

TEHNOLOGIJA I INOVACIJE U POLJOPRIVREDI

Vretenar, Nenad

Source / Izvornik: **Poljoprivreda u perspektivi održivosti, 2025, 79 - 97**

Book chapter / Poglavlje u knjizi

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:192:492471>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



SVEUČILIŠTE U RIJECI
EKONOMSKI FAKULTET

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of
Economics and Business - FECRI Repository](#)



SAŽETAK

Odluke o ulaganju u tehnologiju i izvor tehnologije proizvodnih poduzeća često imaju dugoročne posljedice po poslovanje. U poljoprivrednoj je proizvodnji posljednjih godina došlo do brzog i snažnog razvoja tehnoloških mogućnosti koje se oslanjaju ponajprije na digitalne tehnologije, a mogu omogućiti unapređenje učinkovitosti i produktivnosti. Posebno značajnu ulogu u suvremenoj poljoprivredi igraju koncepti poput precizne poljoprivrede, pametnih farmi te integracije tehnologija poput satelitskog navođenja i senzorskih sustava. Međutim, istraživanja pokazuju kako i dalje postoje snažne prepreke u implementaciji novih tehnologija, što se posebno odnosi na manje poslovne sustave. U ovom je radu dan pregled najznačajnijih nadirućih tehnologija te su analizirane mogućnosti njihove implementacije u kontekstu hrvatske poljoprivrede, s posebnim naglaskom na izazove poput malih prosječnih obradivih površina i nedostatka radne snage. Kako bi se spriječilo daljnje tehnološko zaostajanje i smanjenje konkurentnosti malih i srednjih proizvođača, nužno je povećati mogućnosti edukacije radne snage te promovirati tehnologije koje su prikladne za ulaganje, uporabu i održavanje, čak i za manje proizvođače. Daljnji razvoj i šira primjena novih tehnologija, uz podršku javnih politika, ključni su za olakšavanje tehnološke transformacije hrvatske poljoprivrede u budućnosti.

Ključne riječi: *tehnologija, inovacije, digitalizacija, precizna poljoprivreda, operacijski menadžment*

UVOD

Poljoprivredna proizvodnja u Republici Hrvatskoj već se dugo nosi s brojnim izazovima. Početak devedesetih i osamostaljenje obilježeni su ratnim zbivanjima koja su bila intenzivna u većini poljoprivredno najznačajnijih dijelova zemlje poput središnje i istočne Hrvatske te Like. Ratna zbivanja ostavila su dugotrajne posljedice po poljoprivredne površine te druge poljoprivredne i radne kapacitete. Uslijedile su godine relativnoga tehnološkog zaostajanja i rastuće konkurencije poljoprivrednim proizvodima iz drugih europskih, ali i dalekoistočnih zemalja. Nakon ulaska u Europsku uniju intenziviran je i problem odlijeva radne snage koji je ponovno iznadprosječno pogodio hrvatska sela. Hrvatske probleme s manjkom radne snage i manjkom interesa za rad u poljoprivredi ne rješava ni uvoz privremene, nekvalificirane radne snage jer takvi poslovi unajmljenim radnicima ne jamče

* nenad.vretenar@efri.uniri.hr, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet
Vretenar, N. (2025). Tehnologija i inovacije u poljoprivredi, u Katunar, J., Vretenar, N., Jardas
Antonić, J. (ur.), Poljoprivreda u perspektivi održivosti, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski
fakultet, Rijeka.

dugoročnu zapošljivost. Uz to, ulaganje u edukaciju nekvalificirane radne snage od strane malih i srednjih poduzeća paradoksalno dovodi do veće primamljivosti tih educiranih radnika za velika poduzeća te posljedično povećanja problema za ona koja su ulagala (Sokolić 2023). Navedeno zapravo predstavlja značajan izazov za većinu gospodarskih aktivnosti u poljoprivredi, jer prema Izvješću o stanju poljoprivrede iz 2022. (Majdak 2023, str. 23) 69,4 % poljoprivrednih gospodarstava u Hrvatskoj rabi manje od 5 hektara poljoprivrednog zemljišta. Pored toga, 97,6 % poljoprivrednika djeluje kroz formu obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG-ova), specijaliziranih obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (SOPG-ova) ili obrta. Ta obilježja, ne nužno, ali najčešće, upućuje na manju veličinu gospodarstava.

Stanje hrvatske poljoprivrede još više zabrinjava kad se pogledaju statistike rasta obujma hrvatske poljoprivredne proizvodnje i intermedijarne potrošnje. Od 2008. do 2023. godine kod oba je pokazatelja zabilježen značajan pad, i to od 17 %, odnosno 23 % (Eurostat 2024), iako ruralna područja obuhvatom čine većinu hrvatskoga teritorija te zapošljavaju značajan udio stanovništva. Istodobno, analiza stavova stanovništva u Hrvatskoj i u ostatku Europe na temelju Specijalnog Eurobarometra (European Data 2023) pokazala je da su hrvatski stanovnici itekako svjesni važnosti poljoprivrede i razvoja hrvatskog sela. Hrvatski sudionici ankete pokazali su iznadprosječnu razinu svijesti o važnosti razvoja poljoprivrede s ciljem unapređenja kvalitete života u ruralnim krajevima i kreiranja radnih mjesta.

U svjetlu činjenice da problemi s depopulacijom hrvatskog sela nisu brzo rješivi (ako su uopće, s obzirom na to da uslijed urbanizacije i priljev radne snage iz trećih zemalja vjerojatno u najvećoj mjeri završava u gradovima), najizgledniju šansu za razvoj i povećanje konkurentnosti poljoprivredne proizvodnje čini njezin tehnološki napredak. S obzirom na to da hrvatski problemi glede tehnološkog zaostajanja i nedostatka radne snage za rad u poljoprivredi nisu jedinstveni, a na svjetskoj razini nisu tako rijetki ni problemi razmjerno malih poljoprivrednih gospodarstava, ovo istraživanje daje pregled tehnoloških mogućnosti i tehnološkog napretka u poljoprivrednoj proizvodnji. Pritom je zanimljivo da se ovo vrijeme, odnosno razdoblje unatrag posljednjih dvaju desetljeća ili čak kraće, predstavlja razdobljem velikih tehnoloških promjena, poput pojave satelitski navođene mehanizacije, sustava senzora koji olakšavaju praćenje stanja na poljima i donošenja odluka, alata za varijabilno obogaćivanje usjeva, plijevljenje i slično. Koncepti poput precizne poljoprivrede, pametnih farmi, autonomne mehanizacije i interneta stvari sad predstavljaju značajnu i rastuću struju tehnoloških rasprava u poljoprivredi. Prisutni i nadolazeći noviteti zacijelo će mijenjati način upravljanja operacijama te uz nove mogućnosti pružiti i nove izazove. Stoga je glavni cilj ovog istraživanja istražiti i predstaviti najnovije tehnološke trendove u poljoprivrednoj proizvodnji te prikazati rezultate recentnih znanstvenih istraživanja koja su izučavala različite aspekte novih tehnologija.

