

AGROROBOTIKA V PRAKSI

Prva avtonomna robotska setev koruze v Sloveniji

Avtorji: dr. Blaž Germšek, Izidor Založnik, Denis Vitez

Od prvega prehoda AgBota do žetve: telemetrija, agronomski podatki in izkušnja kmeta g. Viteza



AgXeed AgBot 2.055 W4 s šestvrstno sejalnico MaterMacc med setvijo koruze na kmetiji Vitez. Foto: Jan Vitez, 2026.

Avtonomni poljski robot AgXeed AgBot 2.055 W4 je 17. aprila 2026 na kmetiji Vitez v Moravskih Toplicah izvedel prvo v Sloveniji demonstrirano avtonomno robotsko setev koruze. Na 2,69 ha veliki njivi je z običajno šestvrstno sejalnico izvedel setev, pri kateri je človek iz vloge stalnega voznika prešel predvsem v vlogo načrtovalca, nadzornika in izvajalca intervencij. Dogodek je bil del AKIS partnerstva Robot4Plants in je hkrati ponudil redko priložnost, da robotsko operacijo ocenimo z več kot milijonom telemetrijskih zapisov ter rezultat spremljamo vse do žetve.

2,69 ha	4,30 km/h	1,57 ha/h	99,07 %
posejana površina	povpr. hitrost	produktivna storilnost	fiksna RTK rešitev

Ko avtonomni stroj dobi pravo kmetijsko nalogo

Setev koruze je časovno občutljiva delovna operacija. Kakovost izvedbe je odvisna od primernih talnih razmer, pravilne nastavitve sejalnice, globine setve, gostote posevka, hitrosti vožnje in izvedbe v kratkem optimalnem agrotehničnem oknu. Pri klasičnem traktorsko-sejalnem sklopu je voznik ves čas v kabini; pri avtonomnem sistemu je treba pred začetkom digitalno določiti meje parcele, pot, geometrijo priključka in varnostne parametre, nato pa operacijo nadzorovati in se odzvati na zahteve stroja.

Na kmetiji Vitez je bil uporabljen avtonomni poljski robot traktorskega tipa AgXeed AgBot 2.055 W4, povezan z obstoječo šestvrstno sejalnico MaterMacc. Medvrstna razdalja je znašala 0,70 m, efektivna delovna širina 4,20 m, ciljni sklop pa 85.000 semen/ha. Iz te nastavitve izhaja teoretična razdalja približno 16,8 cm med semeni v vrsti. Posejan je bil hibrid SY Evident, FAO 400.



Priprava in nastavitev sejalnice pred začetkom avtonomne naloge. Foto: Jan Vitez, 2026.



Pri robotski setvi ostajata pravilna nastavitev priključka in kontrola delovanja ključni nalogi človeka. Foto: Jan Vitez, 2026.

“**Pozitivno me je presenetila predvsem enostavnost upravljanja. Z osnovnimi navodili bi ga po mojem lahko upravljala tako moj petletni sin kot moj 60-letni oče.**

