



**HORTIKULTURA – možnosti, priložnosti, primeri dobrih praks,
zbornik 14. strokovne konference s temo**

STRATEGIJE GOJENJA RASTLIN ZA PRIHODNOST



Celje, 28. januar 2026

Izdajatelj:	ŠOLA ZA HORTIKULTURO IN VIZUALNE UMETNOSTI CELJE Višja strokovna šola Ljubljanska cesta 97, 3000 CELJE Spletni naslov: www.hvu.si Leto izida: 2026
Naslov	Hortikultura – možnosti, priložnosti, prenos dobre prakse, zbornik 14. strokovne konference s temo STRATEGIJE GOJENJA RASTLIN ZA PRIHODNOST
Zbrala in uredila:	Barbara Pajk

Odgovornost za vsebino in jezikovno ustreznost prispevkov nosijo avtorji.

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 266171907
ISBN 978-961-6703-73-4 (PDF)

**HORTIKULTURA – možnosti, priložnosti, primeri dobrih praks,
zbornik 14. strokovne konference s temo**

**STRATEGIJE GOJENJA RASTLIN ZA
PRIHODNOST**

Celje, 28. januar 2026

Vsebina

Predgovor	1
Genomske in biotehnološke strategije za prihodnost rastlinske pridelave	2
Strategije prilagajanja klimatskim spremembam – krožno gospodarjenje na kmetijah s ciljem ohranjanja rodovitnosti tal in varovanja okolja	9
Voda kot ključni dejavnik uspešne kmetijske pridelave: vloga in pomen namakanja	20
Prilagajanje namakalnih strategij podnebnim spremembam: izzivi in priložnosti	31
Varstvo rastlin v prihodnosti – inovativno, trajnostno in nepredvidljivo	43
Trajnostno varstvo zelenjadnic: novi škodljivi organizmi in inovativni pristopi za prihodnost	50
Problematika razširjenosti invazivnega polža (<i>Arion vulgaris</i>)	57
Izzivi prihodnosti – med avtohtonimi semeni s sonaravno pridelavo in ngt (nove genomske tehnike pridelave rastlin) ter patentiranjem semen	63
Spremljanje morfoloških lastnosti fižola za potrebe vrednotenja in ohranjanja raznolikosti ..	76
Izzivi sadjarstva v sloveniji v spreminjajočih se podnebnih razmerah	85
Biotska raznovrstnost starih sort jablan za trajnostno prihodnost	90
Raznolikost rastlin kot temelj strategij gojenja rastlin za prihodnost	99
Biotska pestrost kot ključni dejavnik gojenja rastlin v prihodnosti	102
Urbano vrtnarstvo skozi oči strojnika	106
Zeleni stroji prihodnosti: inovacije, ki spreminjajo delo na vrtu	114
Podjetništvo in trženje v vrtnarstvu: priložnosti kratkih verig preskrbe s hrano za prihodnost	122
Urbane talne grede – uspešna rast rastlin in zadrževanje padavinske vode	127

PREGOVOR

Pred vami je zbornik *Strategije gojenja rastlin za prihodnost*, ki prinaša poglobljen pogled na izzive in priložnosti, s katerimi se srečujemo pri pridelavi rastlin v času hitrih sprememb. Podnebne spremembe, pomanjkanje virov in nove tehnologije nas spodbujajo k razmišljanju, kako lahko rastline gojimo na trajnosten, učinkovit in inovativni način. Vse bolj se zavedamo, da prihodnost pridelave rastlin ne bo odvisna le od tradicionalnih znanj, temveč tudi od naprednih pristopov, ki združujejo znanost, tehnologijo in odgovorno ravnanje z okoljem.

V zborniku boste našli prispevke, ki odpirajo različne teme – od genomske in biotehnoške strategije za izboljšanje pridelkov, pomena vode in namakanja kot ključnega dejavnika uspešne rasti, do novih pristopov pri varstvu rastlin pred škodljivci, ki se pojavljajo zaradi spremenjenih razmer. Avtorji se dotikajo tudi prilagajanja sadjarstva novim podnebnim izzivom ter krožnega gospodarjenja, ki pomaga ohranjati rodovitnost tal in zmanjšuje obremenitve okolja.

Zanimivi so prispevki o sodobnih trendih, kot so urbano vrtnarstvo in talne grede, ki ne omogočajo le uspešne rasti rastlin, temveč tudi zadrževanje padavinske vode – kar je v mestih vse pomembnejše. V zborniku boste našli tudi inovacije pri »zelenih strojih«, ki spreminjajo delo na vrtu in olajšujejo vsakodnevne opravke. Ne manjka niti pogled v podjetništvo in trženje v vrtnarstvu, kjer se odpirajo priložnosti kratkih verig preskrbe s hrano, ki postajajo vse bolj aktualne v času, ko si želimo lokalne, sveže in kakovostne pridelke.

Zbornik poudarja tudi pomen raznolikosti rastlin kot temelja za trajnostne strategije. Spremljanje morfoloških lastnosti različnih sort rastlin je le eden od primerov, kako lahko ohranjamo genetsko pestrost in s tem zagotavljamo prilagodljivost rastlin v prihodnosti. Raznolikost ni le znanstveni izziv, temveč tudi priložnost za ustvarjanje odpornih sistemov, ki bodo kos nepredvidljivim razmeram.

Verjamemo, da vas bodo prispevki spodbudili k novim idejam in iskanju rešitev, ki bodo oblikovale prihodnost pridelave rastlin – tako na vrtu, v urbanem okolju kot na večjih površinah. Vabimo vas, da pridobljena spoznanja delite z drugimi in jih prenesete v prakso, saj je prihodnost pridelave rastlin skupna odgovornost vseh nas. Naj bo ta zbornik navdih za trajnostne korake, inovativne rešitve in pogumne odločitve.

Želimo vam prijetno branje in veliko navdiha!

Rafael Hrustel, ravnatelj VŠŠ

GENOMSKE IN BIOTEHNOLOŠKE STRATEGIJE ZA PRIHODNOST RASTLINSKE PRIDELAVE

GENOMIC AND BIOTECHNOLOGICAL STRATEGIES FOR THE FUTURE OF CROP PRODUCTION

Jernej Jakše*, Katarina Rudolf Piliš, Jana Murovec, Ester Stajič, Taja Jeseničnik, Nataša Štajner

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

[*jernej.jakse@bf.uni-lj.si](mailto:jernej.jakse@bf.uni-lj.si)

Povzetek

Rastlinska pridelava hrane se je skozi zgodovino razvijala vzporedno z napredkom znanja, tehnologij in genetskega izboljševanja rastlin. Od zgodnje domestikacije in klasičnega žlahtnjenja je razvoj genetike omogočil prehod k sodobnim biotehnološkim pristopom, ki danes pomembno oblikujejo prihodnost kmetijstva. V tem prispevku predstavljamo štiri ključne strategije sodobnega genetskega izboljševanja rastlin: uporabo hibridov, gensko spremenjene rastline, rastline, pridobljene s postopki genskega preurejanja, ter nove generacije pesticidov, ki temeljijo na molekulah RNA.

Ključne besede: rastlinska pridelava hrane, genetsko izboljševanje rastlin, hibridi, gensko spremenjene rastline, gensko preurejanje genoma, interferenca RNA, dsRNA biopesticidi

Abstract

Food crop production has evolved throughout history alongside advances in knowledge, technology, and plant genetic improvement. From early domestication and classical breeding, the development of genetics has enabled the transition to modern biotechnological approaches that now significantly influence the future of agriculture. In this paper, we present four key strategies in contemporary plant genetic improvement: the use of hybrids, genetically modified plants, plants developed through gene-editing techniques, and new generations of pesticides based on RNA molecules.

Keywords: crop production, plant genetic improvement, genetically modified plants, genome editing, RNA interference, dsRNA-based pesticides

1. Uvod

Rastlinska pridelava hrane oziroma kmetijstvo je človeku omogočilo prehod iz lovsko-nabiralniškega načina življenja v stalnejšo poselitev ter zagotovilo stabilnejši vir hrane. To je hkrati omogočilo razvoj dejavnosti, ki niso bile neposredno povezane s pridelavo hrane, ter nastanek kompleksnejših družbenih struktur. Zanimivo je, da je pojav prvih kmetijskih skupnosti povezan s

pojavom udomačene pšenice pred približno 11.000 leti.

Razvoj kmetijstva je skozi zgodovino sovpadal z razvojem vedno boljših načinov in tehnologij pridelave ter s postopki udomačevanja oziroma domestikacije rastlin, introdukcije rastlinskega materiala in njegovega genetskega izboljševanja. Začetek kmetijstva spada v obdobje neolitske revolucije (približno 10.000–12.000 let nazaj), za katero so značilni prehod iz lovsko-nabiralniškega v ustaljen način življenja, udomačitev rastlin, rast prebivalstva ter sočasen in neodvisen razvoj kmetijstva v več geografskih regijah. Sledil je razvoj poljedelskih tehnik in orodij v bronasti in železni dobi, vključno z uporabo pluga, kolobarjenjem in namakanjem. V antiki je kmetijstvo postalo temelj državnih ureditev, ki so ga zaznamovali sistematično upravljanje zemlje, vinogradništvo, oljkarstvo ter shranjevanje in trgovanje s presežki. Pomemben mejnik predstavlja tudi srednji vek, zlasti pa odkritje Amerike, kar je sprožilo obsežno izmenjavo gojenih rastlin med starim in novim svetom ter bistveno prispevalo k povečanju prehranske varnosti v Evropi. Kmetijska revolucija v 18. in 19. stoletju, ki je sovpadala z industrijsko revolucijo, je prinesla nadaljnjo mehanizacijo pridelave, spremembe v rabi tal in migraciji delovne sile. V 20. stoletju je sledil razvoj sodobnega industrijskega kmetijstva ter zelena revolucija, za katero so značilni uporaba sintetičnih gnojil in pesticidov, uvedba monokultur ter znatno povečanje pridelkov.

Genetsko izboljševanje rastlinskega materiala je človek sprva izvajal nezavedno, na primer z odbiranjem večjih in bolj zdravih semen. Kasneje je sicer že razumel pomen teh postopkov, ne pa tudi zakonitosti dedovanja. Razumevanje genetike in rastlinske genetike se je uveljavilo šele v drugi polovici 19. stoletja z delom Gregorja Mendla, dokončno pa s splošnim sprejetjem Mendlovih pravil v začetku 20. stoletja, ko je področje doživelo hiter razvoj. Med ključne mejnike rastlinske genetike po odkritju Mendlovih zakonitosti sodijo razvoj hibridnih sort in izkoriščanje heteroze, kar je privedlo do revolucije v pridelavi koruze in standardizacije pridelave ter postopki inducirane mutageneze z uporabo sevanja in kemikalij za povečanje genske variabilnosti. Pomemben prelom predstavlja tudi zelena revolucija, ki je temeljila na razvoju nizkorastočih sort pšenice in riža, odpornih na poleganje, ter na kombinaciji genetskih izboljšav in intenzivnih agrotehničnih ukrepov. Vse to je povezano z delom Normana Borlauga, ameriškega agronoma in žlahtnitelja, ki velja za očeta zelene revolucije in dobitnika Nobelove nagrade za mir leta 1970 zaradi prispevka h globalni prehranski varnosti. V zadnjih desetletjih so razvoj molekularne genetike, žlahtnjenje s pomočjo molekularnih markerjev, kartiranje kvantitativnih lokusov ter sekvenciranje celotnih genomov omogočili prehod od fenotipskega h genotipskemu pristopu v žlahtnjenju. Temu so sledili razvoj gensko spremenjenih rastlin, temelječih na vnosu genov iz drugih vrst, ter sodobni postopki genskega preurejanja, ki omogočajo natančne spremembe genoma brez vnosa tuje DNA in predstavljajo enega najpomembnejših mejnikov v razvoju rastlinske genetike po Mendlu.

V pričujočem delu bomo predstavili štiri pomembne dosežke sodobne genetike in rastlinske biotehnologije, ki imajo oziroma bodo po našem mnenju imeli pomemben vpliv na kmetijsko pridelavo. Obravnavali bomo hibride, gensko spremenjene rastline, rastline, pridobljene s postopki genskega preurejanja, ter pesticide, ki delujejo na osnovi molekul RNA.

2. Hibridi

Že leta 1876 je Charles Darwin ugotovil, da so navzkrižno oprašene (hibridne) rastline višje in imajo večji pridelek kot njihovi samooprašeni starši (Darwin and Darwin, 1888). Hibridi so definirani kot potomci dveh genetsko različnih staršev, ki pogosto združujejo najboljše lastnosti obeh oz. imajo za posamezne gene prisotna po dva različna alela. Predvidevamo, da so za večino genov popolni heterozigoti, kar je tudi sinonimen izraz za hibrid. Je pa izraz tudi pogosto uporabljen pri križancih oz. potomcih križanja dveh različnih vrst in v tem kontekstu lahko pride tudi do zamenjave.

Pojav, da so navzkrižno oprašeni hibridi vitalnejši od svojih staršev, danes splošno označujemo kot heterozo, heterozni učinek ali hibridni vigor (Slika 1). Skoraj vse enoletne poljščine do določene

mere izražajo heterozo. Stopnja heteroze se ocenjuje kot razlika v fenotipski izraženosti določene lastnosti med hibridom in povprečjem njegovih dveh genetsko različnih staršev, lahko so potomci boljši od enega od staršev ali pa so boljši od obeh staršev, kot je recimo primer na Sliki 1. Ta heteroza je najbolj zaželen. Naravno tujeprašne rastline, kot sta koruza in rž, praviloma izkazujejo bistveno višjo stopnjo heteroze kot rastline samoprašnice, na primer pšenica, ječmen in paradižnik. Kljub temu pa so bile hibridne sorte razvite tudi pri samoprašnih vrstah, saj hibridi pogosto kažejo večjo stabilnost pridelka v primerjavi z linijskimi sortami. Prvi hibridi koruze so se komercialno pojavili v 20. letih 20. stoletja v Združenih državah Amerike (ZDA) in že v tridesetih letih so hibridne sorte popolnoma zamenjale prosto oprašene sorte na področju »corn belta« (koruzni pas, ki označuje osrednjo kmetijsko regijo Združenih držav Amerike, kjer zaradi ugodnih talnih in podnebnih razmer prevladuje intenzivno pridelovanje koruze) in do 60. let na območju celotne ZDA. Hkrati je prišlo do spremembe v semenarjenju, saj pridelovalci niso več shranjevali semena, ampak so postali vezani na rastočo semenarsko industrijo (Duvick, 2001).

Vendar pa je glavna omejitev pri uporabi hibridov ta, da njihovi potomci kažejo veliko raznolikost. Ta pojav lahko enostavno razložimo z Mendlovim pravilom neodvisne segregacije, saj se zaradi heterozigotnosti genov pojavljajo nove kombinacije alelov, kar se odraža v neizenačenosti potomstva. Zaradi tega kmetje ta semena pogosto kupujejo vsako leto, da bi zagotovili kakovost pridelka. Tudi semen, ki so potomci hibridov praviloma ne shranjujemo za naslednjo setev in tako hibridi predstavljajo način zaščite intelektualne lastnine. Je pa zmotno prepričanje, da so potomci hibridov sterilni.



Slika 1: Primer heteroznega učinka pri zelju, levo in desno homozigotni liniji in v sredini njun heterozigotni, hibridni potomec. Na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani poteka v sklopu Javne službe v vrtnarstvu, ki jo financira MKGP, žlahtnjenje slovenskih hibridov zelja pod vodstvom doc. dr. Katarine Rudolf Pilih (avtorica slike: Katarina Rudolf Pilih).

3. Gensko spremenjene rastline

V drugi polovici 20. stoletja je molekularna genetika doživela velik napredek, predvsem z odkritji osnovnih celičnih procesov (npr. podvojevanje DNA, prepis genov in prevajanje proteinov) ter encimov, ki v teh procesih sodelujejo (npr. DNA polimeraze, RNA polimeraze, DNA ligaze in restrikcijski encimi). S tem smo pridobili tudi orodja in tehnike, ki omogočajo med drugim nadzorovano rezanje DNA, njeno podvojevanje, prepis v RNA ter določanje nukleotidnega zaporedja.

Razvoj tehnik je v 80. letih 20. stoletja pripeljal do prvih poskusov vnosa tujih genov v rastline. Leta 1983 so bila objavljena tri znanstvena dela, v katerih so avtorji uspešno vstavili bakterijske gene v rastlinski genom; ti geni so se v rastlinah tudi izražali in pogojevali nove, pridobljene lastnosti (Fraley et al., 1983, Herrera-Estrella et al., 1983, Bevan et al., 1983). Od teh prelomnih raziskav je minilo le enajst let do prve odobrene komercialne pridelave gensko spremenjene rastline – paradižnika z imenom FLAVR SAVR™, ki ga je razvilo podjetje Calgene in pri katerem je bilo upočasnjeno mehčanje plodov (Kramer and Redenbaugh, 1994). Kljub zanimivi lastnosti paradižnik ni bil tržno uspešen in danes ni več v komercialni pridelavi.

Dve leti pozneje, leta 1996, se je na trgu pojavila gensko spremenjena soja s toleranco na herbicid glifosat, znana kot GTS 40-3-2, oziroma pod tržnim imenom Roundup Ready Soybean. Evropa je do tehnologije gensko spremenjenih rastlin zavzela zelo zadržan odnos, zato se te rastline v pridelavi na poljih Evropske unije (EU) pojavljajo le izjemoma (koruza MON810 v Šaniji in na Portugalskem). Kljub temu so proizvodi iz gensko spremenjenih rastlin prisotni v živalski krmi in občasno tudi na trgovskih policah, pri čemer morajo biti ustrezno označeni v skladu z veljavno zakonodajo.

Trenutno je v svetovnem merilu dovoljena pridelava 32 različnih gensko spremenjenih rastlinskih vrst za 534 t. i. »eventov«, kar pomeni edinstvenih transgenih dogodkov (ISAAA, n.d.). Med gensko spremenjenimi lastnostmi najdemo toleranco na abiotški stres, spremenjeno rast, odpornost proti boleznim, toleranco na herbicide, odpornost proti žuželkam, spremenjeno kakovost pridelka, odpornost proti nematodam ter sisteme za nadzor oprasčevanja. Danes se gensko spremenjene rastline pridelujejo na približno 200 milijonih (M) hektarjev kmetijskih površin po svetu. Za primerjavo: celotne njivske površine v EU obsegajo približno 100 M ha (Eurostat, n.d.), svetovne njivske površine pa okoli 1.570 M ha (FAO, 2024).

Kar 95 % celotne svetovne pridelave gensko spremenjenih rastlin predstavlja le pet poljščin: soja, koruza, bombaž, oljna repica in lucerna. Gensko spremenjena soja in bombaž skupaj predstavljata približno 75 % celotne pridelave, medtem ko gensko spremenjena koruza in oljna repica prispevata okoli 30 % (ISAAA, 2018).

4. Rastline, pridobljene s postopki genskega preurejanja

V zadnjem desetletju so tehnike genskega preurejanja omogočile nove, bolj natančne pristope h genetskemu izboljševanju rastlin. Te tehnike temeljijo na uporabi specifičnih nukleaz, ki sprožijo razrez DNA na izbranem mestu in s tem aktivirajo popravljalne mehanizme celice. Nukleaze prve generacije vključujejo ZFN (nukleaze cinkovih prstov) in TALEN, medtem ko druga generacija temelji na sistemu CRISPR/Cas9, ki je zaradi enostavnosti in široke uporabe danes najpogostejša izbira. Odkritje sistema CRISPR/Cas9 sega v leto 1987 (Ishino et al., 1987), ko so v bakterijskih genomih opisali ponavljajoča se zaporedja. Šele kasneje se je izkazalo, da gre za del naravnega obrambnega mehanizma bakterij proti virusom. Preboj v uporabnosti sistema je sledil leta 2013, ko je bilo dokazano, da je mogoče isti princip uporabiti kot univerzalno orodje za natančno preurejanje DNA pri rastlinah, živalih in ljudeh. Zaradi svoje natančnosti in učinkovitosti je tehnologija hitro postala osrednja v biotehnologiji, odkritje pa je bilo leta 2020 nagrajeno z Nobelovo nagrado za kemijo.

Mehanizem delovanja genskega preurejanja je preprost: v genu, ki ga želimo spreminjati, izberemo točno določeno mesto in tam sprožimo dvoverižni prelom DNA. Naravni popravljalni procesi celice nato prelom popravijo, pri čemer nastanejo manjše mutacije, kot so majhni izbrisi ali dodatki nukleotidov. V primerjavi z gensko spremenjenimi organizmi, pri katerih se tuji geni stabilno vgradijo v genom rastline, gensko preurejanje omogoča natančno spreminjanje obstoječih zaporedij rastline (Jinek et al., 2012).

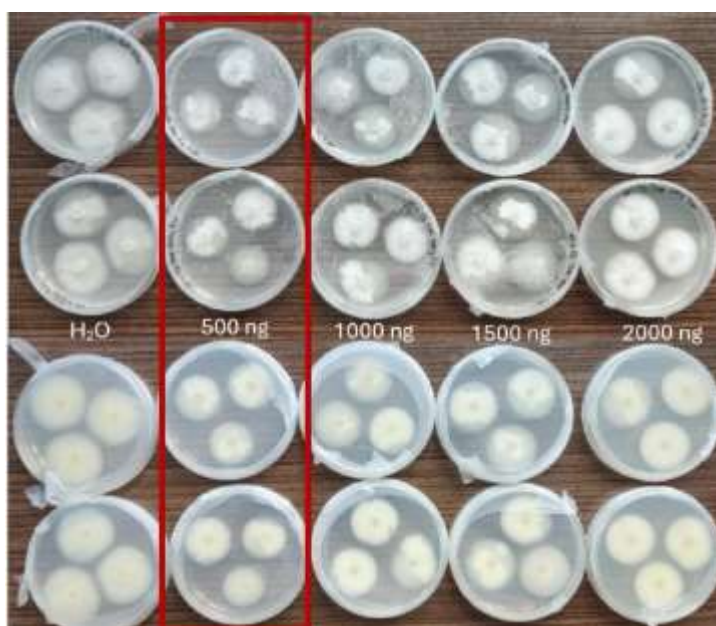
V praksi se s preurejanjem genomov izboljšujejo različne lastnosti rastlin: povečuje se količina pridelka, izboljšujeta se kakovost in hranilna vrednost pridelka, podaljšuje se obstojnost živil ter pridobivanje rastlin, odpornih na škodljivce in bolezni. Prvi komercialni produkt so bili šampinjoni v ZDA, ki ne porjavijo zaradi izbitja genov za polifenol oksidazo (PPO). Podoben pristop so uporabili tudi pri bananah in solati. Na Japonskem pa so razvili paradižnik z večjo vsebnostjo aminokisline GABA, ki naj bi pomagala zniževati krvni tlak. Poleg številnih aplikacij v žlahtnjenju rastlin je metoda postala nepogrešljiva tudi v bazičnih raziskavah, kjer odkrivamo funkcije neznanih genov (Polidoros et al., 2024).

5. Sodobni pesticidi, ki temeljijo na delovanju molekul RNA

Sodobno kmetovanje je v veliki meri odvisno od uporabe pesticidov, ki omejujejo škodljivce in bolezni v pridelavi rastlin. Zaradi njihovega vpliva na okolje se je Evropska unija v okviru strategije From Farm to Fork, ki je del Evropskega zelenega dogovora, zavezala k zmanjšanju uporabe in tveganja kemičnih pesticidov za 50 % do leta 2030 (European Commission, n.d.).

Interferenca RNA (RNAi) je evolucijsko ohranjen mehanizem regulacije genov, ki zavira izražanje genov preko sekvenčno specifičnih dvoverižnih RNA molekul. Za odkritje tega mehanizma je bila leta 2006 podeljena Nobelova nagrada (Dykxhoorn and Lieberman, 2005). Mehanizem deluje preko kratkih molekul RNA, ki se vežejo na specifične transkripte genov in s tem preprečujejo njihovo prevajanje v beljakovine (Agrawal et al., 2003). Postopki, ki izrabljajo mehanizem RNAi, danes predstavljajo pomembno orodje za napredek v kmetijstvu, saj omogočajo natančne in ciljno usmerjene posege, ki lahko prispevajo k razvoju bolj trajnostnih, produktivnih in odpornih kmetijskih sistemov. V zadnjih letih so se tehnologije RNAi izkazale kot izjemno obetavne metode za učinkovito obvladovanje škodljivcev in rastlinskih patogenov ter za izboljšanje odpornosti rastlin na abiotične strese, kot so suša, slanost in ekstremne temperature (Bocos-Asenjo et al., 2022).

Eden izmed načinov uporabe RNAi v varstvu rastlin je tehnologija »s škropljenjem posredovanega utišanja genov« (angl. spray-induced gene silencing, SIGS). Ta pristop izrablja naravni mehanizem RNAi v tarčnem škodljivcu, pri čemer s foliarno aplikacijo dvoverižne RNA (dsRNA) dosežemo utišanje njegovih specifičnih genov in s tem motimo njegov razvoj. Tovrstni pristopi redkeje vodijo v razvoj odpornosti, so okolju prijazni ter predstavljajo trajnostno alternativo klasičnim komercialnim fitofarmaceutskim sredstvom (Qi et al., 2019). Primer poizkusov aplikacije uporabe dsRNA glivi komplementarnega gena je prikazan na Sliki 2.



Slika 2: Rezultati *in vitro* inhibicijskega testa učinka različnih količin glivnemu genu komplementarne dsRNA na rast glive v primerjavi z netretiranimi kulturami (oznaka H2O). Označena je izbrana optimalna količina dsRNA, ki je v največjem obsegu zmanjšala rast glive na gojišču (Jeseničnik, 2024) (avtorica slike: Taja Jeseničnik).

Med škodljivimi žuželkami, ki jih je mogoče učinkovito nadzirati s tehnologijo SIGS, je tudi kolaradski hrošč, eden najpomembnejših škodljivcev krompirja, ki lahko v kratkem času povzroči popolno izgubo pridelka. Prehranjuje se z listi rastlin, s čimer negativno vpliva na kakovost in količino nastalih gomoljev (Alyokhin, 2009). Kolaradski hrošč je izjemno prilagodljiv in sposoben

razvoja odpornosti na številne klasične insekticide, zato tehnologije, ki temeljijo na RNAi, predstavljajo velik potencial za njegov nadzor. V ta namen je bila razvita nova aktivna učinkovina, imenovana ledprona, katere delovanje temelji na izkoriščanju naravnega mehanizma RNAi v koloradskem hrošču. Ledprona je 490 nukleotidov dolga dvoverižna RNA molekula, katere tarča je mRNA transkript gena, ki kodira protein, vključen v presnovno pot razgradnje odpadnih, poškodovanih in nepravilno zviti beljakovin v celicah škodljivca. Po zaužitju učinkovine ledprona ta v prebavnem sistemu vstopi v pot RNAi, kar vodi v utišanje tarčnega gena. Pride do kopičenja odpadnih beljakovin v celicah hrošča, motenj v njegovem razvoju ter v končni fazi do povečane smrtnosti (Rodrigues et al., 2021). Biopesticid Calantha, ki vsebuje aktivno učinkovino ledprona, je danes že odobren za uporabo v kmetijstvu s strani Agencije za varstvo okolja (EPA) v ZDA. Pri optimalnih odmerkih povzroči propad škodljivca, medtem ko nižji odmerki vodijo v oslavljen razvoj ličink, zmanjšano mobilnost ter slabšo sposobnost razmnoževanja odraslih osebkov. To nakazuje, da so tudi nižje doze učinkovite pri zmanjševanju velikosti populacije, omejevanju širjenja škodljivcev znotraj in med polji ter zniževanju stopnje rasti populacije (Pallis et al., 2023).

6. Zaključek

Razvoj kmetijstva je neločljivo povezan z napredkom znanja in tehnologij. Klasični pristopi, kot je uporaba hibridov, še vedno predstavljajo temelj sodobne rastlinske pridelave, medtem ko so gensko spremenjene rastline omogočile uvajanje lastnosti, ki jih s tradicionalnimi metodami ni bilo mogoče doseči. Najnovejši postopki genskega preurejanja predstavljajo pomemben kvalitativni preskok, saj omogočajo natančne in hitre spremembe genoma brez vnosa tuje dednine, hkrati pa odpirajo nova vprašanja glede regulative in družbenega sprejemanja. Poleg izboljševanja rastlin postajajo vse pomembnejši tudi inovativni pristopi v varstvu rastlin. Pesticidi, ki temeljijo na mehanizmu interference RNA, predstavljajo obetavno alternativo klasičnim kemičnim sredstvom, saj omogočajo specifičnost delovanja, manjši vpliv na okolje ter boljšo skladnost s cilji trajnostnega kmetijstva. Primeri, kot je biopesticid na osnovi dsRNA za zatiranje koloradskega hrošča, kažejo, da so tovrstne rešitve že prešle iz raziskovalnega okolja v praktično uporabo. V prihodnje bo uspešnost rastlinske pridelave vse bolj odvisna od kombinacije klasičnih in sodobnih genetskih ter biotehnoloških pristopov, ob hkratnem upoštevanju okoljskih omejitev, zakonodajnega okvira in družbenih pričakovanj. Le s celostnim pristopom bo mogoče zagotoviti trajnostno, produktivno in okoljsko sprejemljivo kmetijstvo, ki bo sposobno odgovoriti na izzive podnebnih sprememb in naraščajočih potreb po hrani.

7. Viri

- AGRAWAL, N., DASARADHI, P. V. N., MOHMMED, A., MALHOTRA, P., BHATNAGAR, R. K. & MUKHERJEE, S. K. 2003. RNA interference: biology, mechanism, and applications. *Microbiology and molecular biology reviews*, 67, 657-685.
- ALYOKHIN, A. 2009. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. *Fruit, vegetable and cereal science and biotechnology*, 3, 10-19.
- BEVAN, M. W., FLAVELL, R. B. & CHILTON, M.-D. 1983. A chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*, 304, 184-187.
- BOCOS-ASENJO, I. T., NIÑO-SÁNCHEZ, J., GINÉSY, M. & DIEZ, J. J. 2022. New insights on the integrated management of plant diseases by RNA strategies: Mycoviruses and RNA interference. *International journal of molecular sciences*, 23, 9236.
- DARWIN, C. & DARWIN, F. E. 1888. The Effects of cross-and self-fertilisation in the vegetable kingdom'-1876.
- DUVICK, D. N. 2001. Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nature Reviews Genetics*, 2, 69-74.

DYKXHOORN, D. M. & LIEBERMAN, J. 2005. The silent revolution: RNA interference as basic biology, research tool, and therapeutic. *Annu Rev Med*, 56, 401-23.

EUROPEAN COMMISSION (n.d.) Pesticide reduction targets; Farm to Fork Strategy European Green Deal. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/pesticide-reduction-targets-progress_en (6. januar 2026).

EUROSTAT (n.d.) Agri-environmental indicator – cropping patterns. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_cropping_patterns (6. januar 2026).

FAO (2024) Land statistics 2001–2022: Global, regional and country trends. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 88. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/land-statistics-2001-2022.-global--regional-and-country-trends/en?> (6. januar 2026).

FRALEY, R. T., ROGERS, S. G., HORSCH, R. B., SANDERS, P. R., FLICK, J. S., ADAMS, S. P., BITTNER, M. L., BRAND, L. A., FINK, C. L. & FRY, J. S. 1983. Expression of bacterial genes in plant cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80, 4803-4807.

HERRERA-ESTRELLA, L., DEPICKER, A., VAN MONTAGU, M. & SCHELL, J. 1983. Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature*, 303, 209-213.

ISAAA (2018) Top 5 Biotech Crops in the World 2018. https://www.isaaa.org/resources/infographics/top5biotechcrops/pdf/Top_5_Biotech_Crops_2018.pdf (6. januar 2026).

ISHINO, Y., SHINAGAWA, H., MAKINO, K., AMEMURA, M. & NAKATA, A. 1987. Nucleotide sequence of the iap gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. *J Bacteriol*, 169, 5429-33.

JESENIČNIK, T. 2024. POTENCIAL TEHNOLOGIJE SIGS ZA ZATIRANJE GLIVE *Verticillium nonalfalfae*. *Hmeljarski Bilten*.

JINEK, M., CHYLINSKI, K., FONFARA, I., HAUER, M., DOUDNA, J. A. & CHARPENTIER, E. 2012. A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity. *Science*, 337, 816-821.

KRAMER, M. G. & REDENBAUGH, K. 1994. Commercialization of a tomato with an antisense polygalacturonase gene: The FLAVR SAVR™ tomato story. *Euphytica*, 79, 293-297.

PALLIS, S., ALYOKHIN, A., MANLEY, B., RODRIGUES, T., BARNES, E. & NARVA, K. 2023. Effects of low doses of a novel dsRNA-based biopesticide (*Calantha*) on the Colorado potato beetle. *Journal of Economic Entomology*, 116, 456-461.

POLIDOROS, A., NIANIOU-OBEIDAT, I., TSAKIRPALOGLOU, N., PETROU, N., DELIGIANNIDOU, E. & MAKRI, N. M. 2024. Genome-Editing Products Line up for the Market: Will Europe Harvest the Benefits from Science and Innovation? *Genes (Basel)*, 15.

QI, T., GUO, J., PENG, H., LIU, P., KANG, Z. & GUO, J. 2019. Host-induced gene silencing: a powerful strategy to control diseases of wheat and barley. *International journal of molecular sciences*, 20, 206.

RODRIGUES, T. B., MISHRA, S. K., SRIDHARAN, K., BARNES, E. R., ALYOKHIN, A., TUTTLE, R., KOKULAPALAN, W., GARBY, D., SKIZIM, N. J. & TANG, Y.-W. 2021. First sprayable double-stranded RNA-based biopesticide product targets proteasome subunit beta type-5 in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Frontiers in Plant Science*, 12, 728652.

STRATEGIJE PRILAGAJANJA KLIMATSKIM SPREMEMBAM – KROŽNO GOSPODARJENJE NA KMETIJAH S CILJEM OHRANJANJA RODOVITNOSTI TAL IN VAROVANJA OKOLJA

STRATEGIES FOR CLIMATE CHANGE ADAPTATION – CIRCULAR FARMING PRACTICES AIMED AT PRESERVING SOIL FERTILITY AND PROTECTING THE ENVIRONMENT

Dr. Barbara Čeh* in Ana Karničnik Klančnik

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

[*barbara.ceph@ihps.si](mailto:barbara.ceph@ihps.si)

Povzetek

Pravilno upravljanje z rastlinskimi odpadki postaja ena ključnih strategij pridelave rastlin, zlasti v razmerah degradiranih tal in vse dražjih gnojil. Kompostiranje organske mase je nadzorovana aerobna biološka razgradnja organske snovi, pri kateri nastane stabilno, humusu podobno organsko gnojilo, imenovano kompost. V procesu kompostiranja se pospešuje delovanje koristnih (mikro)organizmov, uničijo se semena plevelov in morebitni patogeni organizmi. Pridelovalcem omogoča, da rastlinske odpadke – ostanke pretvorijo v dragoceno, higienizirano organsko gnojilo. S tem trajnostno upravljajo z rastlinskimi ostanki in vzpostavljajo krožno gospodarstvo na kmetiji – s kompostom se vračajo v kmetijska tla hranila in organska snov, obenem se zmanjša strošek za nakup gnojil. Gnojenje s pravilno pripravljenim kompostom povečuje vsebnost organske snovi v tleh, izboljšuje strukturo tal, njihovo vodozadrževalno sposobnost, zračnost in odpornost na erozijo. Obnavlja in krepi se funkcija talnega mikrobioma, spodbuja biotska pestrost ter dolgoročno zmanjšuje potreba po mineralnih gnojilih, kar je temelj trajnostnega pristopa k pridelavi. Iz rastlinskih odpadkov se lahko izdelajo tudi različni biorazgradljivi izdelki, ki jih po koncu svoje življenjske dobe lahko kompostiramo skupaj z drugo organsko maso in se na ta način hranila in organska masa v nekoliko daljši zanki vrnejo v kmetijska tla. S tem se obenem bistveno zmanjšuje količina kmetijskih odpadkov, kar prispeva k varovanju okolja. Kot študija primera je v prispevku predstavljen primer uvajanja krožnega gospodarstva na primeru pridelave hmelja.

Ključne besede: kompostiranje, kompost, krožno gospodarjenje na kmetiji, hmeljevina, rodovitnost tal, organsko gnojilo

Abstract

Proper management of plant residues is becoming one of the key strategies in crop production, particularly under conditions of soil degradation and increasing fertilizer costs. Composting of organic biomass is a controlled aerobic biological decomposition process that produces a stable, humus-like organic fertilizer known as compost. During the composting process, the activity of beneficial microorganisms is enhanced, while weed seeds and potential plant pathogens are destroyed. Composting enables growers to convert plant residues into a valuable, hygienized organic fertilizer. In this way, plant residues are managed sustainably and a circular economy is established at the farm level, as nutrients and organic matter are returned to

agricultural soils while simultaneously reducing the costs associated with fertilizer purchases. The application of properly prepared compost increases soil organic matter content, improves soil structure, water-holding capacity, aeration, and resistance to erosion. It also restores and strengthens soil microbial functions, promotes biodiversity, and in the long term reduces the need for mineral fertilizers, which is a cornerstone of sustainable agricultural production. Plant residues can also be used to produce various biodegradable products which, at the end of their life cycle, can be composted together with other organic materials. In this way, nutrients and organic matter are returned to agricultural soils through a longer recycling loop. This approach significantly reduces the volume of agricultural waste and contributes to environmental protection. As a case study, the paper presents an example of implementing circular economy principles in hop production.

Key words: composting, compost, circular farming at the farm level, hop biomass, soil fertility, organic fertilizer

1. Uvod

Ohranjanje in povečevanje vsebnosti organske snovi v tleh in biodiverzitete v tleh sta ena od temeljev trajnostne pridelave, saj izboljšujeta rodovitnost tal na dolgi rok, zmanjšujeta odvisnost od zunanjih vložkov (gnojila, FFS, voda), poveča se odpornost ekosistema, stabilizira pridelek v podnebnih spremembah ter zmanjšajo negativni vplivi na okolje. Odpornost kmetijskih tal temelji na njihovi vsebnosti organske snovi in bogati biotski raznovrstnosti, ki jo razumemo kot pestrost živih organizmov in njihovih mikrohabitatov v tleh. Ta ne vključuje le različnih skupin talnih organizmov – od bakterij, gliv, alg, arhej, praživali, talnih členonožcev in deževnikov – temveč tudi kompleksno prepletenost njihovih vlog, odnosov in interakcij v tleh. Pomemben del biotske raznovrstnosti tal predstavlja tudi visoka genetska pestrost znotraj posameznih skupin mikroorganizmov, saj omogoča njihovo prilagajanje na spreminjajoče se razmere, kot so nihanja vlage, temperature ter vnosi hranil ali onesnaževal. Raznolika in stabilna talna biota tako zagotavlja ključne ekosistemske funkcije, kot so razgradnja organske snovi, kroženje hranil, tvorba humusa, izboljšanje strukture tal ter naravna zaščita rastlin pred boleznimi in škodljivci.

Biotska raznovrstnost tal in vsebnost organske snovi v tleh na njivah sta tesno povezani z načinom obdelave tal in izvajanjem kmetijskih praks. Prakse, kot so redno gnojenje z organskimi gnojili, setev in zadelava dosevkov in podsevkov v tla ter zadelava rastlinskih ostankov v tla, reducirana obdelava tal ter širok kolobar, pomembno prispevajo k ohranjanju in povečanju tako organske snovi kot biodiverzitete v tleh. Podsevki in dosevki s svojimi koreninami spodbujajo razvoj mikrobioma, izboljšujejo strukturo tal, povečujejo vsebnost organskega ogljika ter zmanjšujejo erozijo. Reducirna obdelava tal omogoča boljše ohranjanje življenjskih habitatov za talne organizme in preprečuje porušitev občutljivih mikrobioloških mrež, širok in raznolik kolobar pa krepi mikrobne in živalske skupnosti, saj v tla preko različnih koreninskih izločkov vnašajo raznoliki viri energije. Z organskimi gnojili, kot sta hlevski gnoj in kompost, pa v tla vnašamo poleg makro hranil tudi organsko snov in številna mikrohranila in koristne mikroorganizme. S tem izboljšujemo strukturo tal, povečujemo zadrževalno sposobnost tal za vodo in hranila, omogočamo postopno sproščanje hranil ter krepimo talni mikrobiom.

Če znamo na svoji kmetiji iz rastlinskih ostankov – odpadkov sami pridelati kompost in ga uporabimo za gnojenje na svoji kmetiji, ne da samo močno pozitivno vplivamo na povečevanje rodovitnosti tal – izboljšanje njihova strukture, življenja v tleh in dolgoročno zadrževalno sposobnost za hranila ter vodo, ampak na kmetiji vzpostavljamo krožno gospodarstvo. V najožjem možnem krogu vračamo v kmetijska tla hranila in organsko snov, s čimer se sklene krog snovi na

Kot študijo primera se v prispevku osredotočamo na kompostiranje hmeljevine na kmetijah kot učinkovito in trajnostno rešitev za pridobivanje kakovostnega organskega gnojila ter za vzpostavljane krožnega gospodarjenja na hmeljarskih kmetijah, hkrati pa predstavljamo tudi druge možnosti uporabe rastlinskih odpadkov z namenom varovanja okolja in spodbujanja krožnega gospodarstva.

Kompostiranje na kmetiji je lahko učinkovit, stroškovno ugoden in okoljsko varen biološki proces za recikliranje ostankov kmetijske biomase (Maniatakis in sod., 2004). Gre za eksotermni proces razgradnje, ki je odvisen od sestave materiala, vsebnosti vlage, volumna, kemijske sestave, pH, velikosti in porazdelitve delcev ter mešanja in zračenja (Amlinger in sod., 2009).

2.1 Navodila za kompostiranje hmeljevine na kmetijah

11

komposta vrvice presejejo iz njega ter odpeljejo na deponijo. Najprimernejša in okoljsko najustreznejša rešitev pa je, da se za oporo hmelja uporabi biorazgradljiva vrstica, saj se le ta pri pravilno izvedenem kompostiranju hmeljevine v celoti razgradi na vodo, ogljikov dioksid in organsko snov. Posledično v pridelanem kompostu ni nobenih umetnih snovi, pridobimo čisto organsko gnojilo, presejevanje ali odstranjevanje tujih primesi pred uporabo ni potrebno.

Na podlagi večletnih poskusov so bile v okviru *Smernic za ravnanje s hmeljevino* izdelane smernice za kompostiranje hmeljevine (Čeh in sod., 2022), ki vsebujejo natančna navodila za izvajanje postopka (Microsoft Word - Smernice_hmeljevina AVGUST 2022_FINAL VERZIJA 1).

Če povzamemo, je za optimalen potek kompostiranja pomembno:

- postavitve kupa takoj po obiranju (najkasneje dva dni po obiranju),
- uporabimo najmanj 15 ton hmeljevine,
- enakomerna mešanica (uporabimo liste in trte hmelja skupaj, naredimo homogeno mešanico),
- postavitev trapezoidne oblike kupa po vsakem mešanju (da odteka padavine po površini),
- redno mešanje glede na meritve temperature v sredici kupa (ko doseže 60 °C); priporočljivo je 5–6 mešanj v termofilni fazi,
- kup mora doseči higienizacijsko temperaturo (55 °C), ki zagotavlja uničenje morebitnih patogenov, semen plevela in biorazgradljive vrvice v kolikor se jo uporablja,
- ustrezna vlažnost biomase: kup mora biti rahlo vlažen, nikoli presuh ali preveč moker; po potrebi ga je treba navlažiti (npr. mešamo kup v dežju) ali osušiti (kup za nekaj ur razgrnemo),
- pravočasno pokrivanje (kup pokrijemo najkasneje do konca novembra s polprepustno ponjavo).

Čeh in sod. (2025) so potrdili, da je z doslednim upoštevanjem priporočenega postopka mogoče pridelati visokokakovosten kompost, po vsebnosti hranil primerljiv s hlevskim gnojem. Pridelani kompost je primeren za gnojenje različnih rastlin, prispeva k povečanju vsebnosti organske snovi v tleh in hkrati zagotavlja vnos pomembnih hranil, s čimer se dolgoročno izboljšuje rodovitnost tal.

2.2 Kakovost komposta - hranila in organizmi

Faza stabilizacije se začne, ko temperatura v kupu pade pod 40 °C, to je nekje konec novembra (čas za pokrivanje kupa!), če se kup za kompostiranje hmeljevine postavi takoj po obiranju hmelja – v začetku septembra. Kompost pa je pripravljen za uporabo, ko sredica kupa doseže enako temperaturo kot okolica in ima značilen vonj po zemlji, vendar ne prej kot po sedmih mesecih zorenja; to običajno nastopi aprila naslednje leto (Čeh in sod., 2022a). Kompost iz hmeljevine vsebuje 3–4 % dušika (v suhi snovi), 0,3–0,4 % fosforja, 1,0–2,5 % kalija ter 35–43 % celotnega organskega ogljika (Luskar in sod., 2022); v 100 g suhe snovi je tako 2,7 g N, 0,38 g P in 1,08 g K. Glede na indeks kalitve redkvice, ki je v povprečju znašal 89 %, je kompost iz hmeljevih, pripravljen v skladu s smernicami za kompostiranje, izkazoval nefototoksične lastnosti, stabilnost in primernost za gojenje rastlin. Po testih kalitve kreše gre za hranilno bogat in rast spodbuden substrat, kar potrjuje indeks kalitve v razponu od 125 % do 213 %, s povprečno vrednostjo 196 %.

S kompostom v tla vnašamo raznovrstne mikroorganizme in stabilno organsko snov, ki predstavlja hranilo in življenjski prostor za talno bioto. Mezofavno in makrofavno sestavljajo raznoliki organizmi različnih oblik in velikosti – od drobnih pršic do večjih žuželk. Njihova vloga je mehanska razgradnja organskega materiala, s čimer se sproščajo hranila za celotno prehransko

mrežo in se v kompostu ponovno vzpostavlja naravno ravnovesje. V prispevku Čeh in sod. (2023) so poročali, da so bili v favni komposta iz hmeljevine najštevilčnejši skakači, ki so se pojavljali v različnih velikostih in barvah, ter pršice; poleg njih so bile zaznane tudi amebe, deževniki, stonoge, pajki, ličinke, hrošči in drugi insekti. Mikrobna respiracija v kompostu iz hmeljeve biomase je znašala med 0,1 in 0,2 C-CO₂/g komposta na dan (Luskar in sod., 2021). Mikrobni svet kompostirane hmeljeve biomase pa je pretežno sestavljen iz bakterij (Luskar in Čeh, 2021).

2.3 Preprečevanje nastajanja izcednih voda – izgube hranil in onesnaževanja okolja

Čeprav je kompostiranje kmetijskih odpadkov vse bolj prepoznano in uveljavljeno kot stroškovno učinkovit ter trajosten način rabe virov, je treba preučiti tudi morebitne škodljive učinke kompostiranja, zlasti poslabšanje kakovosti voda zaradi izcednih vod (Confesor in sod., 2009). Lahko pride namreč do izpiranja nitratov iz kupa v podtalje, kar je pogost pojav pri nezaščitenih kompostnih kupih v času padavin (Azim in sod., 2018). Kljub določenim pomanjkljivostim pa je kompostiranje na lokaciji pridelave (na kmetiji) za okolje ugodnejše od odlaganja rastlinskih odpadkov na odlagališčih in anaerobne razgradnje, saj povzroča manjše emisije toplogrednih plinov in manjšo količino izcednih vod (De Corato in sod., 2018).

V poskusih Čeh in sod., (2022) s kompostiranjem hmeljevine se je količina izcedne vode značilno razlikovala glede na izvedeni postopek kompostiranja. Ugotovljena je bila močna linearna povezava med količino padavin in količino izcedne vode (0,86), količino izluženega amonijevega dušika (NH₄⁺) (0,87) ter skupno količino izluženega dušika (0,92), medtem ko takšne povezave pri skupnem fosforju ni bilo zaznati. Postopek kompostiranja je pomembno vplival na količino izluženega NH₄⁺, pri čemer se je večina izgub pojavila v drugem mesecu kompostiranja. Faza zorenja se je izkazala za najbolj kritično z vidika izgub nitrata (NO₃⁻), saj so bile v tem obdobju izmerjene najvišje količine izluženega NO₃⁻ in največje razlike med posameznimi protokoli kompostiranja. Z vidika obvladovanja izcednih vod in ohranjanja vsebnosti hranil v kupu se zato priporoča uporaba membrane v fazi zorenja ter tudi v termofilni fazi v obdobjih pričakovanih obilnih padavin.

V praksi to pomeni, da kompostni kup v novembru, ko se temperatura v njem začne zniževati, prekrijemo s polprepustno ponjavo in ga pokritega pustimo do aprila naslednjega leta, ko je kompost pripravljen za uporabo. V tem obdobju kompost zori in se stabilizira, polprepustna membrana pa hkrati omogoča izmenjavo plinov, preprečuje izpiranje hranil in varuje kompost pred negativnimi vplivi padavin (Čeh in sod., 2025). Tudi drugi avtorji, na primer Brewer in sod. (2013), priporočajo prerivanje kompostnih kupov.

2.4 Odraž nepravilnosti in nedoslednosti pri kompostiranju hmeljevine na kakovost pridelanega komposta

Analiza rezultatov kompostiranja hmeljevine na kmetijah v dveh zaporednih letih v poskusu Čeh in Karničnik Klančnik (2025) je prikazala tesno povezavo med napakami, ki so se naredile pri kompostiranju in kakovostjo pridelanega komposta. Kompostiranje na kmetijah je bilo načrtovano v skladu s smernicami za kompostiranje hmeljevine, vendar so se med izvajanjem postopka na posameznih kmetijah pojavile različne izvedbene težave. Te so sistematično popisali in ovrednotili njihov vpliv na kakovost pridelanega komposta.

Kompost so vzorčili v aprilu let 2024 in 2025; v vseh primerih je imel temperaturo, primerljivo z okolico, ter značilen, prijeten vonj po zemlji, kar kaže na zaključen proces zorenja. Najizrazitejši negativen vpliv na kakovost komposta je imelo nezadostno mešanje kupa. V primeru, ko je bil kup v jesenskem obdobju premešan le dvakrat, ni bila dosežena temperatura, potrebna za higienizacijo materiala (≥ 55 °C), razgradnja je bila nepopolna, vsebnost hranil srednja, razmerje C : N pa

neugodno. Le pri teh vzorcih je bioindikatorski test kalivosti s semeni kitajskega kapusa pokazal možno fitotoksičnost komposta.

Slabši rezultati so bili zabeleženi tudi v primeru uporabe premajhne začetne količine biomase (7 ton), ki je bila hkrati presuha, ter v primeru, ko je bil kup s polprepustno ponjavo prekrit šele sredi decembra namesto v novembru. Nasprotno pa je mešanje kupa v času padavin pri presuhi biomasi v jesenskem obdobju pozitivno vplivalo na parametre kakovosti komposta. Kompost z najboljšimi lastnostmi je nastal pri doslednem upoštevanju smernic, torej ob rednem mešanju na podlagi meritev temperature, uporabi zadostne količine hmeljevine (15 ton) in pravočasnem pokrivanju kupa. V tem primeru je test kalivosti dosegel 94 %, kar uvršča kompost med zelo kakovostne in biološko aktivne materiale, ki spodbujajo kalitev.

Na sliki 2 so shematsko prikazane napake pri kompostiranju in njihov vpliv na parametre komposta.

3. Druge možne rešitve in priložnosti

V novejšem času se vzpostavljajo številne nove možnosti za izrabo odpadnega rastlinskega materiala, bodisi z namenom povečanja trajnosti v hmeljarski industriji skozi uveljavljanje načel krožnega gospodarstva bodisi kot izraba dragocenega vira funkcionalnih molekul in hranil.

3.1 Bioplin

Če se uporablja za oporo hmelju na njivi žica, je hmeljevino mogoče izkoristiti za proizvodnjo bioplina, pri čemer uporabijo magnetne žice pred predelavo (Renewable Carbon News, 2021). V tem primeru se lahko nastali digestat vrača v kmetijski sistem kot gnojilo (European Biogas Association, 2016), raziskujejo pa tudi možnosti njegove uporabe za izdelavo kompozitnega materiala za pohištvo.

