iz Osijeka, te Poljoprivrednog instituta Osijek [IoTpolje2020]. Istraživanja su usmjerena ka razvoju interoperabilnih i sigurnih tehničkih rješenja za prikupljanje i naprednu obradu agronomskih i mikroklimatskih podataka. U okviru projekta predviđeni su i dizajn i razvoj inovativnog umreženog uređaja za mjerenje fluorescencije klorofila u stvarnom vremenu. Primjenom blok-lanca pratit će se stanje usjeva, provedene agrotehničke i fitomedicinske mjere, kao i poštivanje zakonskih direktiva pri primjeni pesticida. Projekt je sufinanciran od strane Europske unije iz Europskog fonda za regionalni razvoj, u trajanju od tri godine. Kroz prijenos znanja i tehnologija u

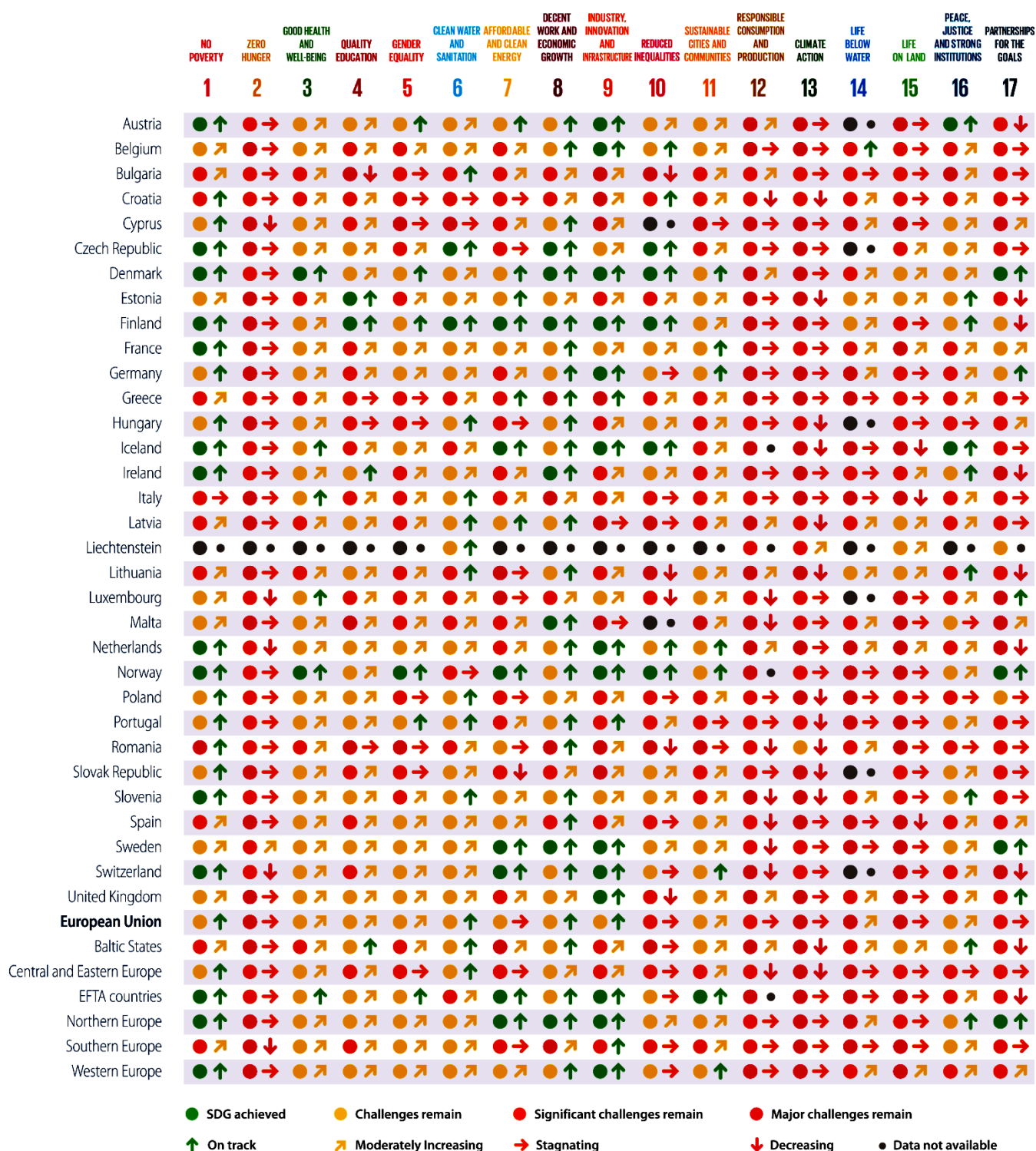
poduzeća i obiteljska poljoprivredna gospodarstva u Osječko-baranjskoj županiji (a i šire, na području čitave RH) povećat će se njihova konkurentnost kroz unapređenje poljoprivredne proizvodnje.