TEORIJSKI OKVIR ZA SAGLEDAVANJE TEHNOLOGIJA I INOVACIJA U PROIZVODNJI

Odluke o tehnologiji među najdugoročnijim su odlukama u operacijskom menadžmentu (Briš Alić i suradnici 2022). Naime, uobičajenim načinom gledanja na ročnost, rok kraći od jedne godine tumači se kao kratak, tri do pet godina srednjim i iznad pet godina dugim rokom. Manje pragmatično, ali smislenije tumačenje rokova nudi mikroekonomija navodeći kako je dugi rok onaj kod kojeg su svi činitelji proizvodnje fleksibilni, kratki rok onaj kod kojeg je barem jedan činitelj fiksni, a trenutačni rok onaj kod kojeg su svi činitelji fiksni. Razlozi zbog koji odluke o tehnologiji prema obama uobičajenim tumačenjima spadaju u dugoročne leže u njihovoj financijskoj zahtjevnosti, ali još više u nepovratnim troškovima (engl. *sunk cost*) koje tehnološke investicije često izazivaju. Financijska zahtjevnost uobičajeno za sobom povlači potrebu za financiranje ulaganja dugom, za što treba postojati razumna razina sigurnost da će ulaganja u tehnologiju uspjeti u osiguravanju odgovarajućih povrata. Primarna analiza isplativosti glede ovog izazova usredotočuje se na procjenu buduće potražnje, odnosno procjenu hoće li potražnja za proizvodima poduzeća dugoročno omogućavati dostatnu uporabu tehnoloških kapaciteta. Primjerice, ako OPG razmatra ulazak u hidroponsku proizvodnju povrća, prvo će razmatrati hoće li znatno ulaganje potrebno za ovaj tip proizvodnje biti opravdano s obzirom na dugoročnu potražnju za povrćem proizvedenim na ovaj način te očekivanu cijenu koju će takvom proizvodnjom ostvarivati. Problem mogućeg suočavanja s nepovratnim troškovima kod investicija je uvijek prisutan, ali nije uvijek jednako izražen. Stoga, ako bi OPG zbog širenja svog poslovanja razmatrao kupnju dodatnog traktora, ako se poslije ispostavi da širenje nije bilo uspješno ili se OPG odluči povući iz investicije, traktor može biti prodan. Iako se može očekivati da će traktor morati biti prodan po nižoj cijeni od kupovne, taj će gubitak kod standardnoga komada opreme za koji postoji funkcionirajuće sekundarno tržište biti značajno manji nego kad se radi o specijaliziranoj opremi koja ima užu uporabljivost, ili koja je specifično građena za tu konkretnu investiciju. Tako će u navedenu primjeru prodaja traktora imati relativno manje nepovratne troškove od neuspješne investicije u hidroponsku proizvodnju. Oliver Williamson (1985, 2002) taj problem objašnjava kroz svoje tumačenje specifičnosti resursa, odnosno specifičnost fizičke imovine i prostornu specifičnost.

Za male proizvođače, većinske u hrvatskoj poljoprivredi, odluke o tehnologiji još su značajnije jer su, u usporedbi s velikim proizvođačima, u većoj mjeri suočeni s problemima: ograničenosti resursa, ograničenosti dostupnih informacija i izloženosti vremenskim nepogodama. Ograničenost resursa vezana je uz manje raspoloživih financijskih sredstava i užim mogućnostima pristupa vanjskom financiranju, ali i bazičnim resursima poput manje količine obradivih površina, dostupnosti vode i sličnomu. Ograničenost dostupnim informacijama proizlazi iz mogućnosti dolaženja do pravovremenih i kvalitetnih informacija bitnih za donošenje odluka, koje nisu vezane samo uz dislociranost ruralnih područja nego ponajprije uz nedostatak upravljačkih i administrativnih kapaciteta. Simon (1955) ograničenja u racionalnosti u donošenju odluka objasnio je nedostatkom vremena i drugih resursa potrebnih za potpuno informiranje i procesiranje informacija prije njihova donošenja.

Uvođenje novih tehnologija za svako poduzeće predstavlja inovaciju, iako se ne radi nužno o inovaciji na tržištu. Zbog toga je zanimljivo prikazati što je glede inoviranja pisao Joseph Schumpeter, čiji radovi još služe kao polazne točke za promatranje odnosa poduzeća i inovacija. Naime, Schumpeter je konkurenciju vidio kao destruktivan proces tijekom kojega trud, imovina i bogatstvo bivaju kontinuirano uništavanje inovacijama. Beskonačan proces koji uklanja stare tehnologije i postavlja nove doveo je do ekonomskog rasta značajno brže nego stabilne, konzervativne alternative (Hovenkamp 2008).

Glavna Schumpeterova pitanja još su značajna i nepotpuno odgovorena: jesu li veća poduzeća bolji inovatori od malih, koja tržišna struktura najbolje podnosi i omogućava brz tehnološki napredak, postoji li povratna sprega tehnološkog rivalstva prema tržišnim strukturama i slično. Schumpeter je pritom inovacije široko doživljavao i tumačio ih kao - raditi stvari drugačije. Primjerice, među inovacije je ubrojio: uvođenje novih dobara ili novih načina za proizvodnju postojećih dobara, otvaranje novih tržišta za svoje proizvode, ili novim izvorima za nabavku materijala. Čak i reorganizaciju industrije na način da bude pretvorena u monopol (Martin 2010, str. 452).

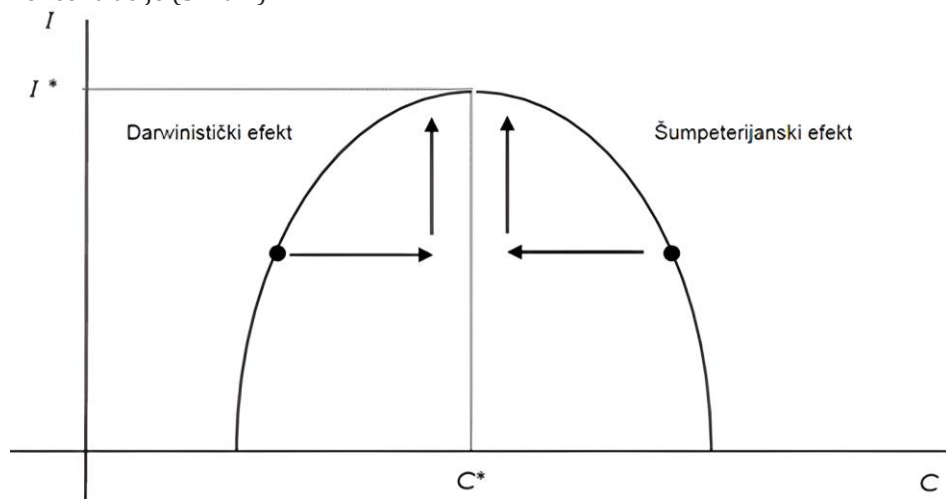
Schumpeterov pogled na vezu tržišne strukture i inovacija promijenio se kroz vrijeme. U ranijoj fazi svoga znanstvenog djelovanja Schumpeter je tumačio da su nosioci inovacija poduzetnici, odnosno nova poduzeća (koja nisu nastajala iz starih, nego uza stare). Poslije je pod utjecajem koncentriranih struktura 20. stoljeća promijenio tezu pa argumentirao kako inovacija dolazi od postojećih poduzeća, posebno velikih koncerna. Tumačio je to stupnjem tehnološkog razvoja koji je takav da je „većina jeftinih i jednostavnih izuma već napravljena” pa je daljnji razvoj sve sofisticiraniji i skuplji te si samo neki mogu priuštiti razvojne promašaje. Oba je Schumpeterova pogleda vrlo lako prenijeti na poljoprivrednu proizvodnju. Za raniji Schumpeterov pogled prema kojem su nositelji inovacija poduzetnici, odnosno mala poduzeća, kao dobar primjer može poslužiti recentni uspjeh hrvatskih vinara koji tehnološkim inovacijama (Grudić Kvasić 2023) i inovacijama u razvoj distribucijskih kanala (Katunar i suradnici 2020) nose brojni mali vinari. Argumentacija da veličina poduzeća dominantno utječe na sposobnost iznošenja inovacija i u poljoprivredi je samoevidentna te će ta perspektiva biti tumačena u sposobnostima poljoprivrednika za tehnološko inoviranje u ostatku ovog poglavlja.