Težave pri izvajanju kompostiranja		Št. Mešanj	T za higienizacijo	Vsebnost hranil	Razgradnja biomase	Barva	Vlaga	Vonj	C/N razmerje	Bioindikatorski test
Kupi jeseni nekoliko presuhi	premalo hmeljevine (7 t) za postavitev kupa + potrebno mešanje potrebno mešanje stebel in listov	3	NI dosežena	nizka	nepopolna	temno rjava	optimalna	po zemlji	dobro	
	potrebno mešanje stebel in listov	4	dosežena	srednja	nepopolna	temno rjava	optimalna	po zemlji	dobro	
	Mešanje kupa 1x v dežju	6	dosežena	srednja	dobro razgrajeno	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	
	potrebno mešanje stebel in listov	6	dosežena	nizka	slaba	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	
kup pokrit šele v decembru	potrebno mešanje stebel in listov	4	dosežena	najslabša od vseh	dobro razgrajeno	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	86 % =
okvara traktorja - kup premešan le 2x	ponjavo odpihlil veter v januarju	2	NI dosežena	srednja	nepopolna	svetlo rjava	zelo mokro v skorji, znotraj presuho	po zemlji	slabo	< 80 % = možna fitotoksičnost
premalo hmeljevine (7.5 t) za postavitev kupa potrebno mešanje stebel in listov	potrebno mešanje stebel in listov	8	dosežena	srednja	dobro razgrajeno	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	86 % =
potrebno mešanje stebel in listov		4	dosežena	dobra	nepopolna	temno rjava	optimalna	po zemlji	slabo	86 % =
ponjavo odpihlil veter v januarju		9	dosežena	dobra	dobro razgrajeno	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	86 % =
		5	dosežena	najboljši od vseh	dobro razgrajeno	temno rjava	optimalna	po zemlji	srednje dobro	94 % =

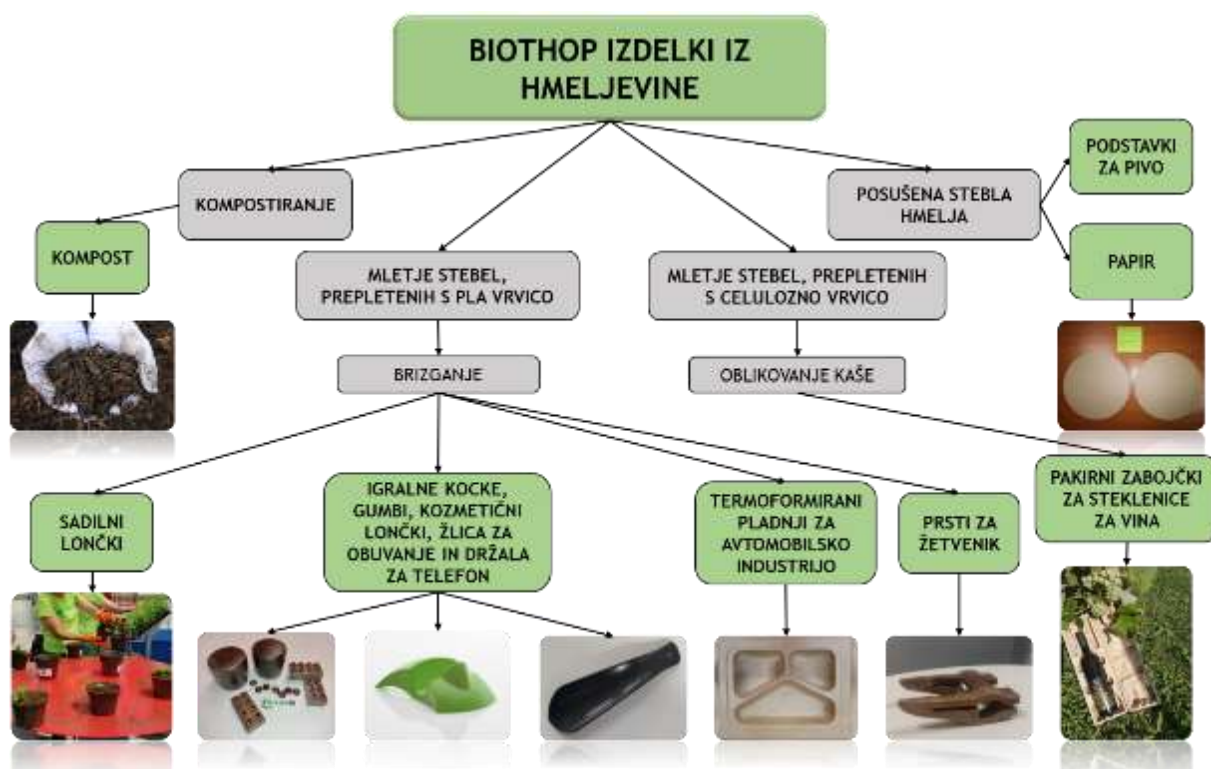
Slika 2: Shematsko prikazani rezultati kompostiranja na kmetijah v letih 2024 in 2025 glede na vrsto težave pri izvajanju kompostiranja (zelena barva – parameter ustrezen, rumena barva – parameter srednje dober, rdeča barva – slaba ocena za dotičen parameter) (Vir: Čeh in sod., 2025)

3.2 Uporaba odpadnih hmeljevih stebel

V zadnjih desetletjih se uporaba kompozitov, ojačanih z rastlinskimi vlakni, povečuje zaradi njihovih ugodnih lastnosti, kot so visoka specifična trdnost, široka razpoložljivost, nizki stroški in okoljska prijaznost. Proizvodnja trajnostnejših materialov predstavlja zanimivo možnost uporabe obnovljive biomase, saj se večina odpadne biomase še vedno pogosto odstranjuje z energetsko izrabo ali celo odlaga na odlagališča (Santulli, 2021). Danes se izdelki iz rastlinskih vlaken pogosto uporabljajo v avtomobilski, transportni in tekstilni industriji (Rohit in Dixit, 2016), pri čemer se v prihodnje pričakuje nadaljnja rast tega sektorja. Pri proizvodnji biorazgradljivih izdelkov se rastlinska vlakna predelujejo s termoplastičnimi ali termosetnimi matricami z uporabo postopkov ekstruzije, brizganja in kompresijskega preoblikovanja (Shubhra in sod., 2013).

Odpadna hmeljeva stebela so bogat vir lignoceluloze in predstavljajo obetaven vir kratkih naravnih vlaken (Haunreiter in sod., 2021). Ta vlakna je mogoče uporabiti kot ojačitveni material pri proizvodnji biorazgradljivih in kompostabilnih kompozitov, ki lahko nadomestijo sintetično plastiko. Takšen pristop prispeva k zmanjševanju kopičenja plastičnih odpadkov in podpira razvoj trajnostnih rešitev za ravnanje z odpadki. V zadnjih letih potekajo številne raziskave po svetu, ki kažejo, da sta velikost in porazdelitev vlaken ključna dejavnika za doseganje ustreznih mehanskih in uporabnih lastnosti materialov za trajnostne aplikacije.

V okviru projekta LIFE BioTHOP so razvili dva postopka pridobivanja vlaken iz hmeljevine: po enem postopku se vlakna v kombinaciji z odpadnim kartonom uporabljajo za proizvodnjo biorazgradljive in kompostabilne embalaže za steklenice, po drugem pa se vlakna s posebnim postopkom vežejo s polimlečno kislino (PLA) v biokompozit, primeren za brizganje različnih izdelkov, kot so lončki za sadike. Poleg tega so iz hmeljevih vlaken izdelali tudi panelne plošče in papir (Project LIFE BioTHOP, slika 3).



Slika 3: Izdelki iz odpadne rastlinske mase, ki ostane po obiranju hmelja (hmeljevine), ki so bili razviti v EU projektu LIFE BioTHOP (Vir: [Project LIFE BioTHOP](#)); vsi izdelki so kompostabilni in se po svoji življenjski dobi lahko kompostirajo, hranila ter organska masa pa se v obliki komposta povrnejo v kmetijska tla.

3.3 Uporaba odpadnih hmeljevih listov

Hmeljevi listi postajajo vse bolj zanimivi kot potencialen vir antioksidantov ter protibakterijskih in protivirusnih učinkovin. Antioksidanti so naravne sestavine rastlin in vključujejo različne spojine, kot so vitamini C in E, karotenoidi, flavonoidi in fenolne kisline. Te spojine imajo izjemno sposobnost blaženja ali upočasnjevanja oksidativnih poškodb, ki jih povzročajo prosti radikali. Med naravnimi antioksidanti so fenolne spojine še posebej številčne, spojine s fenolnimi skupinami pa sodijo med najpogostejše uporabljene (Narayana Saibaba, 2023). Hmeljevi listi vse bolj pritegujejo pozornost kot potencialni vir antioksidativnih, protibakterijskih in protivirusnih učinkovin (Macchioni in sod., 2021; Sabbatini in sod., 2024).

Tudi slovenski raziskovalci (Abram in sod., 2015) so potrdili, da listi sicer vsebujejo od 3- do 30-krat manj skupnih fenolov kot storžki, vendar ob dejstvu, da se storžki uporabljajo za proizvodnjo piva, listi pa trenutno predstavljajo odpadek, to pomeni pomembno priložnost za njihovo dodatno valorizacijo. Poleg tega rezultati tujih raziskav kažejo na prisotnost topnih polifenolnih spojin in antioksidativnih pigmentov v nefenolni frakciji hmeljevih listov v količinah, ki so primerljive ali celo višje od tistih, navedenih v literaturi za zeleni čaj.

Med zanimive ugotovitve sodi možnost uporabe hmeljevih listov kot naravnega antioksidanta v ribjih izdelkih, kjer prispevajo k zmanjšanju oksidacije lipidov in boljšemu ohranjanju večkrat nenasičenih maščobnih kislin med skladiščenjem.

Avtorji izpostavljajo potencial hmeljevine kot dodatka za izboljšanje izkoristka krme pri prežvekovalcih (Rutto in sod., 2020) ter uporabo alkoholnih izvlečkov iz hmeljevih listov za razvoj okolju prijaznih pesticidov, namenjenih zaščiti čebel. Proučuje se razvoj funkcionalnih čajev, ki združujejo hmeljeve liste in nizke koncentracije hmeljevih storžkov in imajo pozitivne učinke na zdravje (Dziedzinski in sod., 2020). Raziskave nakazujejo tudi možnost uporabe hmeljevine v kozmetičnih izdelkih, na primer kot sredstva proti aknam, neprijetnim vonjavam in za beljenje kože, pri čemer so za potrditev učinkovitosti potrebna nadaljnja testiranja *in vivo*.

4. Netrajnostne oblike ravnanja z rastlinskimi odpadki

Pri ravnanju z rastlinskimi odpadki se je treba izogibati netrajnostnim praksam (Eblagon in sod., 2022). Odlaganje odpadkov na odlagališča je ena izmed najmanj zaželenih oblik ravnanja, ki jo je treba, kjer je le mogoče, nadomestiti z okoljsko sprejemljivejšimi alternativami. Okoljsko sporen način ravnanja je tudi razgradnja v statičnih kupih. To namreč vodi v slabo poroznost kupa, neustrezno porazdelitev zraka in prihaja do anaerobnih razmer (Onwosi in sod., 2017), s tem pa do izhajanja neprijetnih vonjav in nastajanja izcedne vode (Gao in sod., 2010), kar vodi po eni strani v izgubo dragocenih hranil v podtalje in po drugi strani onesnaževanje okolja.

Odrto sežiganje je oblika ravnanja z odpadki, ki lahko povzroči zelo velike negativne vplive, ki presegajo emisije toplogrednih plinov (Eblagon in sod., 2022). Z vidika emisij je izračunana najučinkovitejša rešitev sežig v nadzorovanem okolju ali sežig s soproizvodnjo energije, vendar pa sta obe tehnologiji zelo kapitalsko zahtevni in za učinkovito delovanje potrebujeta odpadne surovine z nizko vsebnostjo vlage. Sveža hmeljevina vsebuje približno 70 % vlage, medtem ko vlaga v biomasi za ta proces ne bi smela presegati 60 %, sicer je zgornja kurilna vrednost (HHV) nižja od tiste, ki je potrebna za izhlapevanje vode. Postopek je smiseln le, če se upošteva tudi stroške sušenja, da bi ocenili finančno upravičenost. Poleg tega je treba upoštevati odstranjevanje pepela, ki nastane v procesu (odpadek, ki zahteva odlaganje na odlagališčih), kar vzbuja dvome o dolgoročni trajnosti te rešitve (Eblagon in sod., 2022).

Zahvala

Prispevek je bil spisan v okviru After LIFE programa EU projekta BioTHOP in strokovne naloge

Tehnologije pridelave in predelave hmelja. Vsebina prispevka je izključno odgovornost avtorjev in ne odraža nujno stališč Evropske komisije. Zahvaljujemo se tudi vsem ostalim sofinancerjem projekta BioTHOP: Ministrstvu za okolje in prostor Republike Slovenije, občinam Spodnje Savinjske doline (Braslovče, Polzela, Prebold, Tabor, Vransko in Žalec) ter Združenju slovenskih hmeljarjev in financerju strokovne naloge Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS.

5. Sklep

Če sklenemo, je v pridelavi hmelja z vidika krožnega gospodarstva najbolj smiselno kompostiranje hmeljevine na kraju samem (na kmetijah), saj se na ta način hranila neposredno vračajo na kmetijska zemljišča in se vzpostavi najtesnejši možni krog recikliranja. Z uporabo komposta se obenem dolgoročno povečuje rodovitnost tal, izboljšuje njihova struktura ter vodozadrževalna sposobnost in sposobnost za zadrževanje hranil, hkrati pa se krepi delovanje talnega mikrobioma in povečuje biotska pestrost v tleh, kar prispeva k večji stabilnosti agroekosistema. Takšen pristop zmanjšuje okoljski odtis pridelave, ohranja zdravje tal in podpira trajnostne kmetijske prakse. Kompostiranje lahko v primerjavi z drugimi možnostmi uporabe hmeljevine zmanjša emisije toplogrednih plinov za 18–42 %. Vendar pa je potrebno v postopek kompostiranja vložiti nekaj truda, sicer je kakovost pridelanega komposta lahko bistveno manjša ali je le-ta lahko celo fitotoksičen oziroma pride do izpiranja hranil in s tem nastajanja izcednih vod, ki onesnažujejo okolje.

Pomembna strategija za izrabo hmeljevine je tudi proizvodnja bioplina, poleg tega pa obstajajo še druge trajnostne možnosti uporabe, kot so ekstrakcija polifenolov, uporaba v kozmetiki ter pridobivanje vlaken za biorazgradljivo embalažo in biokompozite kot alternativo plastiki. Biorazgradljivi izdelki se lahko po uporabi kompostirajo in v obliki komposta se hranila in organska snov vrnejo v kmetijska tla, s čimer se dodatno, v nekoliko širši zanki, krepi krožno gospodarstvo na kmetijah.

Vsekakor pa se je s cilje trajnostne pridelave kmetijskih rastlin potrebno izogibati ne-trajnostnih oblik ravnanja z rastlinskimi odpadki.

6. Viri

Abram V, Čeh B, Vidmar M, Hercezi M, Lazić N, Bucik V, Smole Možina S, Košir IJ, Kač M, Demšar L, Poklar Ulrih N (2015) A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial crops and products*, 64:124-134.

Amlinger F, Peyr S, in Müsken J State of the art of Composting. Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management. 2009.

Azim K, Soudi B, Boukhari S, Perissol C., Roussos S, Thami Alami I (2017) Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8:141–158.

Brewer L, Andrews N, Sullivan D and Gehr W (2013) Agricultural composting and water quality. Oregon State University, 1-29.

Confesor Jr. R, Hamlett J, Shannon R, Graves R (2009) Potential Pollutants from Farm, Food and Yard Waste Composts at Differing Ages: Leaching Potential of Nutrients Under Column Experiments. Part II, Compost Science & Utilization, 17(1): 6-17.

Čeh B, Luskar L, Hladnik A, Trošt Ž, Polanšek J, Naglič B. (2022) The quantity and composition of leachate from hop plant biomass during the composting process. *Applied Sciences*, 12: 2375.

Čeh B, Luskar L, Polanšek J, Karničnik Klančnik A, Trošt Ž (2023) Increasing the value of waste hop biomass by composting – closing the nutrient cycle on hop farms. In: Organic Fertilizers - New Advances and Applications. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/1131594>

Čeh B, Polanšek J, Trošt Ž, Karničnik Klančnik A (2025a) On-site composting of waste hop biomass: the impact of covering piles on leachate quantity and compost quality. *Plant Soil Environ.*, 71.

<https://doi.org/10.17221/197/2024-PSE>

Čeh in sod., (2021)

ČEH, Barbara, FLIS, Jelka, LUSKAR, Lucija, POLANŠEK, Julija, TROŠT, Žan. *Smernice za ravnanje s hmeljevino in njeno predelavo v kompost na kmetijskem gospodarstvu, ki se ukvarja s hmeljarstvom*. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 2022. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (24 str.)), ilustr. https://www.life-biothop.eu/wp-content/uploads/2022/08/Smernice_hmeljevina-AVGUST-2022_FINAL-VERZIJA-1.pdf. [COBISS.SI-ID 197352451]

ČEH, Barbara, KARNIČNIK KLANČNIK, Ana. Vpliv tehnoloških postopkov na uspešnost kompostiranja hmeljevine. *Hmeljarski bilten*. 2025, št 32, str. 15-25, ilustr. ISSN 2536-1988. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:spr-OS4I5CDJ>. [COBISS.SI-ID 262326019]

ČEH, Barbara, LUSKAR, Lucija, HLADNIK, Aleš, TROŠT, Žan, POLANŠEK, Julija, NAGLIČ, Boštjan. The quantity and composition of leachate from hop plant biomass during composting process. *Applied sciences*. Feb. 2022, vol. 12, iss. 5, art. 2375, str. 1-16, ilustr. ISSN 2076-3417. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2375>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: [10.3390/app12052375](https://doi.org/10.3390/app12052375). [COBISS.SI-ID 99477507]

De Corato U, De Bari I, Viola E, Pugliese M (2018) Assessing the main opportunities of integrated biorefining from agro-bioenergy co/by-products and agroindustrial residues into high-value added products associated to some emerging markets: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 88:326–346.

Dziedzinski M, Szczepaniak O, Telichowska A, Kobus-Cisowska J (2020) Antioxidant capacity and cholinesterase inhibiting properties of dietary infusions with *Humulus lupulus*. *J. Elem.* 25.

Eblagon F, Trošt Ž, Čeh B (2022) End of life biomass waste management : impact of guiding material on supported crops. In: SUM2022, Symposium on circular economy and urban mining : 6th symposium on circular economy and urban mining, 18-20 May 2022, Capri, Italy. Capri: IWWG, 2022. 16 p. Available at: <https://members.sumsymposium.it/search-in-papers.php?c=sum2022>.

European Biogas Association. (2016). SUCCESS STORIES Of the Members of the European Biogas Association Good practices and innovations in the Biogas Industry. [Brochure]. <https://docplayer.net/47507179-Success-stories-of-the-members-of-the-european-biogas-association-goodpractices-and-innovations-in-the-biogas-industry.htm>

Gao, M., Li, B., Yu, A., Liang, F., Yang, L., & Sun, Y. (2010). The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresource Technology*, 101(6), 1899–1903.

Haunreiter KJ, Dichiaro A, Gustafson R (2021) Structural and chemical characterization of hop stem fibers and their applications in the paper industry. *Industrial Crops and Products*, 174, 114217. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021009821>

Luskar L, Čeh B (2021) Hop biomass composting approach impact on compost microbiological properties. *Agricultural research & technology*. Vol. 26, iss. 2, p. 1-6. ISSN 2471-6774.

LUSKAR, Lucija, ČEH, Barbara. Hop biomass composting approach impact on compost microbiological properties. *Agricultural research & technology*. Sep. 2021, vol. 26, iss. 2, str. 1-6. ISSN 2471 6774. <https://juniperpublishers.com/artoaj/ARTOAJ.MS.ID.556329.php>, DOI: [10.19081/ARTOAJ.2021.26.556329](https://doi.org/10.19081/ARTOAJ.2021.26.556329). [COBISS.SI-ID 85681411]

LUSKAR, Lucija, POLANŠEK, Julija, HLADNIK, Aleš, ČEH, Barbara. On-farm composting of hop plant green waste - chemical and biological value of compost. *Applied sciences*. 2022, vol. 12, iss. 9, art. 4190, str. 1-15, ilustr. ISSN 2076-3417. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/9/4190>, DOI: [10.3390/app12094190](https://doi.org/10.3390/app12094190). [COBISS.SI-ID 106413315]

Macchioni V, Picchi V, Carbone K (2021) Hop Leaves as an Alternative Source of Health-Active Compounds: Effect of Genotype and Drying Conditions. *Plants (Basel)*. Dec 29;11(1):99. doi: [10.3390/plants11010099](https://doi.org/10.3390/plants11010099).

Maniadakis K, Lasaridi K, Manios Y, Kyriacou M, Manios T (2004) Integrated waste management through

producers and consumers education: composting of vegetable crop residues for reuse in cultivation. *Journal of Environmental Science and Health Part B*. 39:169–183.

Narayana Saibaba KV (2023) Next generation biosurfactants and their practical application in the food sector. In: *Applications of Next Generation Biosurfactants in the Food Sector*, p. 349-360.

Onwosi CO, Igbokwe VC, Odimba JN, Eke IE, Nwankwoala MO, Iroh IN, Ezeogu LI (2017) Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. *Journal of Environmental Management*, 190, 140–157.

Project LIFE BioTHOP. Vpeljava biorazgradljive vrvice v hmeljišča in uporaba hmeljevine v novih industrijskih produktih. Dostopno na: <https://www.life-biothop.eu/sl/>

Renewable Carbon News (2021) Furniture from the biogas plant. Available at: <https://renewable-carbon.eu/news/furniture-from-the-biogas-plant/>

Rohit, K., & Dixit, S. (2016). A review-future aspect of natural fiber reinforced composite. *Polymers from Renewable Resources*, 7(2), 43-59.

Rutto LK, Temu VW, Ferreira G, Kering MK (2020) Nutritive value and in vitro digestibility of non-cone hop (*humulus lupulus* l.) biomass. *J. Anim. Plant Sci.* 30, 794–802.

Sabbatini G, Mari E, Ortore MG, Di Gregorio A, Fattorini D, Di Carlo M, ... & Mobbili G (2024) Hop leaves: From waste to a valuable source of bioactive compounds—A multidisciplinary approach to investigating potential applications. *Heliyon*, 10(18).

Santulli, C. (2021). Utilization of Renewable Biomass and Waste Materials for Production of Environmentally-Friendly, Bio-based Composites. In *Eco-Friendly Adhesives for Wood and Natural Fiber Composites* (pp. 131-145). Springer, Singapore.

Shubhra, Q. T., Alam, A., & Quaiyyum, M. (2011). Mechanical properties of polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 26(3), 362–391.

van Calcar, J., Eblagon, F. (2019) Sustainable hop crop support using compostable PLA twines. *Hop Bulletin*, 26: 69-80.

VODA KOT KLJUČNI DEJAVNIK USPEŠNE KMETIJSKE PRIDELAVE: VLOGA IN POMEN NAMAKANJA

WATER AS A KEY FACTOR FOR SUCCESSFUL AGRICULTURAL PRODUCTION: THE ROLE AND IMPORTANCE OF IRRIGATION

Marko Černe
KGZS Zavod Ptuj
marko.cerne@kgz-ptuj.si

Povzetek

Zaradi vpliva podnebnih sprememb postaja namakanje zelo pomembno za uspešno in učinkovito kmetijsko pridelavo praktično vseh kmetijskih kultur. Voda je poleg tal in vremenskih razmer ključna naravna danost, ki omogoča življenje večini organizmov. Prispevek opisuje pomen vode za rast in razvoj kmetijskih rastlin, vpliv vode na rodovitnost kmetijskih zemljišč in povezanost vode z lastnostmi tal. Opisuje lastnosti različnih kmetijskih kultur v povezavi s porabo vode in pridelkom. V prispevku so opisani tudi različni načini namakanja v praksi, ugotavljanje potreb po namakanju ter možnosti za rabo različnih vodnih virov za namakanje pri nas.

Ključne besede: kmetijska pridelava, suša, voda v tleh, evapotranspiracija, namakanje, vodna bilanca, vodni vir

Abstract

Due to the impact of climate change, irrigation is becoming very important for the successful and efficient agricultural production of practically all agricultural crops. In addition to soil and weather conditions, water is a key natural resource that enables the life of most organisms. The article describes the importance of water for the growth and development of agricultural plants, its impact on the fertility of agricultural land and the connection between water and soil properties. It describes the properties of various agricultural crops in relation to water consumption and their yields. The article also describes various methods of irrigation in practice, determining the irrigation needs, and the possibilities for using various water sources for irrigation.

Key words: agriculture, drought, soil water, evapotranspiration, irrigation, water balance, water source

1. Uvod

V kmetijski pridelavi se iz leta v leto srečujemo z izrazitejšimi podnebnimi spremembami, ki se izražajo predvsem v višjih povprečnih letnih temperaturah, vročih in suhih poletjih, milejših zimah brez oziroma z malo snežnimi padavinami ter večji pogostosti ekstremnih vremenskih dogodkov.

Namakanje postaja nenadomestljiv tehnološki ukrep pri kmetijski pridelavi, zato je poseben privilegij in konkurenčna prednost, če imamo na kmetiji možnost namakanja kmetijskih zemljišč.

Voda omogoča življenje večini organizmov na zemlji. V zgodovini človeške civilizacije je prav voda omogočila nastanek in razvoj prvih naselbin, saj so nastale na območjih, kjer je bilo možno namakanje kmetijskih zemljišč. Z namakanjem so namreč zagotovili dovolj hrane za prebivalstvo prvih mest ter njihov nadaljnji razvoj.

Slovenija je država, ki ima zelo pestro talno odejo, prav tako pa ima tudi raznoliko vremensko dogajanje. Leži v zmerno toplem pasu, prehodna lega med Jadranskim morjem, Alpami in celinsko Panonsko kotlino pa povzroča mešanje različnih podnebnih vplivov. Padavin je v Sloveniji skupno sicer dovolj, a njihova razporeditev ne sledi naravnemu ritmu rasti rastlin. Zadnje desetletje naše kmetijstvo zaznamujejo tudi zime brez snega (kar lahko vodi v sušne razmere že zgodaj spomladi), spomladanske pozebe, neurja z močnim vetrom in točo, poplave in suše, ki povzročajo škodo na kmetijskih pridelkih.



Slika 1: Namakanje zelenjadnic z dežnim topom (Vir: M.Č.)

Ker voda kot naravni vir nima nadomestila, je namakanje ključno za uspešno in učinkovito pridelavo vseh kmetijskih kultur. Po trditvah mednarodne organizacije za hrano in kmetijstvo (FAO) se skriva največji potencial za povečanje kmetijske proizvodnje v genetskem potencialu rastlin in namakanju.

Pomanjkanje vode v tleh močno vpliva na pridelavo vseh kmetijskih rastlin, zato je eden ključnih ukrepov za uspešno pridelavo strokovno pravilno in skrbno načrtovano namakanje. Z namakanjem dodajamo vodo rastlinam, ko jo te v času intenzivne rasti in razvoja najbolj potrebujejo. Z namakanjem kot najvišjo stopnjo kmetijske pridelave vzdržujemo optimalen vodni režim v tleh. Namakanje omogoča višje in stabilnejše pridelke ter tudi pridelke višje kakovosti, izboljša pridelovalni potencial kmetijskih zemljišč in ekonomiko naših kmetij.

2. Pomen vode v kmetijski pridelavi

Kljub dejstvu, da naša država slovi kot ena najbolj vodnatih držav v Evropi, smo prišli v zadnjem obdobju do spoznanja, da voda ni samoumevna in neomejena dobrina ter da je dostop do vodnih virov za namakanje postal bolj omejujoč in izdatnost vode za namakanje manjša kot običajno.

Voda je ključni dejavnik rasti in razvoja rastlin, obenem pa s svojimi lastnostmi vpliva tudi na okolje. Če je je preveč, povzroča erozijo zemljišč, odplavlja hranila in uničuje strukturo tal. V primeru pomanjkanja vode pa upočasnjuje kemijske procese in mikrobiološko aktivnost tal, rastline ne morejo koristiti obstoječa in dodana hranila, kar odločilno vpliva na zmanjšanje pridelka.

V življenjskih procesih rastlin ima voda odločilno vlogo, največ vode porabijo rastline za

transpiracijo. Transpiracija ali izhlapevanje skozi listne reže rastline ohlaja in omogoča, da se kljub visokim temperaturam ozračja in vplivu sončnega sevanja ne opečejo. Voda je topilo in hkrati transportno sredstvo, omogoča hidracijo ionov in molekul, nabrekanje koloidov protoplazme, turgorski pritisk, ki omogoča trdnost rastlin, fotosintezo in delovanje encimov.



Slika 2: Obilne padavine povzročajo poplave in erozijo tal (Vir: M.Č.)

Ko začne primanjkovati vode v tleh, se zmanjša rast listov in poganjkov, pade pritisk vsebine na celično steno ali t.i. turgor, omeji se delitev in rast celic, zmanjša se proces fotosinteze in tvori se manj suhe snovi v rastlinah, kar pomeni nižji in manj kakovosten pridelek.

3. Tla in voda

Tla so vrhnji del zemeljske skorje med površino in kamninsko podlago, ki ga sestavljajo mineralne in organske snovi, voda, zrak in živi organizmi. Tla so sestavljena iz slojev oz. horizontov, ki se razlikujejo po lastnostih. Vrsta horizontov in njihova razporeditev v prerezu tal so diagnostični znak za različne vrste oziroma tipe tal. Lastnosti izvirne kamnine ter različna intenzivnost delovanja tlotvornih (pedogenetskih) procesov imajo za posledico nastanek različnih tipov tal, ki se med seboj razlikujejo v fizikalnih in kemijskih lastnostih in posledično v primernosti za različne vrste rabe.



Slika 3: Namakanje ptujskega luka s premičnimi razpršilci (Vir: M.Č.)

V tleh se razvija koreninski sistem rastlin, preko katerega korenine črpajo vodo in hranila. Tla so sestavljena iz trdne, tekoče in plinaste faze, govorimo o tleh kot trifaznem sistemu. Trdna faza zajema okrog polovice volumna tal, ostalo polovico sestavljata plinasta in tekoča faza, ki se nahajata v porah in sta nujni za rast in razvoj rastlin. Razmerje med tekočo in plinasto fazo se stalno spreminja, gre za t.i. dinamično ravnovesje.

Med talnimi delci se nahaja večje ali manjše število praznih prostorov, ki jih imenujemo pore. Število in velikost teh por vplivata na smer in intenzivnost fizikalnih, biotičnih ter delno tudi kemičnih procesov v tleh, med drugim tudi na sposobnost zadrževanja vode. Tla so tudi življenjski prostor množici raznolikih organizmov, ki imajo močan vpliv na lastnosti tal. Vloge teh organizmov so zelo različne, rastline so primarni proizvajalci organske snovi, ki po propadu postanejo hrana živalim in mikroorganizmom, ki naseljujejo tla. Organsko snov v tleh predstavljajo rastlinski in živalski ostanki v različnih fazah razkroja.

Za izvajanje namakanja so pomembne mehanske lastnosti tal, ki so določene z razmerjem med deleži peska, melja in gline, in predstavljajo teksturo tal. Tekstura je ena najpomembnejših lastnosti tal, saj neposredno vpliva na razmerje med tlemi in vodo, izmenjavo plinov ter prehrano rastlin. Teksturo je vsaj na kratek rok nemogoče spreminjati, v svojem bistvu predstavlja naravno danost tal.



Slika 4 in 5: Tla imajo različne sposobnosti za zadrževanje vode v talnem profilu (Vir: M.Č.)

Razmerje med deleži različno velikih delcev v tleh določa gibanje vode skozi tla (permeabilnost), kapaciteto za zadrževanje vode, zračnost (aeracijo) tal, sposobnost za obdelovanje tal in rodovitnost. Peščena tla imajo visoko infiltracijsko sposobnost, nizko vodno kapaciteto, skromno sposobnost zadrževanja vode in hranil, dobro zračnost in so ugodna za obdelovanje. Nasprotno imajo glinasta tla višjo vodno kapaciteto in nizko zračno kapaciteto, dobro zadržujejo vodo in hranila in so težja za obdelovanje. Peščena tla se spomladi tudi prej segrejejo kot tla z višjim deležem gline in omogočajo hitrejšo setev kultur, ki potrebujejo višje temperature za kalitev.

Pred izvedbo namakanja je nujno poznati mehanske lastnosti tal, ki skupaj z deležem organske snovi predstavljajo osnovo za določitev vodno-zadrževalnih lastnosti tal oziroma vodno-retenzijske kapacitete. Vodno-zadrževalna kapaciteta tal nam pove, koliko vode lahko tla zadržijo v svojem

talnem profilu.

Ob obilnih padavinah voda napolni vse pore v tleh, to je t.i. **polna vodna kapaciteta**. Voda iz velikih por odteče po nekaj dnevih, odvisno od tipa tal, iz lahkih tal po 1 dnevu, iz težkih tal v 3 dneh. To je t.i. gravitacijska voda, ki za rastline ni pomembna, napaja pa podtalnico. Takrat pride namesto vode v makropore zrak.

Ko odteče gravitacijska voda, pridemo do vode, ki je pomembna za rast in razvoj rastlin. Ta voda je (odvisno od oddaljenosti od talnega delca) z večjo ali manjšo silo ali tenzijo vezana na talne delce in se imenuje »rastlinam dostopna voda«, točka, ko nastopi pa **poljska kapaciteta (PK)**. V praksi ne namakamo preko točke poljske kapacitete, saj ta voda odteče, ne da bi koristila rastlinam.

Rastline potrebujejo dosti vode, koruza na primer porabi vsaj 4.000 m³ vode na hektar, lahko tudi več, zato je razumljivo, da prav pomanjkanje vode zelo pogosto omejuje pridelek. Voda, ki jo rastlina črpa iz tal, uporabi le-ta za dva namena, manjši, neznatni del (1-2 %) ostane v rastlini, pretežni del vode pa rastlina odda v atmosfero preko transpiracije kot vodno paro. Tako »potratno« gospodarjenje z vodo je v najtesnejši zvezi z anatomijo rastlin.

Rastlinam dostopna voda je z različno silo ali tenzijo vezana na talne delce in s tem tudi različno dostopna rastlinam. Rastline črpajo iz tal vodo z raztopljenimi hranilnimi snovmi na osnovi razlik v tlaku celičnega soka, ta tlak pomeni sesalno moč koreninskega sistema. Največjo sesalno moč korenin doseže rastlina tik pred venenjem, povprečno se giblje od 10 do 30 barov pri kulturnih rastlinah, pri kaktusih pa celo do 100 barov.

Razpoložljiva voda se tako v tleh nahaja med poljsko kapaciteto in **točko venenja**. Točka venenja (TV) predstavlja količina vode v tleh, pri kateri kulturne rastline trajno ovenijo in propadejo, rastlina pa si kljub namakanju ne opomore več. Med poljsko kapaciteto in točko venenja je tudi kritična točka, oziroma meja med lahko in težko dostopne vode. Na tej točki vlažnosti rastlina še ne propade, je pa v sušnem stresu, kar pomeni, da se pridelek že zmanjšuje.



Slika 6: Kapljično namakanje česenj (Vir: M.Č.)

4. Vremenske razmere

Vremenske razmere so pomemben dejavnik uspešne in učinkovite kmetijske pridelave. V naši državi bi skupna količina padavin ob primerni razporejenosti zadostovale za kmetijsko pridelavo, a se praviloma v pomladnem in poletnem času vsako leto pojavljajo krajša ali daljša sušna obdobja, ki zmanjšujejo pridelke in ogrožajo stabilno kmetijsko pridelavo. Obdobje brez padavin običajno spremljajo tudi t.i. vročinski valovi z dnevnimi temperaturami zraka čez 30 °C, nočnimi nad 20 °C, jugozahodnimi vetrovi in nižjo zračno vlago, kar poveča izhlapevanje in dodatno izsuši tla.

Količina vode v tleh oziroma stanje vlažnosti tal se tekom časa stalno spreminja. Stanje vlažnosti tal opredeljuje t.i. **vodna bilanca tal**, ki pravzaprav pomeni primerjavo med količino vode, ki je prišla v tla in količino vode, ki je tla zapustila, bodisi s porabo vode ali izgubo vode. Od količine vode, ki doseže površje tal, bodisi kot padavine ali voda, ki smo jo dodali z namakanjem, del odteče po površini, del jo izhlapi, del pa ponikne v tla in poveča količino vode v tleh. Ker pa se voda iz tal z evaporacijo in transpiracijo vrača nazaj v atmosfero, zaradi odcejanja pa gravitacijska voda zpušča zgornje plasti tal in odteka v podtalnico, se količina vode v tleh stalno spreminja.

Pri izračunu vodne bilance v tleh na določenem območju je pomembno tudi obdobje prisotnosti rastlin na kmetijskih površinah. Vegetacija traja različno dolgo in v različnih časovnih obdobjih glede na kmetijsko kulturo, nekatere rastline rastejo od oktobra do junija (žita), druge od aprila do oktobra (koruza), tretje od marca do oktobra-novembra (zelenjadnice), nekatere preko zime (česen), nekatere pa so prisotne stalno (trajni nasadi, vinska trta). Za uspešno namakanje moramo dobro poznati dinamiko rasti in razvoja rastlin ter njihove potrebe po vodi v določeni fazi.



Slika 7: Vpliv suše na pridelek koruze (Vir: M.Č.)

Vodna bilanca je v ožjem pomenu razlika med evapotranspiracijo in padavinami za določeno obdobje. Na praktično izvedbo namakanja vplivajo naslednji vremenski dejavniki: padavine, temperatura, zračna vlaga, sončno sevanje in veter. Zadnji štirje dejavniki opredeljujejo evapotranspiracijo, ki pomeni izhlapevanje s tal in rastlin, in je ključna pri izračunu namakalnih parametrov.

Evapotranspiracija je zapleten pojav izhlapevanja vode iz zemeljske površine (evaporacija) in preko listnih rež iz rastline (transpiracija). V začetni fazi rasti rastline prevladuje izhlapevanje iz zemeljske površine, kasneje se z rastjo rastlin povečuje delež izhlapevanja iz rastline (transpiracija) in zmanjšuje izhlapevanje (evaporacija) z zemeljske površine. V zadnji fazi rasti in razvoja, ko

rastlina praktično popolnoma prekrije zemeljsko površino, prevladuje transpiracija in je izhlapevanje iz zemeljske površine zmanjšano na minimum oziroma celo preneha.

Faktor, ki vrednoti deleža obeh vrst izhlapevanja (evaporacije in transpiracije) v različnih razvojnih obdobjih posamezne kulture, se imenuje **koeficient rastline** (kc) in je značilen za vsako rastlino in za vsako obdobje rasti in razvoja te rastline.

Evapotranspiracija pomeni skupno izgubo vode, izračunamo jo s pomočjo referenčne ET iz javnih podatkov ARSO in koeficienta rastline kc:

$ET(\text{rastline}) = E_{To} \times kc$, kjer je

ET-ocena evapotranspiracije za določeno kulturo v mm/dan

E_{to}-referenčna evapotranspiracija v mm/dan

kc-faktor rastline

Tako izračunane vrednosti evapotranspiracije nam služijo kot približna ocena izgub vode in jih je potrebno pri izvajanju namakanja prilagoditi s spremljanjem vlažnosti tal in vizualno oceno stanja posevka.



Slika 8: Kapljično namakanje pod folijo (Vir: M.Č.)

5. Odnos kmetijskih rastlin do vode

Potrebe rastlin po vodi so zelo različne, nekatere živijo popolnoma ali delno potopljene v vodi (t.i. hidrofiti), večina jih uspeva tam, kjer ni niti preveč niti premalo vode (t.i. mezofiti), nekatere rastline pa so se tudi prilagodile pomanjkanju vode (t.i. kserofiti), npr. puščavske rastline.

Pri izvajanju namakanja je potrebno poznati splošne značilnosti kmetijske kulture, skupno porabo vode v vegetaciji, faze rasti in razvoja posameznih kultur ter njihovega trajanja, globino koreninskega sistema, koeficienti posameznih kultur po različnih fazah razvoja rastlin – kc, kritične faze v obdobju rasti pri posameznih kulturah, dovoljeno znižanje količine vode v tleh, da ne vpliva na padec pridelka. Pri različnih kmetijskih rastlinah je pomembna izbira ustrezne tehnologije namakanja in vpliv namakanja na višino in kakovost pridelka teh kultur ter nekatere posebnosti namakanja posameznih kultur. Izračuni potreb po vodi za namakanje morajo upoštevati namakalni obrok na podlagi lastnosti tal za zadrževanje vode v tleh; v začetnih fazah rasti rastline potrebujejo

manj vode, v kasnejših fazah več.

Nadalje upoštevamo značilnosti posameznih kmetijskih kultur glede časa rasti v letu, skupnega trajanja vegetacije, obdobja posameznih fenofaz rastline, praviloma je namakanje najpomembnejše v začetnih fazah rasti, v času cvetenja, oplodnje in začetka nastanka plodov ter polnjenja zrnja, plodov ali gomoljev. V poznih fazah rasti namakanje ni priporočljivo. Upoštevamo tudi ustaljene in uveljavljene prakse namakanja na območju pridelave.

Velikost in tip koreninskega sistema posameznih rastlin je genetsko determiniran, pri nekaterih rastlinah seže globoko v tla (koruza, lucerna), pri drugih se razvija v širino (oljne buče). Globina koreninskega sistema se spreminja tekom razvojnih faz, kar moramo upoštevati pri izvajanju namakanja. V začetnih fazah imajo rastline nerazvit in plitev koreninski sistem, zato mora biti namakanje pogostejše in z manj vode. Prekomerno namakanje v zgodnejših fazah omejuje razvoj koreninskega sistema. V kasnejših fazah, ko imajo rastline že globok in razvit koreninski sistem, lahko namakamo z več vode. Na splošno pa rastline črpajo večino vode iz zgornje polovice koreninskega sistema.



Slika 9: Namakanje kornu z dežnim topom (Vir: M.Č.)

6. Tehnologije namakanja

Za vzpostavitev vodnega vira in s tem možnost za izvedbo namakanja moramo poskrbeti preden nastopijo sušne razmere. Tekom časa so se razvile različne tehnologije namakanja, ki jih v grobem delimo v dve skupini: namakanje brez rabe pritiska in namakanje s pomočjo pritiska. Površinsko namakanje, ki ne uporablja pritiska za transportiranje vode, ampak naravni padec terena, je najpogostejša tehnologija namakanja v svetu, saj se skoraj na dveh tretjinah namakanih zemljišč v svetu uporablja tak način, bodisi s preplavno tehniko namakanja, bodisi namakanje v brazde.

Namakanje s pomočjo pritiska, ki je pretežno uveljavljeno pri nas, je možno z različnimi tehnologijami in sistemi: cevni sistemi z razpršilci, bobenski namakalniki ali rolomati, centralni ali pivot sistemi, mini in mikrorazpršilci, podzemno namakanje ali kapljično namakanje. Vsaka od teh tehnologij ima svoje prednosti in pomanjkljivosti, uporabnik si mora izbrati tako tehnologijo namakanja, ki ustreza lastnostim tal, kmetijski kulturi in vodnemu viru za namakanje.

Rastline ne porabijo vso vodo, ki smo jo dodali z namakanjem, zato moramo te izgube upoštevati

pri določitvi namakalnega obroka. Izgube vode so pri različnih tehnologijah namakanja različne, pri nadzemnem kapljičnem namakanju od 5 do 8 %, pri namakanju z razpršilci od 30 do 40 % in pri rolomatih do 50 %. Pri podzemnem kapljičnem namakanju izgub vode praktično ni.

7. Vodni viri za namakanje

Ko začnemo razmišljati o namakanju, je prvi izziv s katerim se soočimo, kako do vode za namakanje. Za namakanje kmetijskih zemljišč potrebujemo kakovosten in dovolj izdaten vodni vir, ki nam bo zagotavljal dovolj vode tudi v času, ko primanjkuje padavin, mi pa jo potrebujemo za namakanje pridelkov. Vodni viri so različni: površinske vode, podzemne vode, deževnica, voda iz javnega vodovoda ali prečiščene odpadne vode iz čistilnih naprav. Slovenija je ena bolj vodnatih dežel v Evropi, zato so površinske vode pri nas prevladujoč vodni vir. Kot površinske vode se za namakanje lahko uporabljajo reke, kanale, umetna jezera, vodne zadrževalnike, gramoznice, akumulacije, zajetja, pregrade, ipd. Zelo priporočljivo je nabiranje večjih količin padavinskih in zalednih voda v času obilnih padavin (jesen, zima) v za to pripravljenih zadrževalnikih, ki jih potem koristno porabimo za namakanje v pomladnih in poletnih mesecih, ko padavin primanjkuje in nastopijo suša.

Namakanje s podzemnimi vodami (vrtine, vodnjaki) pri nas predstavlja zanemarljiv delež. Vzrokov je več, poseg v podzemno vodno telo in črpanje podzemne vode je dražje, prav tako pa pooblaščen institucija za vode (DVRŠ), ki podeljuje vodno pravico, namenja podzemne vode predvsem oskrbi prebivalstva s pitno vodo.

Namakanje je možno tudi z zbrano deževnico, za kar ne potrebujemo vodnega dovoljenja, ali pa za manjše kmetijske površine tudi z vodo iz javnega vodovoda.



Slika 10: Vodni zbiralnik za namakanje obložen s folijo (Foto: M.Č.)

V prihodnosti bo potrebno razmisliti tudi o uporabi prečiščenih odpadnih voda iz čistilnih naprav za namakanje. Te bi bile lahko primeren vodni vir, saj so ti viri razporejeni po prostoru, so praktično neizčrpen vodni vir v času pomanjkanja padavin, obenem pa z namakanjem koristno uporabimo v njej prisotna hranila, ki bi drugače končala v naših rekah in morju. Seveda pa mora biti odpadna voda za namakanje ustrezno prečiščena s sodobno tehnologijo, neoporečna in brez tveganj za zdravje ljudi, živali in okolja ter pod stalnim strokovnim nadzorom.

8. Zaključek

Kmetijska pridelava se razen redkih izjem odvija na prostem, zato je življenjsko odvisna od vremenskih razmer. Ekstremni vremenski pojavi zelo vplivajo na kmetijsko pridelavo, možnosti za prilagajanje na podnebne spremembe pa so zaradi narave kmetijske pridelave relativno omejene. Pomanjkanje vode v tleh močno vpliva na pridelavo vseh kmetijskih kultur, zato je eden ključnih ukrepov za uspešno pridelavo strokovno pravilno in skrbno načrtovano namakanje. Z namakanjem dodajamo vodo kulturnim rastlinam, ko jo te v času intenzivne rasti in razvoja najbolj potrebujejo.

Vpliv podnebnih sprememb na kmetijsko pridelavo lahko zmanjšamo z izgradnjo namakalnih sistemov in predvsem s strokovno pravilnim in skrbno načrtovanim namakanjem kmetijskih zemljišč. Z namakanjem kmetijskih zemljišč se zmanjša občutljivost kmetijske pridelave na podnebne spremembe. Z namakanjem tudi varujemo podtalne vire za pitno vodo, saj omogočimo sprejem hranil preko talne raztopine. Rastline namreč lahko sprejemajo hranila samo, če so raztopljeni v vodi. Sušne razmere onemogočajo sprejem hranil in ob prvem obilnem deževju se zgodi nezaželen pojav, namreč, da se hranila izperejo v podtalnico.

Na izboljšano stanje tal in povečane vodno zadrževalne sposobnosti pa lahko poleg namakanja vplivamo tudi z nekaterimi drugimi ukrepi: uvajanje novih kmetijskih rastlin v pridelavo (čim širša pestrost) in s tem širši kolobar, uravnoteženo gnojenje v skladu z gnojilnim načrtom, stalna skrb za dvig organske mase v tleh, vzdrževanje biološke aktivnosti v tleh, ustrezna obdelava tal (minimalni posegi v tla), in stalna pokritost tal z rastlinami ali rastlinskimi ostanki.

Namakanje kmetijskih zemljišč ne predstavlja nepovratno izgubo vode, saj rastline dodano vodo z namakanjem vrnejo nazaj v vodni krog, pretežni del vode v procesu transpiracije preko listnih rež rastlin izhlapi nazaj v ozračje, le neznatni del jo rastlina porabi za svojo rast in razvoj. Skupna količina vode, ki bi jo potrebovali za namakanje v kmetijstvu je v primerjavi z razpoložljivo vodo neznatna oziroma skoraj zanemarljiva, zato v primerljivih evropskih državah traja postopek pridobitve dovoljenja za namakanje povprečno tri do štiri tedne.

Kmetijstvo in pridelava hrane bi morala imeti pomembno mesto v naši družbi, zato bi tudi na namakanje kot nujno potreben ukrep prilagajanja na podnebne spremembe morali gledati z veliko naklonjenostjo. Namakanje omogoča višje in stabilnejše pridelke ter tudi pridelke višje kakovosti, izboljša pridelovalni potencial kmetijskih zemljišč in ekonomiko naših kmetij.

9. Viri

Crop yield response to water. (2012). Rim: Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Land and Water Division.

Černe, M. (2025). *Priročnik dobre prakse namakanja poljščin: EIP projekt Prilagoditev pridelave poljščin na klimatske spremembe in varovanje tal.* Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj.

Knapič, M. (2006). *Svetovalni kodeks dobre kmetijske prakse. Varovanje voda, tal, zraka in ohranjanje biotske raznovrstnosti. Namakanje.* Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, s. 127-133.

Krajncič, B. (2008). *Fiziologija rastlin: Univerzitetni učbenik.* Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.

Matičič, B. et al (1984). *Izvajanje drenažnih sistemov: Priročnik.* Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za melioracije in urejanje kmetijskega prostora.

Pintar, M. (2003). *Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji.* Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Strokovno pravilno namakanje. SPON, sistem za podporo odločanju o namakanju. (2022). <https://spon.si/spon-sistem-za-podporo-namakanju/pravilno-namakanje/>

Tla. (2025). Ljubljana: Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo. <https://www.gov.si/podrocja/okolje-in-prostor/okolje/tla/>

Vrščaj, B. (2017). *Lastnosti, pestrost in ekosistemske storitve tal*. 5. december 2017, Svetovni dan tal. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor ter Kmetijski inštitut Slovenije.

Irrigation Guide. (1997). Washington: United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.

PRILAGAJANJE NAMAKALNIH STRATEGIJ PODNEBNIM SPREMEMBAM: IZZIVI IN PRILOŽNOSTI

ADAPTATION OF IRRIGATION STRATEGIES TO CLIMATE CHANGE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Barbara Hafner

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje

barbara.hafner@hvu.si

Povzetek

Članek obravnava vpliv podnebnih sprememb na razpoložljivost vodnih virov in učinkovitost namakalnih sistemov v kmetijstvu. Poudarja, da višje temperature, spremenjeni padavinski vzorci in pogostejše suše povečujejo potrebe po namakanju ter hkrati omejujejo razpoložljivost vode. Obstoječi sistemi so pogosto tehnološko zastareli, neučinkoviti in okoljsko problematični. Predstavljene so prilagoditvene strategije, kot so kapljično in pametno namakanje, digitalizacija, ponovna raba vode ter natančno kmetijstvo. Pomembno vlogo imajo tudi agronomski pristopi, kot so ohranitveno kmetijstvo in izbor suši odpornih sort. Članek izpostavlja pomen integriranega upravljanja vodnih virov in sodelovanja deležnikov. Primeri dobrih praks iz Evrope, Izraela in Avstralije dokazujejo, da je mogoče zmanjšati porabo vode ob hkratnem povečanju produktivnosti. Za Slovenijo se poudarja potencial razvoja lokalno prilagojenih rešitev. Sklep je, da je prilagajanje namakanja nujno in zahteva kombinacijo tehnoloških, agronomskih in upravljaljskih ukrepov.

Ključne besede: podnebne spremembe, namakanje, vodni viri, učinkovitost rabe vode, pametno kmetijstvo, trajnostno upravljanje, digitalizacija

Abstract

The article examines the impact of climate change on water resource availability and the efficiency of irrigation systems in agriculture. It emphasises that higher temperatures, altered precipitation patterns, and more frequent droughts increase irrigation demand while reducing water availability. Existing systems are often technologically outdated, inefficient, and environmentally problematic. The article presents adaptation strategies such as drip and smart irrigation, digitalisation, water reuse, and precision agriculture. Agronomic approaches, including conservation agriculture and the selection of drought-resistant varieties, also play an important role. The article highlights the importance of integrated water resources management and stakeholder cooperation. Examples of good practice from Europe, Israel, and Australia demonstrate that it is possible to reduce water consumption while simultaneously increasing productivity. The potential for Slovenia to develop locally adapted solutions is also highlighted. The article concludes that irrigation adaptation is necessary and requires a combination of technological, agronomic, and management measures.

Keywords: climate change, irrigation, water resources, water efficiency, smart agriculture, sustainable management, digitalization

1. Uvod

Podnebne spremembe predstavljajo enega ključnih izzivov sodobnega kmetijstva, saj neposredno vplivajo na razpoložljivost vodnih virov, stabilnost pridelave ter dolgoročno vzdržnost agroekosistemov. V Evropi so že opazne pomembne spremembe v padavinskih vzorcih, povečana pogostost suš ter naraščanje povprečnih temperatur, kar bistveno spreminja potrebe po namakanju in učinkovitost obstoječih namakalnih sistemov [1, 2].

Evropska agencija za okolje opozarja, da podnebne spremembe že pomembno vplivajo na razpoložljivost vode za namakanje, živinorejo in predelavo kmetijskih proizvodov, pri čemer se pričakuje, da se bodo ti pritiski v prihodnjih desetletjih še stopnjevali [1]. Zaradi večje vodne stiske se povečuje tudi konkurenca med različnimi sektorji rabe vode, kar dodatno zaostruje položaj kmetijstva kot največjega porabnika vodnih virov [2].

Namakalni sistemi so ključni za stabilno kmetijsko proizvodnjo v številnih regijah, vendar se soočajo z vrsto izzivov, kot so tehnološka zastarelost, nizka učinkovitost rabe vode in omejena prilagodljivost na hitro spreminjajoče se podnebne razmere. Številni sistemi v Evropi so bili zasnovani v obdobju, ko so bile podnebne razmere bolj stabilne in vodni viri bolj predvidljivi, zato danes pogosto ne ustrezajo več sodobnim zahtevam trajnostnega upravljanja voda [5].