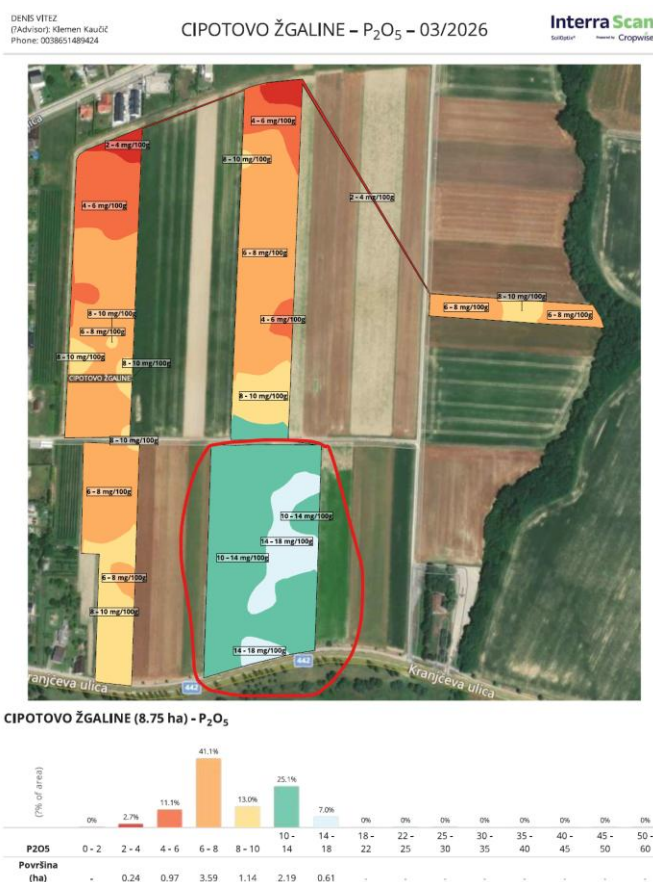
— Denis Vitez, kmetija Vitez

Parcela je bila poznana tudi pod površjem

Na GERK 973542 je bila pred setvijo opravljena laboratorijska analiza tal in prostorsko kartiranje z metodo InterraScan. Laboratorijski vzorec je pokazal lahka tla, pH 6,61, 2,92 % organske snovi, 9 mg P₂O₅/100 g tal in 8 mg K₂O/100 g tal. Po priloženi klasifikaciji je bila založenost s fosforjem v razredu B, s kalijem pa v razredu A.

Lastnost tal	Izmerjena vrednost	Interpretacija / opomba
Tip tal	lahka	laboratorijski izvid
pH (KCl)	6,61	ugodna reakcija tal za koruzo
Organska snov	2,92 %	srednja vsebnost
P ₂ O ₅	9 mg/100 g	razred B
K ₂ O	8 mg/100 g	razred A

Tabela 1. Osnovni podatki laboratorijske analize tal pred rastno sezono 2026. Vir: izvid analize tal, 8. 3. 2026.



Prostorska karta P₂O₅ za območje Žgaline; z rdečo je označen GERK, na katerem je potekala robotska setev. Vir: InterraScan, 03/2026.

Prostorske karte tal so za avtonomno in precizno kmetijstvo pomembnejše od samega “lepega zemljevida”. Predstavljajo digitalno podlago, na katero je mogoče v prihodnje vezati variabilno gnojenje, setev z različnim sklopom ali druge lokacijsko prilagojene ukrepe. V tej izvedbi je bila setev še enotna po celotni površini, vendar je prav povezovanje takih podatkov z avtonomnimi stroji eden od naslednjih razvojnih korakov.

Od prezimnega posevka do žetve

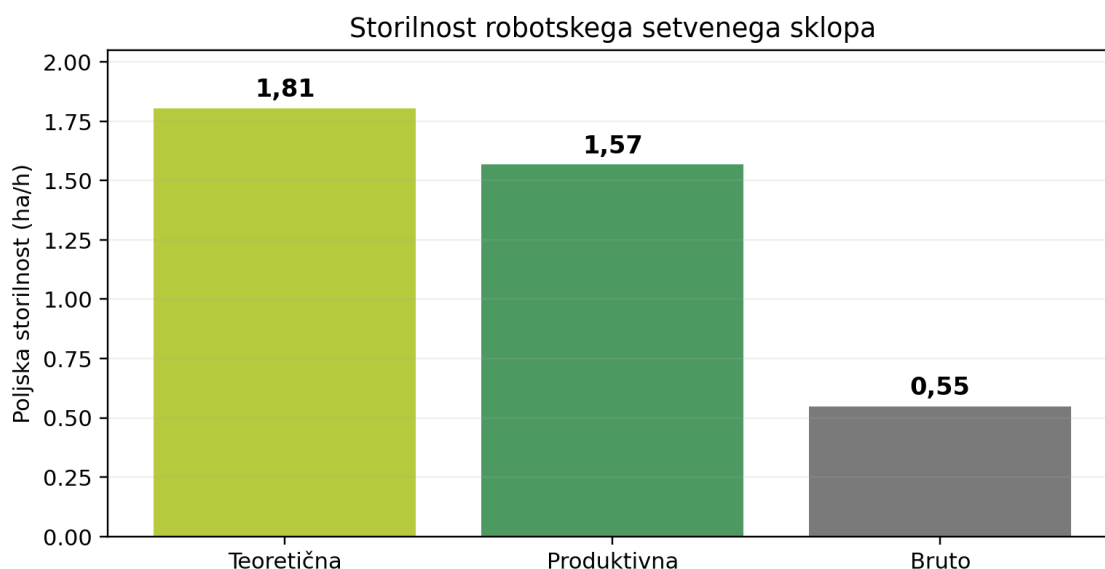
Tehnologija pridelave je bila spremljana skozi celotno sezono. Posebej zanimiva je bila različna osnovna obdelava tal: približno ena tretjina GERK-a je bila preorana, dve tretjini pa obdelani z gruberjem. Sledili sta dve obdelavi z vrtavkasto brano, nato robotska setev.