U teorijskoj literaturi se prema Martinovoj (2010, str. 456) sistematizaciji učestalo pojavljuju četiri glavna razloga zbog kojih velika poduzeća imaju prednost u inoviranju, i to:

- velika poduzeća mogu prebacivati fiksne troškove razvoja na veću količinu proizvoda
- velika poduzeća imaju bolji pristup financijskim tržištima
- velika poduzeća mogu se bolje koristiti efektima ekonomija razmjera i raspona u istraživanjima
- veliko diverzificirano poduzeće ima veću vjerojatnost da će moći iskoristiti neočekivano otkriće (tzv. *serendipity effect* – iznenadno sretno otkriće).

S obzirom na povezanost veličine poduzeća i tržišne koncentracije, značajna je i očekivana povezanost strukture tržišta i inovacija. Naime, zbog navedenih razloga i

sukladno kasnijem schumpeterijanskom pogledu, veća poduzeća imat će motiv i priliku za iznošenje više inovacija od malih. Zbog toga je očekivano da će rastom poduzeća i posljedičnim rastom tržišne koncentracije rasti i aktivnosti vezane uz inoviranje. Međutim, istodobno je dobro poznata tendencija monopolista preferiranja „mirnog života“, dijelom čega je i smanjeni pritisak na inoviranje unutar takvih poduzeća. Prema tome, uobičajenim se smatra da će inoviranje biti najzastupljenije u tržišnim strukturama koje su između jako niske i jako visoke koncentracije (Slika 1).



Slika 1. Inovacije i tržišna koncentracija

Izvor: Friesenbichler (2007) prema Aghion i suradnicima (2005)

Iako Hrvatska spada u rastuća tržišta po pitanju inovacija, inovativna aktivnost u Hrvatskoj, gledano kroz ulaganja u istraživanje i razvoj, nažalost i dalje ne prati rast BDP-a. Manjak razloga za optimizam vidljiv je iz podatka kako u tom pitanju veliki udio ulaganja spada na ulaganja u javnom sektoru (uključujući u visoko obrazovanje), dok su ulaganja u realnom sektoru slabije zastupljena (Kaštelan Mrak i Vretenar 2024).

TEHNOLOŠKE INOVACIJE U POLJOPRIVREDI

Iako većina ljudi vjerojatno i dalje intuitivno poljoprivredu vezuje uz tradicionalan način života, život u skladu s prirodom i odmaknut od sveprisutne digitalne tehnologije, upravo rješenja temeljena na digitalnim tehnologijama predstavljaju trenutačno najveću promjenu u načinu rada u poljoprivredi. Štoviše, pojava novih tehnologija i način rada u poljoprivredi predstavljaju tehnološku disrupciju koju se ponekad čak uspoređuje s pojavom prvih traktora.

Među dominantne tehnološke trendove u poljoprivredi trenutačno se mogu ubrojiti:

- precizna poljoprivreda
- dronovi (nadzor i mapiranje polja, multispektralno snimanje)

- mobilne tehnologije
- digitalna tržišta za poljoprivredne proizvode.

Preciznu poljoprivredu može se pritom definirati kao strategiju upravljanja koja prikuplja, obrađuje i analizira vremenske, prostorne i pojedinačne podatke o biljkama i životinjama te ih kombinira s drugim informacijama kao podršku upravljačkim odlukama. Cilj su precizne poljoprivrede postizanje poboljšanja učinkovitosti korištenja resursa, produktivnost, kvaliteta, profitabilnost i održivost poljoprivredne proizvodnje (International Society for Precision Agriculture 2024). Prema Singhu i suradnicima (2020), precizna poljoprivreda predstavlja znanost poboljšanja prinosa na usjeve i potporu donošenja menadžerskih odluka pomoću visokotehnoloških senzora i analitičkih alata.

Iz navedenih definicija vidljivo je da precizna poljoprivreda zapravo predstavlja svojevrsnu digitalizaciju farmi. U nekim poljoprivrednim segmentima i dijelovima svijeta već je započet, a u drugima u bližoj budućnosti slijedi veliki porast investicija u poljoprivredu, posebice u poljoprivredna *start-up* poduzeća s ciljem da se poljoprivrednicima olakša transformaciju poljoprivrednih gospodarstava iz klasične industrije u iduću industriju velikih podataka (engl. *big data*) (Burwood-Taylor, Leclerc i Tilney 2016). Drugim riječima, usvajanje precizne poljoprivrede znači implementaciju tehnologije za prikupljanje podataka, analizu prikupljenih podataka i potom ciljane intervencije u poljoprivredne nasade. Pham i Stack (2018) tako navode da nova generacija poljoprivredne opreme omogućava primjenu senzora i kamera za prikupljanje podataka s poljoprivrednih površina, poput: vlažnosti tla, ozelenjivanja lišća, temperature, primjene gnojiva i pesticida, očekivana prinosa na nasadima te potrošnju goriva i efikasnost uporabe same opreme.

Tranzicija iz klasične u preciznu poljoprivredu tako sa sobom ne donosi samo potencijalni skok u učinkovitosti proizvodnje nego i potencijalne promjene u tržištima vezanima uz poljoprivredu. S obzirom na to da osnovu precizne poljoprivrede čini digitalizacija farmi i naglasak na prikupljanju podataka s poljoprivrednih površina, u bližoj bi se budućnosti kao konkurenti u prikupljanju podataka mogli naći i, primjerice, proizvođači traktora te proizvođači sjemenskog bilja. Drugim riječima, fokus inovatora na prikupljanje i analizu velikih podataka na poljoprivrednim površinama privlačan je tradicionalno komplementarnim industrijama u lancu vrijednosti. Tako se u okviru poljoprivrede u sustavima prikupljanja podataka može očekivati sve veće tržišno nadmetanje, primjerice proizvođača traktora i druge poljoprivredne mehanizacije s proizvođačima sjemenja.

Potencijalne koristi za primjenu mogućnosti koje precizna poljoprivreda nudi, prema tvrdnjama s hrvatske komercijalne mrežne stranice (agriivi.com/hr), odnose se na rast učinkovitosti:

- u planiranju proizvodnje (koristeći se znanjima o tome što je poljoprivrednim površinama potrebno, smanjuje se potrošnja gnojiva, sredstava za zaštitu usjeva i drugih *inputa*)
- tijekom sezone (izbjegavanjem pogrešaka vezanih uz kasnu zaštitu usjeva)
- u prodaji proizvoda (moguće se koristiti egzaktnim podacima o tome gdje je određeno dobro bilo zasađeno, čime je tretirano i koja mu je nutritivna vrijednost).

Precizna poljoprivreda stoga već sada potencijalno omogućava brojne uštede u proizvodnji i prednosti u distribuciji. Tako, primjerice, hipotetski svinjogojac može na tržište plasirati pršut ili kulen s dokazima o tome gdje su njegove svinje odgajane i što su jele, kao i dokaz o tome kako hrana koja je za njih uzgajana nije bila tretirana pesticidima. Proizvođači voća ili žitarica mogli bi na temelju egzaktnih informacija prikupljenih na svojim površinama mogli donositi odluke o potrebnim tretmanima, i to tako da se u okviru jednog polja ili plantaže dijelovi nasada s različitim potrebama različito tretiraju.