Evropske politike, zlasti Evropski zeleni dogovor in reformirana skupna kmetijska politika, poudarjajo potrebo po večji odpornosti kmetijstva ter učinkovitejši rabi vode, kar vključuje modernizacijo namakalnih sistemov, uvajanje naprednih tehnologij in spodbujanje trajnostnih praks [1].

Poleg političnih usmeritev se v praksi že pojavljajo številni primeri uspešnih prilagoditev. Evropski strokovnjaki izpostavljajo, da je mogoče z izboljšanjem učinkovitosti namakanja, uporabo digitalnih orodij in integracijo agronomskih pristopov doseči pomembne prihranke vode ter večjo odpornost pridelave na podnebne spremembe [6, 7]. Podnebne spremembe namreč ne vplivajo le na razpoložljivost vode, temveč tudi na potrebe rastlin po vodi, kar zahteva natančnejše, bolj prilagodljivo in podatkovno podprto upravljanje namakanja [3, 4].

Namen tega članka je analizirati ključne izzive, s katerimi se soočajo namakalni sistemi v kontekstu podnebnih sprememb, ter predstaviti priložnosti, ki jih ponujajo nove tehnologije, agronomski pristopi in upravljalvske strategije. Članek temelji na pregledu aktualne literature, evropskih politik in primerov dobrih praks ter želi ponuditi celovit in strokovno utemeljen vpogled v možnosti prilagajanja namakanja v prihodnjih desetletjih [1, 3].

2. Podnebne spremembe in njihov vpliv na vodne vire

2.1 Trendi podnebnih sprememb

Podnebne spremembe se v zadnjih desetletjih kažejo predvsem v naraščanju povprečnih temperatur, spremembah padavinskih vzorcev ter večji pogostosti in intenzivnosti ekstremnih vremenskih pojavov. Najnovejša evropska podnebna poročila potrjujejo, da se Evropa segreva hitreje od svetovnega povprečja, kar pomembno vpliva na vodno bilanco in kmetijsko proizvodnjo [3, 4].

Naraščajoče temperature povečujejo evapotranspiracijo, kar pomeni večje izgube vode iz tal in rastlin ter s tem večje potrebe po namakanju. Hkrati se spreminja prostorska in časovna razporeditev padavin: severni deli Evrope postajajo v povprečju bolj namočeni, medtem ko se južne in osrednje regije soočajo z daljšimi in pogostejšimi sušnimi obdobji [1, 3].

Poleg količine padavin se spreminja tudi njihov značaj. Namesto enakomerno razporejenih padavin se vse pogostejše pojavljajo kratkotrajni, intenzivni nalivi, ki povzročajo večji površinski odtok in manjšo infiltracijo vode v tla. Posledično se zmanjšuje količina vode, ki je dejansko razpoložljiva

za rastline v času vegetacije [4].

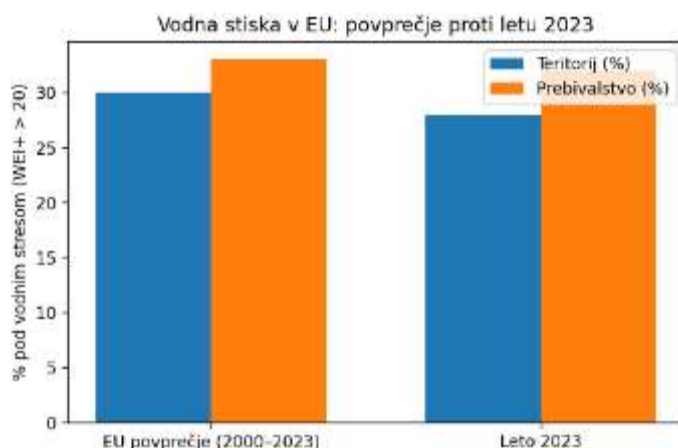
Ti trendi bistveno zmanjšujejo zanesljivost tradicionalnih pristopov k upravljanju namakanja, ki so temeljili na relativno stabilnih podnebnih razmerah. Namakalni sistemi morajo zato postajati vse bolj prilagodljivi, odzivni in podprti z natančnimi podatki o vremenu, tleh in stanju rastlin [3].

2.2 Razpoložljivost vode

Spremenjeni podnebni pogoji neposredno vplivajo na razpoložljivost površinskih in podzemnih vodnih virov. Višje temperature in spremenjeni padavinski vzorci zmanjšujejo polnjenje vodonosnikov ter povečujejo izhlapevanje iz rek, jezer in akumulacij [1, 2]. V številnih evropskih regijah se opaža dolgoročni trend zmanjševanja pretokov rek, kar neposredno omejuje razpoložljivost vode za namakanje [2].

Pomemben problem predstavlja tudi sezonska razporeditev vode. Zaradi toplejših zim se zmanjšuje količina snežne odeje, kar pomeni manj snežne vode, ki bi se spomladi postopno sproščala v vodotoke. Posledično so pretoki bolj nihajoči, kar otežuje dolgoročno načrtovanje namakanja in upravljanje vodnih virov [1].

Voda postaja vse bolj omejen in strateško pomemben vir, kar povečuje konkurenco med kmetijstvom, industrijo, energetiko in oskrbo prebivalstva. V sušnih obdobjih se pogosto uvajajo omejitve rabe vode, ki lahko resno ogrozijo kmetijsko proizvodnjo [2]. Ker je kmetijstvo tradicionalno največji porabnik vode, se od njega pričakuje, da bo prevzelo pomemben del odgovornosti za prilagoditve in učinkovitejšo rabo vodnih virov [5].



Slika: Vodna stiska v EU: delež teritorija in prebivalstva pod vodnim stresom
Vir: EEA, indikator WEI+ (povprečje 2000–2023 in leto 2023).

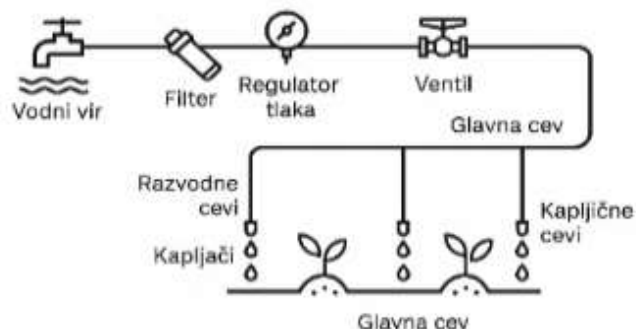
2.3 Posredni vplivi na kmetijsko proizvodnjo

Podnebne spremembe ne vplivajo zgolj na razpoložljivost vode, temveč tudi na fiziološke potrebe rastlin. Višje temperature povečujejo evapotranspiracijo, kar pomeni, da rastline potrebujejo več vode za doseganje enakega pridelka kot v preteklosti [3, 4]. Hkrati se spreminjajo rastne sezone, kar lahko vpliva na časovno razporeditev namakanja. Vse to zahteva bolj natančno načrtovanje in prilagajanje namakalnih strategij.

Značilna posledica podnebnih sprememb je tudi večja negotovost. Tradicionalni vzorci, na katerih so temeljile namakalne strategije, postajajo manj zanesljivi, zato je vse večja potreba po uporabi naprednih napovednih modelov, sprotne spremljanju stanja tal in uporabi digitalnih orodij za podporo odločanju [3, 7].

To pomeni, da prilagajanje namakanja ni več le tehnično vprašanje, temveč postaja kompleksen

upravljavski izziv, ki zahteva povezovanje meteoroloških podatkov, hidroloških razmer in agronomskega znanja v enoten, prilagodljiv sistem odločanja [1, 6].



Skica kapljičnega namakanja, ki prikazuje povezavo cevi, filtrov in kapljačev v celoten sistem

3. Zastarelost namakalnih sistemov

Eden ključnih izzivov sodobnega namakanja je tehnološka zastarelost obstoječih namakalnih sistemov. Velik del infrastrukture v Evropi je bil zgrajen v 60. in 70. letih prejšnjega stoletja, v obdobju, ko so bile podnebne razmere stabilnejše, vodni viri pa bolj predvidljivi in obilnejši. Takšni sistemi danes pogosto ne ustrezajo več zahtevam trajnostnega upravljanja vodnih virov in prilagajanja podnebnim spremembam [1, 5].

Zaradi staranja cevi, kanalov in črpalnih sistemov prihaja do velikih izgub vode, ki lahko v nekaterih sistemih presegajo 30–40 %. Te izgube ne pomenijo le neučinkovite rabe vode, temveč tudi povečane stroške obratovanja in večje energetske potrebe za črpanje vode [6]. Hkrati številni sistemi niso zasnovani za hitro prilagajanje spremembam v razpoložljivosti vode, kar bistveno omejuje njihovo funkcionalnost v obdobjih suše in vodnega stresa [2].

Pomemben problem predstavlja tudi nizka učinkovitost tradicionalnih metod namakanja. Površinsko in razpršilno namakanje pogosto porabita več vode, kot jo rastline dejansko potrebujejo, saj prihaja do velikih izgub zaradi izhlapevanja, neenakomerne porazdelitve vode in globokega pronicanja v tla [6, 8]. Posledično se zmanjšuje produktivnost rabe vode, kar je v razmerah vse večje vodne stiske dolgoročno nevzdržno [2].

Zastarela infrastruktura pogosto ni združljiva z uvajanjem sodobnih tehnologij, kot so senzorji vlage v tleh, avtomatizirani krmilni sistemi in digitalne platforme za načrtovanje namakanja. To pomeni, da številni sistemi ne omogočajo prehoda v t. i. pametno namakanje, ki temelji na sprotnem prilagajanju namakalnih režimov dejanskim potrebam rastlin in razpoložljivosti vode [3, 7].

3.1 Vpliv na okolje

Neustrezno zasnovani in upravljani namakalni sistemi imajo lahko pomembne negativne vplive na okolje. Prekomerna raba vode vodi v izčrpanje podzemnih vodonosnikov, kar lahko povzroči posedanje tal, zmanjšanje pretokov rek in degradacijo mokrišč [1, 2]. Takšni procesi dolgoročno ogrožajo stabilnost ekosistemov in zmanjšujejo naravno sposobnost okolja za zadrževanje in čiščenje vode.

V sušnih in polsušnih območjih se kot resen problem pojavlja zaslanjevanje tal, ki nastane zaradi kopičenja soli ob intenzivnem namakanju in nezadostnem odtoku. Zaslanjena tla izgubljajo rodovitnost, pridelek se zmanjšuje, kmetijska raba pa postaja vse manj trajnostna [6].

Poleg količinskih vplivov ima namakanje tudi pomemben vpliv na kakovost vode. Površinski odtok z namakanih površin pogosto vsebuje ostanke gnojil in pesticidov, ki lahko onesnažijo vodotoke in podzemne vode ter negativno vplivajo na vodne ekosisteme [5]. Zato je modernizacija namakalnih sistemov nujna tudi z vidika varovanja okolja in doseganja ciljev trajnostnega razvoja [1].

3.2 *Ekonomični izzivi*

Modernizacija namakalnih sistemov zahteva znatne finančne vložke. Prehod na kapljično namakanje, mikro-namakalne sisteme, avtomatizacijo in uporabo digitalnih orodij pomeni visoke začetne investicije, ki so za številne manjše in srednje velike kmetije težko dosegljive [7, 8].

Poleg investicijskih stroškov so pomembni tudi obratovalni stroški, zlasti stroški energije za črpanje vode, vzdrževanja opreme ter usposabljanja uporabnikov. V razmerah naraščajočih cen energije in vse strožjih okoljskih zahtev postaja ekonomska vzdržnost namakalnih sistemov vse večji izziv [2, 5].

Dodatno težavo predstavlja neenakomerna dostopnost finančnih spodbud in subvencij. V nekaterih državah so kmetije močno podprti pri uvajanju učinkovitih namakalnih tehnologij, drugod pa je institucionalna podpora omejena. To povzroča razlike v konkurenčnosti in odpornosti kmetij na podnebne spremembe [1].

3.3 *Družbeni izzivi*

Učinkovito upravljanje namakalnih sistemov zahteva usklajevanje med številnimi deležniki, vključno s kmeti, vodnimi skupnostmi, lokalnimi oblastmi in okoljskimi organizacijami. V številnih regijah so upravljalvske strukture zastarele ali neučinkovite, kar vodi v nejasno razdelitev odgovornosti, konflikte glede rabe vode in pomanjkanje dolgoročnega načrtovanja [1, 2].

Pomemben družbeni izziv predstavlja tudi pomanjkanje znanja in usposobljenosti. Uvajanje naprednih tehnologij zahteva razumevanje delovanja senzorjev, interpretacijo podatkov in uporabo digitalnih platform. Brez ustreznega izobraževanja in svetovalne podpore obstaja tveganje, da tudi sodobni sistemi ne bodo optimalno uporabljeni ali pa bodo celo napačno upravljani [7].

Zato je jasno, da zastarelost namakalnih sistemov ni le tehnični problem, temveč kompleksno vprašanje, ki vključuje okoljske, ekonomske in družbene razsežnosti. Njihova modernizacija zahteva celovit pristop, ki povezuje tehnološke inovacije, ustrezno financiranje, institucionalno podporo in sistematično izobraževanje uporabnikov [1, 6].

4. Prilagoditvene strategije v namakanju

4.1 *Učinkovitost namaknja*

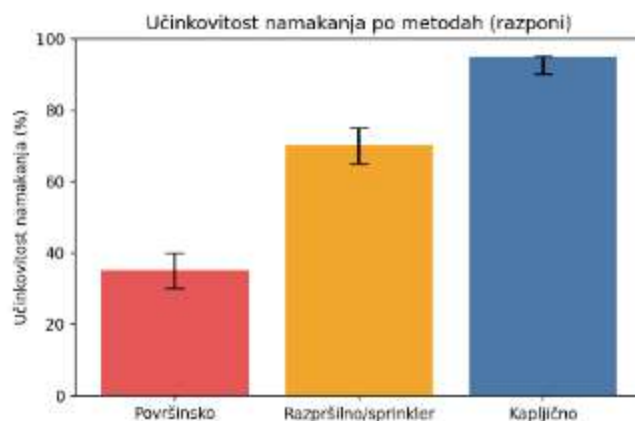
Tehnološki razvoj ponuja številne možnosti za izboljšanje učinkovitosti namakanja in prilagajanje spremenjenim podnebnim razmeram. Med najučinkovitejšimi rešitvami so kapljično namakanje, mikro-namakalni sistemi in avtomatizirani namakalni sistemi, ki omogočajo natančno dovajanje vode neposredno v območje korenin rastlin [6, 7]. Takšni sistemi bistveno zmanjšujejo izgube zaradi izhlapevanja in neenakomerne porazdelitve vode.

Raziskave kažejo, da lahko kapljično namakanje zmanjša porabo vode za 30–60 % v primerjavi s tradicionalnimi metodami, hkrati pa poveča stabilnost in kakovost pridelka [6, 7, 8]. Poleg tega omogoča boljši nadzor nad oskrbo rastlin z vodo in hranili, kar zmanjšuje stres rastlin in izboljšuje njihovo produktivnost.

Napredni namakalni sistemi vse pogosteje vključujejo uporabo senzorjev vlage v tleh, meteoroloških postaj, satelitskih posnetkov in modelov evapotranspiracije. Integracija teh podatkov v digitalne platforme omogoča t. i. pametno namakanje, pri katerem se namakalni režimi v realnem času prilagajajo dejanskim potrebam rastlin in razpoložljivosti vode [3, 7]. Takšen pristop omogoča bistveno večjo učinkovitost rabe vode ter zmanjšuje tveganje za prekomerno namakanje.

Digitalizacija namakanja ima tudi pomemben ekonomski vidik, saj lahko z zmanjšanjem porabe vode, energije in gnojil dolgoročno zniža stroške pridelave ter poveča konkurenčnost kmetijstva [8].

Učinkovitost namakanja po metodah:



Slika: Razponi učinkovitosti namakanja po metodah

Viri: FAO (Annex I: Irrigation efficiencies), FAO/World Bank (Climate-smart FFS – drip), Yara (2024).

4.2 Optimizacija rabe vode

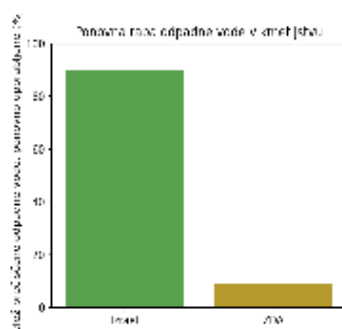
Optimizacija rabe vode je ključna za zmanjšanje pritiska na omejene vodne vire. Eden temeljnih pristopov je natančno kmetijstvo, ki temelji na prostorsko in časovno prilagojenem upravljanju tal in rastlin. S pomočjo GPS-tehnologije, brezpilotnih letalnikov (dronov) in geoinformacijskih sistemov je mogoče prepoznati območja z različnimi potrebami po vodi in temu ustrezno prilagoditi namakanje [3, 7].

Pomembna strategija je tudi ponovna raba prečiščene odpadne vode, ki se v številnih državah vse bolj uporablja za namakanje. Ta pristop zmanjšuje pritisk na sladkovodne vire in omogoča stabilnejšo oskrbo z vodo v sušnih obdobjih [9]. Izraelski primer dokazuje, da je mogoče z ustrezno infrastrukturo in zakonodajo več kot 80 % vode v kmetijstvu zagotoviti iz ponovno uporabljene odpadne vode [9, 10].

Poleg tega se v sušnih in podnebno spremenljivih območjih vse bolj uveljavlja zbiranje in shranjevanje deževnice. S tem se omogoča izkoriščanje vode v obdobjih obilnih padavin ter njena uporaba v času suše, kar povečuje odpornost kmetijskih sistemov [1].

Optimizacija rabe vode vključuje tudi zmanjševanje izgub v transportu in distribuciji vode, kar zahteva posodobitev cevovodov, kanalov in skladiščnih zmogljivosti [6].

Ponovna raba prečiščene odpadne vode:



Slika: Primerjava ponovne rabe odpadne vode (Izrael vs ZDA)

Viri: EPA (2023 – skoraj 90%); Fluence (ZDA < 10%)

4.3 Agronomski pristopi

Agronomske strategije dopolnjujejo tehnološke rešitve in omogočajo zmanjšanje potreb po vodi na ravni rastlin in tal.

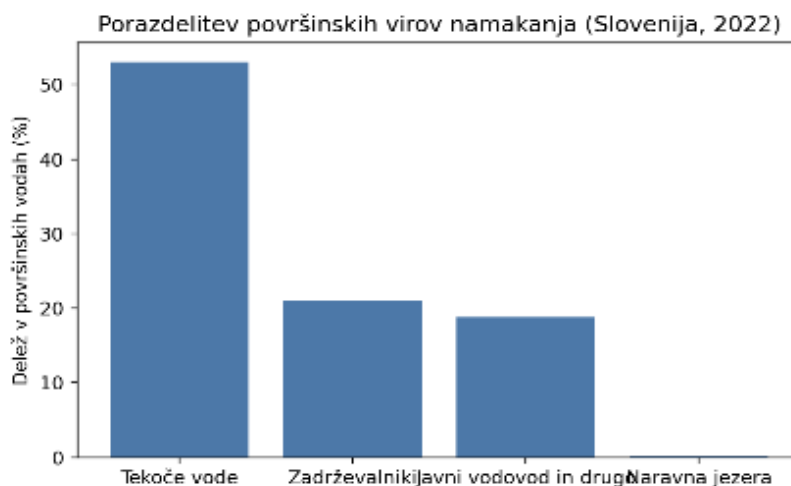
Med najpomembnejšimi pristopi so:

- izbor sort, odpornih na sušo,
- kolobarjenje,
- uporaba zastirk,
- ohranitveno obdelovanje tal, ki zmanjšuje izhlapevanje in izboljšuje zadrževanje vode.

Kmetijstvo, ki vključuje minimalno obdelavo tal, stalno pokritost tal in kolobarjenje, dokazano izboljšuje strukturo tal, povečuje infiltracijo vode in zmanjšuje erozijo. S tem se zmanjšajo potrebe po namakanju in poveča odpornost agroekosistemov na sušne razmere [11].

Uporaba zastirk zmanjšuje izhlapevanje vode iz tal, uravnava temperaturo tal in omejuje rast plevelov, kar dodatno prispeva k učinkovitejši rabi vode. Izbor suši odpornih sort pa omogoča stabilnejšo pridelavo tudi ob omejeni oskrbi z vodo [6].

Agronomski pristopi so še posebej pomembni v regijah, kjer so vodni viri omejeni ali kjer tehnološke rešitve niso ekonomsko izvedljive. Njihova prednost je v relativno nizkih stroških in dolgoročnih pozitivnih učinkih na zdravje tal in agroekosistemov [1].



Slika: Porazdelitev površinskih virov (Slovenija, 2022)

Vir: ARSO, Namakanje kmetijskih zemljišč (KM21) [11]

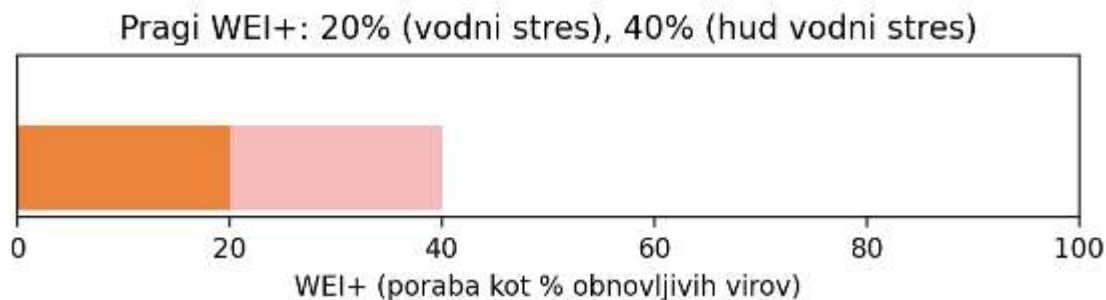
4.4 Strategije za upravljanja vodnih virov

Učinkovito prilagajanje namakanja zahteva tudi spremembe na ravni upravljanja vodnih virov. Ključne strategije vključujejo jasna pravila za dodeljevanje vodnih pravic, spodbude za učinkovito rabo vode, kolektivno upravljanje namakalnih sistemov ter sistematično izobraževanje uporabnikov [1, 2].

V številnih državah se vse bolj uveljavlja pristop sodelovalnega upravljanja, pri katerem kmetje, lokalne skupnosti in upravljavci vodnih virov skupaj načrtujejo in izvajajo namakalne strategije. Takšen pristop povečuje transparentnost, zmanjšuje konflikte in omogoča bolj trajnostno rabo vode [1].

Pomembno vlogo imajo tudi državne institucije, ki s subvencijami, investicijskimi programi in zakonodajo spodbujajo modernizacijo namakalnih sistemov. Evropski zeleni dogovor in skupna kmetijska politika poudarjata nujnost zmanjšanja porabe vode ter povečanja odpornosti kmetijstva na podnebne spremembe, kar neposredno podpira uvajanje inovativnih namakalnih tehnologij [1, 5].

Celostni pristop k upravljanju vodnih virov, ki povezuje tehnološke, agronomske in institucionalne ukrepe, je ključen za dolgoročno trajnost namakanja v razmerah podnebnih sprememb [2, 6].



Slika: Pragi vodnega stresa po EEA (WEI+)
Vir: EEA, indikator WEI+.

5. Primeri dobrih praks

5.1 Primeri iz Evrope

Evropske države se na podnebne spremembe odzivajo z različnimi inovativnimi pristopi k namakanju. V Sredozemlju, kjer so suše vse pogostejše, so številne države modernizirale svoje namakalne sisteme z uvedbo kapljičnega namakanja, mikro-namakalnih sistemov in avtomatiziranih krmilnih enot [6, 7].

Španija je eden vodilnih primerov prehoda iz tradicionalnega površinskega namakanja na visokotehnološke sisteme, kar je zmanjšalo porabo vode za več kot 20 % ob hkratnem povečanju produktivnosti [6]. Italija uporablja sisteme, ki združujejo senzorje vlage v tleh, lokalne meteorološke podatke in digitalne platforme za načrtovanje namakanja, kar omogoča natančno upravljanje vodnih virov in zmanjšuje izgube zaradi izhlapevanja [7].

V Sloveniji se povečuje uporaba pametnih namakalnih sistemov, zlasti v vinogradništvu in vrtnarstvu. Projekti, kot so digitalne meteorološke postaje, spremljanje talne vlage in avtomatizacija namakanja, kažejo, da je mogoče z relativno majhnimi investicijami doseči pomembne prihranke vode in izboljšati kakovost pridelkov [8].

5.2 Primeri izven Evrope

Izrael je globalno prepoznan kot vodilni primer učinkovitega upravljanja vode in inovacij v namakanju. Zaradi omejenih vodnih virov je država razvila napredne tehnologije, kot so kapljično namakanje, precizni filtri, računalniško vodeni sistemi in ponovna raba prečiščene odpadne vode, ki danes predstavlja več kot 80 % vse vode, uporabljene v kmetijstvu [9, 10]. Ta model dokazuje, da je mogoče tudi v ekstremno sušnih razmerah doseči visoko produktivnost ob minimalni porabi vode.

Avstralija je primer dobre prakse na področju upravljanja vodnih pravic in trgovanja z vodo. Sistem, ki omogoča fleksibilno prerezporeditev vodnih kvot med uporabniki, je povečal učinkovitost rabe vode in spodbudil kmete k investicijam v sodobne namakalne tehnologije [10]. Poleg tega Avstralija intenzivno uporablja satelitske podatke in modele evapotranspiracije za spremljanje stanja vodnih virov.

V ZDA se kot učinkoviti sistemi uporabljajo center-pivot sistemi za namakanje velikih površin. Z naprednimi šobami zmanjšujejo izhlapevanje in omogočajo natančno porazdelitev vode, v kombinaciji s senzorji in digitalnimi orodji pa omogočajo optimizacijo rabe vode [10].

5.3 Praksa v Sloveniji

Čeprav so primeri iz tujine pogosto povezani z drugačnimi podnebnimi, ekonomskimi in pravnimi

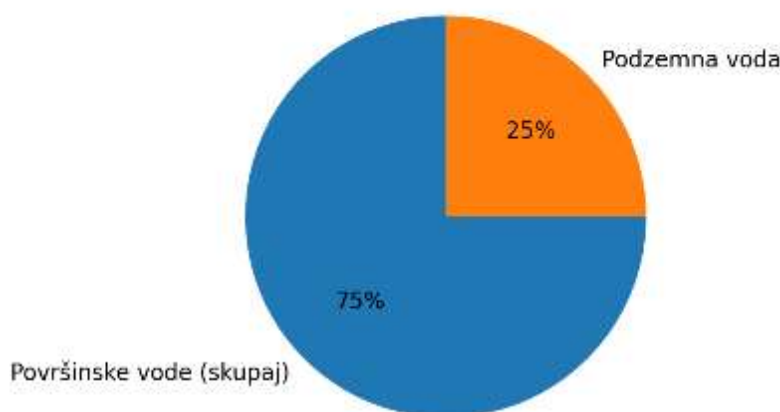
pogoji, ponujajo pomembne usmeritve za slovenski prostor.

Ključne priložnosti vključujejo:

- širšo uvedbo kapljičnega in mikro-namakanja,
- razvoj lokalnih digitalnih platform za načrtovanje namakanja,
- spodbujanje ponovne rabe vode, kjer je to mogoče,
- krepitev sodelovanja med kmeti in vodnimi skupnostmi,
- večje vključevanje raziskovalnih institucij v razvoj prilagojenih rešitev [11].

Slovenija ima zaradi raznolikosti tal in podnebnih razmer potencial za razvoj lokalno specifičnih prilagojenih rešitev. Prenos dobrih praks iz tujine je mogoč tam, kjer obstaja ustrezna zakonodajna podpora, dostop do tehnologij in pripravljenost kmetov za uvajanje inovacij [11].

Vir namakalne vode v Sloveniji (2022)



Slika: Struktura virov namakalne vode (2022)

Vir: ARSO, Namakanje kmetijskih zemljišč (KM21) [11].

6. Prihodnji trendi in raziskovalne usmeritve

6.1 Digitalizacija in umetna inteligenca v namakanju

Digitalizacija bo v prihodnjih desetletjih igrala ključno vlogo pri upravljanju namakalnih sistemov. Uporaba umetne inteligence (UI), strojnega učenja in naprednih algoritmov omogoča natančnejše napovedovanje potreb po vodi, optimizacijo namakalnih ciklov in zmanjšanje izgub [3, 7].

Sistemi, ki združujejo podatke iz senzorjev, satelitov in meteoroloških modelov, lahko v realnem času prilagajajo namakanje, kar povečuje učinkovitost rabe vode in zmanjšuje stroške. Raziskave se vse bolj osredotočajo na razvoj avtonomnih namakalnih sistemov, ki bodo sposobni samostojnega odločanja na podlagi kompleksnih podatkovnih nizov [7, 10].

Pričakuje se tudi širša uporaba digitalnih dvojčkov (digital twins), ki omogočajo simulacijo različnih scenarijev namakanja in oceno njihove učinkovitosti. Takšne tehnologije lahko bistveno pripomorejo k trajnostnemu upravljanju vodnih virov [7].

6.2 Integracija namakanja v širše vodne in podnebne politike

V prihodnosti bo namakanje vse bolj povezano z nacionalnimi in evropskimi politikami upravljanja voda ter prilagajanja podnebnim spremembam. Evropski zeleni dogovor, strategija »Od vil do vilic« in reformirana skupna kmetijska politika poudarjajo potrebo po zmanjšanju porabe vode, večji odpornosti kmetijstva ter uvajanju trajnostnih praks [1, 5].

Raziskovalne usmeritve se osredotočajo na razvoj celostnih modelov upravljanja vodnih virov, ki

vključujejo kmetijstvo, industrijo, oskrbo prebivalstva in ekosisteme. Pomemben trend je tudi krepitev čezmejnega sodelovanja, saj vodni viri pogosto presegajo državne meje [1, 2].

6.3 Regenerativno in ohranitveno kmetijstvo

Regenerativno kmetijstvo, ki temelji na izboljšanju zdravja tal, povečanju organske snovi in obnovi ekosistemskih funkcij, postaja pomembna usmeritev tudi na področju namakanja. Zdrava tla z večjo vsebnostjo organske snovi lahko zadržijo več vode, kar zmanjšuje potrebe po namakanju in povečuje odpornost na sušo [6, 7].

Kombinacija ohranitvenega obdelovanja tal, zastiranja, raznolikih kolobarjev in agrozdarstva lahko pomembno zmanjša evapotranspiracijo in izboljša infiltracijo vode. Prihodnji poudarek bo na integraciji teh praks z naprednimi namakalnimi sistemi, kar omogoča trajnostno in učinkovito rabo vode [6, 7].

6.4 Aktivno sodelovanje upravljanje in vključevanje skupnosti

Prihodnji razvoj namakalnih strategij bo zahteval večje vključevanje lokalnih skupnosti, kmetov in drugih deležnikov. Aktivna udeležba, ki temelji na sodelovanju, transparentnosti in skupnem odločanju, se izkazuje kot učinkovita pri zmanjševanju konfliktov in izboljšanju rabe vode [1, 2].

Raziskave se usmerjajo v razvoj novih institucionalnih modelov, ki bodo omogočali pravično in učinkovito dodeljevanje vodnih pravic, spodbujali trajnostne prakse ter omogočali prilagajanje lokalnim podnebnim razmeram [1, 5].

6.5 Razvoj novih materialov in tehnologij

Napredek v materialih in inženiringu bo omogočil razvoj učinkovitejših namakalnih komponent, kot so:

- cevi z nižjimi izgubami,
- filtri z večjo odpornostjo,
- šobe z optimizirano porazdelitvijo vode ter
- materiali, odporni na visoke temperature in UV-sevanje [7, 10].

Raziskave potekajo tudi na področju biološko razgradljivih materialov, kar bi lahko zmanjšalo okoljski vpliv namakalnih sistemov in prispevalo k trajnostnemu kmetijstvu [6].

7. Razprava

Podnebne spremembe predstavljajo enega največjih izzivov za sodobne namakalne sisteme, saj vplivajo tako na razpoložljivost vodnih virov kot na potrebe rastlin po vodi [1, 2]. Analiza prejšnjih poglavij kaže, da se kmetijstvo sooča z večplastnimi izzivi, ki vključujejo tehnične omejitve, okoljske probleme, ekonomske ovire in institucionalne pomanjkljivosti. To poudarja potrebo po celovitem pristopu, ki presega zgolj tehnološke rešitve [6, 7].

Eden ključnih izzivov je nizka učinkovitost obstoječih namakalnih sistemov, ki pogosto izhaja iz zastarele infrastrukture in tradicionalnih praks. Tehnološke inovacije, kot so kapljično namakanje, senzorji vlage in digitalne platforme, ponujajo pomembne izboljšave, vendar njihova uvedba ni enakomerno razširjena [6, 7]. Razlogi za to so predvsem ekonomski – visoki začetni stroški in pomanjkanje dostopa do finančnih spodbud – ter družbeni, saj mnogi kmetje nimajo ustreznega znanja za uporabo naprednih sistemov [1, 8]. To kaže, da tehnološki napredek sam po sebi ni dovolj; potreben je močan podporni okvir, ki vključuje izobraževanje, svetovanje in finančne mehanizme [7, 8].

Okoljski izzivi, kot so izčrpavanje podzemnih vodonosnikov, zaslanjevanje tal in degradacija

ekosistemov, kažejo, da mora biti modernizacija namakanja usklajena z načeli trajnostnega upravljanja vodnih virov [2, 6]. Primeri dobrih praks iz Izraela, Avstralije in južne Evrope dokazujejo, da je mogoče doseči visoko produktivnost ob hkratnem zmanjšanju porabe vode, vendar le, če so tehnološke rešitve podprte z jasnimi politikami upravljanja vode, učinkovitim nadzorom in aktivnim sodelovanjem deležnikov [9, 10].

Agronomski pristopi, kot so ohranitveno kmetijstvo, izboljšanje strukture tal in izbor odpornih sort, so pogosto podcenjeni, čeprav imajo velik potencial za zmanjšanje potreb po namakanju [6, 7]. Ti pristopi so še posebej pomembni v regijah, kjer so vodni viri omejeni ali kjer tehnološke rešitve niso ekonomsko izvedljive [1].

Prihodnji trendi, kot so digitalizacija, umetna inteligenca in razvoj novih materialov, ponujajo obetavne možnosti, vendar prinašajo tudi nove izzive, kot so dostop do podatkov, digitalna pismenost in dolgoročna vzdržnost sistemov [3, 7, 10]. Napredne tehnologije lahko povečajo razlike med velikimi in malimi kmetijami, če niso podprte z enakopravnim dostopom do subvencij in izobraževanja [1, 8].

Ključna ugotovitev razprave je, da prilagajanje namakalnih strategij podnebnim spremembam zahteva integriran pristop, ki združuje tehnološke, agronomске, ekonomske in institucionalne rešitve. Noben posamezen ukrep ni zadosten; uspeh je odvisen od kombinacije ukrepov in njihove prilagoditve lokalnim razmeram [6, 7].

Slovenija ima zaradi raznolikosti tal in podnebnih območij poseben potencial za razvoj prilagojenih rešitev, vendar bo to mogoče le ob tesnem sodelovanju med kmeti, raziskovalnimi in strokovnimi institucijami [8]. Pravilno usmerjene investicije, krepitev znanja in učinkovito upravljanje vodnih virov lahko omogočijo, da namakalni sistemi postanejo učinkovitejši in trajnostni tudi v zahtevnih pogojih podnebnih sprememb [1, 6].

8. Zaključek

Prilagajanje namakalnih strategij podnebnim spremembam je nujno za zagotavljanje stabilne in trajnostne kmetijske proizvodnje [1, 2]. Kombinacija tehnoloških inovacij, agronomskih pristopov in učinkovitega upravljanja vodnih virov lahko bistveno izboljša učinkovitost rabe vode in poveča odpornost agroekosistemov [6, 7].

Digitalizacija, umetna inteligenca in napredni materiali omogočajo natančnejše upravljanje namakanja, optimizacijo porabe vode in zmanjšanje okoljskega pritiska [3, 7, 10]. Hkrati agronomski pristopi, kot so ohranitveno kmetijstvo, izbor odpornih sort, kolobarjenje in uporaba zastirk, dodatno zmanjšujejo potrebe po vodi in izboljšujejo zdravje tal [6, 7].

Učinkovito prilagajanje zahteva tudi institucionalno podporo, vključno z jasnimi pravili za dodeljevanje vodnih pravic, spodbujanjem sodelovalnega upravljanja, izobraževanjem uporabnikov in finančnimi spodbudami [1, 5, 8]. Prilagojene strategije morajo biti lokalno specifične, saj so podnebne razmere in razpoložljivost vodnih virov v Sloveniji zelo raznolike [8].

Celostni in integriran pristop, ki združuje tehnološke, agronomске, ekonomske in institucionalne ukrepe, je ključ do trajnostnih namakalnih sistemov v prihodnosti [6, 7]. Slovenija ima potencial za razvoj učinkovitih in prilagojenih rešitev, vendar bo to mogoče le ob tesnem sodelovanju med kmeti, raziskovalci in državnimi institucijami [8].

9. Viri

[1] Europe's State of Water 2024 – EEA Report No 07/2024. European Environment Agency. Dostopno: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-state-of-water-2024>

- [2] Water scarcity conditions in Europe (WEI+) – January 2025. European Environment Agency. Dostopno: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/water-exploitation-index-wei>
- [3] Copernicus ESOTC 2024. Copernicus Climate Change Service. Dostopno: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>
- [4] WMO – European State of the Climate 2024. World Meteorological Organization. Dostopno: <https://wmo.int/publication-series/european-state-climate-2024>
- [5] Eurostat – Agri-environmental indicator: irrigation (2016). European Commission. Dostopno: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental indicator - irrigation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation)
- [6] FAO – Annex I: Irrigation efficiencies. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostopno: <https://www.fao.org/4/T7202E/t7202e08.htm>
- [7] FAO – Climate-smart Farmer Field School: Drip irrigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostopno: <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/71f41865-5df1-4277-9427-332c3aaf0074/download>
- [8] Yara (2024) – Water use efficiency in irrigation. Dostopno: <https://www.yara.com/knowledge-grows/water-use-efficiency-in-irrigation/>
- [9] US EPA (2023) – Lessons from Israel's Water Reuse Approach. Dostopno: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-03/From%20Water%20Stressed%20to%20Water%20Secure%20-%20Lessons%20from%20Israel%27s%20Water%20Reuse%20Approach.pdf>
- [10] Fluence – Israel Leads World in Water Recycling. Dostopno: <https://www.fluencecorp.com/israel-leads-world-in-water-recycling/>
- [11] ARSO – Namakanje kmetijskih zemljišč (KM21). Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/namakanje-kmetijskih-zemljisc-5>

VARSTVO RASTLIN V PRIHODNOSTI – INOVATIVNO, TRAJNOSTNO IN NEPREDVIDLJIVO

PLANT PROTECTION IN THE FUTURE – INNOVATIVE, SUSTAINABLE AND UNPREDICTABLE

Vesna Zalokar
KGZS – Zavod CE
vesna.zalokar@ce.kgzs.si

Povzetek

Zdravstveno varstvo rastlin se v sodobnem kmetijstvu sooča z zahtevno preobrazbo, ki jo narekujejo biotski in abiotski dejavniki. Prispevek obravnava ključne izzive, kot so podnebne spremembe, ki z ekstremnimi vremenskimi pojavi in širjenjem invazivnih vrst slabijo odpornost kmetijskih rastlin. Hkrati zakonodajne omejitve, zmanjševanje nabora registriranih aktivnih snovi in naraščajoče cene fitofarmacevtskih sredstev (FFS) otežujejo izvajanje uspešnega varstva rastlin.

Osrednji poudarek je na prehodu k integriranemu varstvu rastlin (IVR), ki ni več le izbira, temveč nujni standard. V prihodnosti varstva rastlin ima svoje mesto digitalizacija in precizno kmetijstvo. Tehnologije, kot so napovedni modeli, digitalni monitoring škodljivcev, daljinsko zaznavanje s sateliti ter uporaba avtonomnih robotskih platform, omogočajo prehod k ciljnemu tretiranju. Ključ do uspešnega prilagajanja ostaja učinkovit prenos strokovnega znanja do pridelovalcev na terenu.

Ključne besede: zdravstveno varstvo rastlin, podnebne spremembe, integrirano varstvo rastlin (IVR), fitofarmacevtska sredstva, precizno kmetijstvo, digitalizacija

Abstract

Plant health protection in modern agriculture is facing a challenging transformation dictated by biotic and abiotic factors. The paper addresses key challenges such as climate change, which weakens the potential of agricultural plants through extreme weather events and the spread of invasive species. At the same time, legislative restrictions, the reduction of the set of registered active substances and the rising prices of plant protection products (PPPs) make it difficult to implement successful plant protection.

The main emphasis is on the transition to integrated plant protection (IPM), which is no longer just an option, but a necessary standard. In the future, digitalization and precision agriculture have their place in plant protection. Technologies such as predictive models, digital pest control, satellite remote sensing and the use of autonomous robotic platforms require a transition to targeted treatments. The key to successful adaptation remains the effective transfer of expertise to growers in the field.

Keywords: plant protection, climate change, integrated pest management (IPM), plant protection products, precision agriculture, digitalization

1. Uvod

Pridelava kulturnih rastlin je odvisna od mnogih dejavnikov. Ti dejavniki so lahko biotski in abiotski. Pridelovalci lahko vplivajo na nekatere dejavnike in omilijo njihov negativni učinek na uspešnost pridelave ter količino in kakovost pridelka na njihovih površinah.

Zdravstveno varstvo rastlin se sooča z mnogimi izzivi, ki omejujejo in otežujejo boj s škodljivimi organizmi, to je škodljivci, boleznimi in pleveli, na katere pa nimamo neposrednega vpliva. Podnebne spremembe, zakonodajne omejitve, manjšanje nabora dovoljenih aktivnih snovi in posledično učinkovitih fitofarmaceutskih sredstev je le nekaj izzivov, na katere se moramo vsi, ki smo povezani z rastlinsko pridelavo, redno prilagajati.

Najpomembnejše orodje, ki ga potrebujemo, da se uspešno borimo z vsemi temi omejitvami je znanje. Število raziskav s področja novih pristopov pri varstvu rastlin se v zadnjih letih povečuje. Novim dognanjem pa mora slediti tudi prilagoditev same tehnologije pridelave. Enega od izzivov vidim tudi v prenosu tega znanja do samih pridelovalcev na terenu.

Varstvo rastlin v prihodnosti se bo moralo odzvati na dejavnike, ki nam otežujejo pridelavo. Ti odzivi bodo morali biti inovativni in pametni, poleg tega pa tudi trajnostni in okoljsko sprejemljivi v skladu z vso zakonodajo in družbenimi pritiski.

2. Podnebne spremembe

Podnebne spremembe se kažejo na različne načine. Pogosti ekstremni vremenski pojavi, kot so suše, poplave, visoke temperature, slabijo rastline. Podnebne spremembe lahko sprožijo spremembe, kot so širjenje razširjenosti škodljivcev v prostorskem in časovnem okviru, povečana intenzivnost okužb s škodljivci, izguba pridelka, povečano tveganje za pojav invazivnih vrst škodljivcev, povečan prenos bolezni, ki jih prenašajo vektorji, zmanjšana uspešnost biotičnega varstva, zmanjšana učinkovitost trenutnih strategij integriranega zatiranja škodljivcev ter spremembe v dinamiki populacij škodljivcev, biologiji škodljivcev in njihovi fiziologiji, kot so število generacij, življenjski cikel, spremembe v vzorcih prezimovanja in izumrtje (Kaur, B. *et al.* 2023).

Nabor pristopov za prilagajanje na te spremembe je širok. Največ uspeha pa dosežemo s kombinacijo različnih ukrepov v sami tehnologiji pridelave. Ti ukrepi so lahko prilagojen datum setve in žetve, ustrezno gnojenje, izbira sorte ali hibrida kulturne rastline, ki je prilagojen na nove okoljske razmere, zamenjava vrste gojene kulturne rastline, uvajanje namakanja na površinah, v zavarovanih prostorih pa senčenje in hlajenje le-teh.

Gerčer (2022) navaja, da se invazivne vrste rastlin ponašajo, s tako imenovanim invazijskim potencialom, ki jim omogoča, da se uspešno razmnožujejo in širijo v naravi. Invazijski potencial razvijejo, ko se pojavijo v konkurenčno šibkejšem tujem okolju. Potencial izkazujejo z ogromnim številom semen ali pa z uspešnim vegetativnim razmnoževanjem.

Strategije omejevanja širjenja tujerodnih rastlinskih vrst temeljijo na preprečevanju semenjenja teh vrst ali na preprečevanju širjenja vegetativnih delov rastlin. Pri širjenju invazivnih živalskih vrst pa je velikega pomena preprečevanje vnosa teh organizmov v državo. Ostali ukrepi omejevanja širjenja so lahko popolnoma neuspešni, v kolikor niso izvedeni ustrezno in pravočasno.



Slika 1: travniška površina preraščena z zlato rozgo



Slika 2: širjenje zlate rozge na travnik

3. Fitofarmacevtska sredstva

V okviru skupne kmetijske politike Evropske unije se udejanjajo ambiciozne zakonodajne in politične usmeritve, katerih primarni cilj je sistemsko zmanjševanje uporabe in tveganja fitofarmacevtskih sredstev (FFS). Slovenija te usmeritve integrira v svoj pravni red preko Nacionalnega akcijskega programa za doseganje trajnostne rabe FFS (NAP). Ta strateški dokument opredeljuje nabor ukrepov za zmanjšanje negativnih vplivov rabe FFS na javno zdravje, biotsko raznovrstnost in naravne vire.

Vsaki 5 let Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin pripravi poročilo o uspešnosti Republike Slovenije pri doseganju zelenih ciljev zadanih v NAP. V poročilu iz leta 2024 ocenjujejo, da trend prodaje FFS v Sloveniji pada, povečuje pa se izvajanje ukrepov integriranega varstva rastlin v kmetijski pridelavi.

Prenehanje veljavnosti registracij posameznih aktivnih snovi na trgu ima tudi v Sloveniji vpliv na to, da se zmanjšuje uporaba FFS. Posebnost našega trga s FFS pa je tudi, da je za proizvajalce naš trg premajhen in v Sloveniji na tržišču niso dostopna vsa fitofarmacevtska sredstva, ki so pri nas registrirana.

Omejen nabor dostopnih sredstev neposredno ogroža izvajanje antirezistentnih strategij. Uspešno preprečevanje pojava odpornosti škodljivih organizmov namreč temelji na dosledni rotaciji aktivnih snovi z različnimi mehanizmi delovanja. Ker pridelovalci nimajo več zadostne izbire med različnimi kemičnimi skupinami, se povečuje selekcijski pritisk na preostala sredstva, kar vodi v začaran krog zmanjšane učinkovitosti varstva in večjega tveganja za izpad pridelka.

V obdobju zadnjih dvajsetih let se je trg fitofarmacevtskih sredstev korenito spremenil. Če pogledamo celotno sliko, ugotovimo, da se cene niso zvišale le zaradi inflacije, temveč so nanje vplivale spremembe v evropski kmetijski politiki in globalni energetski trgi. V tem obdobju se je povprečna cena FFS v Sloveniji povečala za približno 55 % do 65 %. K dvigu cen so prispevali tudi povečani stroški prevoza in omejena dostopnost surovin iz Azije (zlasti Kitajske).

4. Integrirano varstvo rastlin

Integrirano varstvo rastlin (IVR) je bilo razvito za potrebe obvladovanja škodljivih organizmov (ŠO), ki naj ne bi bilo odvisno izključno od uporabe kemičnih snovi. IVR pomeni sistematično in načrtno obvladovanje ŠO in združuje različne pristope zdravstvenega varstva rastlin v celovit, trajnostno naravnan program, ki temelji na kombinaciji biotičnih, obdelovalno gojitvenih, fizikalnih, biotehničnih in kemijskih načinov varstva rastlin, z namenom zmanjševanja tveganja za gospodarnost kmetijske pridelave ter zdravja ljudi in okolja (Blažič, M. in sod. 2022).

IVR temelji na detekciji, identifikaciji in kar se da natančni opredelitvi velikosti populacije ŠO ter

na oceni gospodarske škode, ki jo ti organizmi lahko povzročijo. Najpomembnejše načelo IVR namreč je, da posežemo po uporabi FFS šele, ko drugi ukrepi za obvladovanje ŠO ne zadoščajo, vendar uporabljamo manj strupene in hitreje razgradljive dovoljene pripravke (Blažič, M. in sod. 2022).



Slika 2: 8 temeljnih načel integriranega varstva rastlin

Med metode z nizkim tveganjem spadata tudi uporaba biotičnega varstva in uporaba FFS na osnovi mikroorganizmov.

Rastline se, tako kot vsi višji organizmi, za obrambo pred škodljivci in patogeni zanašajo na več strategij. Prvo linijo samoobrambe nadzoruje prirojeni imunski sistem rastline, ki deluje v skladu z genetskim načrtom, ki rastlinam omogoča zaznavanje signalov in aktiviranje njihovih induciranih obrambnih mehanizmov (Flors, V. in sod., 2024). Posredno inducirano odpornost v rastlinah lahko sprožijo molekule, ki jih pridobivamo iz rastlinskih izvlečkov, gliv, bakterij, celičnih sten, sekundarnih metabolitov, fitohormonov ali celo anorganskih spojin in fizikalnih dražljajev.

Flors V. in sod (2024) navajajo tudi, da indukcija obrambnih mehanizmov rastlin pomeni, da je bil aktiviran sekundarni metabolizem rastlin, ki vključuje biosintezo več bioaktivnih spojin z aktivnostmi, ki spodbujajo zdravje, kot so polifenoli, karotenoidi, flavonoidi, fitoestrogeni in aktivnost več antioksidativnih encimov. Tako izzivanje IR, čeprav spodbuja obrambne mehanizme rastlin, pogosto povzroči višje ravni teh bioaktivnih fitokemijskih spojin v sadju, zelenjavi in zeliščih.

Zdravje tal in pestrost mikroorganizmov v tleh ima velik vpliv na odpornost rastline, tudi direktno. Koristni mikroorganizmi lahko zasedejo ves prostor na površini korenin in uporabijo razpoložljiva hranila, tako da za patogene glive in bakterije ne ostane nič. Mnogi talni mikroorganizmi izločajo naravne antibiotike in encime, ki neposredno uničujejo stene škodljivih gliv. Organizmi v tleh lahko rastlinam pomagajo tudi v ekstremnih vremenskih razmerah in zmanjšajo stres.

V trajnostnem kmetijstvu se medsetve križnic (Brassicaceae), kamor uvrščamo belo gorjušico, oljno redkev, ogrščico in različne tipe rep, uveljavljajo kot agrotehnični ukrep za biološko sanacijo tal. Zaradi svojih specifičnih lastnosti te rastline delujejo kot naravni »čistilci tal«, njihov vpliv na zdravje naslednjih ali sosednjih kultur pa temelji na sinergiji kemičnih procesov in fizične izboljšave talne strukture. Najizrazitejši fitosanitarni učinek križnic je proces biofumigacije. Te rastline v svojih tkivih sintetizirajo sekundarne metabolite, imenovane glukozinolati. Ob mehanski poškodbi rastlinske mase (sekljanju) in vnosu v vlažna tla pride do encimske reakcije, pri kateri se sprostijo hlapne snovi — izotiocianati. Ti delujejo kot naravni biopesticidi s širokim spektrom delovanja.

Raziskave potrjujejo, da biofumigacija znatno zmanjša populacije nevarnih talnih patogenov.

Integrirano varstvo rastlin ni več izbira, temveč standard. Zahteva pa premik v razmišljanju: od reaktivnega reševanja težav k proaktivnemu načrtovanju zdravja rastlin. To vključuje boljše poznavanje biologije tal, dosledno kolobarjenje, izbiro odpornih sort in nenehno izobraževanje pridelovalcev.

5. Pametne rešitve in digitalizacija

Sodobne tehnologije v varstvu rastlin predstavljajo prehod od konvencionalnega tretiranja kmetijskih površin k preciznemu kmetijstvu. Digitalizacija omogoča fitosanitarne ukrepe na nivoju mikrolokacije ali celo posamezne rastline.

Avtomatizirani sistemi za spremljanje omogočajo detekcijo tveganj pred pojavom vidnih morfoloških simptomov okužbe. Napredne senzorske mreže kontinuirano spremljajo parametre, kot so temperatura, relativna zračna vlaga in omočenost listne mase. Zbrani podatki služijo kot vhodni podatki za napovedne modele, ki izračunavajo infekcijski pritisk za patogene, kot sta krompirjeva plesen (*Phytophthora infestans*) ali jablanov škrlup (*Venturia inaequalis*).

V avtomatiziranih feromonskih pasteh so vgrajene kamere visoke ločljivosti, ki omogočajo identifikacijo populacij škodljivcev v realnem času. Digitalni prenos podatkov pridelovalcem omogoča takojšen vpogled v stanje na njegovi površini, ne glede na to, kje se pridelovalec nahaja. Avtomatizacija ga lahko opozori o preseganju pragov gospodarske škode. Posledično je ukrepanje proti škodljivcem lahko pravočasno.