Datum	Ukrep	Odmerek / nastavitev
pred sezono	Prezimna ozelenitev INKARA	NEOSOL 200 kg/ha pred setvijo
31. 3. 2026	Mulčenje	-
2. 4. 2026	Založno gnojenje	kalijeva sol 60 % KCl, 170 kg/ha
3. 4. 2026	Oranje	približno 1/3 GERK-a
4. 4. 2026	Obdelava z gruberjem	približno 2/3 GERK-a
5. 4. in 16. 4.	Vrtavkasta brana	predsetvena priprava
17. 4. 2026	Robotska setev	70 cm; SY Evident, FAO 400
19. 5. 2026	Herbicid	Elumis 1,3 L/ha
2. 6. 2026	Okopavanje + dognojevanje	KAN 27 %, 300 kg/ha
23. 9. 2026	Žetev	33.540 kg pri 18,65 % vlage

Tabela 2. Kronologija ključnih agrotehničnih ukrepov na obravnavanem GERK-u v letu 2026. Vir: evidenca kmetije Vitez.

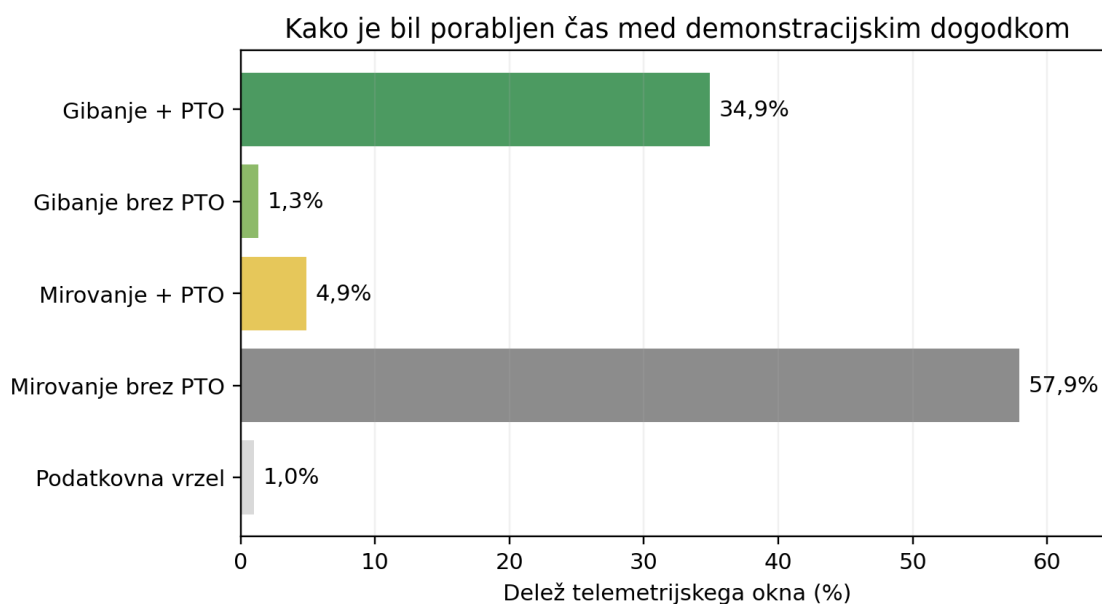
Kaj je povedala telemetrija?

Pri avtonomnem stroju sama hitrost ne pove dovolj. Za setveni dogodek je bilo analiziranih 88 telemetrijskih kanalov z 1.011.263 nepraznimi zapisi. Robot je med gibanjem dosegal povprečno 4,30 km/h in prevozil 7,65 km. Produktivni približek setvenega časa - gibanje z aktivno priključno gredjo - je znašal 1,715 h.



Graf 1. Teoretična, produktivna in bruto poljska storilnost setvenega sklopa. Vir: telemetrija AgBot, obdelava Robot4Plants.

Teoretična poljska storilnost 4,20 m širokega sklopa je pri izmerjeni hitrosti znašala 1,81 ha/h, produktivna pa 1,57 ha/h oziroma 86,8 % teoretične. Bruto storilnost je bila bistveno nižja, 0,55 ha/h, vendar je treba ta podatek razumeti v kontekstu demonstracijskega dogodka: v telemetrijsko okno so bili vključeni priprava, čakanje, nastavitve, prikazi in prekinitve.