5.4 ostale e-usluge

U prethodnim razmatranjima izdvojene su neke „pametne“ napredne usluge (temeljene na digitalnim i informacijsko-komunikacijskim tehnologijama) koje bi mogle imati značajan utjecaj na najveći postotak stanovništva ruralnih krajeva, i kvalitetu njihovog života. Međutim, napredne informacijsko-komunikacijske i IoT tehnologije omogućavaju još i čitav niz drugih pametnih usluga, koje se u većoj ili manjoj mjeri mogu primjenjivati i u ruralnim sredinama (što ovisi i o tipu i veličini naselja, broju stanovnika, prisutnim gospodarskim subjektima i sl.). Neke od ovih usluga prisutne su u pametnim gradovima, gdje rješavaju probleme koji su znatno izraženiji u urbanim nego u ruralnim sredinama, no u slučaju potrebe daju se relativno jednostavno „preslikati“ i implementirati i u sela (npr. pametne usluge vezane uz promet, javni prijevoz, parkiranje, napredno upravljanje otpadom, napredno upravljanje proizvodnjom i potrošnjom energije i sl.). Povezivanjem IoT tehnologija sa sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije moguće je postići optimalne klimatske uvjete u zatvorenim prostorima (zgrade, kuće, poslovni prostori), uz istovremenu optimizaciju utrošene energije. Slično je i sa rasvjetom, kako u unutarnjim prostorima, tako i sa uličnom rasvjetom. Primjerice, ulična rasvjeta može se automatizirati tako da se njezino paljenje, gašenje i intenzitet prilagođava trenutačnim uvjetima i potrebama. Tako je paljenje ulične rasvjete moguće prilagoditi trenutnim svjetlosnim uvjetima, a po noći joj je moguće smanjiti intenzitet (ili je čak u potpunosti ugasiti) a pojačati ga (ili upaliti) u slučaju nečijeg nailaska. Nadalje, informacijsko-komunikacijske tehnologije u mogućnosti su podržati i poslovne subjekte u različitim područjima njihovog poslovanja. Razvoj pametnih platformi za promidžbu, oglašavanje i prodaju može proizvođače iz ruralnih područja izravno povezati sa krajnjim kupcima njihovih proizvoda.

Prema istraživanju koje je napravio Nizozemski CBI [CBI2019], osobe rođene od ranih 80-ih godina prošlog stoljeća ili mlađe predstavljaju 40 % turista, a tendencija je da će ista populacija predstavljati 50 % turista. Budući da je riječ o generacijama koje su odrasle uz tehnologiju ili je svakodnevno koriste, nameće se nužnost upotrebe digitalnih tehnologija u predstavljanju turističkih potencijala, kako urbanih krajeva tako i ruralnih. Prema drugom istraživanju iste agencije [CBI2018] trendovi koji se nameću kao prednost ruralnog turizma jesu rast popularnosti kulturološka iskustva i interakcija s lokalnim stanovništvom te agroturizam ili boravak na poljoprivrednim imanjima. Populacija koja je zainteresirana za ruralni turizam u pravilu je visokoobrazovana, često putuje i boljih socioekonomskih prilika. Voljni su na boravak izdvojiti iznadprosječna sredstva, ali zauzvrat traže autentičnost i pravo ruralno iskustvo. Digitalne tehnologije omogućavaju razvoj i primjenu različitih softverskih platformi za primjenu u

turističkom poslovanju – kako za prezentaciju ponude, tako i za izravno povezivanje ponuditelja sa konzumentima usluga, što također može biti korisno za razvoj i održivost seoskog turizma.



Slika 26. Izazovi država EU prema Ciljevima održivog razvoja – SDG [Europe2020]

Ujedinjeni narodi su postavili Ciljeve održivog razvoja razvoja (engl. Sustainable Development Goals - SDG) kao skup ciljeva koji se odnose na međunarodni razvoj od 2015. do 2030. godine. Slika 26. prikazuje izazove država EU prema Ciljevima održivog razvoja [Europe2020], a iz nje je vidljivo kako kod RH ostaje uložiti značajne napore za dostići postavljene ciljeve pa se tako i nameće potreba za znatnijim ulaganjima u razvoj ruralnih sredina kroz ulaganja u e-zdravstvo, e-upravu, e-poljoprivredu, e-turizam, e-marketing i ostale e-usluge.