Javna služba zdravstvenega varstva rastlin izvaja naloge s področja spremljanja, opazovanja in napovedovanja pojava bolezni in škodljivcev rastlin (prognoza škodljivih organizmov). Za napoved pojava bolezni in škodljivcev se poslužujejo tudi zgoraj opisanih orodij. V okviru prognoze javna služba obvešča pridelovalce in jih usmerja k primernim varstvenim ukrepom za obvladovanje bolezni in škodljivcev rastlin.

Uporaba satelitskih podatkov in brezpilotnih letalnikov, opremljenih z multispektralnimi senzorji, omogoča spremljanje zdravstvenega stanja posevkov. Analiza pridobljenih podatkov omogoča identifikacijo fiziološkega stresa, ki je lahko posledica pomanjkanja hranil, abiotičnih dejavnikov ali zgodnjih faz infekcij. Na podlagi interpretacije podatkov se ustvarijo zemljevidi, ki krmilijo naprave za variabilno nanašanje, s čimer se optimizira doziranje FFS glede na dejansko potrebo na posameznih delih parcele.



Slika 3: Traktorska škropilnica

Inovacije na področju aplikativne tehnike omogočajo drastično zmanjšanje porabe FFS in zmanjšanje zanašanja sredstev v okolje. Moderni škropilni sistemi s pomočjo optičnih senzorjev selektivno aktivirajo šobe le ob detekciji tarče (plevela ali krošnje drevesa), kar je ključno za

zmanjšanje izgub v trajnih nasadih. Uvajanje avtonomnih platform za mehansko zatiranje plevela ali ciljno uničevanje škodljivcev z usmerjeno energijo (laserji) predstavlja alternativo kemičnim metodam varstva.

V Sloveniji se tehnologije precizne aplikacije in robotika že aktivno uvajajo, vendar je njihova razširjenost odvisna od sektorja kmetijstva. Glavne ovire za hitrejšo širitev v Sloveniji so majhnost in razdrobljenost parcel, visoka investicija ter potrebno tehnično znanje.

6. Pogled v prihodnost

Zdravstveno varstvo rastlin se nahaja na prelomnici, kjer tradicionalni načini pridelave ne zadoščajo več za spopadanje s kompleksnimi okoljskimi in regulativnimi pritiski. Podnebna nestabilnost in nujno zmanjševanje odvisnosti od kemičnih sredstev zahtevata holističen pristop, ki v središče postavlja zdravje celotnega kmetijskega ekosistema.

Uveljavljanje integriranega varstva rastlin (IVR) predstavlja ključen korak k trajnosti. Kot smo videli, lahko s pametno izrabo naravnih procesov – od spodbujanja talnega mikrobioma in uporabe križnic za biološko sanacijo tal do krepitev inducirane odpornosti rastlin – bistveno zmanjšamo potrebo po kemičnih intervencijah. Vendar pa naravni procesi sami po sebi ne bodo dovolj; podpreti jih moramo z najsodobnejšimi tehnološkimi rešitvami.

Digitalizacija in precizno kmetijstvo ponujata orodja, ki pridelovalcem omogočajo večjo natančnost, manjše stroške in manjši okoljski odtis. Čeprav se slovensko kmetijstvo pri uvajanju robotike in naprednih digitalnih sistemov sooča s strukturnimi izzivi, kot sta razdrobljenost posesti in potreba po novih znanjih, je razvoj v to smer neizbežen in nujen.

Za uspešno prihodnost bo odločilno tesno sodelovanje med raziskovalnimi institucijami, javnimi službami in pridelovalci. Le s hitrim prenosom znanja s področja novih dognanj v neposredno prakso bomo lahko zagotovili stabilno pridelavo kakovostne in varne hrane, ki bo skladna z visokimi okoljskimi standardi in pričakovanji družbe. Varstvo rastlin prihodnosti je torej preplet biologije, tehnologije in modrosti trajnostnega upravljanja z viri.

Nepredvidljivost nas sili v nenehno prilagajanje, inovativnost nam daje orodja, trajnost določa pravila igre. Prihodnost ni v iskanju ene čudežne rešitve, temveč v prožnem in celostnem upravljanju agroekosistemov.

7. Viri

Aremu, A.O., Omogbene, T.O., Fadiji, T. *et al.* Plants as an alternative to the use of chemicals for crop protection against biotic threats: trends and future perspectives. *Eur J Plant Pathol* 170, 711–766 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02924-y>

Balaska, V.; Adamidou, Z.; Vryzas, Z.; Gasteratos, A. Sustainable Crop Protection via Robotics and Artificial Intelligence Solutions. *Machines* 2023, 11, 774. <https://doi.org/10.3390/machines11080774>

Blažič, M. in sodelavci. Temeljna načela dobre kmetijske prakse varstva rastlin in varne rabe fitofarmacevtskih sredstev : študijsko gradivo za usposabljanje uporabnikov, distributerjev in svetovalcev. urednik Primož Žigon. - Ljubljana : Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin : Kmetijski inštitut Slovenije. 2022

Flors V, Kyndt T, Mauch-Mani B, Pozo MJ, Ryu C-M and Ton J. Enabling sustainable crop protection with induced resistance in plants. *Front Sci* (2024) 2:1407410. doi: 10.3389/fsci.2024.1407410

Gerčer, A. Vpliv podnebnih sprememb na invazivne vrste rastlin in živali. B. Pajk (ur.), Hortikultura – možnosti, priložnosti, prenos dobre prakse, zbornik 11. strokovnega posveta s temo RASTLINE IN PODNEBNE SPREMEMBE. 2022. (str. 84-90)

Kaur, B. *et al.* Potential Effects of Future Climate Changes in Pest Scenario. In: Naorem, A., Machiwal, D. (eds) Enhancing Resilience of Dryland Agriculture Under Changing Climate. Springer, Singapore. (2023). https://doi.org/10.1007/978-981-19-9159-2_22

Nacionalni akcijski program za doseganje trajnostne rabe fitofarmacevtskih sredstev in Poročila o napredku. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. <https://www.gov.si teme/nacionalni-akcijski-program-za-doseganje-trajnostne-rabe-fitofarmacevtskih-sredstev/> (8.1.2026)

Pravilnik o uporabi fitofarmacevtskih sredstev. Uradni list RS, št. 73/25 in 86/25 – popr.

Precizno kmetijstvo in digitalizacija za bolj trajnostno pridelavo poljščin in zelenjave. <https://www.kgzs-ms.si/wp-content/uploads/2025/07/EIP-Precizno-prirocnik.pdf>. (8.1.2026)

Trapview. <https://trapview.com/sl/>. (8.1.2026)

TRAJNOSTNO VARSTVO ZELENJADNIC: NOVI ŠKODLJIVI ORGANIZMI IN INOVATIVNI PRISTOPI ZA PRIHODNOST

SUSTAINABLE VEGETABLE CROP PROTECTION: NEW HARMFUL ORGANISMS AND INNOVATIVE APPROACHES FOR THE FUTURE

Anja Žužej Gobec

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje

anja.zujej.gobec@hvu.si

Povzetek

V zadnjih desetletjih se je evropsko vrtnarstvo znašlo pred številnimi izzivi: vse pogostejši so vnosi invazivnih škodljivih organizmov, raba kemičnih fitofarmaceutskih sredstev (FFS) se zaradi regulativnih omejitev zmanjšuje, prehranske navade potrošnikov pa zahtevajo več lokalno pridelane zelenjave z nizkimi ostanki aktivnih snovi. Hkrati globalne podnebne spremembe spreminjajo razmere za rastline in škodljive organizme, kar vpliva na njihovo fenologijo, prezimitev in hitrost razmnoževanja.

Besedilo obravnava ključne trende in tveganja na področju varstva zelenjadnic v Evropi ter izpostavlja najpomembnejše primere novih škodljivih organizmov, ki že povzročajo gospodarsko škodo ali pa se lahko v prihodnosti razširijo tudi v slovensko pridelavo. Posebej poudarja vpliv evropske zakonodaje in ciljev Evropskega zelenega dogovora na zmanjševanje uporabe pesticidov ter posledice za pridelovalce. V nadaljevanju so predstavljeni inovativni pristopi, ki lahko nadomestijo del kemičnega varstva: biotično varstvo, uporaba odpornih sort in genskih virov, digitalno spremljanje škodljivcev z umetno inteligenco, feromoni ter biostimulanti.

Ključne besede: integrirano varstvo rastlin, koristni organizmi, zmanjšanje uporabe FFS, invazivni tujerodni škodljivi organizmi, spremenjene prehranske navade, inovativni pristopi varstva rastlin.

Abstract

In recent decades, European horticulture has faced a range of challenges: the introduction of invasive harmful organisms has become more frequent, the use of chemical plant protection products (PPPs) has been declining due to regulatory restrictions, and changing consumer dietary habits are driving demand for more locally produced vegetables with low pesticide residues. At the same time, global climate change is altering conditions for plants and harmful organisms, affecting their phenology, overwintering, and reproduction rates.

This paper discusses key trends and risks in vegetable crop protection in Europe and highlights the most important examples of new harmful organisms that are already causing economic damage or may spread to Slovenian production in the future. Particular emphasis is placed on the impact of European legislation and the objectives of the European Green Deal on reducing pesticide use and the consequences for growers. The paper also presents innovative approaches that can replace part of chemical control, including biological

control, the use of resistant varieties and genetic resources, digital pest monitoring supported by artificial intelligence, pheromones, and biostimulants.

Keywords: integrated pest management, beneficial organisms, reduction in PPP use, invasive alien harmful organisms, changing dietary habits, innovative plant protection approaches.

1. Uvod

Sodobna pridelava zelenjadnic v Evropi se sooča z vedno zahtevnejšimi izzivi na področju varstva rastlin. Zaradi globalizirane trgovine in podnebnih sprememb narašča tveganje za pojav novih škodljivih organizmov na območjih, kjer jih prej ni bilo [1]. Toplejše zime in daljša poletja prispevajo k večji preživitveni sposobnosti ter številčnosti škodljivcev in povzročiteljev bolezni, zato se napadi pojavljajo pogosteje in so intenzivnejši. Posledično pridelovalci zelenjave opažajo porast invazivnih škodljivcev in novih bolezni, ki lahko ogrozijo pridelek in ekonomsko stabilnost pridelave.

Hkrati se v Evropski uniji zastrujejo zahteve po zmanjševanju uporabe kemičnih FFS. Evropski zeleni dogovor in strategija »Od vil do vilic« predvidevata kar 50-odstotno zmanjšanje uporabe in tveganja kemičnih pesticidov do leta 2030 [2]. Število dovoljenih aktivnih snovi se zmanjšuje, številne se umikajo s trga. Ta dvojni pritisk – več škodljivih organizmov ob manjši razpoložljivosti kemičnih sredstev – od pridelovalcev zahteva prehod na trajnostne pristope varstva rastlin.

Čeprav je integrirano varstvo rastlin (IVR) zakonsko uveljavljeno kot okvir za trajnostno zatiranje škodljivih organizmov (ŠO), v praksi pogosto primanjkuje dovolj učinkovitih in finančno vzdržnih nekemičnih metod. Razvoj in uporaba alternativ (odporne sorte, mehanske in fizikalne metode, digitalno spremljanje, biotično varstvo) postajata nujna za zagotavljanje dolgoročne kmetijske produktivnosti in varstva okolja.

Vse bolj se uveljavljajo inovativni pristopi varstva zelenjadnic, ki temeljijo na ekoloških načelih. Biotično varstvo rastlin – uporaba živih koristnih organizmov (naravnih sovražnikov škodljivcev, antagonistov bolezni) – ter agroekološki ukrepi, kot so kolobarjenje, medvrstne zasaditve in varovanje habitatov opraševalcev in predatorjev, obetajo učinkovitejše obvladovanje škodljivcev ob manjši rabi pesticidov.

2. Novi škodljivi organizmi prihajajo v evropo

S globalizacijo trgovine in podnebnimi spremembami se je v Evropi v zadnjih dveh desetletjih pojavil val novih škodljivih organizmov. Med najodmevnejšimi primeri je južnoameriški paradižnikov molj (*Tuta absoluta*), prvič zaznan leta 2006 v Španiji. V nekaj letih se je razširil po vsem sredozemskem prostoru in lahko brez ukrepanja povzroči do 80–100 % izgube pridelka paradižnika. [3]

Podoben primer je azijska vinska mušica (*Drosophila suzukii*), invazivna vrsta, ki je v Evropo prispela okoli leta 2008 in bila v naslednjih letih zaznana v več državah. Povzroča izpad pridelka pri jagodičju in sadju, saj odlaga jajčeca v zdrave plodove, ki zaradi razvijajočih se ličink gnijejo [3].

Med nove škodljivce sodi tudi marmorirana smdljivka (*Halyomorpha halys*), invazivna stenica iz Vzhodne Azije, prvič odkrita leta 2007 v Švici [3]. V naslednjih letih se je razširila v številne države in povzroča škodo na sadju ter vrtninah.

Poleg žuželk se pojavljajo novi povzročitelji bolezni. Leta 2018 se je v evropskih rastlinjakih pojavil nevaren virus rjave grbančavosti plodov paradižnika (Tomato brown rugose fruit virus, ToBRFV),

prvič opažen v Nemčiji in kasneje v drugih državah, kar je sprožilo izredne fitosanitarne ukrepe [3].



Slika 1: Novi škodljivi organizmi, ki ogrožajo pridelavo zelenjadnic v Evropi.
Vir: [3].

3. Vpliv spremenjenih prehranskih navad na izbor gojenih kultur

Prehranske navade potrošnikov v Evropi se spreminjajo v smeri bolj rastlinske in trajnostne prehrane. V zadnjih letih upada poraba rdečega mesa, medtem ko narašča zanimanje za zelenjavo, stročnice in druge rastlinske vire beljakovin. To se odraža v povečani potrebi po pridelavi sadja in zelenjave v EU, ob hkratnem zmanjševanju povpraševanja po nekaterih živalskih proizvodih.

Potrošniki zahtevajo večjo pestrost vrtnin skozi vse leto ter v prehrano vključujejo nove vrste. Na evropskem trgu narašča povpraševanje po batatah (sladkem krompirju), avokadu in nekaterih »pozabljenih« ali nišnih vrtninah (ohrovt, artičoke, azijske listnate zelenjave) [4]. Povečano povpraševanje spodbuja domače pridelovalce k uvajanju teh kultur – bodisi na prostem, v zavarovanih območjih ali v hidroponiki.

Zdravstveni in okoljski trendi (lokalno pridelana hrana, ekološka pridelava, manj zavržene hrane) vplivajo tudi na pridelovalne sisteme. Potrošniki vedno bolj cenijo zelenjavo, pridelano brez sintetičnih pesticidov in z manjšim ogljikovim odtisom. To povečuje interes za lokalno pridelavo v vseh letnih časih, kar spodbuja naložbe v rastlinjake in visoko tehnološko kmetijstvo. Vrtnarji so tako pred nalogo, da prilagodijo kolobar in sortiment: več površin za zelenjavo in beljakovinske poljščine ter manj monokultur žit ali krmnih rastlin.

Povečanje pridelave zelenjave bo zahtevalo tudi prilagoditve v varstvu rastlin, saj se lahko pojavijo novi škodljivci na novih kulturah ter drugačna dinamika bolezni v intenzivnejših vrtnarskih sistemih.

4. Zmanjševanje uporabe kemičnih ffs v eu in posledice

Evropska unija je v zadnjih letih bistveno zaostрила regulativo na področju FFS z namenom varovanja zdravja ljudi in okolja. Število dovoljenih aktivnih snovi za pesticidna sredstva se je v primerjavi z devetdesetimi leti prejšnjega stoletja močno zmanjšalo – po uvedbi Uredbe (ES) št. 1107/2009 so mnoge aktivne snovi umaknili s trga [5].

V okviru strategije »Od vil do vilic« je zastavljen cilj, da se do leta 2030 prepolovi uporaba in tveganje kemičnih pesticidov v EU [3]. Predlagana nova Uredba o trajnostni rabi FFS uvaja pravno zavezujoče cilje zmanjšanja rabe pesticidov za 50 % ter obvezno izvajanje integriranega varstva rastlin v vseh državah članicah [5]. Kemična sredstva naj bi postala skrajno sredstvo – uporabljena le, ko vse alternativne metode ne zadoščajo [5].

Prehod k manjši uporabi pesticidov ima več posledic v praksi. Pozitivno se odraža v manjši obremenitvi okolja s strupi, manj ostankih pesticidov v živilih in spodbujanju razvoja biotičnih sredstev ter preciznega kmetijstva. Hkrati pa kmetje poročajo o težavah pri zatiranju nekaterih škodljivcev in bolezni, saj je z umikom učinkovitih kemikalij nabor možnosti varstva ožji.

Zgovoren primer je prepoved neonikotinoidnih insekticidov za obdelavo semena in ponoven izbruh virusnih rumenic na sladkorni pesi v Evropi. Po prepovedi neonikotinoidov leta 2018 so pridelovalci pese ostali brez učinkovite zaščite pred listnimi ušmi; posledično so se pojavile hude okužbe z virusnimi rumenicami, ki so v nekaterih državah povzročile tudi do 50 % izgube pridelka [6]. Ker ustreznih alternativ ni bilo, so morale nekatere države izdati izredna dovoljenja za omejeno uporabo prepovedanih insekticidov. Takšni primeri kažejo, da nenadna prepoved pesticidov lahko ogrozi pridelek, če ni na voljo pripravljenih nadomestnih strategij varstva rastlin.

Druga posledica zmanjšanja razpoložljivih FFS je povečana potreba po znanju in podpori pri uporabi alternativnih metod. Pridelovalci morajo bolje poznati biologijo škodljivcev in bolezni ter se usposobiti za izvajanje integriranih ukrepov (opazovanje in napoved, uporaba naravnih sovražnikov, agrotehnične in mehanske metode). Ključno je tudi sodelovanje z žlahtnitelji pri izbiri odpornih sort ter z inovativnimi podjetji, ki razvijajo digitalna orodja za napovedovanje pojava škodljivcev.

5. Prihodnji pristopi v varstvu zelenjadarstva

Zaradi opisanih trendov – prihoda novih škodljivcev, večjega poudarka na zelenjavi in omejevanja kemije – se varstvo rastlin v pridelavi zelenjave razvija v smeri trajnostnih in inovativnih pristopov. V ospredje stopajo biotično varstvo, integrirano varstvo, digitalno spremljanje, odporne sorte ter nove tehnologije, kot so biostimulanti, feromoni in umetna inteligenca.

Ti pristopi bodo pomembni v vseh treh sistemih pridelave: na prostem, v rastlinjaki ter v urbanih visokotehnoloških obratih.

5.1 Biotično varstvo in integrirano varstvo rastlin

Biotično varstvo pomeni uporabo živih organizmov – naravnih sovražnikov – za zatiranje škodljivcev. Ta pristop je posebej uspešen v zaščitnih prostorih (rastlinjaki), kjer se komercialno uporabljajo plenilci in parazitoidi za zatiranje škodljivcev na paradižniku, papriki, kumarah ipd.

V regiji Almería v Španiji, enem največjih evropskih središč pridelave zelenjave v rastlinjaki, so se pridelovalci v začetku 2000-ih soočili z odpornostjo škodljivcev (rastlinjakov ščitkar, paradižnikov molj) zaradi pretirane uporabe širokospektralnih insekticidov. Rešitev so našli v prehodu na biotično varstvo: množično so začeli vnašati parazitoidno osico *Encarsia formosa* za ščitkarja in plenilsko stenico *Nesidiocoris tenuis* za molje in tripsa, ob tem pa uvedli še druge metode IVR (lepljive vabe, mreže, natančno spremljanje populacij) [7]. Posledično so močno zmanjšali uporabo nevarnih insekticidov in škodljivce obvladovali na trajnosten način. V pridelavi na prostem je uvajanje biotičnega varstva zahtevnejše, a tudi tu se uveljavljajo nekatere prakse (npr. izpusti parazitoidov rodu *Trichogramma* v kapusnicah, uporaba plenilskih pršic v jagodičevju v tunelih). Ključno je ohranjanje naravnih sovražnikov z varstvom habitatov (mejice, cvetoči pasovi) in zmanjšanje neselektivnih škropljenj.

Integrirano varstvo rastlin (IVR) kot celovit pristop združuje uporabo odpornih sort, kolobarjenje, časovno prilagojeno setev, mehanske in fizikalne metode (zastirke, mreže, visoke grede) ter ciljno, premišljeno uporabo kemičnih sredstev le ob preseženih pragovih škodljivosti. Novi evropski predpisi zahtevajo, da profesionalni uporabniki FFS izvajajo načela IVR, pri čemer imajo prednost nekemične metode [2].

5.2 Digitalno spremljanje in umetna inteligenca pri varstvu rastlin

Napredek v senzoriki, računalniškem vidu in umetni inteligenci (AI) prinaša revolucijo v spremljanje škodljivcev in bolezni. Digitalno spremljanje vključuje samodejne sisteme, ki zaznavajo prisotnost škodljivcev v posevku v realnem času. Na trgu so pametne feromonske pasti s kamerami, ki z računalniškim vidom prepoznajo ulovljene insekte in podatke pošiljajo v oblak, kjer jih AI analizira [8].



Slika 2: Pametne feromonske pasti s kamero in samodejnim prepoznavanjem ulova.

Vir: [9]

Droni in sateliti, opremljeni z multispektralnimi kamerami, lahko zaznajo začetne znake poškodb na rastlinah ter identificirajo žarišča škodljivcev ali infekcij, še preden jih opazi človeško oko.



Slika 3: Dron z multispektralno kamero za zaznavanje poškodb na posevkih.

Vir: [10]

Prednost digitalnega spremljanja je v zelo zgodnjem odkrivanju in natančni lokalizaciji težav, kar omogoča ciljno ukrepanje in zmanjša potrebo po preventivnih škropljenjih. AI lahko tudi napoveduje dinamiko škodljivcev na osnovi vremenskih podatkov in zgodovinskih vzorcev, kar pomaga pri pravočasnem izvajanju ukrepov (npr. napoved rojenja metuljev določene vrste).

5.3 Uporaba odpornih sort in genski viri

Genetska odpornost rastlin proti škodljivcem in boleznim je temelj trajnostnega varstva rastlin. Izbira odpornih ali tolerantnih sort lahko močno zmanjša pojav škodljivcev ali omeji škodo ter posledično zmanjšuje potrebo po kemiji. V zelenjadarstvu je bilo veliko napredka pri žlahtnjenju odpornosti na bolezni, npr. sorte paradižnika odporne na virus mozaika ali sorte solate odporne na solatno listno uš in plesen.

Odpornost ni nujno trajna – škodljivci in patogeni se lahko prilagodijo (novi sevi bolezni, prilagojene populacije škodljivcev). Zato so pomembni stalno spremljanje učinkovitosti sortne odpornosti in širša uporaba genskih virov. [11]

5.4 Inovativne metode: biostimulanti, feromoni in AI

Med inovativne pristope sodijo tudi biostimulanti in snovi, ki povečujejo odpornost rastlin, ter feromoni za zavajanje škodljivcev.

Biostimulanti (izvlečki morskih alg, huminske kisline, koristne bakterije) primarno spodbujajo rast in odpornost rastlin na stres. Nekateri sprožijo obrambne mehanizme v rastlini in jo pripravijo, da se učinkoviteje ubrani pred škodljivci in patogeni. Drugi izboljšujejo splošno vitalnost in toleranco na abiotični stres (suša, vročina), kar posredno zmanjša občutljivost na nekatere škodljivce. [12].

Feromoni so dobro uveljavljeni v monitoringu škodljivcev in vedno pomembnejši pri neposrednem zatiranju. V sadjarstvu in vinogradništvu se feromonska motnja parjenja uporablja proti nekaterim moljem, v zelenjadarstvu pa predvsem za množični ulov škodljivcev, npr. paradižnikovega molja *Tuta absoluta*. Feromonsko lovljenje samo morda ni dovolj za popolno zaščito pridelka, je pa zelo učinkovito kot del integrirane strategije v kombinaciji z drugimi ukrepi [13].

Končno se AI preizkuša tudi v avtomatiziranem zatiranju škodljivcev. Razvijajo se roboti za avtonomno odstranjevanje plevela, ki s strojno vidno prepoznajo plevel in ga mehansko odstranijo ali lasersko ožge.



Slika 4: Avtonomni robot za mehansko odstranjevanje plevela med vrstami zelenjave.

Vir: [14]

V rastlinjakih so prototipi robotov, ki zaznajo in locirajo okužene rastline (npr. z pepelasto plesnijo) ter jih ciljno poškrbijo z biološkim sredstvom ali odstranijo, še preden se bolezen razširi.



Slika 5: Prototip robota v rastlinjaku, ki z računalniškim vidom prepoznava okužene rastline in izvaja ciljno tretiranje.

Vir: [15]

6. Zaključek

Evropsko zelenjadarstvo se nahaja v obdobju hitrih in prepletenih sprememb, kjer se tveganja za pridelavo povečujejo, hkrati pa se ožijo možnosti klasičnega kemičnega ukrepanja. Globalna trgovina in podnebne spremembe pospešujejo vnose invazivnih škodljivih organizmov ter spreminjajo dinamiko že prisotnih škodljivcev in bolezni, kar se odraža v pogostejših in intenzivnejših izbruhih. Vzporedno evropska zakonodaja in cilji Evropskega zelenega dogovora ter strategije »Od vil do vilic« usmerjajo k zmanjševanju uporabe pesticidov, kar pomeni, da mora varstvo zelenjadnic vse bolj temeljiti na znanju, preventivi in kombiniranju več ukrepov.

Prihodnost varstva rastlin v zelenjadarstvu je tesno povezana z razvojem in razširitvijo nekemičnih pristopov ter z večjo vlogo sistemov zgodnjega odkrivanja. Biotično varstvo, sortna odpornost, biotehnične metode (npr. feromoni) ter digitalno spremljanje in podpora odločanju predstavljajo ključne gradnike sodobnega integriranega varstva rastlin. Njihova učinkovitost pa je odvisna od razumevanja ekosistemskih odnosov, stalnega spremljanja stanja v nasadih in sposobnosti prilagajanja ukrepov novim razmeram ter novim škodljivim organizmom.

7. Viri

- [1] Mednarodno leto zdravja rastlin 2020 – Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
- [2] Zelena Slovenija (ESG 189–190): Zelo različno o uporabi fitofarmacevtskih sredstev, glifosat ostaja.
- [3] IVR.si. *Karantenski škodljivi organizmi*. [splet]. Dostopno na: <https://www.ivr.si/skodljivi-organizmi/karantenski-skodljivi-organizmi> (dostop: 21. 12. 2025).
- [4] CBI (2024). Demand for fresh fruit and vegetables on the European market.
- [5] EVROPSKA KOMISIJA. *Strategija »od vil do vilic«* [PDF]. December 2019. DOI: 10.2775/681786. Dostopno na: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/NOVICE/clanek/Strategija-od-vil-do-vilic.pdf> (pridobljeno: 18. 12. 2025)
- [6] Ragus Sugars (2020). The EU's ban on neonicotinoids: two years on.
- [7] CABI BioProtection Portal (2025). Biocontrol on greenhouse vegetables in Almería, Spain.
- [8] Znanstveni pregledni članki: Unravelling the use of artificial intelligence in management of insect pests (ScienceDirect, 2024) in sorodne objave o YOLO/računalniškem vidu v entomologiji.
- [9] TRAPVIEW. *Pametna rešitev za spremljanje škodljivcev (Trapview Scouting)*. Dostopno na: trapview.com/sl/scouting (dostop: 13. 12. 2025).
- [10] ONEDRONE. *Multispektralna analiza (sateliti/droni, NDVI)*. Dostopno na: onedrone.com/sl/reitve/multispektralna-analiza (dostop: 13. 12. 2025).
- [11] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas* [PDF]. Rome: FAO, 2013. Dostopno na: <https://www.fao.org/4/i3284e/i3284e.pdf> (dostop: 12. 12. 2025).
- [12] Impello Biosciences (2023). How biostimulants improve plant stress tolerance.
- [13] Biondi, A., idr. (2018). Pheromone-based management strategies to control Tuta absoluta.
- [14] AGROROBOTIKA (Tineva d. o. o.). *FarmDroid FD20 – robot za setev in mehansko odstranjevanje plevela* [spletna stran]. Dostopno na: <https://agrorobotika.si/> (dostop: 13. 12. 2025)
- [15] grobiznis (Finance) – Roboti prav kmalu tudi v slovenskih rastlinjaki s paradižniki (objava 23. 10. 2025), agrobiznis.finance.si (dostop: 13. 12. 2025)

PROBLEMATIKA RAZŠIRJENOSTI INVAZIVNEGA POLŽA (*Arion vulgaris*)

THE PROBLEM OF THE SPRED OF INVASIVE SNAILS (*Arion vulgaris*)

Magda Guček
Šolski center Šentjur, Slovenija
magda.gucek@sc-s.si

Povzetek

Invazivni polž Arion vulgaris ogroža ekosisteme, pridelek in biotsko pestrost. Zaradi razširjenosti in škode je bila preučena učinkovitost različnih metod njegovega zatiranja. Raziskava je z anketiranjem 18 pridelovalcev različnih kultur preučevala pojavnost, škodo in metode zatiranja invazivnega polža Arion vulgaris. Med anketiranimi so prevladovali vrtničkarji, najpogosteje pa pridelujejo solato, paradižnik, krompir, čebulo ter jabolka in jagode. Španski lazar povzroča škodo pri vseh pridelovalcih, najpogosteje od aprila do oktobra, z vrhuncema spomladi in jeseni. Več kot polovica ocenjuje, da bi škoda brez zatiranja preseгла 31 %. Najpogostejša metoda je ročno pobiranje, sledijo ekološki pripravki, mehanske prepreke, race indijske tekačice in kemična sredstva. Stroški zatiranja so večinoma nizki, del anketirancev pa poroča o višjih izdatkih. Uporaba indijskih tekačic se je izkazala za učinkovito, vendar zahteva ustrezno oskrbo ter zaščito pred plenilci in tveganji, povezanimi s prehranjevanjem. Vsi uporabniki rac ocenjujejo metodo kot stroškovno upravičeno ob zagotavljanju primerne oskrbe.

Ključne besede: invazivna vrsta, *Arion vulgaris*, metode zatiranja, učinkovitost

Abstract

The invasive snail Arion vulgaris threatens ecosystems, crops and biodiversity. Due to its prevalence and damage, the effectiveness of various methods of its control has been studied. The study surveyed 18 growers of various crops to examine the incidence, damage and control methods of the invasive snail Arion vulgaris. The respondents were predominantly gardeners, and most often they grow lettuce, tomatoes, potatoes, onions, apples and strawberries. The Spanish snail causes damage to all growers, most often from April to October, with peaks in spring and autumn. More than half estimate that without control, the damage would exceed 31%. The most common method is hand picking, followed by organic preparations, mechanical barriers, Indian runner ducks and chemical agents. Control costs are mostly low, but some respondents report higher expenses. The use of Indian runner ducks has proven to be effective, but requires appropriate care and protection from predators and risks associated with feeding. All duck users assess the method as cost-effective when providing appropriate care.

Keywords: invasive species, *Arion vulgaris*, control methods, effectiveness

1. Uvod

Invazivne tujerodne vrste postajajo eden ključnih izzivov sodobnega varstva narave in kmetijstva, saj s svojo prisotnostjo pogosto porušijo ravnovesje v ekosistemi ter povzročajo gospodarsko škodo. Med najproblematičnejšimi je španski lazar (*Arion vulgaris*), ki se je v zadnjih desetletjih hitro razširil po Evropi in se močno uveljavil tudi v Sloveniji. Zaradi izjemne plodnosti, odpornosti ter pomanjkanja naravnih sovražnikov predstavlja resno grožnjo tako vrtovom kot kmetijskim površinam, kjer zmanjšuje pridelek in ogroža biotsko raznovrstnost. Kljub številnim razvitim metodam zatiranja – od ročnega pobiranja in vab do mehanskih ovir ter bioloških pristopov – ostaja odprto vprašanje, katera strategija je dolgoročno najučinkovitejša, trajnostna in hkrati najmanj škodljiva za okolje (Knapič, 2025).

Za preučevanje problematike sem se odločila, ker v okviru višješolskega študijskega programa naravovarstvo preučujemo problematiko zmanjševanje biotske pestrosti. Po drugi strani pa sem sama močno vpeta v lokalno samooskrbo, saj doma za lastne potrebe pridelamo glavnino zelenjave. Žal pa se pri tem soočamo s precejšnjo škodo, ki jo povzročajo močno razširjeni invazivni polži *Arion vulgaris*. Vse to me je spodbudilo, da smo v okviru raziskovalnega dela diplomske naloge preučevali učinkovitost posameznih metod zatiranja invazivnega polža.

2. Pregled objav

Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin je 25. 5. 2020 na njihovi spletni strani objavila:

Vrsta polža, ki jo v Sloveniji največkrat omenjamo v povezavi s škodo, ki jo dela na vrtovih, je španski lazar. Gre za invazivno in tujerodno vrsto, ki izvirno izhaja iz območja Pirenejskega polotoka, prvič pa smo jo na območju Slovenije potrdili okoli leta 1970. Gre za vrsto, ki je dandanes razširjena praktično po celotni Evropi. Hitro širjenje vrste je povezano s številnimi lastnostmi, ki jih je vrsta razvila tekom evolucije. Če za večino vrst polžev velja, da poginejo, ko izgubijo okoli 30 % vode iz svojega telesa, je bilo za španskega lazarja ugotovljeno, da lahko izgubi tudi več kot 50 % vode iz svojega telesa in ne pogine. Preide v posebno fazo dormance in se ob ponovnem kontaktu z vodo rehidrira. Najbolj omejujoč dejavnik predstavljajo nizke zimske temperature. Če odrasli španski lazar uspešno prezimi, lahko ob ugodni temperaturi in vlagi odlaga jajčeca v naslednjem letu. Ta semivoltilni življenjski krog, dvospolnost kot tudi sposobnost parjenja z drugimi vrstami lazarjev ter neizbirčnost pri prehranjevanju daje vrsti v naravi plastičnost in prispeva k preživetju neugodnih razmer ter lokalni abundanci. Ali ste vedeli, da se vrsta lahko pojavlja v različnih barvnih odtenkih in sicer od oranžno rdeče do rdečerrjave barve? Barva španskega lazarja je namreč odvisna od vrste hrane, ki jo zaužije kot tudi od temperature okolja.

Pri zatiranju polžev si danes pomagamo z različnimi pripravki, ki jih uporabljamo na vrtu. Pri tem je pomembno, da obdelujemo tla in za vrt redno skrbimo. Pazimo na razpoke, ki nastanejo v tleh, saj te polžem omogočajo idealno zatočišče in skrivališče za odlaganje jajčec. Koristno je, da jih čim prej zasujemo. V primeru težkih tal je priporočljivo jeseni počakati na prvo zmrzal, nato pa tla preorati. Spomladi tla čim prej zrahljamo in uničimo skrivališča, s čimer spravimo jajčeca iz skrivališč na površje, kjer se hitro posušijo. Koristno je tudi, da v območju okrog vrta pokosimo travo, ki prav tako predstavlja primerno polžje zatočišče. Izogibamo se prepogostemu zastiranju s pokošeno odpadlo travo, saj travna zastirka prav tako predstavlja idealno zatočišče za polže.

Ročno pobiranje polžev se izvaja v zgodnjih jutranjih urah ali pa zvečer in ob deževnem vremenu, ko so polži aktivni skozi ves dan. Lahko se jih pobira tudi brez rokavic, saj njihova sluz ni strupena. Ta metoda je bolj primerna za male površine, pri večjih površinah je pobiranje prenaporno.

Obstajajo rastline, ki polžem smrdijo in se jim izogibajo. Zato je priporočljivo, da takšne rastline sadimo ob vrt ali kar med posevke. To so npr. vrtni ognjič, kapucinka, pelin, žajbelj, timijan, česen,

čebula, sivka, kalifornijski mak, bezeg ter vratič. Prav tako pazimo, da se izogibamo rastlin, ki polžem dišijo in le-teh raje ne sadimo. Žametnica je ena izmed tistih, ki lazarje zelo privablja.

Ali ste vedeli, da lahko naredimo past za polže iz piva? V pivu se namreč nahaja slad, ki polže zelo privlači. V zemljo zato zakopljemo lonček in ga do polovice napolnimo s pivom. Ponoči, ko so polži najbolj aktivni sledijo vonjavam piva, padejo v past in se utopijo. V boju proti polžem si lahko pomagamo tudi s kavo. Turško kavo razredčimo z vodo v razmerju 1:10 in mešanico poškrpimo po rastlinah. Kofein ima namreč limacidno delovanje.

Omejevanje škode, ki jo napravijo polži lahko dosežemo tudi s polaganjem t.i. prehodnih ovir, ki jih namestimo med njihovim mestom za spanje in mestom za hranjenje. Uporabljamo pripravke, ki jih izsušujejo in povzročajo močno izločanje sluzi (žaganje, lesni pepel, žgano apno/apneni dušik). Ker se z izločanjem sluzi polži v kritičnih razmerah zaščitijo le enkrat, mora biti takšna ovira dovolj široka. Koristno je, da snov zavarujemo pred padavinami. Domača raziskava je pokazala, da lesni pepel hrasta deluje bolje kot druge vrste lesnega pepela (bukev, smreka, jelka).

V nekaterih državah (VB) poročajo o uporabi t.i. elektro ograj za polže. Elektro ograjo se namesti okoli gredice in jo priklopi na baterijo (9 W). Električni tok ne ubije polža, temveč ga le odvrne od tega, da bi oviro prečkal. Iz VB prav tako poročajo o uporabi bakrenih obročev (trakov), ki se jih namesti okoli cvetličnih loncev. Raziskave so namreč pokazale, da polžja sluz ob stiku z bakrom povzroči nastanek elektrostaticnega potenciala, ki polža strese in ga tako odvrne od prečkanja ovire.

Med naravne sovražnike polžev uvrščamo race. Za najuspešnejše so se izkazale pekinška, indijska ali domača rasa. Poskrbeti moramo, da imajo na voljo dovolj vode, saj imajo polži slinasto telo in bi zaradi tega lahko škodljivo vplivali na prebavni trakt živali. Pomagajo nam lahko tudi domače kokoši, ki se hranijo s polžjimi jajci, ki jih polži izležejo v zemljo.

Kemično zatiramo polže z uporabo limacidov. Večina je narejena v granulirani obliki ali obliki koncentriranih suspenzij, s katerimi škropimo ogrožene rastline oziroma zalivamo ogrožena zemljišča. Vabe v granulirani obliki potrosimo po površini ali pa jih damo v kupčke. V Sloveniji imamo trenutno (maj, 2020) registriranih 8 kemičnih pripravkov na podlagi dveh aktivnih snovi; metaldehid in železov (III) fosfat za zatiranje polžev. (Laznik, Trdan, 2020)

3. Materiali in metode

Glede na zapise v pregledu objav, smo se odločili, da v eksperimentalnem delu diplomske naloge pridobimo podatke o mnenju, izkušnjah in uporabljenih metodah za zatiranje invazivne vrste polža (*Arion vulgaris*). Uporabili smo metodo anketiranja pridelovalcev vrtnin, sadja, poljščin in okrasnih rastlin. V raziskavi je sodelovalo 18 anketirancev, ki imajo status vrtničarja, kmetje, vrtnarije in podjetje.

Z anketiranjem smo želeli pridobiti vpogled v obseg škode, ki jo povzroča španski lazar, uporabo različnih metod zatiranja kot so: kemične, mehanske in naravne, oceniti njihovo učinkovitost, stroške ter predloge o dolgoročnih rešitvah. Z dodatno anketo smo preverjali izkušnje pridelovalcev, ki za zatiranje španskega lazarja uporabljajo race indijske tekačice.

4. Rezultati in razprava

Od vseh anketiranih so dobro polovico predstavljali vrtničarji, petino večji kmetje in v najmanjšem deležu vrtnarije in podjetje, ki prideluje predvsem jabolka, jagode.

Največ anketiranih prideluje solato. Na drugem mestu je pridelava paradižnika, ki prav tako sodi med najpogostejše gojene vrtnine v slovenskih gospodinjstvih, saj je priljubljen v sveži obliki, pa tudi za pridelavo. Pomembno mesto zavzemata krompir in čebula, ki sodita med osnovne poljščine in imata ključno vlogo pri zagotavljanju prehranske samooskrbe. Tudi paprika je med bolj

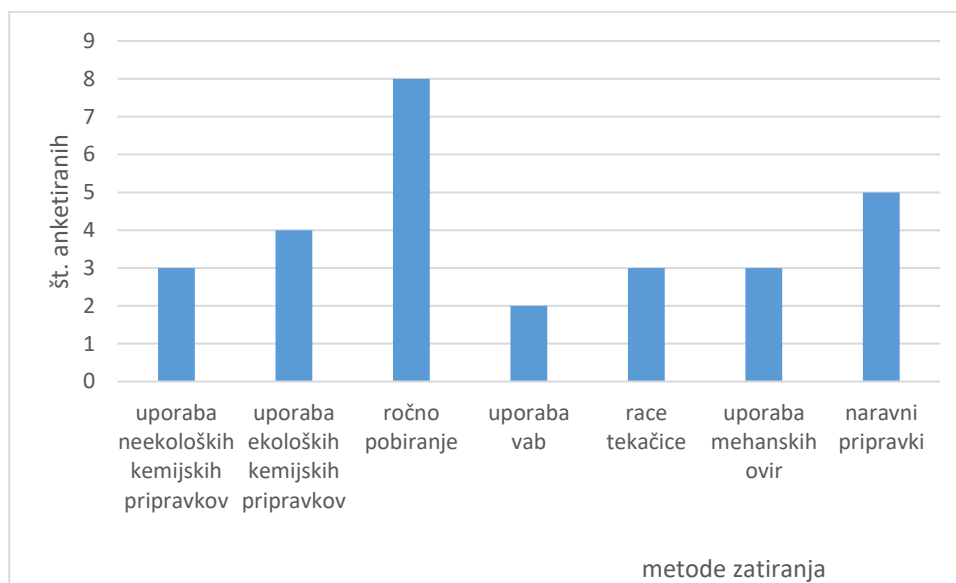
zastopanimi vrtninami, kar je mogoče povezati z njeno kulinarično vsestranskostjo in priljubljenostjo pri vrtničkarjih. Manjše število anketiranih se odloča za pridelavo zahtevnejših ali manj pogosto uporabljenih vrtnin, kot so šparglji, grah, radič in por. Njihova manjša zastopanost je lahko posledica daljše rasti, posebnih zahtev glede vzgoje ali manjše porabe v prehrani.

Pri sadju prevladuje gojenje jabolk in jagod. Ena tretjina anketiranih goji borovnice. Česnje, grozdje, kaki, lubenice so zastopani v najmanjšem deležu. Anketiranci so omenili, da se španski lazar največkrat pojavlja pri sadju, ki ima plodove bolj pri tleh (npr. jagode, maline). Pri okrasnih rastlinah prevladuje gojenje vrtnic, v manjšem deležu so zastopane lilije, pelargonije, tulipani, hortenzije, sivka, žametnica, potonike, ciklame, nageljni in oleander. Vsi anketirani pa se srečujejo s problematiko škode, ki jih na njihovih pridelkih povzroča španski lazarji.

Španski lazar je najpogostejše opažen v obdobju od aprila do konca oktobra, ko so klimatske razmere za njegovo aktivnost najprimernejše. Največ opažanj je bilo zabeleženih v maju, aprilu in septembru, kar nakazuje na dva izrazitejša vrhunca pojavnosti – spomladanskega in jesenskega. V letošnjem juniju, juliju ter avgustu je bila njegova prisotnost nekoliko manjša, kar je pričakovano, saj v tem obdobju nastopilo sušno obdobje, ki omejuje njihov razvoj.

Več kot polovica anketirancev meni, da bi škoda brez zatiranja škodljivcev presegla 31 % celotnega pridelka. Tretjina ocenjuje škodo med 11 % in 20 %. Ti podatki kažejo na visoko zaznavano tveganja za pridelek, če škodljivec ni učinkovito zatiran. Kljub temu pa anketiranci obsega pridelave ne zmanjšujejo.

Pridelovalci se za zatiranje španskega lazarja najpogostejše poslužujejo metode mehanskega odstranjevanja oz. polže ročno pobirajo. Rezultat je pričakovan, saj je bilo med anketiranimi tudi največ vrtničkarjev. Polže po pobiranju dajo v slano vodo, zavržejo, prerežejo. Seveda pa je ta metoda je zelo zamudna.



Graf 1: Metode zatiranja (Vir: Vintar 2025, 26)

Dobrih 20 % anketiranih uporablja ekološke pripravke, ki so prosto dostopni v maloprodaji. Ena šestina uporablja mehanske prepreke kot so bakreni trakovi, pesek, zastirke in s tem preprečujejo fizični dostop polžev do rastlin. Prav tako ena šestina za zatiranje uporablja race indijske tekačice, ki se prehranjujejo s španskimi lazarji in enakem deležu se poslužujejo neekoloških kemijskih pripravkov. Dva anketiranca uporabljata vabe za zatiranje (nastavljanje lončkov s pivom).

Preseneča, da je kar deset anketirancev izrazilo pripravljenost vlagati svoj čas za uporabo naravnih metod zatiranja. Za večino anketiranih zatiranje španskega lazarja ne predstavlja večjega finančnega

bremena. Šestina pa navaja, da je njihov strošek 500 EUR. To nakazuje na velike razlike v pristopih in morebitne razlike v velikosti obdelovalnih površin ter intenzivnosti zatiranja. Polovica anketiranih pridobi informacije o zatiranju španskega lazarja od sosedov, znancev oz. z ustnim izročilom. Samo ena petina prebira strokovne objave kmetijske svetovalne službe.

Tisti, ki za zatiranje španskega lazarja uporabljajo od 5 do 10 indijskih tekačic, obdelujejo večinoma manjše površine do 0,5 ha. Samo eden je navedel, da to število indijskih tekačic uporablja na 6 ha. Pri uporabi indijskih tekačic za zatiranje španskega lazarja so anketiranci izpostavili tako pozitivne kot tudi negativne vidike. Kot pozitivno navajajo, da pri uporabi rac indijskih tekačic ni opaženih posebnih težav ali nevarnosti, kar potrjuje, da je metoda lahko varna in primerna za vključitev v vsakodnevno prakso zatiranja polžev. Drugi pa opozarjajo na določene nevarnosti in tveganja, ki se lahko pojavijo pri uporabi rac indijskih tekačic. Pri tem navajajo problematiko izpostavljanja nevarnost napadov lisic ter možnost zadušitve rac zaradi prenajedanja s polži. Prav tako so opozorili, da lahko race indijske tekačice ob pomanjkanju zadostne količine vode in hrane povzročijo uničenje pridelka, saj iščejo dodatne vire hrane in vlage neposredno na posevkih. Takšna opažanja so pomembna, saj opozarjajo na potrebo po ustreznih zaščitnih ukrepih in skrbi za dobrobit živali, če želimo race indijske tekačice učinkovito in varno uporabljati kot naravno metodo zatiranja španskega lazarja. Za vzdrževanje rac indijskih tekačic eni porabijo od 50 € drugi od 100 do 200 € na sezono. Dva anketirana navajata, da nimata posebnih stroškom z vzdrževanjem, saj se stroški kompenzirajo s prodanimi jajci rac tekačic, hrano za race pa pridelata sama. Vsi anketiranci so ocenili, da je metoda zatiranja z racami zelo učinkovita in stroškovno upravičena. Ob tem so izpostavili, da je uspešnost metode pogojena z zagotovitvijo zadostne količine vode in hrane, kar predstavlja pomemben dejavnik za doseg optimalnih rezultatov.

5. Povzetek

Zaključek raziskave jasno pokaže, da se pridelovalci – ne glede na velikost obdelovalnih površin – množično soočajo s škodo, ki jo povzroča španski lazar, pri čemer je ta težava prisotna pri vrtninah, sadju in okrasnih rastlinah. Najpogostejše prizadene kulture z nizko rastočimi plodovi, kar potrjujejo številna opažanja pri jagodičevju. Pojavnost škodljivca je izrazito sezonska, z vrhuncema spomladi in jeseni, kar sovпада z ugodnimi vremenskimi razmerami za njegov razvoj. Kljub visoki ocenjeni škodi, ki bi brez zatiranja presegla tretjino pridelka, pridelovalci obsega pridelave ne zmanjšujejo, temveč se poslužujejo različnih metod zatiranja. Najpogostejša metoda zatiranja španskega lazarja je ročno pobiranje, sledijo ekološki pripravki, mehanske prepreke, race indijske tekačice ter v manjšem deležu kemični pripravki in vabe. Izbira metod odraža raznolikost pridelovalcev in njihovih možnosti, pa tudi pripravljenost vlaganja časa v naravne pristope. Uporaba indijskih tekačic se je izkazala za učinkovito in stroškovno smiselno, vendar zahteva ustrezno oskrbo ter zaščito pred plenilci in pomanjkanjem vode. Razlike v stroških zatiranja in virih informacij kažejo na potrebo po boljši strokovni podpori ter ozaveščanju pridelovalcev. Skupna ugotovitev je, da je španski lazar trdovraten škodljivec, ki zahteva kombinacijo metod in prilagojene pristope za dolgoročno uspešno obvladovanje.

6. Viri

Knapič, M. (2025). *Invazivne tujerodne vrste in njihov vpliv na okolje*. Dostopno na: <https://dvrs.si/wp-content/uploads/15Knapic.pdf> (pridobljeno 24. 8. 2025).

Laznik, Ž. in Trdan, S. (2020). *Polži – gospodarsko pomembni škodljivci v kmetijstvu*. Dostopno na: <https://www.gov.si/novice/2020-05-25-polzi-gospodarsko-pomembni-skodljivci-v-kmetijstvu> (pridobljeno 5. 1. 2026)

Vintar, N. (2025). *Učinkovitost metod zatiranja invazivnega polža (Arion vulgaris)*. Dipl. nal. Šentjur: Šolski center Šentjur, Višja strokovna šola, 33 str.

Zemanova, M. A., Knop, E. in Heckel, G. (2016). *Phylogeographic past and invasive presence of Arion pest slugs in Europe*. *Molecular Ecology*. Dostopno na: https://miriamzemanova.com/wp-content/uploads/16-Zemanova_et_al-MolEcol.pdf (pridobljeno 15. 1. 2026).

Zajac, K. S. et al. (2017). *Arion vulgaris* Moquin-Tandon, 1855 – *The aetiology of an invasive species*. *Folia Malacologica*. Dostopno na: <https://www.foliamalacologica.com/pdf-118001-47076?filename=Arion%20vulgaris.pdf> (pridobljeno 10. 1. 2026).

Zajac, K. S. et al. (2020). *A comprehensive phylogeographic study of Arion vulgaris in Europe. Organisms Diversity & Evolution*. Dostopno na: https://www.academia.edu/79630752/A_comprehensive_phylogeographic_study_of_Arion_vulgaris_Moquin_Tandon_1855_Gastropoda_Pulmonata_Arionidae_in_Europe (pridobljeno 10. 1. 2026).

IZZIVI PRIHODNOSTI – MED AVTOHTONIMI SEMENI S SONARAVNO PRIDELAVO IN NGT (NOVE GENOMSKJE TEHNIKE PRIDELAVE RASTLIN) TER PATENTIRANJEM SEMEN

CHALLENGES OF THE FUTURE – BETWEEN AUTOCHTHONOUS SEEDS WITH ECOLOGICAL/ NATURE-FRIENDLY PRODUCTION AND NGTs (NEW GENOMIC TECHNIQUES FOR PLANT BREEDING) AND THE PATENTING OF SEEDS

Irena Rotar

Združenje Ekoci - eko civilna iniciativa Slovenije, Vseslovensko gibanje: Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen
ekoci.si@gmail.com

Povzetek

Razprave o prihodnosti prehranske varnosti se v zadnjih desetletjih vse pogosteje osredotočajo na tehnološke rešitve, kot so hibridna semena, gensko spremenjeni organizmi (GSO) in nove genomske tehnike (NGT). Ob tem se odpira vprašanje, ali takšni pristopi dolgoročno res zagotavljajo trajnostno pridelavo hrane ali pa povečujejo odvisnost kmetijstva od globalnih trgov, patentov in korporativnega lastništva naravnih virov.

Prispevek obravnava primerjalno analizo avtohtonih slovenskih semen in sonaravnih načinov pridelave v primerjavi s hibridnimi, NGT in GSO semeni. Analiza vključuje ekonomske, ekološke in družbene vidike pridelave ter vpliv posameznih pristopov na prehransko varnost, biotsko pestrost, opraševalce in zdravje ljudi. Poseben poudarek je namenjen vlogi lokalnih genskih virov, prehranski suverenosti ter odpornosti kmetijskih sistemov v kriznih razmerah.

Na podlagi pregleda literature, zakonodajnega okvira in primerjalnih kazalnikov prispevek zagovarja tezo, da avtohtona semena v povezavi s sonaravno pridelavo predstavljajo pomemben temelj za dolgoročno prehransko varnost, ohranjajo biodiverziteto in večjo ekonomsko stabilnost kmetijskih gospodarstev. Prispevek spodbuja strokovni dialog o uravnoteženju znanstvenega napredka, etičnih načel in varovanja naravnih virov v prihodnjih prehranskih strategijah.