Graf 2. Časovna struktura demonstracijskega dogodka. Velik delež mirovanja ne predstavlja "čiste" proizvodne setve, temveč vključuje pripravo in prekinitve prikaza.

Kazalnik	Rezultat
Telemetrijsko okno	4,914 h
Gibanje	1,779 h
Gibanje + PTO	1,715 h
Evidentirano gorivo	20,56 L
Poraba na površino	7,65 L/ha
Mehanska energija motorja	32,15 kWh/ha
RTK fixed	99,07 %
Napaka sledenja poti*	4,53 cm
Povprečni absolutni zdrs	3,03 %

Tabela 3. Ključni operativni kazalniki. *Notranji signal krmilnega sistema in ne neodvisna geodetska kontrolna meritev.



Avtonomni prehod med setvijo. Foto: Jan Vitez, 2026.



Robot in spremljevalna tehnologija na demonstracijskem dogodku. Foto: Jan Vitez, 2026.

Natančno vodenje, toda kakovost setve ni samo navigacija

Fiksna RTK rešitev je bila na voljo v 99,07 % veljavnih zapisov kakovosti pozicioniranja. Povprečna absolutna napaka notranjega signala sledenja načrtovani poti je znašala 4,53 cm, povprečni absolutni zdrs med gibanjem pa 3,03 %. To kaže na stabilno vodenje in oprijem v razmerah obravnavanega dogodka.

Vendar je pri interpretaciji potrebna pomembna omejitev: telemetrijski izvoz ni vseboval podatkov posameznih sejalnih enot o dejanskem številu odloženih semen, singulaciji, izpuščenih ali dvojnih semenih, zamašitvah vrste, pritisku sejalnega elementa ali dejanski globini setve. Dobro sledenje poti zato ni isto kot neposreden dokaz kakovosti odlaganja semena. Za naslednje poskuse je smiselno podatke robota povezati s podatki sejalnice, meritvami vznika in natančnim dnevnikom intervencij.

“Setev je izvedel korektno, kot pričakovano. Razen začetnih napak z naše strani - nastavitvev naklona sejalnice ter časa dviga in spusta, drugih večjih težav ni bilo.

— Denis Vitez, kmetija Vitez

Prah je za varnostni sistem lahko tudi “ovira”

Praktična izkušnja je opozorila na vidik, ki ga laboratorijski ali bolj sterilni demonstracijski pogoji hitro spregledajo: močno prašenje. V sušnih razmerah je ob setvi nastajal gost prah, ki je občasno vplival na zaznavanje okolice in sprožal odzive varnostnega sistema. Takšne situacije so pomembne za razvoj robustnosti zaznavanja v realnem kmetijskem okolju, kjer so prah, rastlinski ostanki, neravnine in spreminjajoča se svetloba normalni del delovnega procesa.

“Neprijetnost je bilo močno prašenje pri setvi. Zaprashenost je robotu nagajala, ker jo je zaznal kot oviro. Prepričan sem, da se tudi to da urediti.

— Denis Vitez, kmetija Vitez



Prah je bil eden od praktičnih izzivov za zaznavanje okolice. Foto: Jan Vitez, 2026.



Demonstracija je potekala v realnih poljskih razmerah, ne v laboratoriju. Foto: Jan Vitez, 2026.

Kaj se je zgodilo do žetve?

Koruza je bila požeta 23. septembra 2026. Skupna masa pridelka je znašala 33.540 kg pri 18,65 % vlagi. Na 2,6878 ha to pomeni približno 12,48 t/ha pri izmerjeni žetveni vlagi oziroma približno 11,80 t/ha ob orientacijskem preračunu na 14 % vlage. Ker poskus ni imel sočasne kontrolne parcele s klasično traktorsko setvijo, tega pridelka ne moremo pripisati robotski setvi sami.



Sofinancira
Evropska unija



SKUPNA
KMETIJSKA
POLITIKA

33.540 kg	18,65 %	12,48 t/ha	~11,80 t/ha
skupni pridelek	vлага ob žetvi	pri žetveni vlagi	preračun na 14 %

Denis Vitez je ob koncu vegetacije opazil še nekaj agronomsko zanimivega: na delu GERK-a, kjer je bila osnovna obdelava opravljena z gruberjem, so bile rastline po vizualni oceni bolj razvite in storži lepše oblikovani kot na preoranem delu. Opažanje je pomembno, vendar ostaja kvalitativno. Pridelek obeh območij ob žetvi ni bil stehtan ločeno, zato razlike v pridelku ne moremo količinsko dokazati ali pripisati samo načinu obdelave tal.