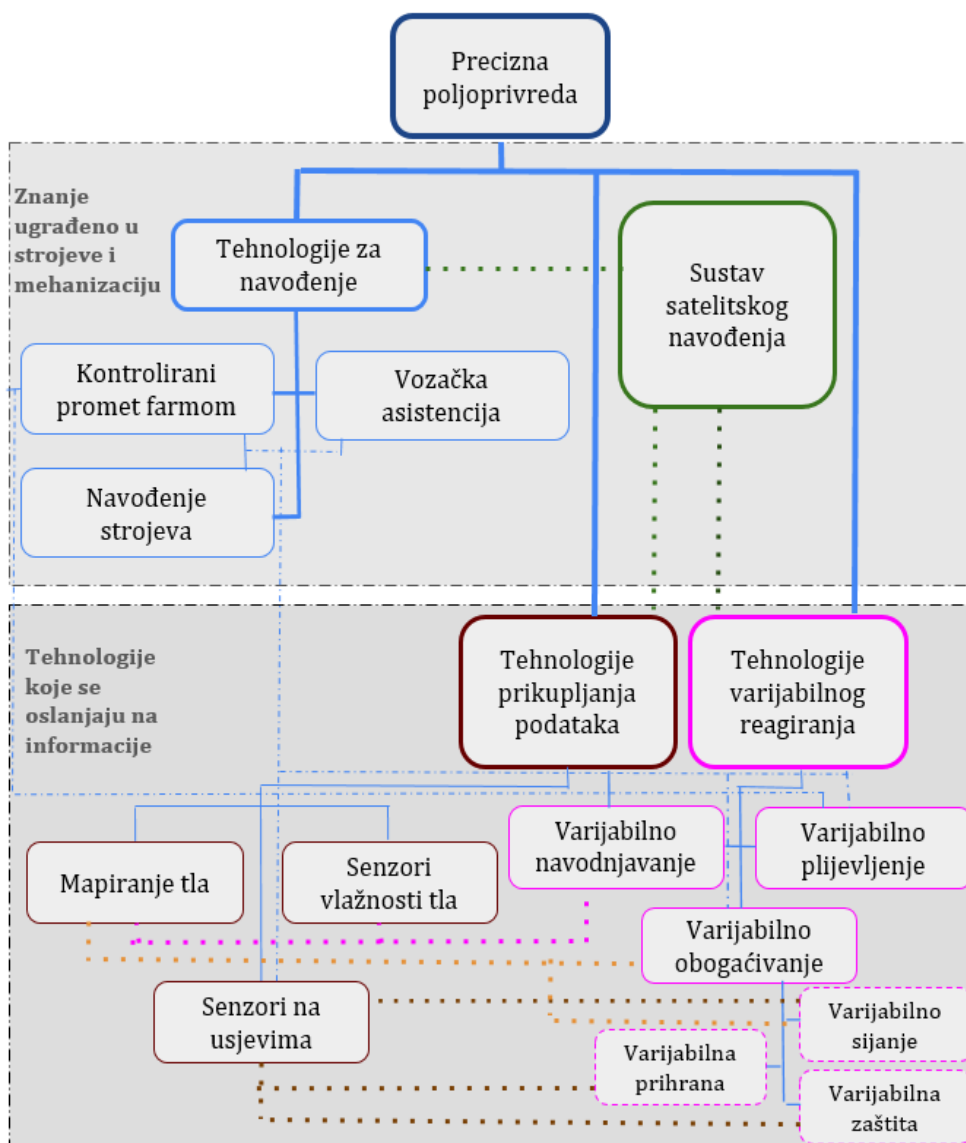
S ciljem postizanja ovakvih ili drugih prednosti koje precizna poljoprivreda može omogućiti, potrebno je zadovoljiti određene tehnološke pretpostavke. Osim već spomenutih mogućnosti analize velikih podataka i umjetne inteligencije, digitalizacija farme odnosi se i na internet stvari, kreiranje satelitskih slika područja, uporabu traktora s GPS uređajima i uporabu alata za upravljanje stokom (engl. *livestock management*) koji prikazuju informacije o kretanju, hranjenju, pojenju i dojenju stoke. GPS-om opremljeni traktori navođeni satelitskom navigacijom koriste se s ciljem izbjegavanja pojave dijelova površina koje nisu tretirane ili koje su tretirane više puta (Barnes i suradnici 2019). Međutim, za stvaranje autonomne mehanizacije koja bi mogla samostalno djelovati neovisno o dobu dana, vremenskim uvjetima i slično, osim satelitskog navođenja, očekuje se da će satelitsko navođenje (zbog postizanja preciznosti, sigurnosti i izbjegavanja prepreka) biti kombinirano s dubinskim kamerama ili laserskim radarima (Yao i suradnici 2023). Načelno, osim autonomnih traktora, u ovu skupinu sadašnjih i budućih tehnoloških inovacija za koje se očekuje da će transformirati farme mogu se ubrojiti još i robotizirane žetelice (koje se mogu programirati tako da prepoznaju određenu vrstu usjeva ili voća) i senzorima opremljeni dronovi (Sahu i Jena 2023A).

Internet stvari (engl. *Internet of Things – IoT*) u poljoprivredi se odnosi na postavljanje senzora koji mogu detektirati promjene u okruženju i skupljati ključne podatke poput podataka o vlazi, temperaturi, kvaliteti vode, prisutnosti kemikalija, dima, kontrole pokreta i slično. Ta je tehnologija posebno važna za uporabu tehnologija za varijabilno obogaćivanje nasada dušikovim gnojivima. Osim troškovnih ušteda, cilj je te tehnologije umanjivanje negativnih ekoloških utjecaja poljoprivredne proizvodnje.

Načelno se tehnološka rješenja iz precizne poljoprivrede može podijeliti na tehnologije koje postojeća tehnološka znanja integriraju u fizičku imovinu (mehanizaciju i strojeve) te na tehnologije usredotočene na informacije. Prikaz dviju navedenih skupine tehnologija dan je na Slici 2. Na slici je vidljivo i kako se prva skupina tehnologija u najvećoj mjeri oslanja na tehnološki napredna poljoprivredna vozila, a druga skupina na internet stvari, odnosno senzore za prikupljanje podataka, obradu tih podataka i omogućavanje preciznog djelovanja, a za što se ponovno u velikoj mjeri koristi tehnologijom iz prve skupine. Primjerice, kontrolirani promet farmom (engl. *Controlled Traffic Farming – CTF*) predstavlja upravljački alat koji minimalizira oštećenje usjeva čestim prelaskom mehanizacije (prevelika potrošnja goriva, oštećivanja polja, oštećivanja drenaže i slično). Djelovanje te upravljačke tehnologije izravno je povezano s varijabilnim plijevljenjem, a zajedno s navođenjem strojeva i vozačkom asistencijom, i sa senzorima na usjevima te varijabilnim

navodnjavanjem i obogaćivanjem usjeva. Ipak, usprkos objašnjenoj komplementarnosti dviju skupina tehnologija, njihova implementacija nije razmjerna. Istraživanja pokazuju da je tehnologija koja se oslanja na satelitsku navigaciju u prošlom desetljeću doživjela rapidan rast u SAD-u i drugim razvijenim dijelovima svijeta, no tehnologijama koje omogućavaju varijabilno djelovanje na usjevima značajno se manje koristi, a digitalnim mapiranjem poljoprivrednih površina još manje (Lowenberg-DeBoer i Erikson 2019). Može se pretpostaviti da poljoprivredni proizvođači ne posežu za tehnologijama u čiju učinkovitost još nisu uvjereni. Naime, iako je uporaba podataka sa satelita većinom dostupna besplatno, pretvaranje tih podataka u korisne aplikacije za procesiranje zahtijeva značajno tehnološko znanje (Sishodia i suradnici 2020).

Prema drugim autorima (Briner i suradnici 2021), tehnologije kojima se koriste GPS, sustavi senzora, pa i oprema s mogućnostima varijabilnog doziranja, imaju potencijala biti prihvatljivima i za manje poslovne sustave u poljoprivredi, no sustavi autonomne mehanizacije, analiza velikih podataka u oblaku i softver za programirano upravljanje opremom ostaju im financijski i tehnološki nedostupni. No, kod nekih tehnologija, poput uporaba satelita za digitalno mapiranje, moguće je da se radi i o bojazni kako bi takve snimke mogle biti zlorabljene od, primjerice, velikih proizvođača sjemena. Navedena pretpostavka treba biti empirijski provjerena u nekome budućem istraživanju.