Ključne besede: avtohtona semena, prehranska varnost, sonaravno kmetijstvo, biodiverziteta, NGT, GSO, patentiranje semen

Abstract

In recent decades, debates on the future of food security have increasingly focused on technological solutions such as hybrid seeds, genetically modified organisms (GMOs), and new genomic techniques (NGTs). This has raised the question of whether such approaches genuinely ensure sustainable food production in the long term or whether they instead increase agriculture's dependence on global markets, patents, and corporate ownership of natural resources.

This paper presents a comparative analysis of indigenous Slovenian seeds and agroecological (nature-friendly) farming practices in comparison with hybrid, NGT, and GMO seeds. The analysis encompasses economic, ecological, and social dimensions of production, as well as the impact of different approaches on food security, biodiversity, pollinators, and human health. Particular emphasis is placed on the role of local genetic resources, food sovereignty, and the resilience of agricultural systems under crisis conditions.

Based on a review of the scientific literature, the legislative framework, and comparative indicators, the article advances the thesis that indigenous seeds, when combined with agroecological production methods, constitute an important foundation for long-term food security, biodiversity conservation, and greater economic stability of farming enterprises. The paper encourages professional dialogue on balancing scientific progress, ethical principles, and the protection of natural resources in future food strategies.

Keywords: indigenous seeds, food security, agroecological agriculture, biodiversity, NGT, GMO, seed patenting

1. Uvod

Ohranjanje semen predstavlja enega temeljnih pogojev za dolgoročno prehransko varnost, trajnostni razvoj kmetijstva in varovanje biotske raznovrstnosti. V zadnjih desetletjih se tako v Sloveniji kot v širšem evropskem prostoru soočamo z zmanjševanjem raznolikosti gojenih rastlinskih vrst, naraščajočo odvisnostjo od komercialnih semen in s postopnim izginjanjem lokalno prilagojenih, avtohtonih in tradicionalnih sort. Takšni trendi povečujejo ranljivost prehranskega sistema in zmanjšujejo odpornost lokalnih skupnosti na podnebne, gospodarske in družbene spremembe.

Prehranska varnost postaja ena ključnih strateških vprašanj sodobnega sveta. Podnebne spremembe, degradacija tal, izguba biotske pestrosti, geopolitične napetosti in motnje v globalnih dobavnih verigah razkrivajo ranljivost prehranskih sistemov, ki temeljijo na intenzivni industrializirani pridelavi hrane. V tem kontekstu se vse pogosteje postavlja vprašanje, ali tehnološki napredek v semenarstvu in kmetijstvu res predstavlja celovito rešitev ali zgolj blaži posledice globokih sistemskih vprašanj. Moderne tehnike naj bi pomagale prehraniti svet, a je lačen že skoraj vsak deseti zemljan.

Razvoj semenarstva je skozi zgodovino pomembno zaznamoval prehrano človeštva. Od prvinskih oblik nabiralništva in udomačevanja rastlin, preko tradicionalnega žlahtnjenja, do sodobnih hibridnih semen in novih genomskega tehnik se je spreminjal tudi odnos človeka do narave. Semena so bila nekoč skupno dobro, neločljivo povezana z lokalnim okoljem in tradicijo, podkrepljena s prenosom znanja pridelave semen in pridelave hrane iz roda v rod. Tako so tvorila povezano medgeneracijsko skupnost, ki je ohranjala naš rod skozi desetletja in ki je znala prehraniti generacije, ohranjati jezik in kulturo ter ozemlje, zato smo danes tukaj. Naši predniki so skrbno hranili semena in jih medsebojno izmenjavali, prav tako so drug drugemu nudili pomoč s stroji in sodelovanjem.

Zato si v vseslovenskem gibanju Oskrbimo Slovenijo – štafeta semen prizadevamo ohranjati pridobljene izkušnje in znanja ter jih prilagoditi sodobnemu času v vsakodnevem življenju.

Slovenija je zaradi svoje geografske raznolikosti in kulturne dediščine prostor bogate biotske pestrosti ter avtohtonih rastlinskih sort, ki so se stoletja prilagajale lokalnim razmeram. Kljub temu se je v zadnjih desetletjih močno povečala odvisnost od uvoženih semen, intenzivnih pridelovalnih praks in globalnih dobavnih verig, saj večino hrane uvozimo, v javnih zavodih jedo večinoma najcenejšo, a uvoženo hrano. Našteto odpira vprašanja o dolgoročni prehranski varnosti, ekonomski vzdržnosti kmetij in ohranjanju genskih virov.

Namen tega strokovnega članka je primerjalno analizirati različne pristope k pridelavi semen in hrane; od avtohtonih slovenskih semen in sonaravnih načinov pridelave do konvencionalne pridelave ter hibridnih, NGT 1, NGT2 in GSO semen in tako ovrednotiti njihove ekonomske, ekološke in družbene učinke. Poseben poudarek je namenjen vplivu posameznih pristopov na biodiverziteto, opraševalce, okolje in stopnjo odvisnosti kmetov od zunanjih virov in patentiranih semen, ki so ključna za prehransko varnost.

Članek izhaja iz hipoteze, da avtohtona semena v kombinaciji s sonaravno pridelavo predstavljajo pomemben in pogosto spregledan potencial za trajnostni razvoj kmetijstva, večjo odpornost prehranskih sistemov ter ohranjanje naravne in kulturne dediščine. S tem želi prispevati k strokovni razpravi o prihodnjih usmeritvah semenarstva in prehranske politike v Sloveniji, Evropi in širšem globalnem prostoru.

2. Avtohtona slovenska semena in sonaravna pridelava

2.1 Pomen semen in samooskrbe skozi čas

Semena predstavljajo temelj prehranske varnosti, kmetijske suverenosti in kulturne dediščine. Od prehoda iz nabiralniškega v poljedelski način življenja so bila ključni naravni vir za preživetje in razvoj človeških skupnosti. Poleg prehranske vrednosti so semena nosilci znanja, tradicije in prilagajanja lokalnemu okolju, saj so ljudje skozi tisočletja z opazovanjem, shranjevanjem in izmenjavo razvijali lokalno prilagojene rastlinske sorte, primerne za različne podnebne in geografske razmere.

V slovenskem prostoru imajo semena izrazit kulturni in simbolni pomen. Bila so del družinske dediščine in podeželske prakse, saj so se izmenjevala med sosedi, prenašala med generacijami ter spremljala pomembne življenjske dogodke. Samooskrba s semeni je bila v tradicionalnih skupnostih neločljivo povezana z neodvisnostjo in odpornostjo skupnosti. Kmetje so semena ohranjali z lastno pridelavo in jih izbirali glede na odpornost, okus, hranilno vrednost in prilagoditev lokalnim razmeram, kar je ustvarjalo visoko stopnjo genske raznolikosti, ključno za odpornost na bolezni, škodljivce in podnebna nihanja.

Z razvojem industrijske družbe in intenzivnega kmetijstva se je odnos do semen bistveno spremenil. Semena so postopoma prešla iz skupnega dobra v tržno blago, pridelava hrane pa se je usmerila v standardizacijo, povečevanje pridelkov in ekonomijo obsega. Čeprav je to prispevalo k večji količini pridelane hrane, je hkrati povzročilo zmanjšanje genske pestrosti, večjo odvisnost kmetov od zunanjih dobaviteljev in povečano rabo fitofarmacevtskih sredstev ter mineralnih gnojil.

Sodobne razmere – podnebne spremembe, pandemije, vojne, motnje v dobavnih verigah in pogosti odpoklici živil – ponovno poudarjajo pomen lokalno pridelane hrane in nadzora nad osnovnimi prehranskimi viri. Semena v tem kontekstu niso zgolj vhodni material, temveč strateški dejavnik prehranske varnosti, suverenosti in odpornosti družbe. Za Slovenijo je vprašanje samooskrbe s semeni še posebej pomembno zaradi majhnosti države, raznolikega reliefa in podnebnih razmer, ki so omogočile razvoj številnih lokalnih sort. Izguba teh semen pomeni izgubo biotske raznovrstnosti, tradicionalnega znanja in kulturne dediščine. Ključno vprašanje prihodnjega razvoja kmetijstva je, ali bodo semena obravnavana kot skupno dobro v javnem interesu ali zgolj kot tržno blago, kar neposredno vpliva na model prehranske varnosti in odnos družbe do naravnih virov.

2.2 Slovenska avtohtona semena - poznavanje, dostop in ohranjanje

Avtohtona slovenska semena so ključni del nacionalne biotske raznovrstnosti. Gre za sorte, ki so se skozi stoletja razvijale na določenem območju ter se prilagodile lokalnim klimatskim lokalnim in ekološkim razmeram. Njihovo ohranjanje povečuje odpornost kmetijskih sistemov, omogoča pridelavo kakovostne hrane ter zmanjšuje odvisnost od dragih hibridnih in patentiranih semen.

V Sloveniji so avtohtone sorte dokumentirane predvsem v Slovenskih rastlinskih genskih bankah. Semena se hranijo kot suha semena, tkivne kulture ali trajni nasadi, evidentirani z botaničnimi opisi, podatki o poreklu in pridelovalnih lastnostih. Dostop do teh genskih virov je večinoma omejen na raziskovalne institucije in genske banke, kmetje pa do njih nimajo neposrednega dostopa.

Pomembno dopolnilo uradnim sistemom predstavljajo nevladne organizacije, ozaveščeni kmetje in vrtničkarji, ki s pridelavo, razmnoževanjem in izmenjavo semen ohranjajo avtohtone sorte v praksi. Ti akterji opozarjajo tudi na problem redkega obnavljanja genskega materiala, saj so številna semena v genskih bankah stara, podnebne spremembe pa zahtevajo stalno prilagajanje sort. Pozitiven premik predstavlja razpis Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano za oživljanje semen na kmetijah, ki krepi povezovanje znanosti, prakse in tradicije.

2.3 Ohranjanje genskih virov in mednarodno sodelovanje

Genski viri rastlin se v Sloveniji hranijo v centraliziranih in decentraliziranih sistemih. Decentralizirano hranjenje poteka pri kmetih in lokalnih pridelovalcih, kjer se sorte ohranjajo v vsakodnevni rabi. Ta pristop omogoča sprotno prilagajanje sort lokalnim razmeram in aktivno vključevanje skupnosti v varovanje biotske raznovrstnosti. Slovenija sodeluje tudi v mednarodnih mrežah za izmenjavo genskih virov, s čimer prispeva k dolgoročni varnosti, raziskavam in razvoju odpornih sort.

2.4 Množično razmnoževanje semen in kakovost

Množično razmnoževanje semen je ključno za zagotavljanje dostopnosti kakovostnega semenskega materiala. Proces vključuje izbor ustreznega matičnega materiala, nadzorovano pridelavo, preprečevanje neželenega križanja, obiranje ob optimalni zrelosti ter preverjanje kaljivosti in zdravstvenega stanja semen. Po pridelavi se semena hranijo v ustreznih pogojih, ob rednih pregledih in obnavljanju zaloga. Kljub strokovnim osnovam je v Sloveniji množično razmnoževanje avtohtonih sort za trg še vedno zelo omejeno, saj se genski viri večinoma uporabljajo za razvoj novih, pogosto hibridnih sort. To zmanjšuje dostopnost tradicionalnih semen za kmete in omejuje potencial samooskrbe.

2.5 Etični, tradicionalni in ekonomski vidiki

Avtohtona semena imajo izrazito etično, kulturno in ekonomsko vrednost. Etični vidik ohranjanja temelji na spoštovanju lokalnih ekosistemov, skupnostnem dostopu do semen in preprečevanju monopolizacije genskega materiala.

Tradicionalno semena predstavljajo pomemben del identitete lokalnih skupnosti in prenosa znanja med generacijami. Ekonomsko pa omogočajo večjo samooskrbo, zmanjšujejo odvisnost od uvoza ter krepijo odpornost lokalnih kmetijskih sistemov. Pobude, kot je Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen, pomembno prispevajo k aktivnemu ohranjanju teh vrednot.

2.6 Vseslovensko gibanje Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen

Vseslovensko gibanje Oskrbimo Slovenijo - Štafeta semen deluje od leta 2012 in ga organizira Združenje Ekoci - eko civilna iniciativa Slovenije v sodelovanju s partnerji, kot so Samooskrbni.net, društva biodinamikov ter druga društva, iniciative in posamezniki. Namen gibanja je povečanje samooskrbe z avtohtonimi in tradicionalnimi semeni, ohranjanje biotske raznovrstnosti, spodbujanje sonaravne pridelave hrane ter ohranjanje znanja in tradicije pri pridelavi in izmenjavi semen, ki je varovala prednike pred lakoto.

Gibanje deluje kot vseslovenska platforma za obveščanje in informiranje pri izmenjavi semen, znanja in dobrih praks. Posamezniki, družine, šole, vrtci in lokalne skupnosti organizirajo aktivnosti

sejanja, pridelave razmnoževanja in izmenjave semen. Takšen pristop prispeva k širjenju biotske raznovrstnosti, obnavljanju genskega materiala, ki se prilagaja podnebnim spremembam ter krepitevi prehranske varnosti in odpornosti skupnosti in ohranja tradicijo.

Poseben poudarek gibanje namenja vzgojno - izobraževalnemu delu, predvsem v šolah in vrtcih, kjer se mladi učijo praktičnih znanj za življenje, spoznavajo pomen lokalne hrane in razvijajo odgovoren odnos do narave. S tem se krepi zavedanje o vrednosti lokalno pridelane hrane, ki je v sodobnem času pogosto zapostavljena zaradi uvoženih živil.

Pomemben del aktivnosti predstavljajo izmenjevalnice semen, ki omogočajo prenos avtohtonih sort med pridelovalci ter ohranjanje semen v praksi predvsem na področju vrtničarstva, ki postaja v Sloveniji svetovna velesila. Izmenjava temelji na simboličnem načelu: udeleženec prejme najmanj 11 zrn stare sorte, naslednje leto pa del pridelanega semena najmanj 11 zrn podari naprej in del, najmanj 11 zrn semen shrani za lastno prehransko varnost. Če se pri izmenjavi pojavijo redka ali nova semena, organizatorji omogočijo njihovo vključitev v gensko banko Kmetijskega inštituta Slovenije.

Gibanje ima tudi pomembno civilnodružbeno in strokovno vlogo, saj organizira posvete in sodeluje v razpravah z odločevalci ter strokovno javnostjo. Pobude, pripravljene v sodelovanju s strokovnjaki, vključujejo predloge za oživitev slovenskega semenarstva, povečanje deleža slovenske hrane v javnih zavodih ter izboljšanje zakonodajnih okvirov na področju samooskrbe. Aktivnosti gibanja Oskrbimo Slovenijo - Štafeta semen prispevajo k večji biotski raznovrstnosti v lokalnih agroekosistemih, ponovni uveljavitvi samooskrbnih praks, ozaveščanju javnosti o pomenu sonaravne pridelave in varovanja genskih virov. Na ta način gibanje pomembno prispeva k trajnostnemu, lokalno usmerjenemu modelu kmetijstva, ki povezuje dediščinsko znanje, sodobne pristope in aktivno vlogo skupnosti.

Združenje Ekoci - eko civilna iniciativa Slovenije in partnerji gibanja Oskrbimo Slovenijo - Štafeta semen so pripravili: „Predlog izhodišč in smernic za razvoj, ohranitev in oživitev panoge slovenskega semenarstva“ kot celosten dokument ukrepov, ki naj bi prispeval k trajnostni prehranski varnosti, ohranitvi genske raznovrstnosti in okrepitvi lokalnih semenarskih virov.

3. Hibridna semena - zgodba o uspehu ali višji stroški

3.1 Vpliv hibridnih semen na svetovno proizvodnjo hrane

Hibridna semena so rezultat kontroliranega križanja genetsko različnih starševskih linij, kar povzroča heterozis ali hibridno vigornost, ki omogoča višje pridelke in boljšo rast kot pri tradicionalnih sortah. Primer hibridne koruze kaže, da lahko donosi presegajo višji hektarski donos kot lokalne sorte tudi za 20 – 30 %. Globalno je tehnologija hibridnih semen v 20. stoletju pomembno prispevala k povečanju svetovne pridelave hrane, kar je ključnega pomena za prehransko varnost rastoče populacije.

Vendar pa višji donosi pogosto zahtevajo intenzivno uporabo fitofarmaceutskih sredstev (FFS) in mineralnih gnojil, kar povečuje vhodne stroške, poslabšujejo tla in imajo večji okoljski pritisk. Hibridna semena ne omogočajo samostojne reprodukcije; pridelovalci so odvisni od vsakoletnega nakupa semenskega materiala, kar dodatno povečuje ekonomski višje vhodne stroške in višje obremenitve.

3.2 Ekološki in proizvodni kompromisi

Čeprav naj bi hibridne sorte zmanjšale pritisk škodljivcev in bolezni, praksa kaže, da je poraba FFS za intenzivne sisteme pridelave še vedno visoka. Proizvodnja hibridnih semen je dražja in kompleksnejša kot pri linijskih ali tradicionalnih sortah, kar zahteva dovolj velike donose za

upravičenje stroškov.

Zaključek: Hibridna semena so uspešna pri povečevanju pridelkov, vendar njihov uspeh temelji na intenzivnih rabi in povzroča ekonomske, ekološke in trajnostne izzive.

3.3 Primerjava stroškov pridelave: hibridna in avtohtona semena

Tip semen	Stroški semen	Stroški FFS/gnojil	Stroški mehanizacije	Skupni vhodni stroški	Donos na ha	Opomba
Avtohtona / standardna	Nizki (lastna pridelava možna)	Nizki	Nizki - srednji	Nizki - srednji	Srednji	Možna setev naslednjih let, večja genska raznovrstnost
Hibrid F1	Visoki (vsako leto nakup)	Srednji - visoki	Srednji - visoki	Visoki	Visoki	Zahteva FFS, ni primerna za nadaljnjo setev
F2 iz F1	Nizki (iz lastnih F1)	Srednji - visoki	Srednji	Srednji	Nižji in nepredvidljiv	Ni enakomernih pridelkov, izguba heterozisa

Tabela: Hibridna semena zagotavljajo višje donose in globalno razpoložljivost hrane, vendar prinašajo povečane stroške, okoljske pritiske in omejitve za dolgoročno trajnost ter lokalno samooskrbo. Za uravnotežen razvoj kmetijstva je nujna kombinacija hibridnih in lokalnih sort, ki zagotavlja ekonomsko, ekološko in družbeno trajnost.

3.4 Povzetek vplivov hibridnih semen

Prednosti: višji donosi, enakomerna kakovost pridelka, potencialno prispeva k prehranski varnosti. Pomanjkljivosti: Obstaja pomembna omejitev, saj samostojna reprodukcija semenenja hibridnih semen, ki bi jo lahko izvajali kmetje in pridelovalci, ni možna. Prisotna je višja poraba FFS in gnojil, omejena je genska raznovrstnost, stroški pridelave hrane so večji, zmanjšana je suverenost kmetov. Višji vhodni stroški namreč zahtevajo intenzivno financiranje in so manj dostopni manjšim pridelovalcem. Trajnostni izziv: za dolgoročno samooskrbo in varstvo biotske raznovrstnosti je potrebna sinergija med hibridnimi in lokalnimi sortami.

4. GSO in nove genomske tehnike (NGT)

4.1 Kaj so GSO in NGT

Gensko spremenjeni organizmi (GSO) so rastline, pri katerih je genetski material spremenjen z metodami, ki se v naravi ne pojavijo, na primer vnos genov drugih vrst. Primeri vključujejo odporne sorte proti herbicidom ali škodljivcem. GSO so predmet stroge zakonodaje EU, ki zahteva označevanje in varnostne preglede. Nove genomske tehnike (NGT) omogočajo natančne spremembe genoma brez vnašanja tujih genov, z namenom izboljšanja odpornosti, donosa ali prehranske kakovosti. Razlaga pomena:

NGT1 pomeni manjše, ciljno usmerjene spremembe genoma, podobne mutacijam, ki se lahko pojavijo naravno, kot pravijo strokovnjaki naj bi imeli minimalen vpliv na biodiverziteto (spremenjenih je do 20 genov).

NGT2 pomeni kompleksnejše spremembe, pomeni možnost vnosa več genov in ima večji potencial vplivov na ekosistem.

4.2 Zakonodajna ureditev (stanje januar 2026)

V januarju 2026 je v zadnji fazi sprejemanja nova evropska zakonodaja o NGT, ki ločuje NGT1 od NGT2 glede na stopnjo genetskih posegov. NGT1 rastline so dovoljene za pridelavo brez obsežnega nadzorstva GSO, če niso vključeni tuji geni. NGT2, ki naj bi ostajale pod strožjim nadzorom, vključno s postopki odobritve in označevanja, vendar lobiranja s strani lobistov za čim večje omejitve nadzora in označevanja še potekajo. Obstaja nevarnost, da bodo na trgu neoznačena semena in hrana, kljub temu, da večina prebivalcev Slovenije in EU zavračajo gensko spreminjanje hrane.

4.3 Vpliv NGT1 in NGT2 na biotsko raznovrstnost in pridelavo

Tehnologija	Vplivi na pridelavo	Vplivi na biotsko raznovrstnost	Primer
NGT1	Hitrejše izboljšave obstoječih sort (odpornost proti boleznim, suši)	Minimalen vpliv, ker ni tujih genov	Ciljne mutacije avtohtone koruze za odpornost proti podnebnim stresom
NGT2	Večje genomske spremembe, potencialno višja produktivnost	Večje tveganje za biodiverzitetu in gensko stabilnost	Kompleksne izboljšave sort, zahteva strožje regulativne postopke

4.4 Primerjava patentiranih semen z avtohtonimi in hibridnimi sortami

Lastnost	Avtohtona semena	Hibridna semena	NGT1	NGT2
Genetska stabilnost	Visoka	F1 - odvisna, F2 nepredvidljiva	Visoka, ciljne mutacije	Kompleksne spremembe, višje tveganje
Odvisnost od proizvajalcev	Nizka	Visoka	Nizka do srednja	Srednja do visoka
Ekološki vpliv	Nizek	Srednji do visok	Nizek	Srednji do visok
Donos	Srednji	Visok	Srednji do visok	Visok
Prilagodljivost podnebnim spremembam	Naravna	Delno	Visoka	Visoka
Regulacija	Nacionalna / EU	EU, označevanje	Poenostavljena	Strožja?

Povzetek prikaza tabele: NGT1 omogoča trajnostne izboljšave obstoječih sort z minimalnim vplivom na gensko raznovrstnost, obetavno za prehransko varnost in lokalno samooskrbo. NGT2 prinaša večji potencial za produktivnost, a zahteva strožje regulacije in skrbno oceno vpliva na okolje. V primerjavi tako hibridna semena NGT1 in NGT2 zvišujejo odvisnost kmetov od vsakoletnega nakupa semen, medtem ko je pri NGT2 ta odvisnost še bolj pomembna zaradi tehnične in regulativne podpore, ki naj bi omogočala patentiranje semen korporacijam. Pri tem je potrebno omeniti, da je zakonodaja NGT v januarju 2026 v procesu sprejemanja in pogajanj ter lobiranja za čim nižje standarde, ki jih želijo doseči korporacije pred uvedbo zakonodaje o NGT in patentiranju semen. Nevladne organizacije v Sloveniji in v EU vključno z Združenjem Ekoci in somišljeniki si prizadevajo, da se NGT uvedejo le v kontroliranem okolju in v naravo samo na poskusnih poljih, dokler se ne ugotovijo posledice na zdravje ljudi, opraševalce, biotsko pestrost, kakovost tal in vode.

5. Patentiranje semen

5.1 Opis in pomen

Patentiranje semen je pravna zaščita, ki lastniku nove rastlinske sorte ali genetske izboljšave daje izključno pravico do proizvodnje, prodaje in distribucije semen. Namen je spodbujanje inovacij in

razvoja novih sort. Hkrati pa patentiranje prinaša ekonomske, etične in trajnostne izzive za kmete in lokalne skupnosti. Patentirana semena, vključno s hibridnimi in NGT sortami, omejujejo samostojno pridelavo semen, povečujejo stroške pridelave in vplivajo na gensko raznovrstnost ter prehransko varnost.

5.2 Hipoteza

Patentiranje semen povečuje ekonomsko moč multinacionalk in semenarskih hiš, omejuje dostop malih kmetov do novih sort in samostojnega semenarstva, zmanjšuje gensko raznovrstnost in s tem dolgoročno trajnost in lokalno prehransko varnost.

5.3 Argumenti in podatki

Pravna in ekonomska omejitve: F1, NGT in patentirane sorte zahtevajo vsakoletni nakup semen, kar povečuje vhodne stroške¹. Stroški patentiranih semen so pogosto večkrat višji od lokalnih sort.

Vpliv na gensko raznovrstnost: Patentirana semena dominirajo trg, kar zmanjšuje lokalne in avtohtone sorte, omejuje prilagodljivost rastlin na podnebne spremembe in povečuje tveganje za izgubo pridelkov.

Okoljski vidiki: Pogosto zahtevajo več FFS in mineralnih gnojil, kar vpliva na kakovost tal, vode in biodiverziteto. To je kritično pri monokulturni pridelavi.

Družbeni in etični vidiki: Omejuje dostop malih kmetov in povečuje tržno odvisnost od korporacij. Etično vprašanje: kdo dejansko koristi inovacijam, in ali so avtohtoni viri semen dostopni lokalnim skupnostim.

5.4 Primerjava patentiranih semen z avtohtonimi in hibridnimi sortami

Tip semena	Dostopnost kmetom	Stroški	Nadaljnje semenarstvo	Vpliv na biodiverziteto	Uporaba FFS/gnojil
Avtohtona	Visoka	Nizki	Možna	Ohranja raznovrstnost	Nizka
Hibrid F1	Srednja	Srednje do visoke	Nepriporočena	Zmanjšuje lokalno raznovrstnost	Srednja do visoka
Patentirana (vključno z NGT)	Nizka	Visoka	Ne	Zmanjšuje lokalno raznovrstnost, genska odvisnost	Visoka

Povzetek: Patentiranje omogoča tržne prednosti korporacijam in inovacije, hkrati pa omejuje samostojnost kmetov, povečuje stroške in zmanjšuje gensko raznovrstnost, kar vpliva na prehransko varnost in trajnost kmetijstva.

5.5 Kdo in zakaj patentira semena

Multinacionalke in semenarske hiše patentirajo nove hibridne ali NGT sorte za ekonomski nadzor nad trgom s ciljem doseganja čim večjega dobička. Raziskovalni inštituti in univerze patentirajo sorte kot rezultat znanstvenih raziskav, pogosto v sodelovanju s komercialnimi partnerji, to so pogosto korporacije, ki obvladujejo trg semen in komponent v pridelavi. Te tudi financirajo projekte, kar velikokrat postavlja znanost pod vprašaj. Namen patentiranja je zaščita intelektualne lastnine, povračilo stroškov raziskav in razvoj novih tehnologij ter ustvarjanje tržnih prednosti. Vse skupaj pa vpliva na končno ceno hrane in biotsko pestrost ter ima dolgoročne sistemske učinke, ki so velikokrat spregledani.

Pravice lastnika patenta je izključna pravica do proizvodnje, prodaje in distribucije semen. Kmetje ne smejo uporabiti patentiranih semen za setev naslednje generacije brez dovoljenja. Praktičen primer je dokumentarni film *Percy proti Goljatu*: prikazuje Percyja Schmeiserja, ki se je pravno

spopadel s podjetjem Monsanto zaradi domnevne nezakonite uporabe njihovih patentiranih GSO (gensko spremenjenih semen,) čeprav je sam sejal svoje seme, (ki se je domnevno kontaminiralo), vendar ga je korporacija tožila, da je sejal njihovo patentirano seme. Primer izpostavlja problem nadzora nad semeni, vpliv korporacij in omejevanje pravic kmetov⁸. Kako naj kmet ve ali je kupil patentirano seme? Patentirane sorte imajo registrsko številko patenta, ki zagotavlja sledljivost. Kmetje pa bi morali poznati pravice in omejitve, saj napačna uporaba, žal lahko vodi tudi do pravnih posledic⁹. V vsakem primeru omenjeno vodi kmeta v vedno novo kupovanje semen in v odvisnost od nakupa ter v nekaterih primerih vodi v uničenje malih kmetij.

6. Ekonomika načina pridelave in primerjava tipov avtohtonih hibridnih in gensko spremenjenih semen

Patentirana semena in nove genomske tehnike (NGT) predstavljajo pomembno orodje inovacij in ekonomskega dobička, vendar prinašajo tudi tveganja za trajnost agroekosistemov. Glavni izzivi so odvisnost kmetov od korporacij, vsakoletni nakup semen, povečani vhodni stroški (fitofarmacevtska sredstva – FFS, mineralna gnojila) in zmanjšanje lokalnih ter avtohtonih sort, kar ogroža gensko raznovrstnost, prehransko varnost in prilagodljivost agroekosistemov (WIPO, 2025; European Seed Association, 2024; FAO, 2022).

6.1 Stroški pridelave glede na izbor semen in način pridelave

Tip semena	Stroški semen	Stroški FFS/gnojil	Stroški mehanizacije	Skupni vhodni stroški	Donos	Opomba
Avtohtona / standardna	Nizki (lastna pridelava možna)	Nizki	Nizki - srednji	Nizki - srednji	Srednji	Možna setev naslednjih let, večja genska raznovrstnost
Hibrid F1	Visoki (vsako leto nakup)	Srednji - visoki	Srednji - visoki	Visoki	Visoki	Zahteva FFS, ni primerna za nadaljnjo setev
F2 iz F1	Nizki (iz lastnih F1)	Srednji - visoki	Srednji	Srednji	Nižji in nepredvidljiv	Ni enakomernih pridelkov, izguba heterozisa

Povzetek tabele: Avtohtona semena zagotavljajo nizke stroške, gensko raznovrstnost in možnost nadaljnje setve. Hibridna semena povečajo donos, a zahtevajo več FFS, hibridna in patentirana semena pa bistveno zvišajo vhodne stroške in odvisnost kmetov od korporacij.

6.2 Okoljski in družbeni vidiki

Patentirana in hibridna semena pogosto zahtevajo več FFS in mineralnih gnojil, kar lahko poslabša kakovost tal, vode in biodiverziteto (Kritični pregled vpliva intenzivne pridelave, 2023). Patentirana semena omejujejo dostop malih kmetov do inovativnih sort, povečujejo odvisnost od multinacionalk in postavljajo etična vprašanja glede pravice do hrane in trajnostnega razvoja (ETC Group, 2021; FAO, 2022). Patentirana semena in NGT so učinkovita pri višjih donosih in inovacijah, vendar imajo omejitve: povečujejo vhodne stroške, zmanjšujejo lokalno gensko raznovrstnost in povečujejo odvisnost kmetov od korporacij. Uravnotežen razvoj zahteva kombinacijo ohranjanja avtohtonih semen, pametne uporabe hibridnih in NGT semen ter spodbujanje trajnosti, prehranske varnosti in samostojnosti kmetov (WIPO, 2025; European Seed Association, 2024; Gov.si, 2025).

7. Zaključek: Od semen do sodobnega kmetijstva, prehranske varnosti in moderne znanosti

Sodobni človek pogosto izgubi neposredno povezanost s hrano, semeni in naravo. Od nabiralništva in prvinskega kmetovanja, preko tradicionalnega žlahtnjenja, hibridnih semen, patentiranih sort, GSO in novih genomskih tehnik (NGT1 in NGT2) so pristopi k pridelavi hrane postali tehnološko, ekonomsko in regulativno kompleksni.

Ti pristopi so prispevali k povečanju donosov in prehranske razpoložljivosti, vendar pogosto na račun genske raznovrstnosti, ekološke stabilnosti in lokalne samostojnosti kmetov. Sodobno semenarstvo, hibridizacija, patentiranje in genomske tehnike so tesno povezani s tržnimi interesi in kapitalom, kar povečuje odvisnost kmetov od multinacionalk, višje proizvodne stroške in pritisk na okolje (WIPO, 2025; FAO, 2022). Globalni uvozi hrane, na primer sporazum Mercosur, dodatno izpostavljajo paradoks sodobne prehranske verige: hrana, pridelana na način, ki povzroča degradacijo okolja in siromaši lokalne skupnosti, potuje po svetu, medtem ko lokalni kmetje pogosto ne morejo prodati svojih pridelkov. V države iz katerih se hrana uvaža, EU izvaža FFS, ki so v Evropi prepovedani in istočasno nazaj uvaža pridelke, ki temi uvoženimi pridelani pesticidi. Načelno podpiranje odločevalcev EU glede varovanja okolja zaradi podnebnih sprememb istočasno pa uvaža hrano, ki prepotuje pol sveta – namesto uporabe hrane s čim krajšano transportno potjo in uporabe FFS je vprašljivo.

Zgodovinski primeri iz Slovenije prikazujejo, da je pridelava ključnih kultur, kot je npr. krompir, koruza, žitarice, drastično padla zaradi uvoza, povezanosti kmetov, pomanjkanja sistemske podpore, odvisnosti od hibridnih in patentiranih semen ter visokih vhodnih stroškov. Hibridna in patentirana semena sicer omogočajo višje donose, vendar zahtevajo vsakoletni nakup, več FFS in gnojil ter zmanjšujejo gensko raznovrstnost, kar negativno vpliva na prehransko varnost, trajnost in suverenost (ETC Group, 2021; European Seed Association, 2024).

Hrana je strateško bogastvo. Semena so temelj naravne inteligence in genske dediščine, ki jih narava soustvarja sama. Patentiranje, globalizacija in intenzivna industrijska pridelava lahko ogrozijo to bogastvo, če se ne uravnotežijo z lokalnimi praksami, etiko in trajnostnimi politikami. Za prihodnost slovenskega kmetijstva in prehranske varnosti je nujna kombinacija tradicije, inovacij, skupnostne odgovornosti in premišljenih zakonodajnih odločitev, ki ohranjajo gensko raznovrstnost, omogočajo dostopnost semen kmetom in zagotavljajo varno in trajnostno prehrano za vse prebivalce..

Ali je to res prava pot razvoja človeštva in zagotavljanja prehranske varnosti? Ali stroka in znanstveniki pri svojem delu upoštevajo širši vidik ali je njihov pogled pogosto ozko usmerjen, brez razmisleka o tem, kako njihovo delo posega v naravo? Ali sodobno kmetijstvo in semenarstvo poganjata predvsem želja po dobičku in logika kapitalizma? Ali lahko podnebne spremembe res rešujemo s postopnim opuščanjem klasičnega kmetijstva, s pridelavo hrane v rastlinjakih in laboratorijih ter s prehrano na osnovi žuželk, medtem ko opuščamo tradicionalno pridelavo hrane? V razmislek lahko vključimo dva primera: podnebne spremembe in moderno kmetijstvo s spreminjanjem semen, namakanjem, robotizacijo in digitalizacijo. Trend, ki ga pogosto zagovarja del znanstvene sfere, je predvsem iskanje rešitev za posledice podnebnih sprememb. Leta 2026 je bil podpisan sporazum Mercosur, ki omogoča uvoz hrane v Evropo pod ugodnimi pogoji iz Južne Amerike (Brazilija, Paragvaj, Urugvaj). Ta hrana prepotuje pol sveta, da pride do evropskih potrošnikov. Znano je, da so te države zibelka GSO pridelave, krčenja deževnih gozdov in intenzivne uporabe fitofarmaceutskih sredstev (FFS), ki so bila v Evropi prepovedana, vendar jih EU še vedno izvaža v te države iz katerih nato uvaža hrano.

Kaj pa trendi? Marketinški prijemi so prispevali k temu, da nastaja moderna procesirana hrana; razvija se umetno meso, t. i. »novel food«, in hrana iz žuželk, ki se dodaja procesirani hrani. Ali je to res rešitev za prehrano sveta? Kljub vsem novim metodam je danes na svetu lačen skoraj vsak

deseti prebivalec. V času, ko bi moralo biti človeštvo vse bolj razvito, je vedno več vojn, zaradi česar je varnostno ogrožena že skoraj polovica svetovnega prebivalstva, več kot kadarkoli v zgodovini. Še v času, ko so ljudje živeli v večjem sožitju z naravo in so se prehranjevali ter kmetovali na prvinski način so našli vsaj občasne boljše rešitve.

Na srečo je v svetu in tudi v Sloveniji vse več ozaveščenih ljudi, ki razvoj človeštva presojujejo tudi skozi etične vrednote in spoštovanje okolja. S svojimi dejanji opozarjajo, da so potrebni celoviti pristopi in odgovornost posameznika, družbe ter znanstvene skupnosti, da s svojim delovanjem ne povzročajo nepopravljive škode naravi in ljudem. Prehranska varnost je del tega širšega procesa. Ali nas ne strezijo žalostni prizori ljudi, ki stojijo v vrstah za hrano, medtem ko so nekateri med čakanjem celo ubiti?

Hrana je strateško orožje. Brez semen ni hrane. Ali se dovolj zavedamo pomena zapisa, nameščenega v Tehniškem muzeju Bistra v Sloveniji, kjer je razstavljena tehnična dediščina našega naroda in razvoj semenarstva, pod katerega se podpisuje Eko civilna iniciativa Slovenije: »Semena so bogastvo naroda in dežele, ki ji pripadajo.« Kaj od tega bomo znali ohraniti za prihodnje rodove? Je morebiti to za nekatere že zastarela pot? Mar vrednote prebivalcev Slovenije v skrbi za naravo, biotsko pestrost in sonaravno pridelano hrano, postajajo pozabljene, svet pa se razvija v bolj brezčutno smer - kjer hrana ni več vrednota, temveč produkt znanosti, kapitala in sredstvo manipulacije ter nadzora ljudi? Je to res prava pot novih znanstvenih metod? Do sedaj je veljalo, da lahko država obstaja le, če ima svoj jezik, kulturo, ozemlje in sposobnost, da nahrani lastno prebivalstvo. V Sloveniji večino hrane uvažamo. Kakšna bo prihodnost?

Se res vse začne s semenom, inteligenco narave, ki jo narava soustvarja sama? In zakaj je potrebno patentiranje semen? Za prihodnost slovenskega kmetijstva in prehranske varnosti je ključna kombinacija tradicije, inovacij, skupnostne odgovornosti in premišljenih zakonodajnih odločitev, ki omogoča trajnostno, varno in etično pridelavo hrane, gensko raznovrstnost, dostopnost in stabilnost hrane za vse prebivalce. Pri tem je ključna odgovornost vseh državljanov intuicij in kmetov predvsem pa odločevalcev. Trenutni trendi ne kažejo poti k suverenosti prehranske varnosti sedanjega in prihodnjega rodu, naše dežele, širše skupnosti in sveta.

Zaključek je jasen: trajnost, prehranska varnost in lokalna avtonomija niso možni brez zavedanja pomena semen, odgovorne uporabe tehnologij in skupnostne odgovornosti. Če te vrednote izgubimo, se moderna znanost in kapital lahko spremenita v orodje nadzora nad hrano in ljudmi, namesto v sredstvo varovanja življenja in narave.

8. Viri

1. Čas za Zemljo. 2025. Ohranimo slovenska semena – Štafeta semen. [spletno]. Dostopno na: <https://www.casazemljo.si/trajnostno/stafeta-semen.html> [dostopano 9.1.2026].
2. EFSA. 2026. NGT1 vs NGT2 Risk Assessment Guidelines. [spletno]. Dostopno na: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/new-genomic-techniques> [dostopano 9.1.2026].
3. Ekoci – Eko civilna iniciativa Slovenije. Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen. [spletno]. Dostopno na: <https://ekoci.si/stafeta-semen/> [dostopano 9.1.2026].
4. Ekoci. 2025. Ohranjanje semen in vpliv patentiranja. [spletno]. Dostopno na: <https://ekoci.si> [dostopano 9.1.2026].
5. Ekoci. 2025. Predlog izhodišč in smernic za razvoj, ohranitev in ožvitev panoge slovenskega semenarstva. [spletno]. Dostopno na: <https://ekoci.si/zadnje/predlog-izhodišč-smernic-za-razvoj-ohranitev-in-ozivitev-panoge-slovenskega-semenarstva/> [dostopano 9.1.2026].
6. Ekoci. 2024. Poročila in strokovne pobude za ožvitev semenarstva. [spletno]. Dostopno na: <https://ekoci.si/zadnje/dopolnitev-pobud-za-ohranjanje-slovenskih-semen-in-ozivitev-panoge-semenarstva/> [dostopano 9.1.2026].

7. Ekoci. 2025. Povabilo k sodelovanju v vseslovenskem gibanju Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen. [spletno]. Dostopno na: <https://ekoci.si/zadnje/povabilo-k-sodelovanju-stafeta-semen-2025/> [dostopano 9.1.2026].
8. ETC Group. 2021. Who controls seeds controls food. [spletno]. Dostopno na: <https://www.etcgroup.org> [dostopano 9.1.2026].
9. European Commission. 2023. Genetic resources for food and agriculture. Dostopno na: https://food.ec.europa.eu/plants/plant-reproductive-material/plant-genetic-resources_en [dostopano 9.1.2026].
10. European Commission. 2026. Intellectual Property in Plant Breeding. [spletno]. Dostopno na: https://ec.europa.eu/food/plant/ip_en [dostopano 9.1.2026].
11. European Commission. 2026. New EU legislation on new genomic techniques. [spletno]. Dostopno na: https://ec.europa.eu/food/plant/new-genomic-techniques_en [dostopano 9.1.2026].
12. European Seed Association. 2024. Economic impact of patented seeds in EU agriculture. Dostopno na: <https://euroseeds.eu/> [dostopano 9.1.2026].
13. FAO. Hybrid maize production. [spletno]. Dostopno na: <http://www.fao.org/hybrid-maize/en/> [dostopano 9.1.2026].
14. FAO. 2022. Agrobiodiversity for Sustainable Agriculture. Dostopno na: <https://www.fao.org/europe/news/detail-news/en/c/1604680/> [dostopano 9.1.2026].
15. FAO. 2022. Seed Patents and Food Security. Dostopno na: <https://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/1709845/> [dostopano 9.1.2026].
16. Gov.si. Registrski podatki patentiranih semen v Sloveniji. [spletno]. Dostopno na: <https://www.gov.si/zbirke/storitve/vpis-v-register-dobaviteljev/> [dostopano 9.1.2026].
17. Gov.si. Semenarstvo in genetski viri. [spletno]. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
18. Gov.si. Semenarstvo kot osnovna panoga za pridelavo hrane. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
19. Gov.si. Semenarstvo, poudarki za kakovostno seme in donose. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
20. Gov.si. Semenarstvo: pravni okvir in patentiranje semen. [spletno]. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026]. (Opomba: priporočljivo dodati podstran, kjer je pravni okvir eksplicitno opisan.)
21. Gov.si. Semenarstvo; Genski viri v rastlinski pridelavi. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
22. Gov.si. Standardna semena in lokalne sorte. [spletno]. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
23. Gov.si. Vpliv intenzivne pridelave na opraševalce in biodiverzitetu. [spletno]. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/semenarstvo/> [dostopano 9.1.2026].
24. Wikipedia. Hybrid seed. [spletno; Wikipedia, prosta enciklopedija]. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_seed [dostopano 9.1.2026].
25. IRRI. 2020. Hybrid Rice: Production Techniques. Dostopno na: http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Hybrid_Rice_Breeding_&Seed_Production.htm [dostopano 9.1.2026].
26. Journal of Agronomy Research. Hybrid Seed Technology. Dostopno na: <https://openaccesspub.org/agronomy-research/hybrid-seed-technology> [dostopano 9.1.2026].

27. KGZS – Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. 2025. Oskrbimo Slovenijo – Štafeta semen (posvet in izmenjava semen). [spletno]. Dostopno na: <https://www.kgzs.si/novica/oskrbimo-slovenijo-stafeta-semen-2025-posvet-in-izmenjava-semen-2025-03-12> [dostopano 9.1.2026].
28. Kmetijski inštitut Slovenije. Slovenska rastlinska genska banka. Dostopno na: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20143369302> [dostopano 9.1.2026].
29. Kmetijski inštitut Slovenije. Zbirke v genski banki. Dostopno na: https://www.kis.si/wp-content/uploads/2025/11/SLO-zgibanka-GENSKA-BANKA-27avg2024_splet.pdf [dostopano 9.1.2026].
30. Kritični pregled ekonomike hibridnih semen. Dostopno na: <https://conectnext.com/sl/tag/hybrid-seeds/> [dostopano 9.1.2026].
31. 5dok.info. Kritični pregled vpliva hibridnih semen na okolje. [spletno]. Dostopno na: <https://5dok.info/article/vpliv-hibridnih-semen-na-okolje> [dostopano 9.1.2026].
32. LIFE FOR SEEDS – Notranjski park. LIFE for Seeds. Dostopno na: <https://notranjski-park.si/projekti/life-for-seeds#about> [dostopano 9.1.2026].
33. Percy vs Monsanto. 2008. [dokumentarni film]. Dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=X6e1a-votTk> [dostopano 9.1.2026].
34. PubMed. 2022. Economic impact of hybrid maize on smallholder farms. [spletno]. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35869279/> [dostopano 9.1.2026].
35. PubMed. Genetic modifications and crop improvement. [spletno]. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> [dostopano 9.1.2026].
36. PubMed. 2021. Genetic stability of F2 seeds. [spletno]. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34217125/> [dostopano 9.1.2026].
37. PubMed. 2025. Hybrid maize yield studies. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40160889/> [dostopano 9.1.2026].
38. PubMed. Impact of patented seeds on biodiversity. [spletno]. Dostopno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> [dostopano 9.1.2026].
39. Statistični urad Republike Slovenije (SURS). 2025. Poraba FFS in vpliv na okolje. [spletno]. Dostopno na: <https://www.stat.si/> [dostopano 9.1.2026].
40. SURS. 2023. Poraba fitofarmacevtskih sredstev v kmetijstvu, 2023. dostopno na: <https://www.stat.si/StatWeb/File/DocSysFile/12503> [dostopano 9.1.2026].
41. SURS. 2024. Poraba mineralnih gnojil v kmetijstvu, 2024. Dostopno na: <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/13799> [dostopano 9.1.2026].
42. Šuštar Vozlič, J. et al. 2012. Variability of lettuce genetic resources. *Acta Agriculturae Slovenica*, letnik 99, št. 3 (2012), str. 413-421. Dostopno na: <https://journals.uni-lj.si/aas/article/view/14469/12745> [dostopano 9.1.2026].
43. Ternjak, T. 2025. Comparison of Slovenian Traditional Plum Materials. *Agricultura Scientia*, letnik 21, št. 2, str. 23-33. Dostopno na: <https://journals.um.si/index.php/agricultura/article/view/4885> [dostopano 9.1.2026].
44. WIPO. Plant Variety Protection and Patents. [spletno]. Dostopno na: <https://www.wipo.int/> [dostopano 9.1.2026].
45. WIPO. 2025. Plant Variety Protection and Patents. [spletno]. Dostopno na: https://www.wipo.int/plant_patents [dostopano 9.1.2026].
46. World Bank. 2019. Agricultural Productivity and Access to Seeds. Dostopno na: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/548701534213558444-0050022018/render/EBA17Seed.pdf> [dostopano 9.1.2026].

SPREMLJANJE MORFOLOŠKIH LASTNOSTI FIŽOLA ZA POTREBE VREDNOTENJA IN OHRANJANJA RAZNOLIKOSTI

MONITORING THE MORPHOLOGICAL TRAITS OF BEANS FOR EVALUATION AND PRESERVATION OF DIVERSITY

Filip Žerak, Barbara Pipan

Šolski center Šentjur, Slovenija, filip.zerak@sc-s.si
Kmetijski inštitut Slovenije, Slovenija, barbara.pipan@kis.si

Povzetek

*V rastni sezoni 2025 smo na posestvu Šolskega centra Šentjur v sodelovanju s Kmetijskim inštitutom Slovenije izvedli raziskavo, v okviru katere smo spremljali morfološke lastnosti križanca fižola (*Phaseolus vulgaris* L., ref. št. 316×498). Namen raziskave je bil ovrednotiti uporabnost izbranega seta uveljavljenih deskriptorjev, ki jih uporabljajo genske banke, žlahtnitelji fižola in konzorciji evropskih projektov ter preveriti specifične fenotipske lastnosti izbranega genotipa v vegetacijskem obdobju 2025. Rezultati kažejo, da je križanec nizek, determinantnega tipa rasti, z značilno trikotnimi lističi temno zelene barve, belimi cvetovi ter rahlo ukrivljenimi zelenimi stroki ovalnega prereza. Semena so ledvičaste oblike, lisastega vzorca s kombinacijo vijoličaste in bež barve. Uporaba morfoloških deskriptorjev se izkaže kot učinkovit pristop za dokumentiranje fenotipske raznolikosti in omogoča natančno primerjavo različnih genskih virov med seboj. Raziskava potrjuje pomen sistematičnega spremljanja morfologije pri dolgoročnem ohranjanju in upravljanju genskih virov fižola.*

Ključne besede: fižol, *Phaseolus vulgaris* L., morfološki deskriptorji, žlahtniteljski material, agrobiodiverziteta, fenotipske lastnosti.

Abstract

*During the 2025 growing season, we conducted a study at the Šentjur School Centre estate in collaboration with the Agricultural Institute of Slovenia, observing the morphological features of a bean hybrid (*Phaseolus vulgaris* L., ref. no. 316×498). The purpose of the study was to evaluate the usefulness of a selected set of established descriptors used by gene banks, bean breeders, and European project consortia, and to verify the specific phenotypic characteristics of the chosen genotype during the 2025 growing season. The results show that the hybrid is short, with a determinate growth habit, characterized by triangular, dark-green leaves, white flowers, and slightly curved, green pods with an oval cross-section. The seeds are kidney-shaped with a streaked pattern of purple and beige. The use of morphological descriptors proves to be an effective approach for documenting phenotypic diversity and enables accurate comparison of various genetic resources. The study affirms the importance of systematic monitoring of morphology for the long-term conservation and management of bean genetic resources.*

Keywords: beans, *Phaseolus vulgaris* L., morphological descriptors, breeding material, agrobiodiversity, phenotypic traits.

1. Uvod

Fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) predstavlja eno najpomembnejših stročnic v svetovnem merilu, saj je ključni vir rastlinskih beljakovin, prehranskih vlaknin, mineralov ter drugih funkcionalnih snovi. Poleg prehranskega pomena pa ima fižol tudi izjemno agronomsko vrednost, saj v simbiozi z bakterijami rodu *Rhizobium* prispeva k biološkemu vezanju dušika in s tem izboljšuje rodovitnost tal. Zaradi široke razširjenosti pridelave po različnih agroekoloških območjih se je skozi stoletja oblikovala bogata genetska in fenotipska raznolikost, ki jo danes ogrožajo intenzifikacija kmetijstva, standardizacija sort in opuščanje tradicionalnih genotipov. Genske banke zato prevzemajo ključno vlogo pri dolgoročnem ohranjanju agrobiodiverzitete, pri čemer je pomemben temelj njihovega delovanja sistematična morfološka karakterizacija posameznih genotipov. Morfološki deskriptorji omogočajo enotno, ponovljivo in mednarodno primerljivo beleženje lastnosti rastlin, kar olajša identifikacijo duplikatov, razvrščanje genskih virov ter spremljanje variabilnosti med populacijami. Namen raziskave je bil spremljati in ovrednotiti razvojne in morfološke lastnosti izbranega križanca fižola (ref: 316×498), ki izhaja iz programa žlahtnjenja fižola na Kmetijskem inštitutu Slovenije ter preveriti ustreznost uporabe standardiziranih deskriptorjev na dodatni lokaciji, in sicer na posestvu Šolskega centra Šentjur. Poudarek je bil na lastnostih, ki so pomembne pri opisu fenotipa rastline, stroka in semena, ter na spremljanju njihove stabilnosti v razmerah povečanega toplotnega in sušnega stresa, ki je zaznamoval vegetacijsko sezono 2025.

2. Pregled literature

2.1 Fenotipska in genetska raznolikost fižola (*Phaseolus vulgaris* L.)

2.1.1 Izvor

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) ima dva neodvisna centra domestikacije: srednjeameriški in andski južnoameriški. Genetske in fenotipske raziskave dosledno potrjujejo, da se ta dva genska sklada razlikujeta tako v morfologiji kot na molekularni ravni (Singh in sod., 1991). Srednjeameriški genotipi imajo praviloma manjša semena, večjo barvno raznolikost in krajšo vegetacijsko dobo, kar odraža prilagoditve na toplejše in sušnejše okolje Srednje Amerike. Andski genotipi pa razvijejo večja semena, robustnejši habitus ter pogosto kažejo večjo agronomsko stabilnost v hladnejših andskih razmerah (Gepts, 1998). Razlikovanje med obema genskima skladoma je mogoče že na osnovi osnovnih morfoloških znakov, kar potrjuje uporabnost morfoloških deskriptorjev pri začetni karakterizaciji genskih virov.