6. ZAKLJUČAK

Trend stalne urbanizacije, kojeg prati snažan trend depopulacije ruralnih područja, globalni je svjetski trend, pa kao takav ne zaobilazi ni Republiku Hrvatsku. Osječko-baranjska županija obuhvaća veliki broj seoskih naselja, te je stoga nužno ruralnom stanovništvu osigurati kvalitetu života i mogućnost gospodarske aktivnosti, s ciljem zaustavljanja trenda depopulacije. Kako bi se trendovi depopulacije zaustavili, nužno je smanjiti (te u idealnom slučaju u potpunosti ukloniti) gospodarski jaz između urbanih i ruralnih sredina. Kao jedan od primarnih preduvjeta za postizanje ovog cilja nužno je premostiti tzv. „digitalni jaz“ koji dijeli ruralna i urbana područja. To podrazumijeva širenje, razvoj i implementaciju suvremene informacijsko-komunikacijske infrastrukture i u ruralna područja, kako bi ona bila dostupna cjelokupnom stanovništvu na čitavom teritoriju (kako Osječko-baranjske županije, tako i čitave RH). Prisutnost modernih informacijsko-komunikacijskih tehnologija i tehnologija interneta objekata omogućava implementaciju i razvoj različitih naprednih digitalnih usluga, koje mogu ruralnom stanovništvu olakšati život i unaprijediti kvalitetu života u različitim segmentima i djelatnostima (administracija, zdravstvo, poljoprivreda, trgovina, turizam...). Na žalost, cjelokupna RH (pa tako i Osječko-baranjska županija) u pogledu digitalizacije društva i gospodarstva zaostaje za prosjekom Europske unije. Stoga je upravo i jedan od ciljeva razvojne strategije nadoknaditi ovaj zaostatak. Preduvjet da bi se ovaj cilj ostvario jest širiti tehnologije za širokopojasni pristup internetu, te tehnologije interneta objekata u ruralna područja. Pri tome je važna koordinacija cijelim postupkom od strane državnih i upravnih tijela, te donošenje poticajnih mjera, kako bi se širenje tehnologije omogućilo i u one krajeve u kojima komercijalni mrežni operatori ne vide isplativost implementacije određenih tehnologija. Prisustvo moderne tehnologije omogućit će stanovnicima ruralnih područja višu kvalitetu života i poslovanja, budući da se time otvara mogućnost širenja i uvođenja naprednih digitalnih usluga koje će im omogućiti obavljanje niza aktivnosti iz vlastitog doma, i time smanjiti nužnost odlaska (pa čak i preseljenja) u gradove.

LITERATURA

- [Ahmed2018] Ahmed, N., De, D. i Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for smart precision agriculture and farming in rural areas. *IEEE Internet of Things Journal* 5, 4890-4899.
- [Al-Fuqaha2015] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M. i Ayyash, M., (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- [CBI2018] CBI. What are the opportunities for rural tourism from Europe? Centre for the Promotion of Imports from developing countries. Preuzeto s <https://www.cbi.eu/node/1032/pdf/>
- [CBI2019] CBI. What is the demand for outbound tourism on the European market? Centre for the Promotion of Imports from developing countries. Preuzeto s <https://www.cbi.eu/node/1069/pdf/>
- [Chen2017] Chen, M., Miao, Y., Hao, Y. i Hwang, K. (2017). Narrow Band Internet of Things. *IEEE Access* 5, 20557-20577.
- [Chettri2020] Chettri, L. (2020). A comprehensive survey on Internet of Things (IoT) toward 5G wireless systems. *IEEE Internet of Things Journal* 7, 16-32.
- [Collotta2012] Collotta, M., Pau, G., Salerno, V. M. i Scata, G. (2012). Wireless Sensor Networks to Improve Road Monitoring. *Wireless Sensor Networks – Technology and Applications* poglavlje 15, 323-346.
- [DESI2020] DESI 2020 Digital Economy and Society Index CROATIA - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/node/66894>
- [Dhaketa2020] Dhaketa, N. (2020). New IoT Platform for Wireless Device – Bluetooth Low Energy. Preuzeto s: <https://aumraj.com/index.php/new-iot-platform-for-wireless-device-bluetooth-low-energy/>
- [Enless2020] Enless Wireless: Sigfox - <https://enless-wireless.com/en/sigfox-iot-network/>
- [Ericsson2017] Ericsson (2017). Ericsson Mobility Report. Preuzeto s <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017.pdf>
- [Europe2020] Europe Sustainable Development Report 2020. Preuzeto s <https://eu-dashboards.sdgindex.org/chapters/part-1-performance-of-european-countries-against-the-sdgs>
- [HAKOM2020] Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti - <https://www.hakom.hr/>
- [IoTpolje2020] Ekosustav umreženih uređaja i usluga za Internet stvari s primjenom u poljoprivredi (IoT-polje) - <https://iot-polje.fer.hr/>
- [Jeon2018] Jeon, K. E., She, J., Soonsawad, P. i Ng P. C. (2018). BLE beacons for Internet of Things applications: survey, challenges and opportunities. *IEEE Internet of Things Journal* 5, 811-828.
- [Joshi2018] Joshi, P. R., Islam, S. (2018). E-Government Maturity Model for Sustainable E-Government Services from the Perspective of Developing Countries. *Sustainability* 10, 1-28.