Slika 2. Sistematizacija tehnologija precizne poljoprivrede
 Izvor: izrada autora prema Barnesu i suradnicima (2019)

PREGLED ISTRAŽIVANJA O UPORABI I KORISNOSTI TEHNOLOGIJA PRECIZNE POLJOPRIVREDE

U svom pregledu glavnih trendova i mogućnosti za razvoj održive poljoprivrede kroza sva tri glavna aspekta iste (ekološki, ekonomski i društveni) Dossa i Miassi (2024) naglašavaju da se precizna poljoprivreda odnosi na optimizaciju upravljanja prostorom s ciljem povećanja prinosa te na izbjegavanje nepotrebne uporabe

pesticida i gnojiva, dok se pametna poljoprivreda oslanja na uporabu umjetne inteligencije i internet stvari u nastojanjima kibernetičkog upravljanja farmom.

Istraživanje o usvojenosti tehnologija precizne poljoprivrede u Brazilu (Carrer i suradnici 2022) pokazalo je kako je usvajanje tih tehnologija pozitivno korelirano s veličinom farme, razinom obrazovanja voditelja i razinom omogućene tehničke podrške. Zanimljivo je da isto istraživanje naglašava kako se s duljim iskustvom voditelja farme u poljoprivredi vjerojatnost uvođenja tehnologija pametne poljoprivrede smanjuje. Do sličnih zaključaka došli su i Pivoto i suradnici (2019) te su među barijere ulasku za uvođenje tehnologija pametne poljoprivrede naveli visoke inicijalne troškove investicije, nedostatak radne snage s potrebnim vještinama i digitalnu pismenost. Barnes i suradnici (2019) kao barijeru pak ističu troškove održavanja takve tehnologije. Osim ovih najčešće spominjanih prepreka, druga istraživanja (Sharma 2023) kao izazove navode još i upravljanje velikom količinom podataka, zatim iznimno važne izazove vezane uz kompatibilnost različitih tehnoloških rješenja (Kunu i suradnici 2024) te strahove vezane uz privatnost podataka.

Percepcija usvajanja precizne poljoprivrede niska je jer se vezuje uz usvajanje tehnologija varijabilnog reagiranja (engl. *Variable rate technology* – *VTR*) koje su se pojavile među prvima, ali i dalje malo gdje svojom uporabom prelaze 20 % poljoprivrednih površina. Međutim, ova je tehnologija samo jedna od brojnih tehnologija precizne poljoprivrede te druge tehnologije rastu značajno po osjetno višoj stopi. Izuzetak u razvoju, odnosno daljnje tehnološko zaostajanje bilježe male farme u zemljama u razvoju koje ne rabe motoriziranu mehanizaciju (Lowenberg-DeBoer i Erikson 2019). Problem s mjerenjem usvojenosti tehnologije u poljoprivredi prepoznat je u znanstvenom svijetu pa su, s ciljem omogućavanja sustavne i usporedive analize prihvatanja informacijskih tehnologija na farmama, Rajeshwari i Dolli (2020) razvili skalu s 48 pokazatelja, pri čemu su za kreiranje upitnika konzultirali 250 znanstvenika i stručnjaka iz područja agronomije.

Wolfert i suradnici (2017) istražili su vodeće aplikacije za pametno vođenje farmi, a koje uključuju mogućnosti poput analize velikih podataka, pohrane u oblaku i interneta stvari. Prema njihovim zaključcima, mogućnosti aplikacija za pametne farme nadilaze primarnu proizvodnju te već sad utječu na cjelokupan lanac vrijednosti hrane. Aplikacije pružaju prediktivnu pomoć, pomoć u upravljanju operativnim odlukama te nude i pomoć u promjeni/prilagodbi poslovnih modela. Utjecaj digitalizacije na inovativne procese u poljoprivredi istraživan je u radu Sozaeve i suradnika (2021). U svom istraživanju sugeriraju da poljoprivredne regije trebaju posegnuti za interakcijom javnog i privatnog sektora koja bi omogućila izgradnju inovacijskih kapaciteta i kod manjih proizvođača. U protivnom bi nadolazeća digitalizacija mogla biti dostupna samo velikim poduzećima, kao i prednosti u povećanju učinkovitosti koje ona donosi.

Baruah i suradnici (2023) došli su u istraživanju efektivnosti poljoprivredne meteorologije temeljene na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama (IKT) do spoznaja da je $\frac{3}{4}$ farmera uključenih u njihovo istraživanje ($n = 100$) zadovoljno pravovremenošću dostavljenih informacija, ali je razina zadovoljstva među ispitanicima značajno niža glede kvalitete i razumljivosti dostavljenih podataka. Zaključili su kako su dostupni alati za poljoprivrednu meteorologiju prikladniji za poljoprivrednike s više iskustva i višom razinom obrazovanja, posebice one s više iskustva u uporabi informacijskih tehnologija. Na veću suradnju privatnog i javnog sektora pozivaju i Wolfet i suradnici (2021), naglašavajući pritom da se integracija digitalnih tehnologija u proizvodnju hrane s malih pojedinačnih aplikacija prebacuje na kompleksna IKT rješenja koja uključuju više dionika.

Istraživanje provedeno u Pakistanu (Chhachhar i suradnici 2014) s ciljem analize uporabe informacijsko-komunikacijske tehnologije na farmama pokazalo je da se više od 95 % intervjuiranih sudionika ($n = 150$) nikad nije koristilo mobitelom (kao svima dostupnim oblikom tehnologije) za prikupljanje ikakvih informacija o cijeni svojih proizvoda ni kontaktiralo sa službenicima iz domene poljoprivrede da bi riješili bilo kakav problem ili dobili potrebne informacije. Novije istraživanje (Pyay Thar i suradnici 2020) o uporabi mobilnih telefona i njihovih aplikacija provedeno je u Mijanmaru. Autori upozoravaju da bi mobilne aplikacije za pomoć u donošenju odluka u poljoprivredi trebale biti usmjerene na mlađu populaciju i biti namijenjene za specifične probleme da bi bile uspješne, ističući kako se mobilnim telefonima sve više koristi za raspravu i savjetovanje, i to unutar specijaliziranih grupa na Facebooku. Ovaj vid uporabe mobilnih telefona kao alata za informiranje i savjetovanje spada u takozvane jednostavne digitalne alate, a obilježavaju ih jednostavnost uporabe i male ulazne barijere. Naprednija i zahtjevnija uporaba mobilnih telefona moguća je kad se njima počne koristiti za ručno ili automatsko (uz povezivanje sa sustavom senzora) unošenje podataka. Takva se uporaba pokazuje bitno plodonosnijom jer uz jednostavnost i financijsku nezahtjevnost mobilnih telefona nudi značajno kvalitetnije informacije. No, takva tehnologija i dalje dolazi uza zahtjeve za pravodobnim unošenjem podataka ili ulaganjem u sustave senzorske detekcije i automatskog unosa (Daum i suradnici 2022).

Kao jedan od okrajaka tehnologije precizne poljoprivrede do kojih je poljoprivrednicima najviše stalo ističe se plijevljenje pomoću traktora s obzirom na to da je korov pojedinačno najveći izvor gubitaka u prinosima s polja, ispred insekata i bolesti bilja (Sahu i Jena 2023A). Precizna poljoprivreda u tom se pogledu odnosi na mehaničko plijevljenje, kao i na kemijsko uklanjanje korova. Unatoč privlačnosti ovih tehnologija, posebno zbog radne intenzivnosti tradicionalnog uklanjanja korova i sveprisutna nedostatka radne snage, ni za ove tehnologije ne smatra se da će biti financijski dostupne manjim proizvođačima.

Recentno istraživanje koje su proveli Kovič i suradnici (2024) pokazalo je kako se veličina poduzeća ne pojavljuje kao prediktor vjerojatnosti uporabe umjetne inteligencije u poslovanju te da čak ni poduzeća koja se mogu smatrati poduzećima

visoke tehnologije ne rabe umjetnu inteligenciju signifikantno više od ostalih. Iako je navedeno istraživanje provedeno u domeni industrijske proizvodnje, a ne poljoprivrede, moguće je da će i u poljoprivrednoj proizvodnji upravo umjetna inteligencija postati tehnologija koja će biti prikladna za usvajanje i kod malih i srednjih poduzeća.