2.1.2 Raznolikost evropskih in sredozemskih zbirk

Po prihodu fižola v Evropo v 16. stoletju so se zaradi raznolikih agroekoloških razmer oblikovale številne lokalne sorte, ki predstavljajo izjemno bogat sekundarni center raznolikosti. Molekularne analize kažejo, da je jugozahodna Evropa, predvsem Španija in Portugalska, izoblikovala lastno genetsko strukturo fižola, ki združuje elemente obeh primarnih genskih skladov (Santalla in sod., 2002). Podobno velja za Apeninski polotok, kjer so nastale številne tradicionalne sorte, ki imajo specifične morfološke vzorce semen, prilagoditve na lokalno podnebje in visoko stopnjo genetske diferenciacije (Logozzo in sod., 2007). Na območju Balkana in Alp najdemo populacije, ki so rezultat stoletij kmečke selekcije in kažejo še posebej visoko stopnjo fenotipske raznolikosti, predvsem glede velikosti semen, barvnih vzorcev in rastnega habitusa. Analize evropskih genskih bank kažejo, da se evropske tradicionalne sorte močno razlikujejo od izvornih ameriških tipov, kar potrjuje vlogo Evrope kot sekundarnega središča diverzitete (Angioi in sod., 2010).

2.1.3 Genetska raznolikost in žlahtnjenje

V zadnjih desetletjih se tradicionalne sorte fižola pogosto umikajo komercialnim sortam, kar vodi v genetsko erozijo. FAO (2010) opozarja, da je izguba lokalnih sort eden največjih dejavnikov

zmanjševanja globalne agrobiodiverzitete. Lokalni genotipi pogosto nosijo redke fenotipsko izražene lastnosti, kot so specifični vzorci semena, odpornost na lokalne stresne razmere ali posebni kulinarični kvaliteti, ki jih v sodobnih sortah ni (Hammer in sod. 2003). Zato predstavljajo ključen genski vir za prihodnje žlahtniteljske programe (Pipan in Meglič, 2019). Dodatno raziskave kažejo, da je raznolikost, prisotna v evropskih sortah, dragocena zaradi svoje genetske neponovljivosti in prilagoditve na specifične habitate (Veteläinen in sod. 2009). Genske banke imajo zato ključno vlogo pri ohranjanju teh virov, saj morfološka karakterizacija omogoča identifikacijo duplikatov, optimizacijo zbirk in dolgoročno ohranjanje variabilnosti.

2.2 Morfološke lastnosti fižola (*Phaseolus vulgaris* L.)

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) je enoletna rastlina, ki se pojavlja v dveh osnovnih rastnih oblikah: nizki (dwarf) in visoki (climbing). Nizke sorte običajno dosežejo višino 20–60 cm, medtem ko visoke sorte lahko zrastejo do 2–3 m. Steblo je členjeno z internodiji, z različno razvejanostjo, kar vpliva na habitus rastline (Ziegler, 2019). Koreninski sistem fižola je vretenast sestavljen iz slabše razvite glavne korenine in številnih stranskih korenin. Na stranskih koreninah se pogosto razvijejo noduli, kjer rastlina vzpostavlja simbiozo z dušikovimi bakterijami iz rodu *Rhizobium*, kar omogoča fiksacijo atmosferskega dušika. Razvejanost koreninskega sistema in globina rasti sta genetsko določeni lastnosti, prilagojeni različnim stresnim pogojem, kot je suša (Ziegler, 2019). Listi fižola so sestavljeni iz treh lističev. Lističi so običajno ovalni do široko ovalni, z gladkimi robovi. Velikost lističev variira od približno 4 do 16 cm v dolžino in 2,5 do 11 cm v širino. Barva listov se giblje od svetlo do temno zelene, oblika lističev pa je lahko rombasta, trikotna, okroglasta ali srčasta. Listni pecelj je dolg do 15 cm in na dnu odebeljen. Razporeditev listov na stebelu je izmenična (Ibushoska in sod., 2013). Cvetovi fižola so dvospolni, od 1,5 do 2,5 cm široki in od 1 do 1,5 cm dolgi, izraščajo iz listnih pazduh, so posamični ali dvojni pri tleh. Cvet je metuljast in ima pet zelenih zvončasto združenih čašnih listov ter pet venčnih listov, ki so neenakomerno razviti (jadro, krili in ladjica). Barva cvetov je lahko bela, rumena, blede rožnata, rdeča in vijoličasta. Nekateri cvetovi so dvobarvni. Po oprašitvi cvetov se razvijejo stroki, ki so lahko ravni ali ukrivljeni, na prerezu pa okrogli, ploščati ali ploščato okrogli. Nedorozrel strok je običajno mesnat, večinoma zelene ali rumene barve, včasih pisan – rožnat ali rdeč. Dolžina stroka je od 10 do 30 cm, širina od 2 do 3 cm. V stroku je od 2 do 12 semen. Semena so različne velikosti, oblike in barve. Seme je 1 do 2 cm dolgo, od 0,5 do 1,2 cm široko. Semena so lahko različnih barv: bele, rumene, rožnate, rjave, temno rdeče, sive, črne, in pisane. Sorte, ki imajo daljše seme, razvijejo tudi daljše stroke. Masa 1000 semen navadnega fižola znaša od 300 do 1000 g (Kocjan Ačko in Ačko, 2016).

2.3 Standardizirani morfološki deskriptorji

Morfološka karakterizacija fižola temelji na mednarodno uveljavljenih deskriptorjih, ki jih predlagajo organizacije, kot so IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) in ECPGR (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources). Ti deskriptorji omogočajo standardizirano ocenjevanje rastlinskih lastnosti, kar je ključno za primerljivost podatkov med gensko bankami in raziskovalnimi institucijami (Singh, 1999; CIAT, 2010). Lahko se uporabljajo tudi interni deskriptorji (uporabljajo jih žlahtnitelji sami, v povezavi z različnimi cilji žlahtnjenja) ter deskriptorji, ki so jih nedavno oblikovali različni porjektivni konzorciji za namene izvedbe velikih evropskih projektov (npr. projekt INCREASE). Najpogostejše ocenjevane morfološke lastnosti vključujejo:

- Semena (velikost, masa 100 semen, barva, vzorec semenske lupine, oblika (Singh, 1999).
- Stroki: dolžina, debelina, barva, oblika, število semen na stroku.
- Rastline: habitus (grmičast ali pokončen), višina, število vej, tip listov.
- Cvetovi: barva cvetov, čas cvetenja, dolžina in oblika cvetnega stebra.

Morfološki deskriptorji omogočajo hitro in cenovno učinkovito oceno raznolikosti in so pogosto prvi korak pri identifikaciji genskih virov in žlahtniteljskih materialov pred molekularnimi analizami (Cichy in sod., 2009).

3. Materiali in metode dela

3.1 Lokacija poskusa in vremenske razmere

Poskus smo izvedli na posestvu Šolskega centra Šentjur, in sicer na njivski površini, ki se že vrsto let uporablja za pridelavo vrtnin. Tla poskusnih parcel spadajo med distrična rjava tla z visokim deležem glinenih delcev. Uporabljeni sistem obdelave temelji na klasični obdelavi tal, kar pomeni, da osnovni obdelavi z oranjem sledi dopolnilna obdelava z vrtavkasto brano. Izbrana kmetijska površina dosega 63 bonitetnih točk.

V poletnih mesecih leta 2025 je bila širša okolica Šentjurja izrazito pod vplivom suše in vročinskega stresa. Poletje je bilo občutno toplejše od dolgoletnega povprečja, s temperaturnim odklonom +1,5 °C. Junij je bil izjemno suh, kar je dodatno poslabšalo razpoložljivost talne vlage. V juliju je količina padavin presegla dolgoletno povprečje, vendar so bile padavine časovno zelo neenakomerno razporejene. Avgust je bil nekoliko toplejši od običajnega, brez izrazitih ekstremov (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2025).

3.2 Zasnova poskusa in opis testiranega križanca fižola

Poskus smo zasnovali tako, da smo pripravili štiri grebene širine 1 meter in dolžine 30 metrov, ki smo jih prekrili s črno polietilensko folijo. Na vsakem grebenu smo zasadili dve liniji, v katerih smo v razmaku 10 cm na globino 3 cm posejali semena fižola. Razmak med posameznimi linijami je znašal 60 cm. Gostota setve je tako znašala 166.666 semen na hektar. Setev smo izvedli 20. 5. 2025.

Uporabljen je bil križanec z ref. št. 316x498. Gre za nizko sorto fižola, uporabno predvsem za pridelavo zrnja. Je zgoden, roden, oblikuje zelene stroke, na semenski lupini se oblikujeta primarna in sekundarna barva.



Slika 4: Poskusna površina dne 17. 6. 2025 Vir: osebni arhiv

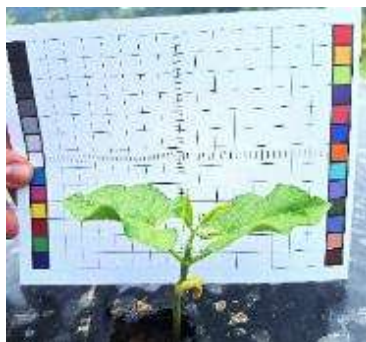
3.3 Metodologija ocenjevanja

Med vegetacijo smo spremljali in opazovali deskriptorje oziroma lastnosti izbranega križanca. Pri fenotipskem vrednotenju smo sledili deskriptorjem, ki jih v sklopu poskusa o občanskem raziskovanju znotraj evropskega projekta INCREASE uporabljajo občanski raziskovalci iz vse Evrope (INCREASE CSE). Fenotipsko izražene znake smo nato fotografirali s pomočjo barvne podloge za lažjo interpretacijo rezultatov. Omenjeni deskriptorji so objavljeni v Cortinovis in sod., 2021.

4. Rezultati in razprava

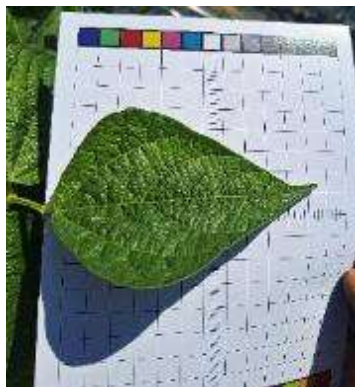
V tem poglavju so opisane posamezne lastnosti oziroma deskriptorji, ki smo jih opazovali med rastno dobo fižola.

Vzklitje in pigmentacija hipokotile: Prve rastline smo opazili deveti dan po setvi. Na celotni površini je zaradi dobrih rastnih pogojev po setvi vzkilo več kot 90 % posejanih rastlin. V tem obdobju smo spremljali obarvanost hipokotile (del rastline med zemljo in kličnimi listi), ki je bil značilno zelen.



Slika 5: Mlada rastlina v začetni fazi rasti
Vir: osebni arhiv

Listi (oblika, barva, prisotnost antocianinov): Listi fižola so tridelni, vsak list je sestavljen iz treh lističev. Pri izbranem križancu so posamezni lističi trikotne oblike, temno zelene barve brez prisotnosti antocianinov (posledica prisotnosti antocianinov je obarvanost listov rdeče ali vijoličaste barve, česar v našem primeru nismo opazili).



Slika 6: Posamezen listič
Vir: osebni arhiv

Tip rasti: Izbrani križanec je nizek fižol, ki se grmasto razrašča, zato je njegova rastna oblika izrazito grmičasta.



Slika 7: Grmičasta oblika rastlin
Vir: osebni arhiv

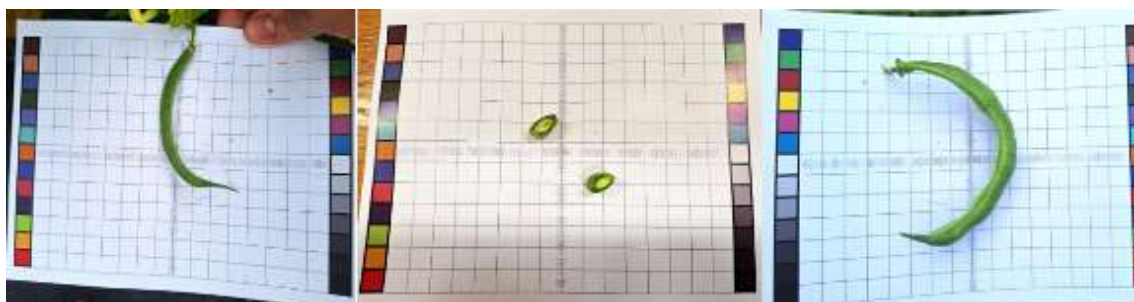
Premer stebila: Izmerili smo premer stebela pri reprezentativni rastlini, in sicer s pomočjo pomičnega merila. Premer je znašal 8 milimetrov.

Cvetenje: Začetek cvetenja smo pri izbranem genotipu fižola zabeležili 2. 7. 2025, ko smo opazili odpiranje prvih popolnoma razvitih cvetov, kar označuje prehod rastline iz vegetativne v generativno fazo razvoja. Datum polnega cvetenja lahko označimo 11. 7. 2025, ko je večina rastlin zacvetela in prešla v generativno fazo razvoja. Cvetove fižola sestavljajo dve vrsti cvetnih listov (standardni in krilni), ki so v našem primeru belkaste barve.



Slika 8: Cvet
Vir: osebni arhiv

Analiza svežega stroka: 13. 7. 2025 smo zabeležili prve stroke fižola v nastajanju. Vse rastline na naši parceli so razvile stroke 23. 7. 2025. Analizirali smo tudi prečni prerez svežega stroka. Vzeli smo tehnološko zrel strok, ki smo prerezali na najširšem delu in zabeležili prečni prerez. Prečni prerez je ovalne oblike, sveži stroki so rahlo ukrivljene oblike in zelene barve.



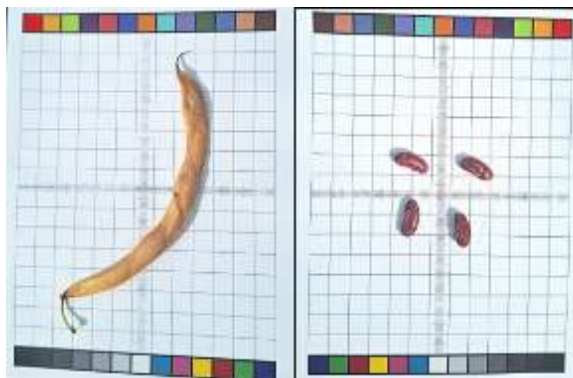
Slika 9: Strok fižola v različnih razvojnih fazah
Vir: osebni arhiv

Determinantnost rastlin: Determinantnost pri fižolu pomeni, da rastlina zaključi rast stebela s cvetnim vršičkom, nedeterminantnost pa pomeni, da rastlina neprenehoma podaljšuje steblo in poganjke. Nizke sorte fižola so večinoma determinantne, kar se je pokazalo tudi v našem primeru.



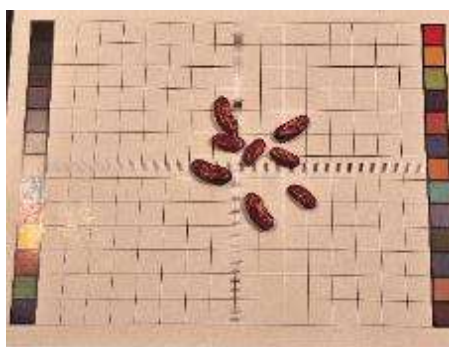
Slika 10: Determinantnost rastlin
Vir: osebni arhiv

Analiza stroka v fazi polne zrelosti (popolnoma suhi strok): Barva stroka pripravljenega za obiranje je svetlo (bledo) rjava. Vlakna sten stroka so usnjata (ob rahlem potisku se stroki odprejo).



Slika 11: Strok in semena v polni fiziološki zrelosti
Vir: osebni arhiv

Analiza semena: Seme fižola je lahko enobarvno, lahko pa osnovno barvo dopolnjuje dodaten barvni vzorec. Zabeležili smo prisoten vzorec, ki je lisast, kar pomeni, da se na osnovni barvi semenske ovojnice pojavljajo kontrastni trakovi ali lise. Osnovna barva semenske lupine je vijoličasta, medtem ko je sekundarna, ki tvori vzorec, bež barve. Oblika semen je ledvičasta.



Slika 12: Semena fižola
Vir: osebni arhiv

5. Zaključek

Raziskava je pokazala, da je uporaba morfoloških deskriptorjev učinkovit in zanesljiv pristop pri spremljanju in dokumentiranju fenotipsko izraženih lastnosti fižola, kar predstavlja pomemben način vrednotenja različnih genskih virov. Pri izbranem križancu (ref: 316×498) smo zabeležili jasne in stabilne morfološke značilnosti, ki omogočajo natančno identifikacijo genotipa ter njegovo primerjavo z drugimi dostopnimi genskimi viri in žlahtniteljskimi materiali. Rastlina je izkazovala determinantno rastno obliko, značilne tridelne liste temno zelene barve, bele cvetove ter rahlo ukrivljene stroke ovalnega prereza. Semena so bila ledvičasta in dvobarvna, s prepoznavnim lisastim vzorcem. Čas od setve (20. 5.) do spravila (20. 8.) je obsegal 93 dni. Zaradi neustreznih vremenskih razmer je pridelek znašal 0, 8 t/ha.

Kljub temu, da so izrazite sušne razmere negativno vplivale na končno količino pridelka ter občutno povečale pojav bolezni, predvsem rje, je genotip vseeno ohranil primerljivo stabilnost in razvil fenotip, skladen z opisom.

V prihodnjih raziskavah želimo ovrednoti in primerjati več različnih križancev fižola visokih vzgojnih stopenj (F7/F8) iz programa žlahtnjenja fižola, ki poteka na Kmetijskem inštitut Slovenije. Le-te bomo vzgajali, opisovali glede na deskriptorje, fotodokumentirali in nenazadnje med seboj primerjali na ustreznosti vzgoje na posestvu Šolskega centra Šentjur.

Zahvala

Zahvaljujem se Šolskemu centru Šentjur, na čigar posestvu je bil izveden raziskovalni poskus. Raziskovalno delo je nastalo v sodelovanju z JS Vrtnarstvo, v okviru programa žlahtnjenja fižola, ki je financiran s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ter v sklopu H2020 projekta INCREASE(GA No 862862). Zahvala gre tudi dijakom in strokovnim sodelavcem, ki so s svojim delom, prizadevnostjo in tehnično podporo pomembno prispevali k izvedbi raziskave in nastanku tega prispevka.

6. Viri

Agencija Republike Slovenije za okolje. (2025). Podnebne značilnosti poletja 2025. https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/climate/archive/2025/2025_09-Podnebne%20znacilnosti%20poletja%202025.pdf (22. 11. 2025)

Angioi S. A., Rau D., Attene G., Nanni L., Bellucci E., Logozzo G., Negri V. in Papa R. (2010). Beans in Europe: Origin and structure of the European landraces of *Phaseolus vulgaris* L. Theoretical and Applied Genetics, 121, 829–843.

CIAT (2010). Descriptors for Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia.

Cichy K. A., Blair M. W. in Astudillo C. (2009). Characterization of diversity in common bean germplasm. Euphytica, 170, 123–135.

Cortinovis, G., Oppermann, M., Neumann, K., Graner, A., Gioia, T., Marsella, M., ... & Bitocchi, E. (2021). Towards the development, maintenance, and standardized phenotypic characterization of single-seed-descent genetic resources for common bean. *Current Protocols*, 1(5), e133.

FAO. (2010). The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome

Gepts P. (1998). Origin and evolution of common bean: Past events and recent trends. HortScience, 33(7), 1124–1130.

Hammer K., Arrowsmith N. in Gladis, T. (2003). Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. Naturwissenschaften, 90, 241–250.

Ibushoska A., Ivanovska S., Agic R. in Drvoshanova B. (2013). Investigation on morphological traits on leaf, pod and seed of local bean (*Phaseolus vulgaris* L.) populations in Macedonia. Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences. <https://journals.ukim.mk/index.php/jafes/article/view/1076>

Kocjan Ačko D. in Ačko Hrovat A. (2016). Zrnate stročnice: pridelava in uporaba (91-109). Kmečki glas.

Logozzo G., Donnoli R., Macaluso L., Papa R. in Spagnoletti Zeuli P. (2007). Genetic diversity in Italian common bean germplasm using SSR markers. Genetic Resources and Crop Evolution, 54, 1751–1765.

PIPAN, Barbara, MEGLIČ, Vladimir. Diversification and genetic structure of the western-to-eastern progression of European *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. BMC plant biology. 2019, vol. 19, št. 442, str. 1-16, ilustr. ISSN 1471-2229. DOI: 10.1186/s12870-019-2051-0.

Santalla M., Rodiño A. P. in De Ron A. M. (2002). Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of diversity. Theoretical and Applied Genetics, 104, 934–944.

Singh S. P. (1999). Systematics, diversity, and genetic resources of *Phaseolus vulgaris* L. Advances in Agronomy, 66, 47–91.

Singh S. P., in Gepts P. (2002). Genetic diversity in common bean. In A. Paterson (Ed.), Genetic Resources of Grain Legumes (pp. 107–134). CAB International.

Singh S.P., Gepts P. in Debouck D.G. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ Bot 45, 379–396. <https://doi.org/10.1007/BF02887079>

Veteläinen M., Negri V. in Maxted N. (2009). European landraces: On-farm conservation, management and use. Bioversity International.

Ziegler G. (2019). Developmental Pleiotropy Shaped the Roots of the Domesticated Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). Plant Physiology, 180(3), 1467–1479.
<https://academic.oup.com/plphys/article/180/3/1467/6117656>

IZZIVI SADJARSTVA V SLOVENIJI V SPREMINJAJOČIH SE PODNEBNIH RAZMERAH

CHALLENGES OF FRUIT GROWING IN SLOVENIA UNDER CHANGING CLIMATIC CONDITIONS

mag. Davorin Gamser

Mirosan d.o.o.

davorin.gamser@mirosan.si

Povzetek

Podnebne spremembe vplivajo na fenologijo sadnih rastlin, stabilnost in kakovost pridelka ter na pojav ekstremnih dogodkov, kot so spomladanske pozebe, suše, vročinski valovi, neurja in toča. V Sloveniji meritve in projekcije kažejo na izrazit trend segrevanja ter spremembe v pojavljanju ekstremov, kar povečuje tveganje v trajnih nasadih (ARSO, 2025; ARSO, 2021; IPCC, 2021). Namen prispevka je predstaviti vpliv podnebnih sprememb na sadjarstvo in pregled učinkovitih prilagoditvenih ukrepov. Poseben poudarek je namenjen spomladanskim pozebam, toči, suši ter tehnologijam zaščite in upravljanja tveganj v nasadih jablan podjetja Mirosan d.o.o.

Ključne besede: sadjarstvo, podnebne spremembe, fenologija, pozeba, toča, suša, prilagajanje Mirosan d.o.o.

Abstract

Climate change affects the phenology of fruit trees, crop stability and quality, and the occurrence of extreme weather events such as spring frosts, droughts, heat waves, storms, and hail. In Slovenia, observational data and climate projections indicate a marked warming trend and changes in the occurrence of extremes, thereby increasing the level of risk in permanent plantations (ARSO, 2025; ARSO, 2021; IPCC, 2021). The aim of this paper is to present a scientifically based perspective on the impact of climate change on fruit production and an overview of effective adaptation measures. Particular emphasis is placed on spring frosts, hail, drought, as well as on protection technologies and risk management strategies in permanent apple orchards of Mirosan d.o.o.

Keywords: fruit growing, climate change, phenology, frost, hail, drought, adaptation Mirosan d.o.o.

1. Uvod

Sadjarstvo je del kmetijske proizvodnje v Sloveniji in zajema pridelavo več sadnih vrst v intenzivnih in ekstenzivnih nasadih (SURS, 2025). Ker pridelava poteka na prostem in je tesno vezana na fenološke faze (cvetenje, oplodnja, razvoj plodov), so trajni sadni nasadi med najbolj vremensko in

podnebno izpostavljenimi kmetijskimi sistemi (IPCC, 2022; Luedeling in Brown, 2011). V nadaljevanju so predstavljeni ključni mehanizmi vpliva segrevanja ozračja in sprememb režima padavin na sadne rastline ter nabor prilagoditvenih ukrepov, ki zmanjšujejo ranljivost pridelave.

2. Podnebne spremembe v Sloveniji

V Sloveniji ARSO v letnih podnebnih pregledih poroča o izrazitih pozitivnih odklonih povprečne temperature glede na referenčno obdobje 1991–2020, kar kaže na nadaljevanje segrevanja (ARSO, 2025). Podrobnejše nacionalno poročilo o oceni podnebnih sprememb do konca 21. stoletja navaja trend dvigovanja temperature in pogostejše izrazite ekstreme ter predstavlja projekcije prihodnjih sprememb (ARSO, 2021). Na globalni ravni IPCC ugotavlja, da segrevanje ozračja povečuje verjetnost in intenziteto vročinskih valov ter vpliva na hidrološki cikel (IPCC, 2021). Za trajne nasade to pomeni višje tveganje za vročinski stres, spremembe v vodni bilanci tal ter večjo variabilnost količine in kakovosti pridelka med leti.

3. Fenološki odziv sadnih rastlin na segrevanje

Fenologija sadnih rastlin je v veliki meri temperaturno pogojena; dvig temperatur praviloma povzroča zgodnejši začetek vegetacije in cvetenja (Menzel in sod., 2006; Chuine in sod., 2016). Pri sadnih vrstah lahko zgodnejše cvetenje poveča izpostavljenost občutljivih organov (cvetov in mladih plodičev) hladnim epizodam v zgodnji pomladi, kar neposredno vpliva na pridelek (Vitasse in Rebetez, 2018). Pri ocenjevanju tveganj je zato ključna povezava med dinamiko fenološkega napredovanja in časom zadnjih spomladanskih pozeb.

4. Spomladanske pozebe

Analize v srednji Evropi kažejo, da splošno segrevanje ne pomeni nujno manjšega tveganja pozeb. Vitasse in sod. (2018) so na velikem naboru postaj pokazali, da se je fenologija v povprečju premikala hitreje kot datum zadnje spomladanske pozebe, zato se je tveganje izpostavljenosti pozebi pri nekaterih vrstah in legah povečalo. Vitasse in Rebetez (2018) sta ob primeru leta 2017 opozorila, da lahko zgodnejša fenologija ob hkratnem pojavljanju poznih spomladanskih pozeb povzroči izjemno škodo v vegetaciji. Za sadjarstvo to pomeni, da je upravljanje tveganja pozeb dolgoročno ključni prilagoditveni izziv.



Slika 13: Poškodba plodičev zaradi pozebe

5. Ukrepi varstva pred pozebo: pasivni in aktivni pristopi

Ukrepi varstva pred pozebo v sadjarstvu se delijo na pasivne in aktivne, pri čemer pasivni ukrepi zmanjšujejo tveganje za poškodbe že z zasnovo nasada, aktivni pa delujejo neposredno med pojavom pozebe (Snyder in de Melo-Abreu, 2005).

Pasivni pristopi vključujejo predvsem:

- izbiro ustrezne lege in mikrolokacije (izogibanje mraziščem, boljša zračna drenaža),
- izbor sadnih vrst in sort s poznejšim cvetenjem,
- uporabo podlag, ki vplivajo na bujnost in čas začetka fenoloških faz,

Raziskave kažejo, da je čas cvetenja genetsko pogojen in da lahko izbor sort z kasnejšim cvetenjem bistveno zmanjša tveganje za poškodbe zaradi spomladanskih pozeb (Vitasse et al., 2018). Prav tako imajo podlage pomemben vpliv na fenološki razvoj sadnih dreves, saj lahko posredno vplivajo na hitrost začetka vegetacije in s tem na izpostavljenost pozebi (Luedeling in Brown, 2011).

Aktivni pristopi vključujejo ukrepe, ki se izvajajo neposredno ob pojavu pozebe. Med najpogostejše uporabljene sodijo oroševanje, ogrevanje in uporaba vetrnic. Njihova učinkovitost je odvisna od tipa pozebe (radiacijska ali adveksijska), razpoložljivosti vode in energije ter značilnosti terena oziroma mikroreliefa (Snyder in de Melo-Abreu, 2005).

Oroševanje izkorišča latentno toploto, ki se sprošča ob zmrzovanju vode, s čimer se temperatura rastlinskih tkiv vzdržuje v bližini 0 °C. Metoda je učinkovita le ob pravilnem upravljanju sistema in ob zagotovljenih zadostnih količinah vode (Snyder in de Melo-Abreu, 2005).

V praksi se kot najučinkovitejši izkazuje kombinacija pasivnih in aktivnih ukrepov, saj pasivni pristopi zmanjšujejo osnovno tveganje, aktivni pa omogočajo neposredno zaščito v kritičnih razmerah.

6. Toča in mehanske poškodbe: zaščita in upravljanje tveganja

Toča povzroča neposredne mehanske poškodbe plodov in lesnih delov ter lahko poveča sekundarne okužbe; škoda se odraža v zmanjšani tržnosti plodov (Bertschinger in sod., 2011). Protitočne mreže so uveljavljen preventivni ukrep, vendar pomenijo visoko dolgoročno investicijo; primerjalno upravljanje tveganja (protitočne mreže vs. zavarovanje) je obravnavano tudi v ekonomski literaturi (Gandorfer, 2016). Pregledni prispevki poudarjajo, da zaščitne mreže poleg varstva pred točo lahko vplivajo tudi na mikroklimo in kakovost plodov, zato je pomembno pravilno načrtovanje sistema (Kalcsits in sod., 2017; Kalcsits, 2020).



Slika 14: Nameščanje protitočne mreže v sadovnjaku

7. Suša, vodni stres in vročinski valovi

Spremembe padavinskega režima in višje temperature povečujejo evapotranspiracijske potrebe, zato sušni stres postaja pomembnejši omejitveni dejavnik v sadovnjakih. Fereres in Soriano (2007) v preglednem članku o deficitnem namakanju poudarjata, da je pri sadnih drevesih mogoče z reguliranim deficitnim namakanjem izboljšati vodno produktivnost, pri čemer je treba strategijo prilagoditi fenološkim fazam in ciljem kakovosti. Pri visokih temperaturah in močnem sončnem sevanju se pri jabolkah pogosto pojavljajo fiziološke poškodbe plodov, znane kot sončni ožigi, ki nastanejo zaradi kombinacije toplotnega in svetlobnega stresa (Schrader, Zhang in Sun, 2003).



Slika 15: Sončni ožigi na plodovih

8. Prilagoditvene strategije v sadjarstvu

Prilagoditveni ukrepi vključujejo kombinacijo prostorskih odločitev (izbira lege, mikrolokacije), bioloških ukrepov (izbor sort/podlag) in tehnoloških rešitev (namakanje, protitočne in protiinsektne mreže, protipozebni sistemi). Na evropski ravni so prilagoditve kmetijske pridelave obravnavane skozi spremembe praks, sort in upravljanja (Olesen in sod., 2011). Za slovenski prostor so pomembne tudi lokalne izkušnje iz pridelave: v predstavitvi Gamser (2026) so kot ključni izzivi izpostavljeni spomladanske pozebe, toča ter poletne suše in vročinska obdobja ter navedeni tipični ukrepi, kot so oroševanje, protitočne mreže in namakanje (Gamser, 2026).

9. Sklep

Merjeni trendi segrevanja in projekcije prihodnjih sprememb kažejo na naraščajočo izpostavljenost sadjarstva podnebnim tveganjem (ARSO, 2025; ARSO, 2021; IPCC, 2021). Zaradi fenološkega napredovanja se tveganje za pozebe lahko ohranja ali celo povečuje, kar potrjujejo študije iz srednje Evrope (Vitasse in sod., 2018; Vitasse in Rebetez, 2018). Dolgoročna trajnost sadjarstva bo odvisna od kombinacije preventivnih investicij (npr. namakanje, mreže), dobrega upravljanja tveganj in prenosa znanja v prakso (Snyder in de Melo-Abreu, 2005; Fereres in Soriano, 2007).

10. Viri

ARSO (2021). Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Agencija RS za okolje.

ARSO (2025). Podnebne značilnosti zadnjega leta. Agencija RS za okolje.

Bertschinger, L., Kellerhals, M., & Stadler, W. (2011). Impact of hail on fruit production. *Acta Horticulturae*, 903, 415–422.

Chuine, I., Bonhomme, M., & Legave, J.-M. (2016). Climate change effects on plant phenology. *Agricultural and Forest Meteorology*, 222, 100–112.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of*

Experimental Botany, 58(2), 147–159.

Gandorfer, M. (2016). Hail risk management in fruit production: anti-hail net versus hail insurance. (bibliografski zapis AGRIS/FAO).

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press.

Kalcsits, L., et al. (2017). (Pregledni/raziskovalni prispevki o zaščitnih mrežah in sončnem ožigu pri jablanah; ScienceDirect).

Luedeling, E., & Brown, P. H. (2011). A global analysis of climate change impacts on fruit trees. Climatic Change, 109, 241–257.

Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., et al. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. Global Change Biology, 12, 1969–1976.

Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., et al. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. European Journal of Agronomy, 34, 96–112.

Schrader, L., Zhang, J., & Sun, J. (2003). Environmental stresses that cause sunburn of apple. Acta Horticulturae, 618, 397–405.

Snyder, R. L., & de Melo-Abreu, J. P. (2005). Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics. FAO.

SURS (2025). Pridelava sadja v intenzivnih in ekstenzivnih sadovnjakih (podatkovne zbirke PxWeb). Statistični urad RS.

Vitasse, Y., Schneider, L., Rixen, C., Christen, D., & Rebetez, M. (2018). Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. Agricultural and Forest Meteorology, 248, 60–69.

Vitasse, Y., & Rebetez, M. (2018). Unprecedented risk of spring frost damage in Switzerland and Germany in 2017. Climatic Change, 149, 233–246.

BIOTSKA RAZNOVRSTNOST STARIH SORT JABLAN ZA TRAJNOSTNO PRIHODNOST

BIODIVERSITY OF TRADITIONAL APPLE VARIETIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Katja Gobec
Šolski center Šentjur
katja.gobec@guest.arnes.si

Povzetek

Prispevek daje vpogled v biotsko raznovrstnost starih sort jablan v tradicionalnih visokodebelnih travniških sadovnjakih na območju Kozjanskega. Namen je bil ugotoviti kakšna je raznovrstnost oziroma katere stare sorte jablan so najbolj razširjene na omenjenem območju, kolikšno je število dreves starih sort jablan v različnih sadovnjakih, kakšna je zastopanost oziroma raznolikost starih sort v posameznih sadovnjakih in katere so najbolj priljubljene stare sorte po mnenju lastnikov ter razlogi za takšen izbor. Za pridobitev navedenih podatkov je bilo izvedeno anketiranje 25 lastnikov sadovnjakov na območju Kozjanskega. Največ lastnikov je imelo v svojem sadovnjaku med 11 in 20 starih sort jablan. Raznovrstnost vseh dokumentiranih starih sort jablan med anketiranimi lastniki je kar velika, saj so navedli skupno 27 različnih starih sort jablan. Največ lastnikov ima od 4 do 7 različnih starih sort jablan. Najbolj razširjene stare sorte so Bobovec, Krivopecelj, Carjevič, Štajerski mošancelj, Kanadska reneta, Štajerski pogačar, Jonatan in druge. Po mnenju lastnikov sadovnjakov je Bobovec tista stara sorta, ki jo ima najrajši večina lastnikov, še zlasti zaradi uporabnosti jabolka v različne namene in dolgega časa skladiščenja. Tradicionalne stare sorte jablan so bolj odporne proti boleznim, zato škropljenje ni potrebno. Lastnikom nasadov je pomembna zlasti tradicija in samooskrba, prav zato se odločajo za obnavljanje in sajenje omenjenih jablan. Visokodebelni travniški sadovnjaki s starimi sortami jablan so izredno pomembni iz naravovarstvenega vidika, saj ponujajo edinstvene habitate pticam in drugim vrstam živali. Vse navedeno pomembno prispeva k trajnostni prihodnosti.

Ključne besede: jablana, stare sorte, sadovnjak, biotska raznovrstnost

Abstract

The article offers insight into the biodiversity of old apple varieties in traditional high-stem meadow orchards in the Kozjansko region. The aim was to determine the diversity and identify which old apple varieties are most widespread in the area, the number of trees of old varieties in different orchards, the representation and diversity of old varieties in individual orchards, and which varieties are most popular according to the owners, along with their reasons for choosing them. To obtain this data, a survey was conducted among 25 orchard owners in the Kozjansko region. Most owners had between 11 and 20 old apple varieties in their orchards. The diversity of all documented old apple varieties among the surveyed owners is considerable, as they reported a total of 27 different old varieties. Most owners have between 4 and 7 different old apple varieties. The most widespread old varieties are Bobovec, Krivopecelj, Carjevič, Štajerski mošancelj,

Kanadska reneta, Štajerski pogačar, Jonatan, and others. According to the orchard owners, Bobovec is the old variety most favoured by the majority, mainly due to its versatility for various uses and its long storage life. Traditional old apple varieties are more resistant to diseases, so spraying is not necessary. For orchard owners, tradition and self-sufficiency are particularly important, which is why they choose to renew and plant these apple trees. High-stem meadow orchards with old apple varieties are extremely important from a nature conservation perspective, as they provide unique habitats for birds and other animal species. All this significantly contributes to a sustainable future.

Keywords: apple tree, old varieties, orchard, biodiversity

1. Uvod

Travniški sadovnjaki so zelo pomemben del naravne in kulturne dediščine celotne Slovenije. So izjemno pomemben del našega življenja tako iz gospodarskega, družbenega in okoljskega vidika. To pomeni, da zadevajo vse vidike trajnosti. Prav tako dajejo svojevrstno podobo krajini, z njimi ohranjamo naravno dediščino in habitate, ki so pomembni kot življenjski prostor mnogih tudi ogroženih in redkih rastlinskih in živalskih vrst, še posebej ptic. Zaradi navedenih razlogov je zelo pomembno, da ohranjamo tudi čim večjo biotsko raznovrstnost starih sort v visokodebelnih travniških sadovnjakih. Na območju Kozjanskega takšni sadovnjaki predstavljajo tipično in najbolj značilno krajinsko podobo. Zaradi pomembnosti visokodebelnih travniških sadovnjakov na območju Kozjanskega je namen prispevka raziskati, kakšna je raznolikost starih sort jablan. Lastniki sadovnjakov stare sorte jablan ohranjajo, in celo na novo sadijo, predvsem zaradi samooskrbe z jabolki, ohranjanja tradicije in želje po prenosu zavedanja pomena teh visokodebelnih travniških sadovnjakov, starih sort jablan in domačih jabolk na splošno, na mlajšo generacijo. Marsikomu predstavlja skrb za njih nekakšen hobi, poleg tega pa tudi pobeg v naravo od prenatrpanega urnika.

Območje Kozjanskega

Območje Kozjanskega je pretežno gričevnata pokrajina, ki jo sestavlja hribovit in gričevnat svet, ki je bogato prepreden z raznoliko rabo tal. Že na majhnih površinah se izmenjujejo travniki, gozdovi, sadovnjaki in njive. Biotska raznolikost je izjemna, zato sta tako rastlinski kot živalski svet izjemno zanimiva, kar je posledica pestrosti geološke podlage, razgibanega reliefa in ekstenzivnega, do življenja prijaznega kmetijstva v preteklosti. Pomembna naravna dediščina Kozjanskega so tudi visokodebelni sadovnjaki. Ti predstavljajo svojevrstni habitat, ki je dom najrazličnejšim pticem, pašnik kopunom, daje lep in pisan les, ki podpira mizarstvo ter postreže z dobrimi in zdravimi jabolki. Ta jabolka so tradicionalnih sort in vzgojena na tradicionalen način. Do sedaj so na Kozjanskem našli 65 različnih sort jabolk (Splošno o Kozjanskem, https://www.kozjansko.si/kozjan.sko/kozjansko_splosno/ Pridobljeno 12. 11. 2025).

Pomen ohranjanja visokodebelnih sadovnjakov s starimi sortami jablan

Ohranjanje visokodebelnih travniških sadovnjakov je pomembno, saj so vir ohranjanja starih, tradicionalnih, klimatskim razmeram prilagojenih vrst in sort sadnega drevja. V posameznih območjih Slovenije, med njimi je tudi Kozjansko, kjer je do sedaj določenih 48 sort jabolk, veliko med njimi je še neznanih. Nekatere med njimi so tudi izredno redke, na primer Pinčevo jabolko, Čebulka in Rožmarinka. Travniški sadovnjaki niso pomembni samo za ohranjanje starih sort, temveč so tudi življenjski prostor mnogih ogroženih živalskih in rastlinskih vrst. Najbolj so prizadete vrste ptic, ki so v času gnezdenja vezane na različne tradicionalne oblike kmetijstva. Ogrožene rastlinske vrste, ki se nahajajo v travniških sadovnjakih so na primer dvolistna morska čebulica, pirenejsko ptičje mleko, jagodasta hrušica itd. Travniški sadovnjaki dajejo svojevrstno podobo krajini in

pomenijo ohranjanje biotske pestrosti v pokrajini in spoštovanje dela naših prednikov (Grešak 2006, 16-18).

Visokodebelni sadovnjaki, ki povezujejo naselja z obdelano površino, imajo številne prednosti za okolje, živali in ljudi. Današnja nasprotujoča si stališča glede travniških nasadov so posledica nerazumevanja njihove prave vloge in pravega pomena za slovensko kmetijstvo v prihodnosti. Načrtovanje obuditve in obnove visokodebelnih nasadov v Sloveniji je zahteven projekt, vendar ni nemogoč. Primeri drugih, bližjih sadjarskih dežel (Avstrija, Nemčija) kažejo, da se tam ne omejujejo le na proizvodno revitalizacijo, ampak s sistemom subvencioniranja usmerjajo lastnike travniških nasadov tudi v smislu oblikovanja krajinske podobe in ohranjanja njihove biotske pestrosti na vseh ravneh. Tudi v Sloveniji bi se morali zgledovati po sistemu sosednjih držav in ne podpirati razvoja in izključno proizvodnih potencialov teh sadovnjakov, temveč v ves postopek vgraditi tudi krajinsko in biotsko pestrost (Erjavac 2010, 2-3).

Nega in oskrba visokodebelnih travniških sadovnjakov je odločilnega pomena za obstoj nasadov, saj je zmotno mišljenje, da visokodebelni nasadi s svojo ekološko vrednostjo ne potrebujejo vzdrževanja. Smiselno je, da so vsi ukrepi v visokodebelnih nasadih izvajani z vidika trajnostnega sadjarstva. Ukrepi v visokodebelnem nasadu so podobni kot v integriranem ali ekološkem nasadu. Zatiranje škodljivcev dosežemo s pravilno rezjo, lepilnimi trakovi, rumenimi lepilnimi ploščami proti mrčesu, pastmi za voluharja, zaščito proti divjadi (žična ali lesena zaščita). Ekološko varstvo v visokodebelnem nasadu izvajamo s spodbujanjem razvoja koristnih živali. Živalim omogočamo, da se naselijo v nasadu, s postavitvijo ptičjih hišic, postavitvijo drogov za ujede, ureditvijo pribežališč za podlasice itn. Zadostno število ptic nadomesti drage in enostransko učinkovite strupe. V visokodebelnih nasadih si lahko ptice zaradi večje krošnje in močnejšega debela poiščejo gnezdilna mesta. Še posebno so dobrodošle ptice ujede, ki uničujejo voluharje in miši, dobrodošle so tudi belouške in ježi. Za ohranitev vseh naštetih živalskih vrst je nujna opustitev kemičnega varstva proti glivičnim boleznim, plevelom in živalskim škodljivcem (Črnko in sod. 1990, 4-8).

Oskrba tal v visokodebelnih nasadih je usmerjena v vzdrževanje biotske pestrosti. Potrebno je zagotoviti košnjo trave, kajti ob neredni košnji se pojavijo močnejše rastoči pleveli, gozdna podrast in grmovje. Opisane razmere poslabšajo razvoj sadnega drevja in nenazadnje tudi estetski izgled nasada. Travo v nasadu je potrebno kositi najmanj dvakrat letno, naenkrat le del nasada, zaradi zaščite živali, ki živijo v nasadu. Pri oskrbi nasada je potrebno omeniti tudi gnojenje, ki se izvaja z organskimi gnojili kot je hlevski gnoj (Jazbec in sod. 1985, 389).

Visokodebelni travniški nasadi so torej iz ekološkega in družbenega vidika izjemno pomembni. Nasadi so zakladnica starih avtohtonih sort, ki jih ni v uporabi v modernih nasadih ali pa so že mogoče povsem izginile. S svojo prisotnostjo v naravi nudijo zatočišče mnogim živalskim vrstam in tako dopolnjujejo biotsko raznolikost. Vpliv visokodebelnih nasadov je ugoden, ker zmanjšujejo moč vetra in s tem erozijo (Viršček Marn in Stopar, 1999).

Tovrstni sadovnjaki so del tradicionalne podeželske kulturne krajine in kot taki eden pomembnejših gradnikov identitete slovenskega podeželja. Imajo veliko doživljajsko in estetsko vlogo, kar je pomemben motiv in potencial za raznovrstne rekreacijske aktivnosti in turistične dejavnosti (Ferreira in sod. 2013, 310).

Nekatere najpogostejše stare sorte jablan

Sorta Bobovec je dokaj pogosta v naših sadovnjakih, katere izvor ni znan. Gre verjetno za naključni sejanec, ki je popolnoma nezahteven glede tal in lege. Je ena od osnovnih sort v travniških sadovnjakih. Čeprav rodnost nastopi nekoliko kasneje, rodi obilno. Sorta je zimska in je uporabna od januarja do maja, odlična je tudi za predelavo (Grešak 2006, 52; Jeseničnik in sod 2013, 30).



Slika 1: Bobovec

Vir: <https://dostavasadik.si/sadike-na-dom/sadne-sadike/>

Sorta Krivopecelj je stara in nezahtevna sorta, ki je nemškega izvora in je bila opisana že v letu 1821. Je odlična sorta za predelavo in ima odlične skladiščne sposobnosti. Roditi začne dokaj zgodaj in obilno, vendar ne rodi redno. Plodove obiramo oktobra, uživamo pa od decembra do pomladi. Meso je čvrsto, sočno in prijetnega sladko kislega osvežujočega okusa, brez posebne arome. Sorta je odporna na pozebo in uspeva tudi v manj ugodnih razmerah (Grešak 2006, 58; Jeseničnik in sod 2013, 49).



Slika 2: Krivopecelj

Vir: <https://dostavasadik.si/sadike-na-dom/sadne-sadike/>

Sorta Carjevič je zelo priljubljena. Je srednje kakovostno namizno jabolko, primerno za svežo uporabo in predelavo. Zori konec septembra in je obstojen do spomladi. Plodovi so srednje veliki, sploščeno okrogli ter proti muhi nekoliko zoženi. Meso je belo, sočno, prijetnega sladko vinskega okusa, ki je brez posebne arome (Grešak 2006, 61; Jeseničnik in sod 2013, 33).



Slika 3: Carjevič

Vir: <https://dostavasadik.si/sadike-na-dom/sadne-sadike/>

Sorta Štajerski mošancelj izvira iz Štajerske. Odlikuje jo trpežnost pri transportu. Znano je, da so jo nekdanj izvažali v Indijo. Rodi obilno in redno ob redni negi. Plodovi so številni in drobni, podolgovati, sploščeno okrogli, zlato rumene barve, na sončni strani rahlo rdečkasti. Meso je rumenkasto bele barve, sočno, čvrsto, prijetno kiselkastega okusa in vonja z žlahtno aromo. Sorta je uporabna predvsem za predelavo v odlične vrste mošta, v kombinaciji za sokove, kompote in pečenje (Grešak 2006, 53; Jeseničnik in sod 2013, 56).



Slika 4: Štajerski mošancelj

Vir: <https://dostavasadik.si/sadike-na-dom/sadne-sadike/>

2. Cilji in potek raziskave

Kozjansko predstavlja krajino, ki jo je oblikovalo predvsem kmetijstvo. S kmetijstvom kot osnovno ali dopolnilno dejavnostjo se ukvarja 80 % gospodinjstev. Prevladuje govedoreja, prašičereja, vinogradništvo in sadjarstvo. Značilna velika posestna razdrobljenost. Mala posestva ne dajejo zadostnih dohodkov za preživljanje, zato ljudje razmišljajo o razvoju turizma na kmetiji v povezavi z naravno ter kulturno dediščino, ekološkim in integriranim kmetovanju in podobno.

Namen raziskave je bil ugotoviti kakšna je raznovrstnost oziroma katere stare sorte jablan so najbolj razširjene na območju Kozjanskega, kolikšno je število dreves starih sort jablan v različnih sadovnjakih, kakšna je zastopanost oziroma raznolikost starih sort v posameznih sadovnjakih in katere so najbolj priljubljene stare sorte po mnenju lastnikov ter razlogi za takšen izbor. Za pridobitev navedenih podatkov je bilo izvedeno anketiranje lastnikov sadovnjakov.

Pred izvajanjem anketiranja so se iz različnih virov pridobili podatki, kje se nahajajo visokodebelni travniški sadovnjaki s starimi sortami jablan ter kdo so njihovi lastniki. Nekateri podatki o lastnikih so se pridobili pred začetkom anketiranja, kontakti nekaterih lastnikov pa so bili pridobljeni sproti v procesu anketiranja lastnikov, saj so le-ti poznali nekatere druge lastnike sadovnjakov. Vseh anketirancev, ki sodelovali v raziskavi, je bilo 25. Večina je želela ostati anonimnih, zato ni navedenih nobenih imen lastnikov sadovnjakov.

3. Rezultati raziskave

Raznovrstnost starih sort jablan v visokodebelnih travniških sadovnjakih

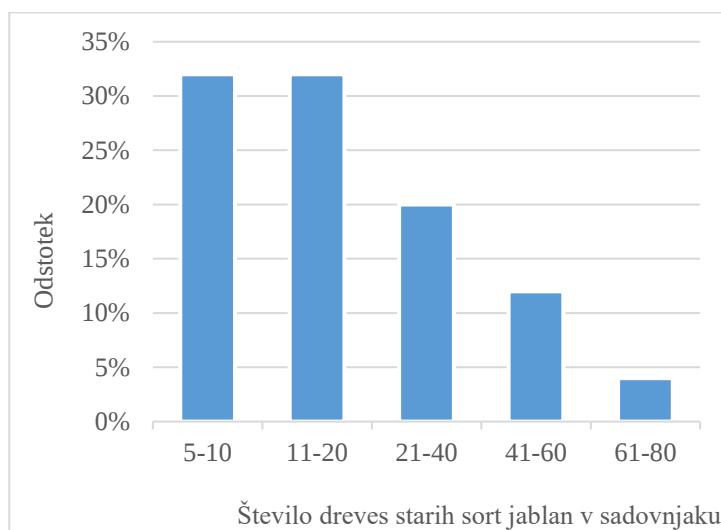
Graf 1 prikazuje število različnih starih sort jablan v sadovnjakih anketiranih kmetov na Kozjanskem, ki imajo visokodebelne sadovnjake. Največji delež, kar 10 vprašanih (40 %), ima v svojih visokodebelnih sadovnjakih od 4 do 7 različnih starih sort jablan. Nekoliko manj, in sicer 8 vprašanih (32 %), ima v svojih sadovnjakih med 8 in 11 različnih starih sort jablan. Ena petina, torej 20 % vprašanih, ima v svojih visokodebelnih sadovnjakih le 1 do 3 različne stare sorte jablan. Najmanjši delež, le 2 anketirana (8 %), imata 12 ali več različnih starih sort jablan v svojih visokodebelnih sadovnjakih.



Graf 1: Število različnih starih sort jablan v sadovnjaku

Število dreves starih sort jablan v posameznih visokodebelnih travniških sadovnjakih

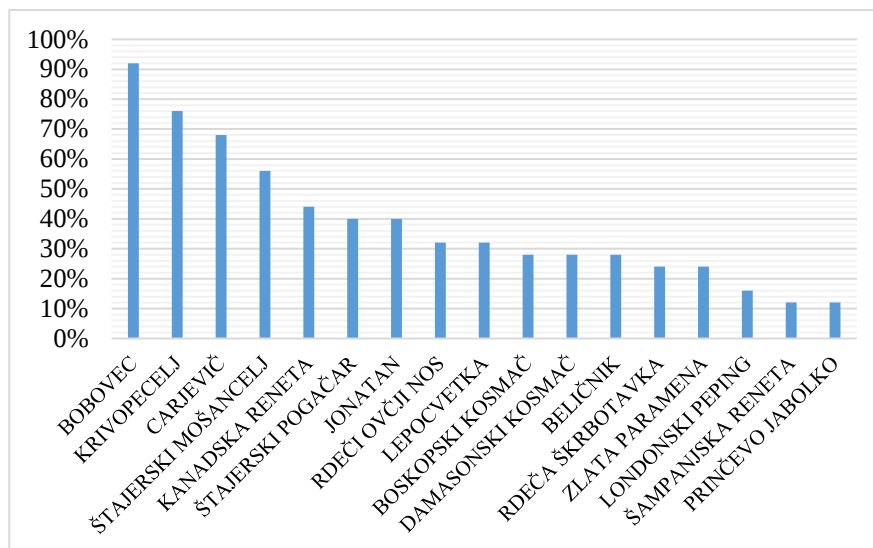
Glede števila dreves starih sort jablan v visokodebelnih sadovnjakih lahko iz Grafa 2 vidimo, da ima 8 (32 %) vprašanih 5 do 10 starih sort jablan v sadovnjaku. Enako število in delež anketiranih, torej 8 (32 %), ima v svojih sadovnjakih med 11 in 20 starih sort jablan. Število vprašanih, ki ima večje število dreves starih sort jablan ni tako veliko. Med 21 in 40 starih sort jablan ima 5 (20 %) vprašanih. Večje število dreves starih sort jablan ima izrazito malo kmetij. Samo 3 anketirani (12 %) so navedli, da imajo sadovnjake z 41 do 60 starih sort jablan. Le eden (4 %) izmed vprašanih je navedel, da ima v sadovnjaku med 61 in 80 dreves starih sort jablan.