- [Khanna2019] Khanna, A. i Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 157, 218-231.
- [Kone2015] Kone, C. T., Hafid, A. i Boushaba, M. (2015). Performance management of IEEE 802.15.4. wireless sensor network for precision agriculture. *IEEE Sensors Journal* 15, 5734-5747.
- [Krintz2016] Krintz, C., Wolski, R., Golubovic, N., Lampel, B., Kulkarni, V., Sethuramasamyraja, B., Roberts, B. i Liu, B. (2016). SmartFarm: Improving Agriculture Sustainability Using Modern Information Technology. *UCSB Tech Report*
- [Leiner2009] Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clark, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D. C., Postel, J., Roberts, L. G. i Wolff, S. (2009). A Brief History of the Internet. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 39(5), 22-31.
- [Libelium2020] Libelium IoT Solutions – Smart Agriculture - <https://www.libelium.com/iot-solutions/smart-agriculture/>
- [Lukasik2011] Lukasik, S. (2011). Why the Arpanet Was Built. *IEEE Annals of the History of Computing*, 33(3), 4-21.
- [Mahbub2020] Mahbub, M. (2020). A smart farming concept based on smart embedded electronics, internet of things and wireless sensor network. *Internet of Things* 9, 1-30.
- [Mekki2019] Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F. i Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express* 5, 1-7.
- [Nidhya2019] Nidhya, R. i Karthik, S. (2019). Security and Privacy Issues in Remote Healthcare Systems Using Wireless Body Area Networks. *Body Area Network Challenges and Solutions*, 37-53.
- [Noreen2016] Noreen, U., Bounceur, A., Clavier, L. i Kacimi, R. (2016). Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 PHY with Impulsive Network Interference in CupCarbon Simulator. *International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*
- [OBZ2020] Pametna sela - <http://www.obz.hr/index.php/pametna-sela>
- [Popli2019] Popli, S., Jha, R. K. i Jain, S., (2019). A survey on energy efficient narrowband internet of things (NBIoT): architecture, application and challenges. *IEEE Access* 7, 16739-16776.
- [Price2020] Price, L. (2020). Digital Health Hype Cycle 2020. Preuzeto s <https://www.healthcare.digital/single-post/2020/01/29/Digital-Health-Hype-Cycle-2020>
- [Prikaz2020] Prikaz korištenja brzina širokopojasnog pristupa - <http://bbzone.hakom.hr/hr-HR/StatistickiPrikaz#sthash.MOPPT30C.dpbs>
- [Raza2017] Raza, U., Kulkarni, P. i Sooriyabandara, M. (2017). Low power wide area networks: an overview. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 19, 855-873.
- [Semtech2020] Semtech: What is LoRa? - <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>
- [Severance2014] Severance, C. (2014). Doug Van Houweling: Building the NSFNet. *Computer*, 47(4), 7-9.

- [Skyworks2019] Skyworks (2019). Enabling the Internet of Things – Solutions for a Connected World. Preuzeto s http://www.skyworksinc.com/downloads/literature/IoT_brochure.pdf
- [SRA2020] Smart Rural Areas in the 21st Century - <https://www.smartrural21.eu/>
- [StrategijaEU2020] Strategija za pametan, održiv i uključiv rast – Europa 2020. Preuzeto s: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
- [StrategijaHR2020] Hrvatska 2030 – Nacionalna razvojna strategija - <https://hrvatska2030.hr/>
- [StrategijaŠP2020] Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine. Preuzeto s: <https://mmpi.gov.hr/promet/elektronicke-komunikacije-126/strateski-dokumenti-8279/8279>
- [Sundaram2020] Sundaram, J. P. S., Du, W. i Zhao, Z. (2020). A survey on LoRa networking: research problems, current solutions, and open issues. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 22, 371-388.
- [SVN2020] Smart Village Network - <https://www.smart-village-network.eu/>
- [SVP2020] Smart Villages Portal - https://enrd.ec.europa.eu/smart-and-competitive-rural-areas/smart-villages/smart-villages-portal_en
- [Zhang2017] Zhang, K., Ni, J., Yang, K., Liang, X., Ren, J. i Shen, X. (2017). Security and Privacy in Smart City Applications: Challenges and Solutions. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), 122-129.