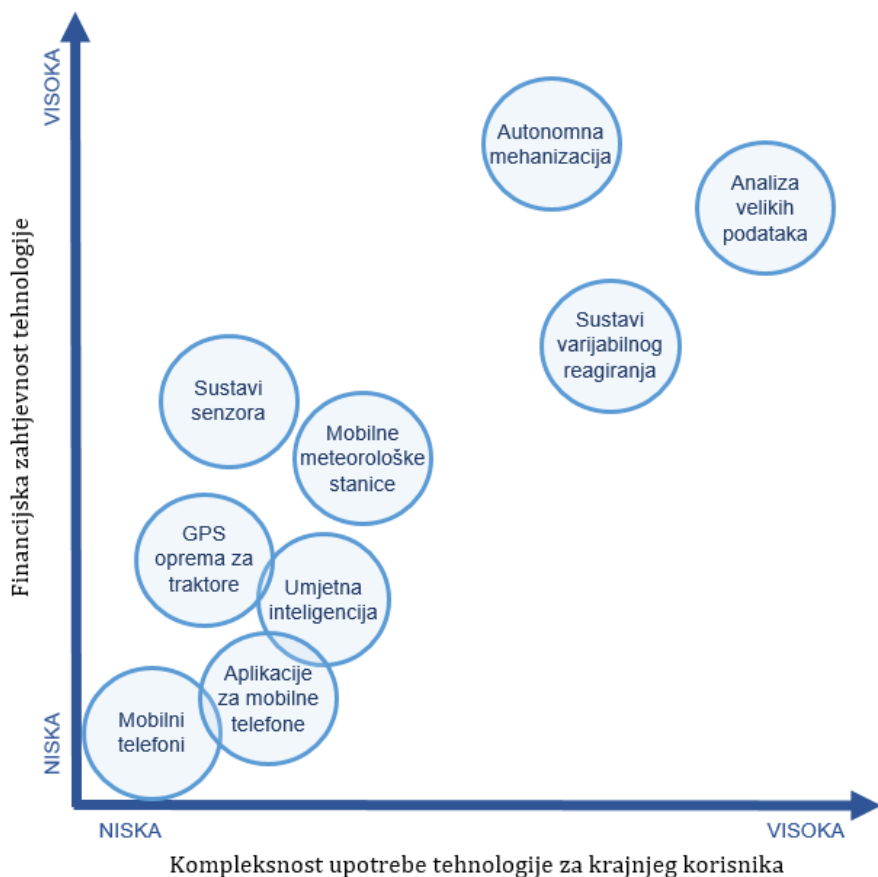
Optimistične zaključke o sadašnjosti i osobito budućnosti precizne poljoprivrede ima istraživanje koje su proveli Kumar i suradnici (2020). Autori naglašavaju da će precizna poljoprivreda dovesti do nastanka otporne, adaptivne i međusobno povezane tehnologije u proizvodnji hrane, popraćene povećanjem prinosa i performansi. Međutim, naglašavaju i uz to vezanu tehnološku kompleksnost te izazove vezane uz financiranje potrebnih ulaganja. Ipak, znanstvena istraživanja koja neovisno istražuju i potvrđuju promjenu u učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje uslijed implementacije pojedinih tehnologija precizne poljoprivrede relativno su rijetka. Prema podacima iz studije indijskog Ministarstva poljoprivrede, uporaba tehnološki naprednih mogućnosti precizne poljoprivrede dovodi do ušteda u rasponu od 15 % do 20 % u uporabi sjemena i gnojiva te ušteda od 20 % do 30 % u vremenu rada. Osim toga, očekuje se povećanje prinosa od 13 % do 23 % te smanjenje potreba za radom od 20 % do 40% (Gaadhe 2024). Bhojwani i suradnici (2020) u svom radu pokazuju konkretne rezultate empirijskog istraživanja učinka korištenja dostupnom senzorskom tehnologijom te, bez navođenja konkretnih iznosa, navode da su senzori poput onih u njihovu istraživanju cjenovno dostupni poljoprivrednicima te mogu podići učinkovitost na svakoj farmi.

Rast broja istraživanja kojima bi se mogli ponuditi konkretni i vjerodostojni podaci o mogućim uštedama predstavljao bi dobar početak za usmjeravanje većeg broja poljoprivrednika prema preciznoj poljoprivredi.

Sangeetha i suradnici (2024) u svom pregledu dosadašnjeg napretka i razvoja tehnologija ističu da je precizna poljoprivreda već postala integralni dio moderne proizvodnje hrane. Međutim, kako bi se globalno proširila, potrebno je ne samo prevladati tehnološke prepreke i povećati dostupnost, posebno za manja poljoprivredna gospodarstva, nego i nastaviti razvijati njezinu prediktivnu moć i prilagodljivost u uporabi. Također, ključna je fleksibilnost u primjeni i sposobnost integracije s postojećim tehnologijama.

Iz navedene analize, ali i iz principa uobičajenih u domeni operacijskog menadžmenta, odluke o tehnologiji osim financijske isplativosti moraju se donositi i s razumijevanjem potreba i mogućnosti krajnjega korisnika. Ni najučinkovitiji alati neće omogućavati ostvarivanje svojih mogućnosti ako su za uporabu značajno kompleksniji od mogućnosti njihova operatera. Osim naglašavanja potrebe za edukacijom zaposlenih u poljoprivredi, ova zakonitost ima i praktične implikacije u vidu tehnologija koje uopće ima smisla nuditi poljoprivrednicima. Primjerice, velike se nade polažu u širenje uporabe senzorske tehnologije pomoću cjenovno sve pristupačnijih poljoprivrednih dronova kojima se, s ciljem dobivanja korisnih i preciznih informacija, može programirati ruta letenja. Međutim, postojeća rješenja

osim drona i posebnih kamera zahtijevaju softver za navigaciju, mapiranje i obradu prikupljenih podataka te dovođenje u formu koja je krajnjim korisnicima zaista korisna. Sve navedeno predstavlja problem i prepreku za tipično poljoprivredno gospodarstvo pa očekivano da će usluge poput mapiranja terena i obrade podataka morati naručivati od specijaliziranih ponuditelja. Potreba za dodatnom vanjskom uslugom ovim korisnim tehnologijama umanjuje privlačnost na uštrb nekih manje preciznih, ali za korisnika jednostavnijih i jeftinijih rješenja. Tako se, primjerice, već danas pojedini hrvatski vinari koriste blagodatima mobilnih meteoroloških stanica. U kod nas najraširenijoj izvedbi meteorološke stanice dobavljive za iznos od 4000 eura mogu, ovisno o terenu, pokrivati prostor od 4 hektara poljoprivredne površine na brežuljcima pa sve do 50 hektara u nizinama te pružati korisnicima lako razumljive informacije dostupne preko aplikacije za mobilne telefone. Prikaz dostupnih tehnologija u kojem je osim cjenovne zahtjevnosti prikazana i zahtjevnost za korisnike dan je na Slici 3.