Graf 2: Število dreves starih sort jablan v sadovnjaku

Zastopanost starih sort jablan v visokodebelnih travniških sadovnjakih

Zanimiva je zastopanost starih sort jablan v sadovnjakih anketiranih kmetov. Iz Grafa 3 lahko vidimo, da ima največji delež vprašanih (92 %) v svojem sadovnjaku sorto Bobovec. Po zastopanosti sledi sorta Krivopecelj, ki jo ima v sadovnjakih 76 % vseh anketiranih. Sledi sorta Carjevič, ki jo ima kar 68 % kmetov. Več kot polovica vprašanih (56 %) ima v svojih sadovnjakih sorto Štajerski mošancelj. Zastopanost ostalih sort je nekoliko manjša. Sorta Kanadska reneta ali Kanadka se pojavlja pri 44 % vprašanih. Sorti Štajerski pogačar in Jonatan sta zastopana pri 40 % vseh anketiranih kmetov. Sorti Rdeči ovčji nos in Lepocvetka se pojavljata pri 32 % vprašanih. Sorte Boskopski kosmač, Damasonski kosmač in Beličnik lahko najdemo v sadovnjakih 28 % vseh anketiranih. Nekaj manj kot četrtina vprašanih (24 %) ima v svojih sadovnjakih sorti Rdeča škrbotavka in Zlata parmena. Le 16 % ima v svojih sadovnjakih sorto Londonski peping, 12 % vprašanih pa sorti Šampanjska reneta in Prinčevo jabolko. Ostale sorte, ki so zastopane v manjšem številu sadovnjakov, niso navedene.



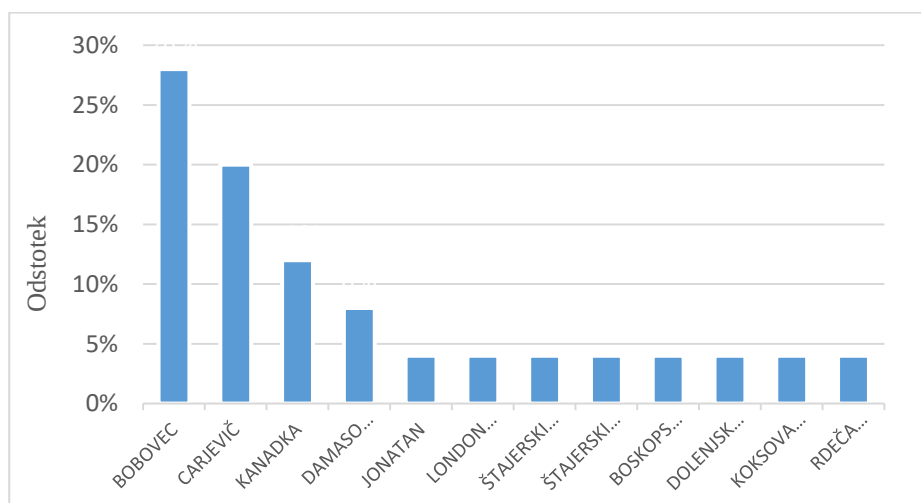
Graf 3: Zastopanost starih sort jablan v visokodebelnih sadovnjakih

Najbolj priljubljene stare sorte po mnenju lastnikov visokodebelnih travniških sadovnjakov

Na Grafu 4 so prikazane najbolj priljubljene stare sorte po mnenju lastnikov sadovnjakov. Zelo velik delež vseh lastnikov sadovnjakov (28 %) je bilo mnenja, da je njihova najbolj priljubljena sorta Bobovec. Petina vseh vprašanih (20 %) je menila, da je najboljša sorta Carjevič. Vse ostale sorte se kot najbolj priljubljene pojavljajo v precej manjšem deležu. Med anketiranimi je sorto Kanadka, kot najbolj priljubljeno, navedlo 12 % vprašanih. Sorta Damasonski kosmač je najbolj priljubljena za 8 % lastnikov sadovnjakov. Ostale sorte so kot najbolj priljubljene navedli 4 % anketiranih, te stare sorte so Jonatan, Londonski peping, Štajerski pogačar, Štajerski mošancelj, Boskopski kosmač, Dolenjska voščenska, Koksova oranžna reneta in Rdeča škrbotavka. Zanimivi so tudi razlogi, ki so jih navedli lastniki sadovnjakov, kot argumente za izbor najbolj priljubljene stare sorte.

Razlogi za izbor najbolj priljubljene sorte so navedeni pri največkrat izbranih starih sortah.

- Sorta Bobovec jim je najbolj všeč zato, ker dolgo zdrži v kleti in ohrani svoj okus, ker je sorta, ki je uporabna za več različnih namenov in zato, ker ima osvežujoč kiselkast okus.
- Sorto Carjevič imajo nekateri lastniki sadovnjakov najraje zaradi dobrega okusa, arome in velikosti samega jabolka, zaradi raznovrstne uporabe ter zato, ker jo nekateri lahko v kleti ohranijo dolgo časa.
- Sorta Kanadska reneta ali Kanadka je nekaterim lastnikom sadovnjakov najbolj všeč zlasti zaradi osvežujočega sladko kiselkastega okusa.



Graf 4: Najbolj priljubljene sorte po mnenju lastnikov sadovnjakov

4. Zaključek

Jabolka so del človeškega vsakdana že tisočletja. Zato se je človek odločil, da začne za njih skrbeti, jih širiti in ustvarjati nove sorte. V Sloveniji in tudi na območju Kozjanskega, je ohranjanje starih sort jablan v visokodebelnih sadovnjakih še vedno živo. Še več, mnogi lastniki jih skrbno obnavljajo in ustvarjajo celo mlade nasade. To pomeni, da zavedanje o pomenu ohranjanja starih sort jablan na tem območju raste.

Namen anketiranja lastnikov sadovnjakov je bil ugotoviti, katere stare sorte so najbolj razširjene na območju Kozjanskega. Anketiranih je bilo 25 lastnikov nasadov. Največ lastnikov je imelo 11 do 20 jablan v sadovnjaku, in sicer 32 % anketirancev. To pomeni, da so v večini aktualni manjši sadovnjaki. Najmanjše število jablan v posameznem sadovnjaku je bilo 5. V največjem sadovnjaku je bilo 76 jablan in je v veliki meri pomlajen.

Zanimivo je dejstvo, da je razpon starih sort jablan precej širok. Vsi vprašani lastniki so navedli 27 različnih starih sort jablan, ki se lahko najdejo v njihovih sadovnjakih.

Najbolj pogosta sorta, ki se pojavi skoraj v vsakem sadovnjaku je Bobovec (92 %), sledi mu Krivopecelj (76 %) in nato carjevič (68 %). Ostale sorte, ki so se pojavljale, so bile Štajerski mošancelj, Kanadska reneta, Štajerski pogačar, Jonatan, Rdeči ovčji nos, Lepocvetka, Boskopski kosmač, Damasonski kosmač, Beličnik in druge.

Najbolj popularna sorta je bobovec, ki jo zelo cenijo zaradi njene vsestranskosti in vzdržljivosti do pozne pomladi. Tudi sicer so imajo lastniki na splošno raje zimske sorte, katere lahko uporabljajo dlje časa.

Lastnikom visokodebelnih sadovnjakov s starimi sortami jablan veliko pomeni ohranjanje tradicije in ohranjanje teh starih sort jablan. Nekateri so dodali, da so te jablane pomembne tudi za ptice, saj predstavljajo njihovo življenjsko okolje. Izpostavili so, da jim domače jabolko predstavlja posebno vrednoto, ki jo želijo približati in ohraniti za naslednje rodove.

Tradicija starih sort jabolk na območju Kozjanskega ne zamira. Pojavljajo se mladi, ki obnavljajo in celo ustvarjajo nove sadovnjake s starimi sortami jablan. Poleg tega so visokodebelni travniški sadovnjaki izrednega pomena iz naravovarstvenega vidika, saj ponujajo edinstvene habitate pticam in drugim vrstam živali.

Tradicionalne stare sorte jablan na podlagi sejanec, so bolj odporne proti boleznim, zato jih v večini oskrbujejo samo z rezanjem. Škropljenje jablan ni potrebno, tisti kateri imajo mlajše nasade, pa bogatijo in pospešujejo rast dreves z gnojenjem in zastirko. Lastnikom nasadov na območju Kozjanskega je pomembna tradicija in samooskrba, prav zato se odločajo za obnavljanje in sajenje omenjenih jablan.

5. Viri

Črnko J., Lekšan M., Smole J., Oblak M., Perič V., Solar A., Modič D., Vesel V., Adamič F. 1990. Naš sadni izbor, najustreznejše sorte za vaš sadovnjak. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 60 str.

Domitrovič B. 2019. Razširjenost visokodebelnih starih sort jabolk na območju občine Bistrica ob Sotli: Diplomsko delo. Šentjur, Šolski center Šentjur, Višja strokovna šola: 38 str.

Dostava sadik (Online). Pridobljeno 30. 10. 2025. Dostopno na spletnem naslovu: <https://dostavasadik.si/sadike-na-dom/sadne-sadike/>

Erjavec G. 2010. Sorte jablan v visokodebelnih sadovnjakih na območju občine Ivančna Gorica. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 39 str.

Ferreira A., Vochl S., Gačnik J. 2013. Drevesa z možnostjo večnamenske rabe, s poudarkom na travniških sadovnjakih. Gozdarski vestnik, 71 (5/6), 302-312.

Grešak N. 2006. Stare sorte jablan za nove čase. Ljubljana, Založba Robema: 79 str.

Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Honzak D. 1985. V sadnem vrtu. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 389 str.

Jeseničnik J., Koprivnikar S., Sekavčnik T., Konrad B., Gačnik J., Skrivarnek M., Vaukan M. 2013. Travnishko sadje v Mislinjski dolini in na Koroškem. Mislinja, Kmetijska založba, d.o.o.: 180 str.

Splošno o Kozjanskem (Online). Pridobljeno 12. 11. 2025. Dostopno na spletnem naslovu: https://www.kozjansko.si/kozjan.sko/kozjansko_splosno/

Viršček Marn M., Stopar M. 1998. Sorte jabolk. Ljubljana, Kmečki glas: 211 str.

RAZNOLIKOST RASTLIN KOT TEMELJ STRATEGIJ GOJENJA RASTLIN ZA PRIHODNOST

PLANT DIVERSITY AS THE FOUNDATION OF FUTURE PLANT-GROWING STRATEGIES

Metka Pivec in dr. Andrej Šušek
Botanični vrt Univerze v Mariboru
meta.pivec@um.si

Povzetek

Raznolikost rastlin je ena izmed temeljnih osnov za trajnostne strategije gojenja rastlin v prihodnosti. Rastlinska raznolikost, ki je rezultat evolucije skozi milijone let, predstavlja neprecenljiv vir genetskih lastnosti, ki omogočajo prilagajanje rastlin na spreminjajoče se okoljske razmere, bolezni, škodljivce in druge negotove dejavnike, kot so podnebne spremembe.

Botanični vrt Univerze v Mariboru je znanstveno raziskovalna in izobraževalna ustanova, ki deluje pod okriljem Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede kot del Univerzitetnega kmetijskega posestva Pohorski dvor. Deluje kot raziskovalni in izobraževalni center s poudarkom na vzdrževanju rastlinske zbirke z namenom ohranjanja rastlinske raznolikosti. Namen zbirke je omogočati raziskave, ki lahko pripomorejo k razvoju novih strategij gojenja rastlin, kritičnih za prihodnost prehranske in kmetijske varnosti.

Ključne besede: botanični vrt, rastlinska raznolikost, gojenje rastlin, genska raznolikost, naravna in kulturna dediščina

Abstract

Plant diversity is one of the fundamental foundations for sustainable plant-growing strategies of the future. Plant diversity, shaped by millions of years of evolution, represents an invaluable source of genetic traits that enable plants to adapt to changing environmental conditions, diseases, pests, and other uncertain factors such as climate change.

The Botanical Garden of the University of Maribor is a scientific research and educational institution operating under the Faculty of Agriculture and Life Sciences as part of the University Agricultural Estate Pohorski dvor. It functions as a research and educational center with a strong focus on maintaining a plant collection aimed at preserving plant diversity. The purpose of this collection is to support research that can contribute to the development of new plant-growing strategies, which are critical for the future of food and agricultural security.

Keywords: botanical garden, plant diversity, plant cultivation, genetic diversity, natural and cultural heritage

1. Rastlinska raznolikost kot temelj trajnostne prihodnosti: vloga Botaničnega vrta Univerze v Mariboru pri ohranjanju genskih virov

Raznolikost rastlin je ena izmed temeljnih osnov za trajnostne strategije gojenja rastlin v prihodnosti. Rastlinska raznolikost, ki je rezultat evolucije skozi milijone let, predstavlja neprecenljiv vir genetskih lastnosti, ki omogočajo prilagajanje rastlin na spreminjajoče se okoljske razmere, bolezni, škodljivce in druge negotove dejavnike, kot so podnebne spremembe. Ohranjanje raznolikosti rastlin je ključnega pomena za človekovo blaginjo saj zagotavlja storitve, ki podpirajo obstoj gospodarstva in družbe.

Botanični vrtovi igrajo ključno vlogo v tem procesu. Ti vrtovi niso zgolj estetski in rekreacijski prostori, temveč so centri za ohranjanje rastlinskih vrst, so zbirke rastlin in genetskih virov. Botanični vrtovi po svetu skrbijo za zbirke avtohtonih, kultiviranih in ogroženih vrst ter skrbijo za izmenjavo rastlinskega materiala z drugimi institucijami, kar omogoča širšo dostopnost genetskih virov za raziskovanje, izobraževanje in trajnostno rabo. Poleg tega so rastlinske zbirke, genske in semenske banke dragocen vir genskega materiala, ki je ključnega pomena za oblikovanje novih sort, ki so bolj odporne in prilagojene na spreminjajoče se okoljske pogoje.

Botanični vrt Univerze v Mariboru je znanstveno raziskovalna in izobraževalna ustanova, ki deluje pod okriljem Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede kot del Univerzitetnega kmetijskega posestva Pohorski dvor. Deluje kot raziskovalni in izobraževalni center s poudarkom na vzdrževanju rastlinskih zbirk z namenom ohranjanja rastlinske raznolikosti. Trenutno je v obstoječi zbirki več kot 3000 taksonov (rodovi, vrste, podvrste, kultivarji in genotipi), od tega je 70 ogroženih rastlinskih vrst in sortnih materialov ter drugih genotipov. V povezavi z gensko banko kultiviranih rastlin Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede se vzdržuje še okoli 200 sort jablan, hrušk, sliv, češenj, breskev, marelic, ribezov in malin.



Botanični vrt Univerze v Mariboru izvaja izobraževalne programe, ki širši javnosti pomagajo razumeti pomen rastlinske raznolikosti in spodbujajo odgovorno rabo rastlinskih virov. Z vidika kulturne in naravne dediščine botanični vrtovi, kot je Botanični vrt Univerze v Mariboru, prispevajo

tudi k ohranjanju kulturno zgodovinskih vrednosti in povezovanju znanosti z lokalno skupnostjo. S tem podpirajo spoštovanje naravne raznolikosti in povečujejo družbeno zavest o nujnosti trajnostnih praks v kmetijstvu in hortikulturi.

Za prihodnost gojenja rastlin je raznolikost rastlin nepogrešljiv temelj. Vzdrževanje genskih in semenskih bank ter gensko raznolikih zbirk rastlin v botaničnih vrtovih skupaj z njihovo vključitvijo v sodobne raziskovalne in izobraževalne programe, omogoča razvoj odpornih, produktivnih in trajnostnih sistemov gojenja rastlin. S poudarkom na raznolikosti kot strateškim viru lahko zagotovimo, da bodo rastline kos izzivom prihodnosti in bodo služile tako ljudem kot planetu.

BIOTSKA PESTROST KOT KLJUČNI DEJAVNIK GOJENJA RASTLIN V PRIHODNOSTI

BIODIVERSITY AS A KEY FACTOR IN FUTURE CROP CULTIVATION

Andreja Gerčer

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje

andreja.gercer@hvu.si

Povzetek

Članek obravnava pomen biotske pestrosti kot ključnega dejavnika za trajnostno gojenje rastlin v prihodnosti, s posebnim poudarkom na razmerah v Sloveniji. Zaradi izjemne naravne in genske raznolikosti ima Slovenija velik potencial za razvoj stabilnih in odpornih pridelovalnih sistemov, vendar ga ogrožajo intenzifikacija kmetijstva, zmanjševanje vrstne pestrosti in podnebne spremembe. Biotska pestrost pomembno prispeva k odpornosti rastlin na bolezni, škodljivce in abiotske stresne dejavnike ter zagotavlja delovanje ključnih ekosistemskih storitev, kot so rodovitnost tal, opraševanje in naravna regulacija škodljivcev. Raznoliki pridelovalni sistemi zmanjšujejo tveganje za izgubo pridelka in povečujejo stabilnost pridelave, zlasti v pogojih podnebnih ekstremov. Poseben poudarek je namenjen vlogi genske raznovrstnosti, uporabi avtohtonih vrst in tradicionalnih sort ter ohranjanju krajinskih elementov. Članek ugotavlja, da mora biti biotska pestrost temelj prihodnjih strategij gojenja rastlin, saj predstavlja ključen pogoj za trajnostni razvoj, ekološko ravnovesje in dolgoročno prehransko varnost.

Ključne besede: biotska pestrost, gojenje rastlin v prihodnosti, trajnostni razvoj, podnebne spremembe

Abstract

The article addresses the importance of biodiversity as a key factor for sustainable plant cultivation in the future, with a particular focus on conditions in Slovenia. Due to its exceptional natural and genetic diversity, Slovenia has great potential for developing stable and resilient production systems; however, this potential is threatened by agricultural intensification, reduction in species diversity, and climate change. Biodiversity significantly contributes to plant resistance to diseases, pests, and abiotic stress factors, while also ensuring the functioning of essential ecosystem services such as soil fertility, pollination, and natural pest regulation. Diverse cropping systems reduce the risk of yield loss and increase production stability, especially under conditions of climatic extremes. Special emphasis is placed on the role of genetic diversity, the use of native species and traditional varieties, and the conservation of landscape elements. The article concludes that biodiversity must form the foundation of future plant cultivation strategies, as it represents a crucial prerequisite for sustainable development, ecological balance, and long-term food security.

Keywords: biodiversity, future plant cultivation, sustainable development, climate change

1. Uvod

Slovenija se zaradi svoje geografske lege na stičišču alpskega, panonskega, dinarskega in sredozemskega sveta ter izrazite reliefne in podnebne raznolikosti uvršča med biotsko najpestrejša območja Evrope. Pogosto jo označujemo tudi kot eno izmed biotskih vročih točk Evrope, saj na manj kot 0,004 % svetovne površine gosti več kot 1 % vseh doslej opisanih vrst. Na njenem ozemlju je evidentiranih približno 26.000 znanstveno opisanih vrst, ki so bile potrjene na ozemlju Slovenije; med njimi več kot 3.500 taksonov rastlin ter izjemno veliko število endemičnih vrst, kar dodatno poudarja naravovarstveni in pridelovalni potencial prostora. Te naravne danosti pomembno vplivajo na veliko pestrost rastlinskih vrst in sort ter omogočajo raznolik razvoj gojenja rastlin.

Kljub temu se tudi v slovenskem prostoru vse izraziteje kažejo negativni vplivi intenzifikacije pridelave, zmanjševanja vrstne pestrosti in podnebnih sprememb, ki vodijo v upad biotske pestrosti ter posledično v zmanjšano stabilnost ekosistemov. Biotska pestrost ima pri gojenju ključno vlogo pri ohranjanju temeljnih ekosistemskih funkcij, kot so rodovitnost tal, regulacija populacij škodljivih organizmov in opraševanje, hkrati pa prispeva k večji odpornosti rastlin na abiotske in biotske stresne dejavnike. Prispevek obravnava pomen biotske pestrosti za gojenje rastlin v Sloveniji ki jo umešča med temeljne strateške usmeritve trajnostnega gojenja rastlin v prihodnosti. Namen prispevka je osvetliti vlogo biotske pestrosti pri zagotavljanju stabilnosti in dolgoročne funkcionalnosti ekosistemov.

2. Pomen biotske pestrosti za gojenje rastlin

Biotska pestrost označuje raznolikost organizmov na genski, vrstni in ekosistemski ravni, ki zagotavlja stabilnost in funkcionalnost ekosistemov.

Biotska pestrost v kmetijstvu pomembno vpliva na odpornost rastlin, saj raznolikost vrst in sort zmanjšuje razširjanje bolezni in škodljivcev ter omogoča naravno uravnavanje patogenih populacij. Hkrati prispeva k stabilnosti pridelave, saj različne vrste in sorte reagirajo različno na sezonske in okoljske spremembe, kar zmanjša tveganje za izgubo pridelka ob ekstremnih vremenskih pojavih ali nenadnih spremembah pridelovalnih razmer. Poleg tega izboljšuje kakovost tal in podpira ekosistemske storitve; raznolike zasaditve vplivajo na organsko snov v tleh, spodbujajo recikliranje hranil in podpirajo populacije koristnih organizmov, vključno z oprasovalci, predatorji škodljivcev in mikroorganizmi, ki so ključni za dolgoročno trajnost pridelovalnih sistemov.

Pridelovanje rastlin v Sloveniji je pogosto zasnovano kot monokulturno ali s zelo omejeno genetsko in vrstno raznovrstnostjo. Takšni sistemi omogoča visoko produktivnost na kratek rok, vendar se kaže večja ranljivost rastlin za bolezni, škodljivce in vplive podnebnih ekstremov. Podatki ARSO (2024) kažejo, da se je v zadnjih desetletjih delež pridelovalnih površin z omejeno gensko raznovrstnostjo povečal, kar neposredno vpliva na stabilnost pridelave in odpornost rastlin. Poenostavljeni sistemi pogosto zmanjšujejo kakovost tal in ekosistemske storitve; opraševanje, naravna regulacija škodljivcev in recikliranje hranil so pri monokulturah manj učinkoviti (ARSO, 2010).

V nasprotju s tem so biotsko pestrejši sistemi v Sloveniji pokazali pozitiven vpliv na ekološko stabilnost in produktivnost. Primer so projekti revitalizacije tradicionalnih mejic v kmetijski krajini, kjer so mešane zasaditve avtohtonih rastlinskih vrst povečale raznolikost rastlinskih in živalskih organizmov. ARSO (2024) navaja, da se je število sort kmetijskih rastlin, vpisanih v sortno listo Republike Slovenije, v zadnjih 25 letih ohranilo ali rahlo povečalo, kar kaže na ohranjanje genetske raznovrstnosti kot temelja biotske pestrosti v pridelovanju rastlin. Takšni ukrepi omogočajo večjo odpornost rastlin, stabilnost pridelave in trajnostno delovanje ekosistemskih funkcij, kar je neposredno nasprotno učinkovitim, a poenostavljenim intenzivnim sistemom (GOV.SI, 2020).

3. Biotska pestrost in podnebne spremembe

Biotska pestrost deluje kot naravni "varovalni mehanizem", ki povečuje odpornost in prilagodljivost ekosistemov na podnebne spremembe.

Povezava med biotsko pestrostjo in prilagajanjem na podnebne spremembe je zelo pomembna.

1. Večja odpornost ekosistemov

- Ekosistemi z višjo biotsko pestrostjo (več vrst rastlin, živali in mikroorganizmov) so bolj odporni na ekstremne podnebne pojave, kot so suše, poplave ali nenadne temperature.
- Različne vrste pogosto zavzemajo različne niše, kar zmanjšuje tveganje, da bi celoten ekosistem propadel ob spremembah.

2. Funkcionalna raznolikost

- Biotska pestrost zagotavlja raznolikost funkcij v ekosistemu: recikliranje hranil, opraševanje, zaščita tal, uravnavanje mikroklimе.
- To omogoča ekosistemom, da se prilagajajo in ohranjajo stabilnost, tudi ko se podnebni pogoji spreminjajo.

3. Genetska variabilnost

- Znotraj vrst biotska pestrost vključuje tudi genetsko raznolikost.
- Večja genetska variabilnost pomeni večjo sposobnost prilagajanja rastlin in živali na nove razmere, kot so višje temperature ali spremenjena količina padavin.

4. Zmanjševanje tveganja za izgubo ekosistemskih storitev

Ohranitev biotske pestrosti omogoča, da ljudje in narava še naprej dobivamo storitve ekosistemov, kot so hrana, voda in zaščita pred erozijo, tudi ob podnebnih spremembah.



Slika 16: Biotska pestrost in podnebne spremembe

Vir: Chat GPT

4. Prispevek biotske pestrosti k trajnostnemu razvoju gojenja rastlin

Biotska pestrost, vključno z uporabo avtohtonih vrst, ima ključno vlogo pri trajnostnem razvoju gojenja rastlin. Trajnostno gojenje rastlin se osredotoča na zagotavljanje ekološko, ekonomsko in družbeno vzdržnih praks, ki omogočajo dolgoročno produktivnost in ohranjanje naravnih virov.

1. Ekološki vidik

- Biotsko pestrejši sistemi zmanjšujejo potrebo po kemičnih zaščitnih sredstvih, saj raznolikost rastlin in sort naravno zmanjšuje pojav bolezni in škodljivcev.
- Avtohtone vrste izboljšujejo talno strukturo in mikrobiološko aktivnost ter spodbujajo

recikliranje hranil, kar prispeva k zdravju tal in ekosistemskih funkcij.

- Ohranjanje lokalne biodiverzitete krepi odpornost ekosistemov na podnebne spremembe in ekstremne vremenske pojave.

2. Ekonomski vidik

- Raznoliki zasaditveni sistemi zmanjšujejo tveganje izgube pridelka in povečujejo stabilnost pridelave, kar dolgoročno podpira ekonomično vzdržnost pri pridelovanju rastlin.
- Uporaba avtohtonih vrst in tradicionalnih sort omogoča dostop do tržnih niš, kot so lokalni in ekološki pridelki.

3. Družbeni in kulturni vidik

- Vključevanje avtohtonih vrst v gojenje rastlin ohranja kulturno in naravno dediščino ter krepi zavest o pomenu lokalnih ekosistemov.

5. Zaključek

Biotska pestrost se izkazuje kot eden ključnih dejavnikov za trajnostno in dolgoročno uspešno gojenje rastlin, zlasti v razmerah naraščajočih podnebnih sprememb in intenzivnih pritiskov na kmetijske ekosisteme. Slovenski prostor s svojo izjemno naravno in gensko raznolikostjo predstavlja pomemben potencial za razvoj odpornih, stabilnih in okoljsko uravnoteženih pridelovalnih sistemov, vendar ta potencial zahteva premišljeno in odgovorno upravljanje.

Prispevek je pokazal, da biotsko pestrejši sistemi prispevajo k večji odpornosti rastlin na bolezni, škodljivce in abiotične stresne dejavnike, hkrati pa ohranjajo ključne ekosistemске storitve, kot so rodovitnost tal, opraševanje in naravna regulacija škodljivcev. V nasprotju z monokulturnimi sistemi omogočajo večjo stabilnost pridelave in zmanjšujejo tveganja, povezana s podnebnimi ekstremi. Poseben pomen ima ohranjanje genske raznovrstnosti ter vključevanje avtohtonih vrst in tradicionalnih sort, ki so prilagojene lokalnim razmeram in pomembno prispevajo k ekološki in ekonomski vzdržnosti gojenja rastlin.

Za prihodnji razvoj kmetijstva v Sloveniji je nujno, da se biotska pestrost sistematično vključi v strateške usmeritve gojenja rastlin, raziskovalne dejavnosti in praktične pridelovalne pristope. Spodbujanje raznolikih zasaditvenih sistemov, ohranjanje krajinskih elementov ter povezovanje znanstvenih spoznanj s prakso predstavljajo temeljne korake k trajnostnemu razvoju. Biotska pestrost tako ni zgolj naravovarstvena vrednota, temveč nepogrešljiv pogoj za zagotavljanje prehranske varnosti, odpornosti ekosistemov in kakovosti življenja v prihodnosti.

6. Viri

ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje). (2010). *Okoljski kazalci: Biotska raznovrstnost in kmetijstvo*. Dostopno na: <https://kazalci.arso.gov.si>

ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje). (2024). *Statistični podatki o kmetijskih površinah in genski raznovrstnosti rastlin v Sloveniji*.

GOV.SI. (2020). *Strategije ohranjanja genetske raznovrstnosti kmetijskih rastlin v Sloveniji*. Dostopno na: <https://www.gov.si>

KGZS – Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. (2024). *Projekti revitalizacije tradicionalnih mejic in biodiverziteta v hortikulturnih sistemih*.

Mršič, N., *Biotska raznovrstnost v Sloveniji: Slovenija - «Vročna točka Evrope», 1997, Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave*

Sterže, J., *Varstvo okolja, 2013, Celje: Fit media (Zbirka Zelena Slovenija)*

Prehod v zeleno gospodarstvo. R. Atelšek (et.al.). urednica V. Čanji. Fotografije arhivi podjetij in institucij, www.shutterstock.com Celje:Fit media, 2018

URBANO VRTNARSTVO SKOZI OČI STROJNIKA

URBAN GARDENING THROUGH THE EYES OF AN ENGINEER

David Videnšek
Šolski center Šentjur
david.vidensek@sc-s.si

Povzetek

Pridelava zelenjave na malih omejenih površinah nam lahko ponudi veliko pozitivnih izkušenj. Skozi tekst boste zasledili katere vrste so po mojem mnenju najprimernejše ter se seznanili z izkušnjami, ki sem jih pridobil na domačem balkonu. Na kratko je podano nekaj možnosti na področju izobraževanja, kar je podkrepljeno z enostavnim izračunom. Tudi možnosti razvoja tehnologije so omenjene. Najpomembnejši je ekološki vidik ter možnost vpliva na podnebne spremembe in kvaliteto ozračja v urbanih naseljih. Spoznali boste pozitiven vpliv na počutje tistih, ki pridelujemo ter kaj nam nudi opazovanje in pobiranje pridelkov.

Ključne besede: urbano vrtnarstvo, balkonska pridelava, vpliv na podnebne spremembe, ekološki vidik, izobraževanje

Abstract

Growing vegetables in small, limited spaces can provide many positive experiences. In this text, I will discuss which species I consider most suitable and share the experiences I have gained on my home balcony. Some educational opportunities are briefly outlined and supported by a simple calculation. The potential for technological development is also mentioned. The most important aspect is the ecological benefit and the potential to influence climate change and air quality in urban areas. You will learn about the positive effects on the well-being of those who grow these vegetables, as well as the benefits of observing and harvesting the crops.

Keywords: urban gardening, balcony cultivation, impact on climate change, ecological aspect, education

1. Uvod

Na to temo je možno na spletu pridobiti veliko koristnih informacij in nasvetov, pa vendar v praksi ta oblika pridelave zelenjave do danes še ni resnično zaživela in se bojim, da še nekaj časa ne bo. Velikokrat slišimo, kako je cena hrane poskočila, da je zelenjava zelo draga, nekateri menijo, da je celo predraga. Vse to je posledica večih dejavnikov, ki se jih večina ljudi ne zaveda. Eden večjih krivcev so podnebne spremembe, ki ustvarjajo vedno zahtevnejše pogoje pridelave, krivi smo tudi ljudje, saj je enostavneje it v trgovino, kot pa med odmorom zalit zelenjavo kar največkrat spremlja stavek »saj se ne splača«. Tudi večanje populacije, pozidava in kmetijska politika so pripomogli k

dvigu cen, ki so posledica povpraševanja in zahtev pridelave. Že samo zgoraj naštetu bi moralo v vsakem posamezniku spodbuditi razmišljanje o lastnem doprinosu na področju gojenja zelenjave. Le to ima veliko prednosti.

2. Kaj pomeni urbano vrtnarstvo

S tem terminom ne mislim na vrtnarije, njive zelenjave in velike vrtove v urbanem (mestnem) območju. V mislih imam predvsem vrtnarjenje na strnjenih, močno poseljenih območjih, kjer prostora za klasičen vrt skoraj ni. Lahko bi to poimenovali tudi balkonsko vrtnarjenje ali vrt v stanovanju. Gre za pridelavo zelenjave, zelišč in morda nekaj sadja v blokovskih ali strnjenih naseljih, kjer je prostor močno omejen, zemlja pa v večini prekrita z betonom in asfaltom, tu je potencial velik, ki pa je slabo izkoriščen.



Slika1: Zasaditev zelenjave na balkonu; osebni arhiv

3. Kaj lahko gojimo na balkonu

Tako v stanovanju kot na balkonu ali terasi lahko gojimo različne rastline katerih izbira mora biti prilagojena prostoru in legi, predvsem izbiramo rastline nižjih rasti z manjšim razrastom.

Začnimo pri zeliščih, ki jih lahko gojimo v manjših lončkih kar na kuhinjskem pultu, jih sveže vključimo v pripravo hrane ter na ta način postrežemo vrhunsko jed ali pripravimo osvežilen napitek. Na našem balkonu uspeva peteršilj, luštrek, bazilika, timijan, majaron, žajbelj in rožmarin. Lepo sta uspevali meta in melisa, kot naravni bombonček za otroke pa stevia s svojimi sladkimi listi.



Slika 2: Peteršilj v loncu; osebni arhiv



Slika 3: Rdeča pesa v koritu; osebni arhiv

Nekoliko večjo izbiro nam ponuja zelenjava. Odlično se obnesejo razne sorte solate, dobro zraste redkvice, namesto rož nam balkon lepo poživi viseči paradižnik ob spremljavi nizkih sort paprike, pozimi nam prostor zapolni česen in čebulček, z malo domišljije pa bi po besedah Ivane Marketin ([youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=MOJ_VRT_NA_BALKONU) , MOJ VRT NA BALKONU – kroz cjelu godinu 20/21) je možno celotno zimo imeti na balkonu svežo rukolo. Iz lasnih izkušenj lahko trdim, da je možno pridelati česen in čebulo, vendar bi priporočal uporabo mladih sadik. Posadili smo jih v korita dimenzije 40x20x20 in izkazalo se je, da imata premalo prostora in zemlje za enak pridelek kot na prostem. Vredno bi bilo poskusiti s pridelavo stoletne čebule. Zelo lepo zraste korenček, a potrebuje višje lonce, sicer bodo koreni kratki in zaviti.



Slika 4: Paradižnik; osebni arhiv



Slika 5: Solata v družbi čebule; osebni arhiv



Slika 6: Paprika na okenski polici; osebni arhiv

Pri sadju je izbira močno okrnjena. Sam najprej pomislim na jagode, predvsem mesečne, ki jih otroci z veseljem sproti obirajo, za nekoliko bolj poln balkon pa poskrbijo viseče. Za gojenje nizkih sort malin, borovnic ali robid so primerna malo večja korita (30x30), za sadna drevesa pa vsaj 40 litrov ali več. Citiram zapis dr. Aljaža Medič »Sadna drevesa običajno povezujemo z domačimi sadovnjaki, velikimi vrtovi in podeželjem. Toda ali ste vedeli, da lahko marsikatero sadno drevo uspeva v koritu na balkonu ali terasi. Z izbiro pravih vrst in sort ter nekaj prilagoditvami je to povsem mogoče in celo zelo priročno!« (dominvrt.si, To so drevesa, ki odlično uspevajo na balkonu, 10.7.2025). V tem članku navaja, da so za gojenje v loncih primerne šibko rastoče sorte (t.i. »dwarf« oz. mini sorte), ki so cepljene na šibko podlago, stebrasta drevesa, grmičaste oblike sadnih vrst ter citrusi. Med bolj uspešnimi vrstami za gojenje v posodah omenja jagodičje, jablane, hruške, breskve, limonovce in fige. Za limone lahko iz izkušenj rečem, da ob čudovitem izgledu dajejo slastne plodove skozi celo leto, ob cvetenju pa zelo prijetne vonjave. Potreben pa je prostor za prezimovanje, saj slabo prenaša temperature pod 0 °C.



Slika 7: Jagoda v družbi zelenjave; osebni arhiv



Slika 8: Jagoda v družbi rož in paprike; osebni arhiv

4. Vpliv na razvoj tehnologije

Kot pri vsemu, lahko tudi na področju urbanega vrtnarstva ustvarimo svoj doprinos tisti, ki delujemo na področju kmetijskega strojništva. Poznamo namreč obe panogi, tako kmetijstvo – vrtnarstvo kot strojništvo, kar nas postavlja na prednostno stopničko pri razvoju »pametnih« tehnologij na tem področju. Poznamo prilagojene oblike korit za namestitvev na ograje, za zmanjšanje zalivanja in še kaj bi se našlo, a menim, da se da še veliko narediti. V času, ko nam je vse dostopno v trgovinah in je kupna moč dokaj visoka, se večina mestnega prebivalstva raje ukvarja z »luksozom« kot pa zalivanjem, zato je razvoj tehnologije in tehnike nujno potreben.

Razvoj miniaturnih namakalnih sistemov povezanih s pametno tehnologijo je zgolj ena od možnosti, za katero menim, da bi lahko večino znanja prenesli z večjih sistemov, pri čemer pa so potrebne prilagoditve. S pomočjo senzorjev v substratu bi lahko merili posamezne parametre in tako izvajali »pametno dognovanje« pazili na pravilen Ph in spremljali morebiten pojav škodljivcev v substratu. Poraja se mi tudi vprašanje kaj narediti z izrabljenim substratom, kako ga razkužiti kar na balkonu in ga ponovno »oživeti«. Ko se na vadimo na kvalitetno domačo zelenjavo, si je želimo tudi pozimi, morda bi ob razvoju mini rastlinjakov lahko poskusili tudi z ogrevanimi koriti? Kot strojnik vedno iščem ideje kako si olajšati in poenostaviti delo, zato sem prepričan, da bi se rodile nove ideje, od katerih bi bila kakšna tudi uspešno realizirana.



Slika 9: Mini rastlinjak s folijo; www.2energy.si

5. Izobraževanje

Danes v mestih živi velika populacija ljudi, ki ni imela stika z zemljo, saj so v urbana naselja prišli že njihovi dedki in babice pred mnogimi leti. Ti ljudje so druga, tretja ali celo četrta generacija potomcev, ki živi brez stika z vrtnarjenjem, zato je izobraževanje neizbežno. Sam vidim priložnost v občasnih delavnicah, kjer bi poleg znanja, ljudem ponudili tudi kvaliteten material za vrtnarjenje. Prepričan sem, da bi izvedba izobraževanj v obliki praktičnih delavnic imela pozitiven vpliv na šolstvo s področja kmetijstva. Ob vključitvi učencev (dijaki in študentje), le ti pridobijo na samozavesti, razvijajo komunikacijske in psihosocialne veščine, navežejo stike in razvijajo kompetence, ki so pomembne za samostojno podjetniško pot.

Delavnice si zamišljam kot srednje dolga srečanja, največ štiri šolske ure. Delavnice bi izvajal v obdobju, ko poteka izobraževanje učencev, se pravi od septembra do junija, mesečno intenziteto pa je potrebno prilagajati sezoni in povpraševanju. S pomočjo anket je možno poiskati ugodno terminologijo izvedbe delavnic, je pa smotrno izvajati delavnice v treh ponovitvah, dve čez teden (ena dopoldan, druga popoldan) in ena v soboto. Ob takšni terminologiji imajo možnost obiska delavnic večina zainteresiranih. Nikakor pri tem ne gre pozabiti na starše, le ti velikokrat nimajo varstva za svoje otroke. Kot oče, bi si želel, da je lahko otrok vključen v takšno delavnico, kar pa je predvsem za mlajše lahko prenaporno, zato priporočam igralni kotichek, kamor se lahko otroci odmaknejo.

Ne pozabimo, da imajo izobraževalni programi na področju agronomije dosti nižji vpis, kot so ga imeli na primer trideset let nazaj. Morda lahko izvedba delavnic, kjer sodelujejo tudi otroci, ta trend spremeni?

V svetu kakršnem živimo, je digitalizacija nujno zlo. Razvoj aplikacije preko katere je možno usmerjanje in izobraževanje na daljavo, dvigne možnost urbanega vrtnarstva na višji nivo. Zaradi (pre)hitrega tempa življenja nam velikokrat zmanjkuje časa za obisk dejavnosti. Na balkonu lahko vrtnarimo ob vsakem vremenu in ob vsaki uri, če le imamo nekoga, ki nas bo opomnil, da je potrebno nekaj opraviti ali zgolj preveriti. Aplikacija bi morala bit plačljiva, za relevantnost podatkov pa bi morali skrbet strokovnjaki s področja vrtnarstva z dnevnimi informacijami.



Slika 10: Vabilo na vrtnarsko delavnico; www.agraria-koper.si

6. Igra števil

Vsaka ideja ali misel na delo prinese razmišljanje in vprašanja kot so »kaj pa s tem pridobim«, »koliko lahko zaslužim« ali »kakšno korist bom imel od tega«. Pa če se najprej osredotočim kašne so možnosti za izobraževalne delavnice za območje občine Celje, ki je po podatkih Statističnega urada imela sredi leta 2023 približno 49.100 prebivalcev.

V delavnice vključen: 1% prebivalcev; 491 oseb

Cena posamezne delavnice: 10 eur

Število delavnic 20; 2 na mesec v obdobju šolskega leta

Prodaja na delavnicah: 50 eur/udeleženec, 10% RVC (razlika v ceni)

Vrednost delavnic:

Število oseb x število delavnic x cena delavnice = letni promet

$$491 \times 20 \times 10 = 98.200,00 \text{ eur}$$

Dohodek od prodaje:

Število oseb x vrednost nakupa = promet

$$491 \times 50 = 24550,00 \text{ eur}$$

Izračuni nam pokažejo, da predviden potencial prometa ni zanemarljiv, ob razvoju plačljive aplikacije pa se le ta še poveča. Prepričan sem, da do teh zneskov ni enostavno priti, za to so potrebni čas, volja in vztrajnost. Z pravilnim pristopom in ozaveščanjem ljudi o pomenu zdrave sveže zelenjave je uspeh možen. Vredno je pomisliti in raziskati možnosti pridobitve nepovratnih sredstev, dodaten doprinos pa ustvari tudi lastna proizvodnja zemlje in sadik, ki bi jih tržili na delavnicah.

7. Ekološki vidik in samooskrba

Ljudje radi rečejo, da se solate ne splača saditi, je v trgovini vedno na voljo pa še ceneje je. Sama računica na manjših površinah res ne predstavlja velikega finančnega doprinosa, na balkonu lahko v celem letu privarčujemo 20, morda 30 eur na zelenjavi. Ima pa takšna pridelava povsem drug pomen. Vsem nam je znano, da rastline pri fotosintezi porabljajo ogljikov dioksid proizvajajo pa kisik. Ob zadostni količini zasajenih rastlin bi se zagotovo nekaj poznalo na kvaliteti zraka v mestih, hkrati pa ne gre zanemariti vpliva zelenja na temperaturo ozračja. Zelenje zmanjša neposreden stik svetlobe s steklom in s tem omili segrevanje stanovanj, posledično pa zmanjša uporabo klimatskih naprav. Temperaturna razlika ob večerih je med mestom in obrobjem tudi do 5 °C, kar je posledica

večje količine zelenih površin. Če na kratko povzamem, bi zasaditve na balkonih imele pozitiven vpliv na ozračje v okolici.

Vsebnost in kvaliteta hranil ter okus v sveže obrani zelenjavi predstavljajo tisto, za kar se je vredno truditi in kar intenzivno pridelana, skladiščena ter prepeljana zelenjava nikoli ne bo dosegla. V trenutku, ko mi zelenjavo oberemo, le ta odmre in pričnejo se procesi propadanja (gnitja). Kako hitro bodo ti procesi vidni je odvisno od vrste in sorte zelenjave, da pa bi bili opazni čim pozneje, uporabljamo določene metode skladiščenja. Te metode so nizke temperature, odvzem kisika, kemični preparati za zaviranje ali pa celo za dozorevanje, kot je to znano pri bananah. Banane oberejo zelene in dozoriyo na ladjah. Ker smo v Evropi zelo radi »zeleni« in se močno borimo proti podnebnim spremembam bi urbano vrtnarstvo imelo velik doprinos, hkrati pa je možnost pridobitve podpore s strani EU velika.

Ko govorimo o samooskrbi je na področju zelenjave zelo nizka. Na Statističnem uradu je možno zaslediti, da smo v Sloveniji pridelali zgolj 48% porabljene zelenjava, na kratko smo bili 48% samooskrbni. To pomeni, da je dobra polovica zelenjave na trgovskih policah prepotovala dolgo pot in kar nekaj časa preživela v raznih hladilnicah, zato je njena svežina in kvaliteta drugega pomena kot pri lokalno pridelani zelenjavi, da lastne pridelave niti ne omenjam.

Za zaključek bi z izračunom želel pokazati kakšne neizkoriščene površine se skrivajo v blokih in stolpnica. Sam sem nekoč stanoval v enem izmed blokov v Celju. Obsegal je 7 stopnišč, vsako stopnišče je imel 27 stanovanj z balkonom, na katerem so bila pri gradnji umeščena betonska korita površine cca 1m².

Število stopnišč x število stanovanj x saditvena površina = pridelovalna površina

$$7 \quad \times \quad 27 \quad \times \quad 1 \quad = \quad 189,00 \text{ m}^2$$

Verjetno bo kdo pomislil in rekel, da je to mala površina, ki nič ne spremeni. Dokler govorimo o enem bloku je to morda res, ko pa preštejemo vse bloke in stolpnice v Celju ter dodamo še hiše v strnjenih naseljih, hitro ugotovimo, da gre za velike površine z velikim potencialom. Slika stanovanjske soseske Dečkovo naselje in v ozadju del Nove vasi nam razkriva potencial, ki ga premore del mesta Celje.



Slika 11: Dečkovo naselje z delom Nove vasi v ozadju; www.sid.si/primeri-dobre-prakse/stanovanjska-soseska-v-deckovem-naselju

8. Vpliv na stres

Vsako delo, če ga opravljamo z veseljem, ki ni obveza in ne traja cel dan, ima lahko pozitiven vpliv na počutje posameznika. Sam zase in za člane naše družine lahko trdim, da blagodejno vpliva in blaži posledice hitrega tempa življenja. Človek ob takšnem delu zlahka odmisli vpliv okolice in pozabi na vsakodnevni stres. Nekoč sem zasledil zapis, ki pravi »če iščeš Boga, ga boš hitreje našel na vrtu kot v Cerkvi«. V urejanje vrta se zelo radi vključijo otroci, ki pri tem zelo uživajo, hkrati pa razvijajo nekatere sposobnosti in se učijo življenja z naravo. Veliko šteje, da je skupni čas kvalitetno izkoriščen. Zame je velik užitek zjutraj stopit na balkon in nabrat zelišča za juho, zelenjavo za malico ali gledat otroško navdušenje ob iskanju in obiranju dozorelih jagod. Zase lahko trdim, da me opazovanje pridelka, tudi pobiranje nekako pomiri ter napolni z občutkom radosti.

Hiša brez zelenja je kot hiša duhov, hladna in mrka.

9. Viri

Agraria Koper. Vabilo na delavnico BOLEZNI IN ŠKODLJIVCI NA VRTU (spletni vir), (dostopano 24.11.2025), dostopno: <https://agraria-koper.si/novice/vabilo-na-delavnico-bolezni-in-skodljivci-v-vrtu/>

By zelenipr. Mini zelenjava za majhen vrt ali posode na balkonu! Portal zeleni prsti (spletni vir). 20.4.2020 (dostopano 22.11.2025), dostopno: <https://zeleni-prsti.si/mini-zelenjava-za-majhen-vrt-ali-posode-na-balkonu/>

2energy. Spletna trgovina. (dostopano 23.11.2025), dostopno: <https://2energy.si/p/mini-rastlinjak-s-folijo-za-vrt-150-x-103-x-52-cm/>

SURS. Samooskrba s hrano in uvoz hrane v Slovenijo (spletni vir), 31.3.2022 (dostopano 15.11.2025), dostopno: <https://www.stat.si/StatWeb/news/Index/10236>

Dr. Medič, Aljaž. To so drevesa ki, odlično uspevajo na balkonu! Portal dominvrt (spletni vir), 10.7.2025 (dostopano 12.11.2025), dostopno: <https://www.dominvrt.si/roze-vrt/urbano-vrtnarjenje/sadno-drevje-ki-uspeva-v-posodah.html>

Marketin, Ivana. MOJ VRT NA BALKONU – Kroz cijelo godinu (20/21) (video) YouTube, (dostopano: 13.11.2025) dostopno: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=SnyF7tc4eao>

ZELENI STROJI PRIHODNOSTI: INOVACIJE, KI SPREMINJAJO DELO NA VRTU

GREEN MACHINES OF THE FUTURE: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS TRANSFORMING HORTICULTURAL OPERATIONS

Rafael Hrustel

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje

rafael.hrustel@hvu.si

Povzetek

Pametna mehanizacija v hortikulturi predstavlja pomemben korak k učinkovitejšemu, trajnostnemu in podatkovno podprtemu upravljanju zelenih površin. V članku so predstavljene ključne inovacije, kot so avtonomni roboti, pametni sistemi za zalivanje, digitalna podpora vrtnarjem in trajnostni stroji, ki se prilagajajo urbanemu okolju in podnebnim spremembam. Raziskujemo tudi prihodnost umetne inteligence v hortikulturi ter vlogo tehnologije pri ustvarjanju kakovostnega bivalnega okolja.

Ključne besede: hortikultura, pametna mehanizacija, trajnost, umetna inteligenca, urbani vrtovi, digitalni sistemi

Abstract

Smart mechanization in horticulture represents an important step toward more efficient, sustainable, and data-driven management of green spaces. This article presents key innovations such as autonomous robots, smart irrigation systems, digital support tools for gardeners, and sustainable machinery adapted to urban environments and climate change. It also explores the future role of artificial intelligence in horticulture and the contribution of technology to creating a high-quality living environment.

Keywords: horticulture, smart mechanization, sustainability, artificial intelligence, urban gardens, digital systems

1. Uvod: Hortikultura v času tehnološkega preboja

Hortikultura, nekoč tesno povezana z ročnim delom, intuicijo in naravnim ritmom letnih časov, danes vstopa v novo obdobje – obdobje tehnoloških inovacij. Mehanizacija, ki je bila dolgo rezervirana predvsem za poljedelstvo in gozdarstvo, vse bolj prodira tudi v svet okrasnih vrtov, urbanega vrtnarjenja in krajinskega oblikovanja. V ospredje prihajajo stroji, ki niso le zmogljivejši in bolj prilagodljivi, temveč tudi pametnejši, tišji in okolju prijaznejši.

Sodobni vrtnarji, tako profesionalci kot ljubitelji, se danes soočajo z novimi izzivi: pomanjkanje časa, fizične obremenitve, podnebne spremembe in potreba po trajnostnem ravnanju z naravnimi viri. Prav tu se pokaže vrednost inovativne mehanizacije, ki ne nadomešča človeka, temveč ga podpira. Stroji postajajo partnerji pri delu, ki omogočajo večjo učinkovitost, natančnost in celo kreativnost.

V tem članku bomo raziskali, kako se mehanizacija prilagaja potrebam sodobne hortikulture, katere novosti že spreminjajo način dela na vrtu in kaj lahko pričakujemo v prihodnosti. Od avtonomnih robotov do digitalnih orodij – zeleni stroji prihodnosti niso več znanstvena fantastika, temveč realnost, ki je že tu.

2. Pametni stroji na vrtu

Razvoj pametne mehanizacije v hortikulturi temelji na integraciji sodobnih tehnologij, kot so robotika, umetna inteligenca, senzorika in internet stvari. Ti sistemi omogočajo avtomatizacijo številnih vrtnarskih opravil, kar bistveno povečuje učinkovitost, zmanjšuje fizične obremenitve in prispeva k bolj trajnostnemu upravljanju zelenih površin.

Internet stvari se nanaša na mrežo fizičnih naprav, ki so povezane z internetom in med seboj komunicirajo ter izmenjujejo podatke. Te naprave imajo vgrajene senzorje, programsko opremo in druge tehnologije, ki jim omogočajo zaznavanje okolja, sprejemanje odločitev ali izvajanje nalog – pogosto samodejno ali z minimalnim človeškim posredovanjem. Gre za pametne senzorje za merjenje vlage v tleh, temperature, svetlobe, pH vrednosti ipd., avtomatizirane namakalne sisteme, drone ali robote, ki spremljajo rastline, zaznavajo škodljivce ali bolezni, pametne rastlinjake ter sledenje opremi in zalogam npr. preko RFID oznak ali GPS sledilcev. Primer pametnega rastlinjaka, kjer se uporablja Internet stvari, vključuje merjenje mikroklimе (temperatura, vlaga, CO², svetloba), avtomatsko prezračevanje in senčenje, pametno namakanje glede na potrebe rastlin, spremljanje rasti rastlin s pomočjo kamer in senzorjev, povezanih prek LPWAN omrežja ter povezavo s platformami, ki analizirajo podatke in predlagajo ukrepe.