“ Na delu njive, kjer smo uporabili gruber, je bila koruza vizualno lepša, rastline so bile bolj razvite, storži pa lepše oblikovani. Žal ob žetvi nismo izvedli ločenega tehtanja, zato razlike v pridelku ne moremo potrditi s številkami.

– Denis Vitez, kmetija Vitez

Robot ne pomeni kmetovanja brez človeka

Ključna sprememba je predvsem organizacijska. Pri klasični setvi je voznik neprekinjeno prisoten v kabini in vezan na eno delovno operacijo. Pri avtonomni setvi se po pripravi naloge njegova vloga premakne k nadzoru in odzivu po potrebi. To odpira možnost drugačne organizacije dela v obdobjih, ko je agrotehnično okno kratko in je usposobljena delovna sila omejena.

KLASIČNO	AVTONOMNO	NASLEDNJI KORAK
Voznik v kabini	Operater in nadzornik	Upravljanje več procesov
stalna prisotnost pri eni operaciji	načrtovanje naloge, spremljanje, intervencije	meriti operaterjeve minute/ha in odzive po potrebi



Človek ostaja del sistema - njegova vloga se spreminja iz voznika v operaterja in nadzornika. Foto: Jan Vitez, 2026.



AgXeed AgBot 2.055 W4 in Denis Vitez. Foto: Jan Vitez, 2026..

Kaj smo se naučili - in kaj moramo izmeriti naslednjič?

Preskus je pokazal, da avtonomni poljski robot lahko z običajnim kmetijskim priključkom tehnično korektno izvede realno setveno nalogo na slovenski kmetiji. Navigacija je bila stabilna, produktivna storilnost je bila blizu teoretični, upravljanje pa se je uporabniku pokazalo kot intuitivno. Hkrati so se pokazala področja, ki jih je treba v prihodnjih poskusih meriti natančneje: čas in vzrok vsake intervencije, vrstni podatki sejalnice, kakovost vznika, primerjalni traktorski sklop ter ločeno tehtanje pridelka po različnih obdelavah tal.

1	Tehnična izvedljivost	Robot je na 2,6878 ha uspešno izvedel setveno nalogo s šestvrstno sejalnico.
2	Storilnost	Produktivna storilnost 1,57 ha/h je dosegla 86,8 % teoretične storilnosti.
3	Vodenje	RTK fixed je bil dosežen v 99,07 % zapisov; notranja MAE sledenja je bila 4,53 cm.
4	Kmetova izkušnja	Upravljanje je bilo ocenjeno kot presenetljivo preprosto; začetne težave so bile predvsem nastavitvene.
5	Realne omejitve	Močno prašenje je vplivalo na zaznavanje ovir; bruto čas je vseboval demonstracijske prekinitve.
6	Naslednja sezona	Potrebujemo primerjalni traktorski sklop, podatke po vrstah, meritve vznika, intervencijski dnevnik in ločeno tehtanje.

Najpomembnejše vprašanje zato ni več samo, ali lahko robot poseje koruzo. Ta demonstracija je pokazala, da jo lahko. Naslednja vprašanja so zahtevnejša: kako kakovostno, kako učinkovito, s koliko človeškega nadzora in pri kakšni ekonomiki lahko tak sistem deluje v redni praksi na slovenskih kmetijah. Prav na to bodo usmerjeni nadaljnji poskusi partnerstva Robot4Plants.

Podatki o projektu in virih

Projekt: Robot4Plants - AKIS partnerstvo za uvedbo digitalnih in robotskih tehnologij v rastlinsko pridelavo

Financiranje: Projekt je financiran v okviru intervencije IRP38 Konzorciji institucij znanja v podporo prehodu kmetijstva v zeleno, digitalno in podnebno nevtrarno iz Strateškega načrta Skupne kmetijske politike 2023–2027.

Več o projektu: [spletna stran](#), [LinkedIn](#)

Podatkovna osnova: telemetrija AgXeed AgBot 2.055 W4; analiza Robot4Plants; evidenca kmetije Vitez; laboratorijska analiza tal; InterraScan 03/2026.

Fotografije: Jan Vitez, 2026.

Opomba k interpretaciji: Gre za študijo enega dogodka brez statističnih ponovitev. Primerjava obdelave z gruberjem in oranjem je opazovalna; pridelek ni bil stehtan ločeno po obravnavah.