Slika 3. Dostupne tehnologije precizne poljoprivrede s obzirom na financijsku zahtjevnost i kompleksnost uporabe
Izvor: izrada autora

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Nakon analize prethodnih istraživanja nameće se zaključak da je glede tumačenja inoviranja u poljoprivrednoj proizvodnji primjenjivije kasnije Schumpeterovo učenje. Naime, tehnološke inovacije češće se očekuju kod velikih poljoprivrednih poduzeća. Dio razloga za to svakako se može pripisati ekonomijama razmjera i raspona koje i inače omogućavaju uporabu skupljih, ali učinkovitijih tehnoloških rješenja. U svakoj proizvodnji, pa tako i u poljoprivrednoj, manji razmjer aktivnosti ponekad jednostavno ne čini ekonomski isplativim ulaganje u specijaliziranu opremu koja može dovesti do značajnog skoka u učinkovitosti. Zbog visokih troškova nabave i održavanja takva oprema zahtijeva visoku iskoristivost, što je čini dostupnom samo onima s velikim obujmom proizvodnje. Na primjer, malo poljoprivredno poduzeće s otprilike dva hektara površine koje obrađuje moglo bi značajno povećati učinkovitost plijevljenja nabavkom alata za varijabilno plijevljenje pomoću traktora, koji pak mora posjedovati sustave za navođenje. Osim bržeg plijevljenja, time bi si olakšalo radom intenzivni dio posla. Međutim, broj radnih sati potreban kako bi se ova tehnologija isplatila značajno premašuje onaj broj radnih sati za koji bi tehnologija mogla biti iskorištena u ovom poduzeću. Stoga se kod manjih poslovnih sustava, osim izazova vezanih uz isplativost u tehnoloških ulaganja, uvijek postavlja i pitanje dostupnosti financiranja takvih ulaganja, što ističu i mnoge studije.

Neke od prepreka za uvođenje tehnoloških inovacija, koje imaju veći utjecaj na mala nego na velika poljoprivredna gospodarstva, uključuju dostupnost edukacije, školovane radne snage te brige o održavanju opreme. Očekivano je da je problem sporijeg usvajanja novih tehnologija u poljoprivredi i značajniji nego u drugim poslovnim domenama jer je stanovništvo koje se bavi poljoprivredom uobičajeno više skloni tradicionalnim pogledima od opće populacije (a što se u Hrvatskoj i diljem Europe može lako spoznati i tijekom izbornih ciklusa, kad stanovništvo iz ruralnih krajeva uobičajeno (iako ne u pravilu) izabire konzervativnije opcije). Slične zaključke na tragu ovisnosti o prijedenu putu pokazalo je i istraživanje Carrer i suradnika (2022) koje je istaknulo negativnu vezu iskustva u vođenju farme i spremnosti na usvajanja novih tehnologija. Povećanje broja empirijskih istraživanja kojima bi se pružile neovisne provjere učinkovitosti novih tehnologija moglo bi značajno povećati povjerenje u njihovu primjenu.

Uslijed male veličine većine poljoprivrednih gospodarstava u Hrvatskoj (69,4 % koristi manje od pet hektara), i u perspektivi je ograničen broj onih koji mogu isplativo investirati u mnoge mogućnosti koje u ovom trenutku pruža precizna poljoprivreda. Kao što to biva kod svih tehnoloških inovacija, može se očekivati da će njihovim daljnjim razvojem doći i do značajnog pada cijena, stoga i do veće dostupnosti ovih tehnologija. To se posebno odnosi na tehnologije koje se trenutačno smatraju cjenovno pristupačnima i smisleno tehnološki primjenjivima samo za najveće poljoprivrednike. Međutim, postoje tehnologije koje su već sada dostupne svima, poput aplikacija za mobilne uređaje. One u najjednostavnijoj formi

pružaju korist ograničenu na komunikaciju i savjetovanje, ali potencijalno mogu biti upotrebljene i za upravljanje sustavom senzora ili druge tehnologije precizne poljoprivrede. Potonje bi zbog raširenosti i jednostavnosti uporabe mobilnih telefona svejedno bilo zanimljivije poljoprivrednicima od alternativnih rješenja. Za istu svrhu zamjetan potencijal pruža umjetna inteligencija, čija uporaba prema najnovijim istraživanjima nema značajnih razlika vezanih uz veličinu.

Važno je naglasiti da, iako je u domeni ovog istraživanja bila proizvodnja, učinkovite tehnološke inovacije u poljoprivredi ne moraju nužno biti ograničene samo na proizvodnju. Štoviše, digitalne tehnologije pružaju značajne mogućnosti u marketingu, posebno kod ekoloških i iskustvenih dobara, ali i u kreiranju novih i skraćivanju postojećih opskrbnih lanaca. Spomenute aktivnosti za neke poljoprivrednike znače pomicanje u nove dijelove lanca vrijednosti, što ponovno može prouzročiti poteškoće zbog dostupnih znanja i drugih resursa. Ipak, takve aktivnosti su moguće uza skromnija ulaganja i manju ovisnost o veličini poljoprivrednoga gospodarstva.

U poticanju tehnološkog osuvremenjivanja poljoprivrede ključna je uloga javnih vlasti na svim razinama. Osim intenziviranja napora u okrupnjavanju poljoprivrednih gospodarstava, pozitivna uloga javne vlasti treba biti i u činjenju naprednih tehnoloških rješenja dostupnijima kroz informiranje poljoprivrednika o dostupnosti tehnologija i učincima njihove primjene, uspostavu ciljanih edukacija o uporabi najučinkovitijih alata i slično. Javne vlasti, nadalje, mogu inovativne kapacitete poljoprivrednika povećavati i širenjem spektra digitalnih javnih usluga te poticanjem snažnije istraživačke suradnje javnog i privatnog sektora. Naime, država na inovativni potencijal djeluje i može djelovati ciljanim poticanjem istraživanja u željenim područjima te se poticanje i usmjeravanje istraživačke pozornosti u inovacije u poljoprivredi čine ne samo smislenima nego i vrlo potrebnima i u hrvatskom slučaju. Osim već spomenutih prednosti koje tehnologija precizne poljoprivrede pruža ili će u bližoj budućnosti pružati, tehnologija u nekoj mjeri može nadomjestiti gorući problem nedostajuće radne snage. Zbog toga pitanje mogu li si poljoprivrednici priuštiti tehnološke inovacije, iako vrlo važno, nije i jedino. Pitanje mogu li si poljoprivrednici priuštiti izostanak tehnoloških inovacija postaje sve aktualnije za poljoprivrednike, ali i državu u cjelini.

Ograničenje ovog istraživanja, koje ujedno predstavlja i poticaj za buduća istraživanja, odnosi se na nedostatak primarnih podataka o trenutačnim tehnološkim mogućnostima i kapacitetima hrvatskih poljoprivrednika, posebno onih vezanih uz preciznu poljoprivredu te percepciju trenutačne dostupnosti takve tehnologije i prepreka za njezino usvajanje.

Napomena: Ovaj rad financiralo je Sveučilište u Rijeci projektom ZIP-UNIRI-2023-14.

LITERATURA

1. Agrivi, poveznica: www.agrivi.com/hr, posjećeno 20.5.2024.
2. Barnes, A. P. i suradnici (2019). Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Use Policy*, 80: 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.004>.
3. Baruah B., Prakash, S., Lal, S. P., Pooja, G. S. (2023). Effectiveness of ICT-based Agro-met Advisory Services in Addressing the Information Needs of Farmers in Assam. *Indian Research Journal of Extension Education*, 23(2). https://doi.org/10.54986/irjee/2023/apr_jun/108-112.
4. Bhojwani, Y., Singh, R., Reedy, R., Perumal, B. (2020). Crop Selection and IoT Based Monitoring System for Precision Agriculture. *International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE)*: 1-11. <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE47903.2020.123>.
5. Briner, R., Daum, T., Pray, C. (2021). Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. *Applied Economic Perspective and Policy*. 43(4): 1260-1285. <https://doi.org/10.1002/aep.13145>.
6. Briš Alić, M., Grubišić, D., Kaštelan Mrak, M., Martinović, M., Prester, J., Vretenar, N. (2022). Operacijski menadžment. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Zagrebu: 191, poveznica: <https://repository.efri.uniri.hr/islandora/object/efri:3696>.
7. Burwood-Taylor, L., Leclerc, R., Tilney, M. (2016). AgTech Investing Report: Year in Review 2015. AgFunder. poveznica: <https://research.agfunder.com/2015/AgFunder-AgTech-Investing-Report-2015.pdf>.
8. Carrer, M. J., Souza Filho, M. H., Mello Brandão Vinholis, M., Mozambani, C. I. (2022). Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil, *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121510. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121510>.
9. Chhachhar, A. R., Qureshi, B., Khushk, G. M., Maher, Z. A. (2014). Use of Mobile Phone among Farmers for Agriculture Information. *European Journal of Scientific Research*, 119(02): 265-271.
10. Daum, T., Ravichandran, T., Kariuki, J., Chagunda, M., Birner, R. (2022). Connected cows and cyber chickens? Stocktaking and case studies of digital livestock tools in Kenya and India. *Agricultural Systems*, 196, 103353. <https://doi.org/10.1016/j.jagsy.2021.103353>.
11. Dossa, K. F., Miassi, Y. E. (2024). Advancing Sustainable Agriculture: A Critical Review of Innovative Strategies to Decrease Chemical Dependency for Environmental Health. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 10(2): 492-497. <https://doi.org/10.30799/jespr.243.24100201>.
12. European Data (2023). Special Eurobarometer SP520: Europeans, Agriculture and the CAP, poveznica: http://data.europa.eu/88u/dataset/S2665_97_1_SP520_ENG, posjećeno 27.5.2024.