Slika 1: Dron

Vir: <https://podjetnistvo.delo.si/trendi/velik-kmetijski-dron/>

Med najvidnejšimi inovacijami so **avtonomni roboti**, ki so sposobni samostojno izvajati naloge, kot so sajenje, obrezovanje, košnja in zalivanje. Ti roboti uporabljajo kombinacijo GPS-navigacije, kamer in algoritmov strojnega vida za natančno orientacijo v prostoru ter prepoznavanje rastlin in ovir. Primeri vključujejo robotske kosilnice z možnostjo programiranja urnikov in poti, pa tudi naprednejše naprave, ki analizirajo rastline in prilagajajo obdelavo glede na njihovo stanje.

Pomemben korak naprej predstavljajo **senzorski sistemi**, ki omogočajo natančno spremljanje okoljskih pogojev, kot so vlaga tal, temperatura, svetlobna jakost in pH-vrednost. Ti podatki se zbirajo prek Internet stvari naprav in se v realnem času prenašajo v aplikacije, ki uporabniku omogočajo sprejemanje informiranih odločitev. Na podlagi teh informacij se lahko samodejno aktivirajo zalivalni sistemi ali opozorila za potrebo po gnojenju.



Slika 2: Robot s senzorji

Vir: https://www.google.com/search?rlz=1C1GCEU_slSI1146SI1146&sca_esv=d6706571e7d76b47&sxsrf=ANbL-n6SpKbecnfNu2fGDYodRsIhjtP_6Q:1768383297319&udm

Vse bolj razširjena je tudi uporaba **algoritmov umetne inteligence**, ki analizirajo zbrane podatke in predlagajo optimalne ukrepe za nego rastlin. Umetna inteligenca lahko na primer prepozna znake bolezni ali škodljivcev na listih in predlaga ustrezne ukrepe, še preden se težava razširi. V kombinaciji z mobilnimi aplikacijami in oblaci platformami se ustvarja celovit ekosistem pametnega vrtnarjenja, ki je dostopen tudi manjšim uporabnikom.

Pametna mehanizacija ne pomeni le tehnološkega napredka, temveč tudi spremembo paradigme v hortikulturi. Delo na vrtu postaja bolj podatkovno podprto, natančno in prilagojeno posameznim rastlinskim vrstam ter mikroklimi. S tem se odpira prostor za bolj trajnostno, učinkovito in znanstveno podprto upravljanje zelenih površin, tako v profesionalnem kot ljubiteljskem kontekstu. Za hortikulturo to pomeni manj ročnega dela, večjo natančnost pri oskrbi rastlin, prihranek vode in energije ter zmanjšanje uporabe gnojil in pesticidov. To je posebej pomembno za pridelovalce zelenjave, zelišč, dišavnic in okrasnih rastlin, kjer so pogoji rasti zelo občutljivi.

3. Mehanizacija za majhne površine

Sodobna hortikultura se vse bolj seli v urbana okolja, kjer je razpoložljiv prostor omejen. Zato se razvijajo kompaktni, večnamenski stroji, ki so prilagojeni za delo na majhnih vrtovih, dvoriščih, balkonih in skupnostnih zelenih površinah. Takšna mehanizacija mora biti lahka, tiha, energetske učinkovita in enostavna za uporabo, obenem pa dovolj zmogljiva za različna opravila.

Robotske kosilnice za majhne trate

Eden najbolj razširjenih primerov pametne mehanizacije za manjše površine so robotske kosilnice, ki omogočajo popolnoma avtonomno košnjo. Med vodilnimi proizvajalci je Ambrogio Robot, ki ponuja modele, kot je *Ambrogio Twenty ZR*, zasnovan posebej za manjše vrtove – deluje brez mejne žice in uporablja napredno navigacijo z umetno inteligenco. Več informacij je na voljo na [Zeleni Sistemi](https://zelenisistemi.com). [zelenisistemi.com]



Slika 3: Robotska kosilnica

Vir: <https://alko-garden.si/izdelki/nega-trate/robotske-kosilnice/>

Drugi primer je Worx Landroid Vision M600, ki uporablja kamero za navigacijo in je primeren za površine do 600 m². Na voljo je v trgovini Bauhaus.

Večnamenski električni stroji

Za obdelavo tal, obrezovanje in čiščenje so na voljo **akumulatorski kultivatorji, trimerji in drobilniki**, ki omogočajo tiho in okolju prijazno delovanje. Podjetje AL-KO Gardentech ponuja pametne akumulatorske kosilnice in vrtno traktorje, ki se povezujejo z aplikacijo *inTOUCH Smart Garden* za optimizacijo vrtnarskih opravil. Več o njihovih rešitvah najdete na AL-KO pametno vrtnarjenje.

Pametni sistemi za zalivanje in obrezovanje

Podjetje Gardena razvija celovite rešitve za pametno zalivanje, kot je *Micro-Drip-System*, ki omogoča natančno in varčno zalivanje rastlin. Njihovi izdelki vključujejo tudi pametne škardje, trimerje in senzorje za vlago. Več informacij je na voljo na gardena.com.

Pametna mehanizacija za majhne površine ni več luksuz, temveč postaja standardna oprema sodobnega vrtnarja. Z ustrezno izbiro naprav je mogoče bistveno izboljšati kakovost dela, zmanjšati fizične obremenitve in prispevati k trajnostnemu upravljanju zelenih površin.

Primerjava trajnostne in klasične mehanizacije

V sodobni hortikulturi se vse bolj uveljavlja trajnostna mehanizacija, ki zmanjšuje negativne vplive na okolje, izboljšuje energetske učinkovitost in prispeva k bolj zdravemu delovnemu okolju. V primerjavi s klasičnimi stroji, ki pogosto temeljijo na fosilnih gorivih in zahtevajo intenzivno vzdrževanje, trajnostni stroji ponujajo številne prednosti – tako za uporabnika kot za naravo.

Spodnja tabela prikazuje ključne razlike med **trajnostnimi** in **klasičnimi** stroji v hortikulturi:

Vidik	Trajnostni stroji	Klasični stroji
Vir energije	Električni (akumulatorski), solarni	Bencinski, dizelski
Emisije	Brez emisij med delovanjem	Visoke emisije CO ₂ in drugih škodljivih plinov
Hrup	Tiho delovanje (primerno za urbana okolja)	Glasno delovanje, pogosto nad dovoljenimi mejami
Vzdrževanje	Manj gibljivih delov, enostavno vzdrževanje	Pogosto servisiranje, menjavanje olja, filtrov itd.
Teža in ergonomija	Lažji materiali, boljša ergonomija	Težji stroji, večja fizična obremenitev
Trajnost materialov	Reciklrani ali biološko razgradljivi materiali	Plastika in kovine brez možnosti reciklaže
Pametne funkcije	Senzorji, povezljivost z aplikacijami, avtomatizacija	Ročno upravljanje, brez digitalne podpore
Cena (nakupna)	Višja začetna investicija, nižji obratovalni stroški	Nižja začetna cena, višji stroški goriva in vzdrževanja
Okoljski vpliv	Nizka obremenitev okolja, podpora trajnostnim praksam	Visoka obremenitev okolja, prispevek k onesnaževanju
Primernost za urbane vrtove	Zelo primerni (tiho, kompaktno, brez emisij)	Manj primerni zaradi hrupa in emisij

Trajnostna mehanizacija ni le tehnološki napredek, temveč tudi etična izbira, ki podpira odgovorno ravnanje z okoljem. V kombinaciji z digitalnimi rešitvami in pametnim načrtovanjem vrta omogoča boljšo izrabo virov, manjšo porabo energije in večjo kakovost bivanja – tako za ljudi kot za naravo.

4. Trajnostna tehnologija v službi narave

Trajnostna hortikultura mehanizacija ne obsega le strojev za obdelavo rastlin, temveč tudi pametne rešitve za **zalivanje in obdelavo tal**, ki zmanjšujejo porabo vode, energije in ohranjajo biotsko ravnovesje tal. V nadaljevanju predstavljamo ključne trajnostne pristope in naprave, ki so že na

voljo na trgu.



Slika 4: Namakalni sistem

Vir: <https://www.gardena.com/si/c/odkrijte/izdelki/zalivanje/samodejno-zalivanje>

Pametni sistemi za zalivanje

Pametno zalivanje temelji na natančnem doziranju vode glede na potrebe rastlin in vremenske razmere. Med najbolj trajnostnimi rešitvami so:

- **Kapljični namakalni sistemi**, ki dovajajo vodo neposredno do korenin rastlin, s čimer se zmanjša izhlapevanje in poraba vode. Takšne sisteme ponuja Vetisa.
- **Porozne cevi iz recikliranih materialov**, ki omogočajo enakomerno razporeditev vode po dolžini cevi. Primeri so na voljo pri Topdom.
- **Zbiralniki deževnice** in gravitacijski sistemi, ki omogočajo zalivanje brez elektrike. Več o teh rešitvah najdete na Dominvrt.si.
- **Avtomatski programatorji za zalivanje**, kot jih ponuja Gardena, omogočajo nastavitve urnikov glede na vremenske razmere in potrebe rastlin.

Trajnostna obdelava tal

Obdelava tal je ključna za zdravje rastlin, vendar klasične metode pogosto povzročajo erozijo, izgubo organske snovi in degradacijo tal. Trajnostni pristopi vključujejo:

Ohranitvena obdelava tal (ang. *conservation tillage*), ki temelji na minimalnih mehanskih posegih, stalni pokritosti tal in pestrosti rastlinskih vrst. Več o teh metodah je na voljo v publikaciji KGZS.



Slika 6: Minimalna obdelava tal

Vir: <https://www.brau.si/prihodnost-poljedelstva-ohranitvena-obdelava-tal/>

No-till sejalnice, ki omogočajo setev brez predhodne obdelave tal. Primeri vključujejo stroje podjetja Brau.

Kompostna obdelava, ki temelji na dodajanju organske snovi za izboljšanje strukture tal in povečanje mikrobiološke aktivnosti. Projekt FertilCrop je razvil orodja za oceno rodovitnosti tal v ekološkem vrtnarjenju. [itr.si]

Primerjalna tabela: Klasična vs. trajnostna obdelava tal

Vidik	Trajnostna obdelava tal	Klasična obdelava tal
Globina posega	Minimalna (do 10 cm), brez oranja	Globoka obdelava, pogosto z oranjem
Pokritost tal	Stalna pokritost z rastlinami ali ostanki	Gole površine, izpostavljene eroziji
Uporaba strojev	Dletasti rahljalniki, no-till sejavnice	Plug, rotacijski kultivatorji
Poraba energije	Nizka, manj prehodov	Visoka, več prehodov in goriva
Vpliv na mikroorganizme	Spodbuja biotsko raznovrstnost	Pogosto uničuje mikrobiološko ravnovesje
Zadrževanje vlage	Visoko, zaradi zastirke in strukture tal	Nizko, zaradi izpostavljenosti soncu in vetru
Primernost za sušna območja	Zelo primerna, zmanjšuje izhlapevanje	Slabša, povečuje potrebo po zalivanju

Trajnostni sistemi za zalivanje in obdelavo tal predstavljajo temelj sodobne hortikulture, ki se odziva na podnebne spremembe, pomanjkanje virov in potrebo po dolgoročni ohranitvi rodovitnosti tal. Z njihovo uporabo ne le izboljšamo rastne pogoje, temveč tudi prispevamo k bolj zdravemu in odgovornemu odnosu do narave.

5. Digitalna podpora vrtnarjem

Digitalizacija hortikulture omogoča vrtnarjem, da svoje delo opravljajo bolj natančno, učinkovito in trajnostno. S pomočjo aplikacij, senzorjev in pametnih sistemov je mogoče spremljati rastne pogoje, optimizirati zalivanje, načrtovati obdelavo tal ter pravočasno ukrepati ob pojavu bolezni ali škodljivcev. Digitalna podpora ni več rezervirana za profesionalne pridelovalce – dostopna je tudi ljubiteljskim vrtnarjem.

Pametni sistemi za zalivanje

Pametno zalivanje temelji na senzorjih vlage, vremenskih podatkih in programiranih ventilih, ki omogočajo natančno in varčno oskrbo rastlin z vodo. Eden najbolj razširjenih sistemov je GARDENA Smart System, ki vključuje:

- Smart Sensor za merjenje vlage tal,
- Smart Water Control za avtomatsko upravljanje zalivalnega sistema,
- mobilno aplikacijo za nadzor in prilagajanje urnikov.

Digitalno načrtovanje in spremljanje vrta

Aplikacije, kot je Plantix, omogočajo prepoznavanje bolezni rastlin s pomočjo fotografij in umetne inteligence. Uporabnik prejme nasvete za ukrepanje, kar bistveno skrajša odzivni čas in zmanjša škodo. Podobno aplikacija Gardenize omogoča beleženje zasaditev, spremljanje rasti in vodenje vrtnarskega dnevnika.

Pametni pripomočki za obdelavo tal

Podjetje Tertill je razvilo majhnega robota za pletje, ki deluje na sončno energijo in samodejno odstranjuje plevel med rastlinami. Primeren je za manjše vrtove in ne zahteva posebne nastavitve. Več o napravi je na voljo na tertill.com.

Povezljivost in integracija

Večina sodobnih naprav omogoča povezljivost prek Wi-Fi ali Bluetooth, kar omogoča integracijo različnih sistemov v enoten ekosistem pametnega vrta. Uporabnik lahko prek ene aplikacije upravlja zalivanje, spremlja rastline, analizira podatke in načrtuje opravila.

Digitalna podpora vrtnarjem pomeni prehod iz intuitivnega k podatkovno podprtemu vrtnarjenju. S

tem se povečuje natančnost, zmanjšuje poraba virov in omogoča boljše rezultate – ne glede na velikost vrta ali raven izkušenj.

6. Pogled v prihodnost

Razvoj mehanizacije v hortikulturi se ne ustavlja pri avtomatizaciji osnovnih opravil – prihodnost prinaša integracijo napredne umetne inteligence, strojnega učenja in podatkovne analitike, ki bodo bistveno spremenili način upravljanja zelenih površin. V ospredju je vizija pametnega vrta, ki se samodejno prilagaja okoljskim pogojem, prepoznava potrebe rastlin in optimizira vse procese – od sajenja do obiranja.

Umetna inteligenca kot svetovalec

Prihodnje rešitve bodo vključevale AI-asistente, ki bodo na podlagi zgodovinskih podatkov, vremenskih napovedi in analize tal predlagali optimalne ukrepe za posamezne rastlinske vrste. Takšni sistemi bodo sposobni prepoznati zgodnje znake bolezni, predvideti razvoj rastlin in celo predlagati spremembe zasaditvenih načrtov glede na podnebne spremembe.

Samoučeči se sistemi

Z uporabo strojnega učenja bodo pametni sistemi sposobni prilagajati svoje delovanje glede na specifične pogoje posameznega vrta. Na primer, robotski pletilniki bodo z vsakim ciklom bolj natančno prepoznavali plevel, medtem ko bodo zalivalni sistemi samodejno prilagajali količino vode glede na mikroklimo in rastno fazo rastlin.

Povezani ekosistemi

V prihodnosti bo vrt del širšega digitalnega ekosistema, povezanega z vremenskimi postajami, lokalnimi podatkovnimi bazami in celo urbani načrtovalci. To bo omogočilo boljše usklajevanje zasaditev z okoljem, zmanjšanje porabe virov in večjo odpornost na ekstremne vremenske razmere.

Vloga izobraževanja in dostopnosti

Ključni izziv ostaja dostopnost tehnologije in usposabljanje uporabnikov. Vizija prihodnosti vključuje tudi razvoj intuitivnih vmesnikov, ki bodo omogočili uporabo naprednih sistemov brez tehničnega predznanja. S tem bo pametna hortikultura dostopna širšemu krogu uporabnikov – od šolskih vrtov do skupnostnih projektov.

Prihodnost hortikulture mehanizacije je torej v povezovanju narave in tehnologije – ne kot nasprotje, temveč kot sinergija, ki omogoča bolj trajnostno, učinkovito in prilagojeno vrtnarjenje.

7. Zaključek: Vrt kot prostor inovacij

Pametna mehanizacija v hortikulturi ne predstavlja zgolj tehnološkega napredka, temveč odziv na širše družbene in okoljske izzive. V prihodnosti bo njen razvoj tesno povezan z novimi strategijami gojenja rastlin, ki upoštevajo podnebne spremembe, omejenost prostora in potrebo po ustvarjanju kakovostnega bivalnega okolja – zlasti v urbanih središčih.

Zeleni prostori v mestih postajajo ključni za blaženje temperaturnih ekstremov, izboljšanje kakovosti zraka in krepitev duševnega zdravja prebivalcev. Pametni stroji, ki delujejo tiho, energetsko učinkovito in se prilagajajo mikrookolju, bodo igrali pomembno vlogo pri vzdrževanju teh površin. Hkrati bodo digitalni sistemi omogočili boljše načrtovanje zasaditev, optimizacijo porabe virov in večjo odpornost rastlin na stresne razmere.

Prihodnost hortikulture je torej v povezovanju tehnologije, ekologije in urbanega načrtovanja. Vrt ne bo več le prostor sprostitve, temveč tudi laboratorij za trajnostne rešitve, ki prispevajo k boljšemu življenju – za posameznika, skupnost in planet.

8. Viri

AL-KO Gardentech. (2025). Pametno vrtnarjenje. Pridobljeno s spletne strani: <https://alko-garden.si/pametno-vrtnarjenje/>

GARDENA. (2025). Smart System. Pridobljeno s spletne strani: <https://www.gardena.com/si/izdelki/pametni-vrt/smart-system/>

Gardenize. (2025). Garden Management App. Pridobljeno s spletne strani: <https://www.gardenize.com>

Plantix. (2025). Plant Disease Diagnosis App. Pridobljeno s spletne strani: <https://plantix.net>

Tertill. (2025). Garden Weeding Robot. Pridobljeno s spletne strani: <https://www.tertil.com>

Zeleni Sistemi. (2025). Robotske kosilnice. Pridobljeno s spletne strani: <https://zelenisistemi.com/kategorija/robotske-kosilnice/>

PODJETNIŠTVO IN TRŽENJE V VRTNARSTVU: PRILOŽNOSTI KRATKIH VERIG PRESKRBE S HRANO ZA PRIHODNOST

ENTREPRENEURSHIP AND MARKETING IN HORTICULTURE: SHORT FOOD SUPPLY CHAINS - OPPORTUNITIES FOR THE FUTURE

Anja Žužej Gobec

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje

anja.zujej.gobec@hvu.si

Povzetek

Spremembe v prehranskih navadah potrošnikov, podnebne spremembe in evropske politike (Zeleni dogovor, strategija »Od vil do vilic«) ne vplivajo le na načine pridelave rastlin, temveč tudi na podjetništvo in trženje v kmetijstvu. Vedno več kupcev išče lokalno, sledljivo, ekološko pridelano hrano in želi poznati zgodbo pridelovalca. To odpira priložnosti za nove poslovne modele v vrtnarstvu in zelenjadarstvu: kratke verige preskrbe s hrano, sheme zabojčkov, neposredno prodajo ter digitalno trženje preko spletnih trgovin in družbenih omrežij [1–3].

Članek predstavi ključne trende na trgu rastlinskih pridelkov, podjetniške priložnosti za pridelovalce zelenjave in vrtnin ter vlogo trženja pri gradnji blagovne znamke kmetije. Poudarek je na kratkih verigah preskrbe, digitalnem trženju ter kompetencah, ki jih potrebujejo mladi podjetniki v vrtnarstvu. Predstavljeni so tudi izzivi (čas, delo, znanje, organizacija) in praktična priporočila za vzpostavitev uspešnih podjetniških zgodb na področju pridelave rastlin v prihodnosti.

Ključne besede: podjetništvo v kmetijstvu, trženje kmetijskih pridelkov, kratke verige preskrbe s hrano, lokalna zelenjava, digitalno trženje

Abstract

Changes in consumer dietary habits, climate change, and European policies (Green Deal, Farm to Fork Strategy) are affecting not only crop production methods but also entrepreneurship and marketing in agriculture. Increasingly, consumers seek local, traceable, organic food and want to know the producer's story. This creates opportunities for new business models in horticulture and vegetable growing, such as short food supply chains, box schemes, direct sales, and digital marketing through online shops and social networks [1–3].

This article presents key trends in the crop market, entrepreneurial opportunities for vegetable growers, and the role of marketing in building a farm brand. It focuses on short supply chains, digital marketing, and the competencies required by young entrepreneurs in horticulture. Challenges (time, labour, knowledge, organisation) and practical recommendations for establishing successful entrepreneurial ventures in plant production are also discussed.

Keywords: entrepreneurship in agriculture, marketing of agricultural products, short food supply chains, local vegetables, digital marketing

1. Uvod

Trg hrane se v zadnjih letih hitro spreminja. Potrošniki se vedno bolj zavedajo vpliva prehrane na zdravje in okolje, zato pogosteje iščejo lokalno, ekološko in sezonsko pridelano hrano. Povpraševanje po zelenjavi in ekoloških izdelkih v Evropi na dolgi rok raste. Evropska strategija »Od vil do vilic« med cilji do leta 2030 navaja: vsaj 25 % kmetijskih zemljišč v ekološki pridelavi, 50 % zmanjšanje uporabe in tveganja kemičnih pesticidov ter zmanjšanje izgub hranil za najmanj 50 % (ob zmanjšanju uporabe gnojil za najmanj 20 %) (Evropska komisija, 2020). To pomeni, da bo v prihodnje še več pridelovalcev zelenjave razmišljalo o trajnostni pridelavi, specializaciji in neposredni prodaji [1, 2].

Za uspeh pa ni dovolj le odlična pridelava. Ključno vprašanje sodobnega vrtnarskega podjetnika je: kako svoje pridelke pametno prodati in ustvariti dodano vrednost? Tu stopijo v ospredje podjetništvo in trženje: izbira ustreznega poslovnega modela, načrtovanje prodajnih poti, pozicioniranje na trgu, (digitalna) promocija in gradnja dolgoročnih odnosov s kupci.

2. Spremenjene potrošniške navade in trg za lokalno zelenjavo

Raziskave kažejo, da je povpraševanje po lokalni, sveži in ekološki hrani tesno povezano z večjo osveščenostjo potrošnikov o vplivu prehrane na zdravje, okolje in dobrobit živali. V Evropi pomemben del potrošnikov podpira kmetije, ki pridelujejo bolj trajnostno, tudi če so njihovi izdelki nekoliko dražji [6, 7].

Za pridelovalce zelenjave to pomeni:

- večje povpraševanje po lokalni sezonski zelenjavi,
- priložnost za ekološko pridelavo in pridelavo brez ostankov fitofarmaceutskih sredstev (FFS),
- možnost oblikovanja nišnih produktov (npr. »zero waste« paketi, mešani zabojčki, posebne sorte).

Ekološki trg v Evropi se dolgoročno povečuje; med pomembnejšimi kategorijami so tudi sadje in zelenjava (FiBL & IFOAM – Organics International, 2024).



Slika 1: Lokalna tržnica in neposredni stik med pridelovalcem in potrošnikom

Vir: <https://www.horizont-clair.si>, dostop 10. 1. 2026 (<https://horizont-clair.si/clanekKGza25LetMarec2018.pdf>)

3. Podjetniški poslovni modeli v vrtnarstvu in zelenjadarstvu

3.1 Kratke verige preskrbe s hrano

Kratke verige preskrbe s hrano (kratke dobavne verige) so dobavne verige z omejenim številom deležnikov, ki temeljijo na sodelovanju, lokalnem razvoju ter tesnih geografskih in socialnih odnosih med pridelovalci, predelovalci in potrošniki (Uredba (EU) št. 1305/2013). Najpogostejše oblike so:

- prodaja na lokalnih tržnicah,
- prodaja na kmetiji (trgovinica, hladilnik z izdelki, samooskrbni vrtovi),
- košarice/zabojčki z dostavo ali prevzemom,
- prodaja restavracijam, šolam in drugim javnim ustanovam,
- spletna naročila in prevzem na določenih točkah.

Prednost za pridelovalca je višja dodana vrednost in večji nadzor nad ceno; prednost za kupca pa svežina, sledljivost in možnost osebnega stika s pridelovalcem.

3.2 Skupnosti, podprte s kmetijstvom (CSA) in zabojčarske sheme

Model Community Supported Agriculture (CSA) temelji na partnerstvu med kmetom in skupino potrošnikov, ki vnaprej plačajo delež pridelka (»članarino«) in skozi sezono redno prejemajo zabojček zelenjave. Tveganje in odgovornost se delita – če je sezona boljša, je zabojček bogatejši, v slabših letih pa člani razumejo, da je pridelek manjši.

Podobno delujejo ekološke box sheme, ki lahko združujejo več kmetij in omogočajo širši izbor pridelkov (zelenjava, sadje, mlečni izdelki, kruh). Za vrtnarskega podjetnika je prednost CSA predvidljiv denarni tok, stabilna osnova rednih kupcev, manj izgube in možnost vključevanja članov v delo (delovne akcije, dnevi odprtih vrat).



Slika 2: Primer CSA zabojčka (naročniški model) kot oblika kratke verige preskrbe.

Vir: <https://www.cloudviewfarm.org>, dostop 10. 1. 2026: <https://cloudviewfarm.org/ephata/csa-boxes/>

3.3 Povezovanje pridelovalcev in združni modeli

Posamezna majhna kmetija težko sama pokrije vse zahteve trga (količina, stalna dobava, raznolikost asortimenta). Rešitev je povezovanje v zadrage, skupne blagovne znamke ali lokalne združno-socialne modele, kjer več pridelovalcev skupaj nastopa na trgu: skupna prodajalna, skupno pakiranje in distribucija, skupno nastopanje na digitalnih platformah. Takšni modeli so posebej primerni za šole, vrtce, domove za starejše in druge javne ustanove, ki želijo več lokalne hrane, a potrebujejo zanesljivo dobavo večjih količin [5, 6].

4. Trženje in blagovna znamka kmetije

Podjetniški uspeh v pridelavi rastlin ni odvisen le od kakovosti pridelka, temveč tudi od tega, kako se kmetija predstavi na trgu. Klasični 4P (izdelek, cena, mesto, promocija) v kmetijstvu dobijo zelo praktično vsebino: [8]

- Izdelek (Product): kakovost, okus, sortiment, način pridelave (eko, IVR, lokalno, posebne sorte) [8].
- Cena (Price): poštena cena, ki pokrije stroške in nagradi delo; možnost višje cene za nišne in eko izdelke [8].
- Mesto (Place): prodajni kanali – tržnica, kmetija, zaboječki, splet, trgovine.
- Promocija (Promotion): osebni stik, degustacije, družbena omrežja, lokalni mediji, zgodbe.

Kupci, ki izberejo lokalno zelenjavo, ne kupijo le izdelka, temveč tudi zgodbo: kdo ste, zakaj pridelujete, kako skrbite za tla, vodo, oprasovalce, zakaj uporabljate ekološke ali integrirane pristope.

4.1 Tržne niše in dodana vrednost

Pri pridelavi rastlin se lahko kmetija umesti v različne niše: ekološka zelenjava za restavracije, mikro zelenje in zelišča za HoReCa sektor, zaboječki za družine z majhnimi otroki, »zero-waste« ponudba (uporaba celih rastlin, fermentacija, vlaganje), posebne sorte (barvna korenčka, starinske sorte paradižnika). Dodano vrednost lahko ustvarjamo tudi s predelavo (npr. pesto iz zelišč, vložena zelenjava, omake, fermentirani izdelki), pri čemer je treba upoštevati zakonodajo (registracija dopolnilne dejavnosti, HACCP).

5. Digitalno trženje: od Instagrama do spletne trgovine

Digitalno trženje je postalo ena ključnih strategij za male kmetije, ki želijo doseči kupce tudi izven lokalnega kraja. Če je bila nekoč glavna prodajna pot tržnica, danes vse več kmetij uporablja: [8]

- spletne strani z aktualno ponudbo,
- družbena omrežja (Facebook, Instagram, TikTok),
- e-poštne novice za redne kupce,
- spletne platforme za lokalno hrano in spletne tržnice.

Praksa kaže, da so pomembni: redno objavljane fotografije pridelkov in vsakdanjega dela, preprosta razlaga, kako in kje lahko kupec naroči, uporaba zgodb (»storyjev«), možnost spletnega naročanja in plačila ter kombinacija fizične prisotnosti (tržnica, dogodki) in spletne promocije [8].

6. Kompetence mladih podjetnikov v kmetijstvu

Mladi, ki vstopajo v kmetijstvo, so pogosto bolj vešči tehnologije, hkrati pa potrebujejo širok nabor znanj:

- strokovna znanja pridelave rastlin (agrotehnika, varstvo rastlin, tla),
- podjetniške kompetence (poslovni načrt, finančno načrtovanje, ocena tveganja),
- trženske veščine (poznavanje kupcev, tržni kanali, komuniciranje),
- digitalne kompetence (upravljanje družbenih omrežij, spletna prodaja),
- mehke veščine (komunikacija, sodelovanje, vodenje ekipe).

Za šole, ki izobražujejo bodoče hortikulture tehnike in inženirje, je smiselno vključevati projekte, v katerih dijaki in študenti razvijajo lastne poslovne ideje, sodelujejo z lokalnimi podjetniki in kmetijami, ustvarjajo vsebine za digitalni marketing ter uporabljajo realne podatke o stroških, prihodkih in trgu.

7. Zaključek in priporočila za prakso

Podjetništvo in trženje sta danes neločljivo povezana z uspešnim gojenjem rastlin. V času, ko se pridelava sooča z omejevanjem uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS), podnebnimi spremembami in nihajočimi cenami surovin, postajajo dobro zasnovani poslovni modeli, kratke verige preskrbe, tržne niše in digitalno trženje ključni elementi strategije »gojenja rastlin za prihodnost« [1, 2, 4, 6].

Za pridelovalce zelenjave in vrtnarstva se priporočajo naslednji koraki:

1. Analiza trga in kupcev.
2. Izbira poslovnega modela (tržnica, zabojski, CSA, prodaja na kmetiji, spletna prodaja).
3. Gradnja blagovne znamke in zgodbe kmetije.
4. Uvajanje digitalnega trženja in redna komunikacija z odjemalci.
5. Povezovanje in sodelovanje z drugimi pridelovalci ter lokalnimi partnerji.
6. Stalno učenje in prilagajanje ponudbe novim trendom.

S takim celovitim pristopom – združitvijo kakovostne pridelave rastlin, podjetniškega razmišljanja in sodobnega trženja – lahko vrtnarski podjetniki ne le preživijo, temveč na trgu tudi uspevajo in postanejo pomemben del trajnostnega prehranskega sistema prihodnosti [6].

8. Viri

1. Evropska komisija. (2019). The European Green Deal (COM (2019) 640 final). EUR-Lex. Dostop: 10. 1. 2026. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52019DC0640>
2. Evropska komisija. (2020). Farm to Fork Strategy: for a fair, healthy and environmentally friendly food system. Dostop: 10. 1. 2026. https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
3. EUR-Lex. (2021). Farm to Fork strategy for a fair, healthy and environmentally friendly food system (povzetek). Dostop: 10. 1. 2026. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/farm-to-fork-strategy-for-a-fair-healthy-and-environmentally-friendly-food-system.html>
4. Evropska komisija. (2021). On an Action Plan for the development of organic production (COM (2021) 141 final). EUR-Lex. Dostop: 10. 1. 2026. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52021DC0141>
5. Uredba (EU) št. 1305/2013 Evropskega parlamenta in Sveta o podpori za razvoj podeželja (EAFRD) – definicija 'short supply chain' (člen 2). EUR-Lex. Dostop: 10. 1. 2026. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A02013R1305-20190301>
6. European Parliament Research Service. (2016). Short food supply chains and local food systems in the EU (Briefing). Dostop: 10. 1. 2026. <https://www.weltagrarbericht.de/wp-content/uploads/2016EPRSShortSupplyChains.pdf>
7. FiBL & IFOAM – Organics International. (2024). The World of Organic Agriculture 2024: Statistics and Emerging Trends. Dostop: 10. 1. 2026. https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1747-organic-world-2024_light.pdf
8. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing Management (15th ed.). Pearson.

URBANE TALNE GREDE – USPEŠNA RAST RASTLIN IN ZADRŽEVANJE PADAVINSKE VODE

URBAN GROUND BEDS – SUCCESSFUL PLANT GROWTH AND STORMWATER RETENTION

Barbara Pajk

Šola za hortikulturo in vizualne umetnosti Celje, barbara.pajk@hvu.si

Nataša Dolejši

Arboristika, Nataša Dolejši s.p., dolejsi.natasa@siol.net

Povzetek

Urbane talne grede so osrednji element modro-zelene infrastrukture, saj zadržujejo, filtrirajo in infiltrirajo padavinsko vodo ter hkrati zagotavljajo rastne pogoje za vegetacijo v mestih. S tem razbremenjujejo kanalizacijske sisteme, zmanjšujejo toplotne otoke in izboljšujejo kakovost urbanega prostora. Pristopi SuDS, LID in WSUD v načrtovanje vnašajo naravne hidrološke procese ter večfunkcionalnost prostora. Inovativne rešitve, kot so bioretencijske grede, Stocholmski sistem, modularne celice in kapilarne grede, združujejo hidrotehnično delovanje in rastne potrebe rastlin. Učinkovitost se kaže v visoki infiltraciji, čiščenju onesnaževal in zmanjševanju poplavnih konic. Članek poudarja celostno načrtovanje, ki združuje tehnično učinkovitost, ekološke funkcije in estetske zahteve mestne krajine.

Ključne besede: urbane talne grede, padavinska voda, rastline, Stocholmski sistem, modularne celice, bioretencijske grede, kapilarne grede

Abstract

Urban ground-level planting beds are a key element of blue-green infrastructure, as they retain, filter, and infiltrate stormwater while providing suitable growth conditions for vegetation in urban environments. In doing so, they reduce the burden on sewer systems, mitigate urban heat islands, and enhance the overall quality of urban spaces. SuDS, LID, and WSUD approaches introduce natural hydrological processes and multifunctionality into urban planning. Innovative solutions such as bioretention beds, the Stockholm system, modular cells, and wicking beds combine hydrotechnical performance with plant growth requirements. Their effectiveness is demonstrated by high infiltration rates, pollutant removal, and reduced peak runoff. The article highlights integrated planning that combines technical efficiency, ecological function, and the aesthetic requirements of the urban landscape.

Key words: urban ground-level planting beds, stormwater, plants, Stockholm system, modular cells, bioretention beds, wicking beds

1. Uvod

Zelene in ozelenjene površine imajo v urbanem prostoru in podnebni politiki pomembno vlogo. Predstavljajo divjo in urejeno naravo, ki lahko s svojimi ekosistemi – rastlinami, tlemi, vodami in živalmi – blaži vzroke in posledice podnebnih sprememb. Sposobnost zelenih površin, da lahko blažijo vročino in zadržujejo padavinsko vodo, je prepoznana kot ključna sestavina sonaravnih rešitev in ukrepov, kot sta zelena in modro-zelena infrastruktura [1].

Trajnostno upravljanje s padavinsko vodo je dolgoročno vzdržno do okolja, narave in družbe, saj v urbanem okolju zaradi neprepustnosti površin ne more odtekat po naravno poti, ampak jo je treba zadrževati, ponikati in vračati v naravni vodni krog s pomočjo sistema urbane odvodnje [2].

Urbane talne grede so ključni gradniki sodobne zelene in modro-zelene infrastrukture, saj obravnavajo meteorno vodo na izvoru, jo infiltrirajo, zadržujejo in čistijo, hkrati pa omogočajo uspešno rast vegetacije v zahtevnih mestnih pogojih. V primerjavi s klasično »sivo« infrastrukturo (hitro odvajanje v kanalizacijo) prispevajo te grede k znižanju konic odtoka, zmanjšanju obremenitev kanalizacijskih sistemov, obnovi lokalnega vodnega kroga ter blažitvi toplotnih otokov in dvigu kakovosti mestnega prostora (privlačnost prostora in izboljšano udobje bivanja, biodiverziteta) [3–5]. Konceptualno se umeščajo v mednarodno uveljavljene pristope SuDS/LID/WSUD in širši model 'gobastega mesta' (sponge city), ki poudarja naravi bližjo hidro-ekološko zasnovo mesta [4–7].

Značilnosti teh pristopov so naslednje:

- **SuDS** – Sustainable Drainage Systems – **trajnostni sistemi odvodnjavanja**, ki posnema naravni vodni krog (zadrževanje vode na mestu padavin, upočasnjevanje odtoka, ponikanje in evapotranspiracija, čiščenje vode z naravnimi procesi, večnamenskost prostora – ekološka, estetska, rekreacijska funkcija).
- **LID** – Low Impact Development – **nizko-vplivni razvoj**, ki želi zmanjšati vpliv pozidave na vodni režim že na ravni posamezne stavbe ali parcele, z osnovno idejo, da naj vsak poseg povzroči čim manj sprememb v naravnem hidrološkem režimu, zato gre za manjše in razpršene elemente in obdelavo vode tam, kjer nastane.
- **WSUD** – Water Sensitive Urban Design – **vodi prilagojeno prostorsko načrtovanje**, ki ima najširši pristop in vodo razume kot temeljni oblikovni element mesta, ne kot tehnično omejitev. Povezuje upravljanje padavinskih voda, varčevanje z vodo, ponovno uporabo vode, kakovost vodnih teles, urbano mikroklimo in kakovost bivanja ter vključuje pitno, odpadno, reciklirano vodo in modro-zelena infrastrukturo kot celoto.

Doprinos pristopov temelji na štirih osnovah oz. stebrih:

- biotska raznovrstnost z ustvarjanjem in ohranjanjem boljših mest za naravo,
- udobje z ustvarjanjem in ohranjanjem boljših mest za ljudi,
- količina vode z nadzorom količine odtoka kot podpora pri obvladovanju poplavne ogroženosti ter ohranjanje in zaščita naravnega vodnega kroga,
- kakovost vode z upravljanjem kakovosti odtoka za preprečevanje onesnaženja [5].

Elementi, ki se pojavljajo v omenjenih treh pristopih so: bioretencijske grede, zelene strehe, zeleni jarki, prepustne tlakovane površine, zbiralniki deževnice, itd.

Izbor je odvisen od cilja (infiltracija z vračanjem vode v podtalnico ali začasno zadrževanje vode z možnostjo omogočanja infiltracije, izhlapevanja in/ali čiščenja), geotehničnih lastnosti tal, omejitev komunalnih vodov, prostora in vzdrževalnih kapacitet [4, 5].

2. Več funkcij v istem volumnu

Inovativne rešitve urbanih talnih gred zagotavljajo tako rast rastlin (zelnatih in lesnatih) kot

trajnostni sistem odvodnjavanja. Med sabo se razlikujejo predvsem v tem, ali je sistem primarno hidrološki (upravljanje vode), drevesno-substratni (rastni pogoji) ali konstrukcijsko nosilen (za tlakovana urbana območja).

Globoki koreninski sistemi rastlin povečajo infiltracijo vode, aeracijo in stabilnost substrata, zelišča in trave pa prispevajo k filtraciji in hitrim hidrološkim odzivom [11, 12].

2.1 Bioretencijske grede

Krajinsko-hidrološki tip gred je primarno osredotočen na zadrževanje in čiščenje vode. Sekundarno podpira vegetacijo.

Deževni vrt (=dežni vrt) je oblika bioretencijske grede, ki je običajno manjša, plitvejša in zasnovana za zajemanje in infiltracijo padavinske vode z manjših površin, kot so dvorišča, strehe in parkirišča. Je najbolj naravi podobna oblika, preproste izvedbe, kjer se voda zadrži, filtrira in ponikne, polnjena s prepustnim filtrirnim substratom in drenažnim slojem peska, gramoza in drenažne cevi v odprti, zasajeni depresiji, z rastlinami, ki večino časa rastejo v suhem substratu, sčasoma prekritim z muljem. Rastline morajo biti tolerantne tudi na kratkotrajno poplavljenost (največ 48 ur, da se izognemo razvoju komarjev), soljenje in onesnaženost, posebno ob parkiriščih [9].

Vsaka bioretencijska greda (slika 1) ni nujno deževni vrt (čeprav se pogosto uporablja kot sopomenka [10]), lahko je tehnično bolj kompleksna, z drenažnimi cevmi in dušilnimi elementi, globljo plastjo substrata ali strožjimi standardi čiščenja [3–8].



Slika 1: Kompleksno urejena retenzijska greda ob cesti z lovilec usedlin s cestišča in ločenim mestom za razsoljevanje, Dunaj 2025; Vir: lasten

Na rast rastlin v bioretencijski gredi vpliva več dejavnikov: tekstura, organska vsebnost in pH, gladina in motnost vode, nizka raven vode, pogostost poplav, sosednje rastlinske združbe, pleveli in invazivke, lega, onesnažila, sol, obremenitev s sedimenti in rastlinojede živali [9].

Pri izbiri rastlin se odločamo za odporne zelnate trajnice in trave za dno depresije (npr. *Juncus*, *Iris*, *Carex*, *Typha*, *Molinia*, ...) in za sušnejši rob tudi cvetoče trajnice za opraševalce (npr. *Achillea*, *Echinacea*, *Rudbeckia*, *Nepeta*, ...) [4, 10, 12, 13].

2.2 Stocholmski sistem

Stocholmski sistem je specializirana oblika bioretencije, prilagojene urbanemu drevju. Primarna funkcija je hidrotehnična, hkrati z ohranjanjem dolgoročne vitalnosti dreves v zelo zbitih urbanih razmerah.

Pri tem sistemu potrebujejo drevesa manj zalivanja, načrt pa je primeren tudi za naknadno vgradnjo v prostor.

Pod drevesa se vgradi strukturiran skelet iz kamnitega agregata, posebnega substrata z dodatkom bioogljja, aeracijski jaški in dovodi meteorne vode. Hkrati omogoča zadrževanje vode, infiltracijo, veliko količino zraka, prostor za korenine in posredno (slika 2, kjer drevo dobi višek vode iz bioretencijske grede poleg vode iz cestišča skozi rešetke za padavinsko vodo in vode iz namakalnega sistema) ali neposredno (slika 3) odtekanje vode k drevesom iz asfaltiranih cestišč in tlakovanih površin skozi rešetko za padavinsko vodo.



Slika 2: Drevesa, posajena v Stocholmski sistem, Dunaj 2025; Vir: lasten



Slika 3: Drevo, posajeno v Stocholmski sistem, Graz, 2025; Vir: lasten

Filtrirni medij mora zagotavljati prepustnost, filtracijo in rast. Priporočene so peščeno-ilovnate mešanice z natančno granulacijo, stabilne proti zasičenosti s finimi delci. Dodatek bioogljja (biochar) ($\approx 5\text{--}10\%$ m/m) praviloma poveča zadrževalno kapaciteto vode in kationsko izmenjalno kapaciteto, izboljša agregacijo finih tal ter odstranjevanje kovin/biocidov [18–21].

Drevesa morajo biti tolerantna na mestne razmere, predvsem soljenje, toploto in onesnaženje. Primerne so skromne zelnate trajnice in trave, manj primerne pa sezone enoletnice, predvsem z vidika hranil in oskrbe.

2.3 Modularne celice

Modularne celice (=strukturne celice) so tehnično in konstrukcijsko najbolj razviti sistemi. Primarna funkcija združuje hidrologijo (zadrževanje in infiltracijo vode), rast dreves z optimalno rastjo korenin pod tlaki in urbano infrastrukturo.

Modularna plastična konstrukcija (slika 4) pod tlaki nosi obremenitve prometa, znotraj pa je kakovosten rastni substrat. Modularne celice so primerne za pločnike, trge, parkirišča in druge zelo urbanizirane prostore. Namenjene so izključno drevesom (npr. *Catalpa*, *Platanus*, *Paulownia*, *Metasequoia*, *Liriodendron*, ...), prostora za druge rastline okrog debla ni.



Slika 4: Modularne celice; Vir: [5]

2.4 Kapilarne grede

Ta sistem ni primarno hidrotehnični, ampak vodo-oskrbni za rastline, z zmanjšano potrebo po zalivanju. Sekundarna funkcija je omejeno zadrževanje vode in omejena infiltracija v teren. Pod rastno plastjo je vodna rezerva (v rezervoarjih). Rastline črpajo vodo navzgor po kapilarnem principu. Voda se ne izgublja hitro. Sem uvrščamo tudi samostojne grede, lahko tudi na strehah.



Slika 5: Majhna kapilarna greda v posodi; Vir: [16]

Rastline kapilarnih gred so navadno zelnate trajnice v substratu globine 30 cm, lahko tudi vrtnine. Višina vodnega rezervoarja je 15-30 cm [15].

3. Učinkovitost, upravljanje in monitoring

Dobro umeščene in zasnovane bioretencijske grede lahko infiltrirajo 85–90 % letnih padavin s prispevnih urbanih površin in zmanjšajo konice odtoka na pred-urbanizirane ravni [8]. Odstranjevanje onesnaževal: kovine (Cd, Zn, Pb) 95–98 %, TN ~40 %, NO₃-N 15–75 %, P do ~65 %, ob predpostavljenem ustreznem mediju in vegetaciji [6]. Dodatek bioogljja dokazano poveča zadrževanje in zamakne iztok vode, pri 5–10 % deležu pa doseže kompromis med zadrževanjem in prepustnostjo [19, 20]. Priporočljivo je načrtovati več manjših, razpršenih enot blizu izvora odtoka ter jih povezati v serijo, s čimer se doseže boljše dušenje konic in manjši skupni odtok pri ekstremnih dogodkih [17].

Operativno vzdrževanje vključuje: redno odstranjevanje sedimenta pri vtokih, pregled/prečesavanje rešetk, občasno prezračevanje ali odstranjevanje zbitih con substrata, obrezovanje in košnjo zelnatih plasti (zadrževanje višine za stabilnost in ekosistemske funkcije), dopolnjevanje zastirke, servis prelivov in dušilnih elementov, ki omejujejo in nadzorujejo pretok vode (npr. dušilna odprtina – natančno dimenzionirana luknja v iztoku, dušilna cev s perforacijami, regulacijski ventil, dvignjen kolenčni iztok itd.) [12–14]. Vzdrževanje je pomembno, da voda ne odteka prehitro, da se zagotovi dovolj dolg čas zadrževanja, da se zmanjša konična intenziteta odtoka, da rastline dobro rastejo in da sistem deluje varno tudi ob večjih padavinah.

Za dokazovanje delovanja se priporočajo nizkocenovni senzorji (vlaga tal, nivo v rezervoarjih), občasni hidravlični testi (npr. infiltracijski preizkusi) in preprost program opazovanj (fotomonitoring, popis vegetacije) [12, 13]. Sliki 6 in 7 prikazujeta spremljanje različnih podatkov (predvsem glede vode) pri drevesu.



Slika 6: Z mrežo zavarovani senzorji na drevesu, nameščeni tik pod krošnjo; Vir: lasten



Slika 7: Kontrola in snemanje podatkov s senzorjev; Vir: lasten

4. Zaključek

Pri iskanju širših tehničnih rešitev ne smemo prezreti vsakodnevnih uporabnikov prostora. Ti upravičeno pričakujejo večdimenzionalno načrtovanje, v katerem sta ohranjanje in izboljševanje krajinske estetike razumljena kot sestavni, vrednostni razsežnosti načrtovalskih instrumentov [22]. Zaznava urejenosti prostora se med stanovalci in obiskovalci razlikuje, prav tako med tistimi, ki prostor določajo in urejajo, vendar pristopi SuDS/LID/WSUD prepričljivo sledijo sodobnim zahtevam urejanja mestnega okolja.

V mestu naravna regeneracija nikoli ni v celoti mogoča—omejujeta jo tako prostor kot čas, ki sta vedno redkejša. Zato se v praksi pogosto soočamo z napetostjo med preferencami in emocijami. Potrebujemo čas in predvsem pripravljenost, da sprejmemo nove dimenzije razmišljanja in ravnanja: takšne, ki združujejo tehnično učinkovitost, ekološko funkcijo in estetsko kakovost v skupno, odpornejšo urbano krajino.

5. Viri

- [1] Simoneti, M. *Nova vloga, naloge in podobe zelenih in javnih površin*. Podnebno načrtovanje – Podnebnim spremembam prilagojene prostorske rešitve. 2024. IPoP – Inštitut za politike prostora. ISBN 978-961-96608-4-3.
- [2] Radinja, M., Atanasova, N., Klemen, K. *Načrtovanje za trajnostno upravljanje padavinske vode*. Podnebno načrtovanje – Podnebnim spremembam prilagojene prostorske rešitve. 2024. IPoP – Inštitut za politike prostora. ISBN 978-961-96608-4-3.
- [3] U.S. Environmental Protection Agency. *Green Streets Handbook*. Washington, DC: USEPA, 2021. Dostopno na: https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-04/documents/green_streets_design_manual_feb_2021_web_res_small_508.pdf. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [4] SWECO Group. *Sustainable drainage system – The central role of SuDS in blue-green infrastructure*. Stockholm: Sweco, 2024. Dostopno na: <https://www.swecogroup.com/topical/mobility-and-transport/sustainable-drainage-system/>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [5] GreenBlue Urban. *Stormwater Management – integrated, modular SuDS systems*. Bodiam: GreenBlue, 2025. Dostopno na: <https://dev.greenblue.com/stormwater-management/>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [6] Wikipedia. *Sponge city*. 2025. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Sponge_city. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [7] World Economic Forum. *'Sponge cities' can help protect against flooding. Here's how*. Geneva: WEF, 19. 8. 2025. Dostopno na: <https://www.weforum.org/stories/2025/08/flood-climate-change-sponge-cities/>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [8] Penn State Extension. *Rain Gardens (BioRetention Cells) – a Stormwater BMP*. University Park: PSU, posodobljeno 17. 9. 2025. Dostopno na: <https://extension.psu.edu/rain-gardens-bioretenction-cells-a-stormwater-bmp>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [9] SHAW, Daniel in SCHMIDT, Rusty. *Plants for Stormwater Design: Species Selection 133ort he Upper Midwest*. St. Paul: Minnesota Pollution Control Agency, 2003. 370 str. Dostopno na: <https://urbanforestrysouth.org/resources/library/ttresources/plants-for-stormwater-design-species-selection-for-the-upper-midwest> [Dostopano 29. 12. 2025 in 18. 1. 2026].
- [10] MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY. *Types of bioretention*. Minnesota Stormwater Manual, 2015. Dostopno na: https://stormwater.pca.state.mn.us/types_of_bioretention [Dostopano: 29. 12. 2025].
- [11] Wikipedia. *Rain garden*. 2025. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Rain_garden. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [12] U.S. Environmental Protection Agency. *Stormwater BMP: Bioretention (Rain Gardens)*. Washington, DC: USEPA, 2021. Dostopno na: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-bioretenction-rain-gardens.pdf>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [13] City of Portland, Bureau of Environmental Services. *About Green Streets*. Portland, 2025. Dostopno na: <https://www.portland.gov/bes/stormwater/about-green-streets>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [14] City of Portland, BES. *Green Street Stewards Program*. Portland, 2025. Dostopno na: <https://www.portland.gov/bes/green-street-stewards>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [15] Semananda, N. P. K.; Ward, J. D.; Myers, B. R. Evaluating the Efficiency of Wicking Bed Irrigation Systems for Small-Scale Urban Agriculture. *Horticulturae*, 2016, 2(4), 13. Dostopno na: <https://www.mdpi.com/2311-7524/2/4/13>. [Dostopano 29. 12. 2025].
- [16] *How to build a wicking garden bed container*. [spletna stran]. 10. 10. 2015. Dostopno na: <https://ideas2live4.com/diyprojects/2015/10/10/how-to-build-a-wicking-garden-bed-container/> [Dostopano: 29. 12. 2025].
- [17] Liu, X.; Huang, J.; Zheng, S.; idr. Impact of Spatial Configuration of Bioretention Cells on Catchment

Hydrological Performance under Extreme Rainfall. *Water*, 2025, 17(2):233. Dostopno na: <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/2/233>. [Dostopano 29. 12. 2025].

[18] Senadheera, S. S.; Withana, P. A.; Lim, J. Y.; idr. Carbon negative biochar systems contribute to sustainable urban green infrastructure: a critical review. *Green Chemistry*, 2024, 26, 10634–10660. Dostopno na: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/gc/d4gc03071k>. [Dostopano 29. 12. 2025].

[19] Gan, L.; Garg, A.; Wang, H.; idr. Influence of biochar amendment on stormwater management in green roofs. *Acta Geophysica*, 2021, 69, 2417–2426. Dostopno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11600-021-00685-4>. [Dostopano 29. 12. 2025].

[20] US Biochar Initiative. *Stormwater Management – Fact Sheet*. 2022. Dostopno na: <https://biochar-us.org/stormwater-management>. [Dostopano 29. 12. 2025].

[21] TU Delft Research Portal. Chowdhury, S.; Akpinar, D.; Nakhli, S. A. A.; idr. Improving stormwater infiltration and retention in compacted urban soils with biochar. 2023. Dostopno na: <https://research.tudelft.nl/en/publications/improving-stormwater-infiltration-and-retention-in-compacted-urba>. [Dostopano 29. 12. 2025].

[22] Wöbse, H. H. *Landschaftsästhetik*. Eugen Ulmer GmbH & Co. 2002. ISBN 3-8001-3217-6.



Kaplje na listih,
voda nosi življenje -
jutri bo zeleno.

Korak v prihodnost,
rastlina v objemu tal -
življenje vztraja.



Mesto zeleni,
vrtovi med betonom -
upanje cveti.



Dež in sončni žar,
v krogu se vse vrača spet
- zemlja nas hrani.



V tleh seme spi,
sonce ga nežno budi -
nov svet se odpira.