13. Eurostat (2024). Performance of the agricultural sector, poveznica: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Performance_of_the_agricultural_sector, posjećeno 2.7.2024.
14. Friesenbichler, K. S. (2007). Innovation and Market Concentration in Europe's Mobile Phone Industries. Evidence from the Transition from 2G to 3G, WIFO Working Papers 306, WIFO, poveznica: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/128860/1/wp_306.pdf.
15. Gaadhe S. K. (2024). The Future of Precision Agriculture in India: Opportunities and Challenges. *Agri Tech Today*, 2(3). <https://10.13140/RG.2.2.33316.49287>.
16. Grudić Kvasić, S. (2022). Upravljanje doživljajem u vinskom turizmu primjenom tehnologija virtualne i proširene stvarnosti. Izazovi vinskog sektora u Republici Hrvatskoj, Katunar, J. i Vretenar, N. (Ur.). *Ekonomski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka*: 89-100. <https://repository.efri.uniri.hr/islandora/object/efri%3A4238>.
17. Hovenkamp, H. (2008). Schumpeterian Competition and Antitrust. *U Iowa Legal Studies Research Paper No. 08-43*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1275986>.
18. International Society for Precision Agriculture, poveznica: <https://www.ispag.org/about/definition>, revidirano 2024., posjećeno 10.5.2024.
19. Kaštelan Mrak, M., Vretenar, N. (2024). Future Prospects for Jumpstarting Technological Innovation in Enhancing the Competitiveness of Croatia Business Sector. *International Conference Challenges of Europe: Design for the next generation. Split - Bol: Faculty of Economics, Business and Tourism in Split*: 1-25.
20. Katunar, J., Kaštelan Mrak, M., Sokolić, D. (2020). The impact of distribution channels on the bargaining position of Croatian wine producers. *Ekonomski vjesnik/Econviews - Review of Contemporary Business, Entrepreneurship and Economic Issues*, 33(2). poveznica: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/ekonomski-vjesnik/article/view/10391>.
21. Kovič, K., Tominc, P., Prester, J., Palčić, I. (2024). Artificial Intelligence Software Adoption in Manufacturing Companies. *Appl. Sci.*, 14, 6959. <https://doi.org/10.3390/app14166959>.
22. Kumar, R. P., Sharma, B., Verma, S. (2020). Automated Machinery in Modern Agriculture. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 11(1): 1080-1184, <https://doi.org/10.61841/turcomat.v11i1.14403>.
23. Kunu, P. J., Sahfitra, A. A., Gusmeizal, G., Riyanti, R. (2024). The Role of Smart Farming Technologies in Enhancing Crop Yields and Resource Efficiency: A Global Perspective. *Global International Journal of Innovative Research*, 2(2). <https://doi.org/10.59613/global.v2i2.80>.
24. Lowenberg-DeBoer and Erikson, 2019 Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption. *Agronomy Journal*, 111(4). <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>.
25. Majdak, T. (ur.) (2023). Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2022. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske, poveznica:

https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zele_no_izvjesce/2023_11_16%20Zeleno%20izvje%C5%A1%C4%87e%202022%20web.pdf

26. Martin, S. (2010). *Industrial Organization in Context*. Oxford University Press
27. Pham, X., Stack, M. (2018). How data analytics is transforming agriculture. *Business Horizons*, 61(1): 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.011>.
28. Pivoto, D. i suradnici (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4): 571-588. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>
29. Pyay Thar, S., Ramilan, T., Farquharson, R. J., Pang, A., Chen, D. (2020). An empirical analysis of the use of agricultural mobile applications among smallholder farmers in Myanmar. *EJISCD*, 87(2). <https://doi.org/10.1002/isd2.12159>.
30. Rajeshwari, N., Dolli, S. S. (2020). Development of a Scale to Measure the Perception and Acceptance of Information Technology (IT) Enabled Comprehensive Farm Advisory Services by Farmers. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(7): 3299-3308, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.385>.
31. Sahu, S., Jena, J. (2023A). *Automation in Agriculture: The Use of Automated Farming Emphasizing Smart Farm Machinery*. u knjizi *Farming for the Future: Smart Agriculture Innovations* Santosh et. al. (eds), Renu Publishers
32. Sahu, S., Jena, J. (2023B). *Revolutionizing Farming Practices: Tractor-Operated Precision Weeding for Enhanced Inter and Intra-Row Weed Management*. u knjizi *Farming for the Future: Smart Agriculture Innovations* Santosh et. al. (eds), Renu Publishers
33. Sangeetha, C. i suradnici (2024). Remote Sensing and Geographic Information Systems for Precision Agriculture: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(2): 287-309. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i23945>.
34. Sharma, S. (2023). Precision Agriculture: Reviewing the Advancements, Technologies, and Applications in Precision Agriculture for Improved Crop Productivity and Resource Management. *Reviews In Food And Agriculture (RFNA)*, 4(2): 45-49. <http://doi.org/10.26480/rfna.02.2023.45.49>.
35. Simon, H. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69(1): 99-118. <https://doi.org/10.2307/1884852>.
36. Singh, P. i suradnici (2020). Hyperspectral remote sensing in precision agriculture: present status, challenges, and future trends. U knjizi *Earth Observation, Hyperspectral Remote Sensing*, Pandey, P.C. i suradnici (ur.) Elsevier. 121-146. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102894-0.00009-7>.
37. Sishodia, R. P., Ray, R. L., Singh, S. K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*. 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>.
38. Sokolić, D. (2022). Izazovi vinske industrije i trendovi na tržištu rada. Izazovi vinskog sektora u Republici Hrvatskoj, Katunar, J. i Vretenar, N. (Ur.). Ekonomski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka: 55-77, poveznica: <https://repository.efri.uniri.hr/islandora/object/efri%3A4238>

39. Sozaeva, T. K., Mikitaeva, I. R., Gurfova, S. A. (2021). Digitalization as Tool of Innovative Development of Agrarian Territories. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 666 062094. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/6/062094>.
40. Tom, C. N. i suradnici (2024). Precision Agriculture for Maximizing Crop Production. IRE Journals, 8(2): 384 - 392. poveznica:
41. Williamson, O. E. (1981). The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. American Journal of Sociology, 87(3): 548-577.
42. Williamson, O. E. (2002). The Theory of the Firm as Governance Structure: From Choice to Contract. Journal of Economic Perspectives, 16(3): 171–195. <https://doi.org/10.1257/089533002760278776>.
43. Wolfert, S., Lan, G., Verdouw, C., Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural System, 153: 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
44. Wolfert, S. i suradnici (2021). Navigating the Twilight Zone: Pathways towards digital transformation of food systems. Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/552346>.
45. Yao, Z., Zhao, C., Zhang, T. (2023). Agricultural machinery automatic navigation technology. iScience, 27(2), 108714. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108714>.