Domagoj Zimmer[1], Luka Šumanovac[1], Mladen Jurišić[1], Stjepan Sito[2], Andrija Lučić[1], Željko Barač[1]

Pregledni rad

Pregled tehničkih karakteristika i operativnih mogućnosti John Deere presa za okrugle i četvrtaste bale

Sažetak

Cilj ovoga preglednog rada jest sustavno analizirati i usporediti tehničke karakteristike te operativne mogućnosti John Deere presa za okrugle bale (serija V400), četvrtaste bale (serija L600) i kombiniranog stroja C442R za presanje i omatanje bala u jednom prohodu, s posebnim osvrtom na integraciju digitalnih tehnologija u suvremene sustave baliranja. Baliranje je ključan proces u suvremenoj poljoprivredi koji omogućuje učinkovito prikupljanje, kompaktiranje i skladištenje biljne biomase. John Deere nudi napredne modele opremljene sustavima poput MaxiCut, IntelliBale i MegaWide Plus, koji optimiziraju gustoću, kvalitetu i produktivnost baliranja. Integracija digitalnih tehnologija – GPS-a, IoT senzora i cloud platforme Operations Center – omogućuje praćenje i upravljanje balama u stvarnom vremenu. Budućnost baliranja usmjerena je prema potpunoj automatizaciji, primjeni umjetne inteligencije i integraciji s preciznom poljoprivredom.

Ključne riječi: *prese, rolo presa, presa za četvrtaste bale, omatač bala, John Deere*

Uvod

Baliranje predstavlja jedan od ključnih procesa u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, omogućujući učinkovito prikupljanje, presanje i skladištenje biljne biomase u obliku pogodnom za transport, skladištenje i daljnju uporabu. Ovaj proces ima temeljnu ulogu u upravljanju ostacima usjeva, proizvodnji stočne hrane, energetskom iskorištavanju biomase te održavanju održivih poljoprivrednih sustava. Povijesno gledano, baliranje je evoluiralo od ručnih metoda presanja sijena u 19. stoljeću do visoko automatiziranih sustava opremljenih naprednim senzorima, digitalnim upravljačkim sustavima i integriranim rješenjima za preciznu poljoprivredu. Rana mehanizacija baliranja započela je s razvojem prvih stacionarnih presi krajem 19. stoljeća, dok su mobilne prese priključene na traktore postale standardom sredinom 20. stoljeća. Suvremene prese predstavljaju sofisticirane strojeve koji integriraju mehaničke, hidrauličke, elektroničke i informatičke komponente u jedinstveni sustav sposoban za autonomno praćenje i optimizaciju procesa baliranja u realnom vremenu (Grisso i sur., 2020a).

Tehnološki napredak u području baliranja posljednjih desetljeća karakterizira prijelaz s konvencionalnih mehaničkih sustava na digitalizirane platforme koje omogućuju precizno upravljanje svim aspektima proizvodnje bala. Moderne prese opremljene su senzorskim sustavima koji kontinuirano prate podatke kao što su gustoća bale, vlažnost materijala, brzina napajanja, snaga

*1 doc. dr. sc. **Domagoj Zimmer**, prof. dr. sc. **Luka Šumanovac**, prof. dr. sc. **Mladen Jurišić**, **Andrija Lučić**, student prijediplomskog studija FAZOS-a, doc. dr. sc. **Željko Barač**, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska*
*2 prof. dr. sc. **Stjepan Sito**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska*
*Autor za korespondenciju: **dzimmer@fazos.hr***

potrebna za presanje i kvaliteta vezivanja omogućujući rukovatelju ili automatskom sustavu da u realnom vremenu prilagođava radne parametre kako bi se postigla optimalna kvaliteta bala uz smanjenje energetske potrošnje (Zawada i sur., 2023). Integracija GPS tehnologije, IoT senzora i računarstvo u oblaku (eng. *cloud computing*) platformi omogućila je razvoj sustava za praćenje i upravljanje balama kroz cijeli logistički lanac, od trenutka proizvodnje na polju do konačne uporabe (Pölönen i sur., 2021). Logistika i rukovanje balama predstavljaju značajan izazov u poljoprivrednim operacijama, često zahtijevajući više radnih operacija i specijaliziranu opremu. Tradicionalni pristup uključuje proizvodnju pojedinačnih bala koje se zatim prikupljaju, transportiraju i skladište u odvojenim operacijama, što zahtijeva značajne radne i energetske resurse. Inovativna rješenja uključuju *multi-bale handling* sustave koji omogućuju simultano rukovanje s više bala, značajno reducirajući broj potrebnih operacija i troškove logistike (Grisso i sur., 2020c).

Razlikuju se dvije osnovne kategorije presa, prema obliku proizvedenih bala: okrugle prese i četvrtaste (pravokutne) prese. Okrugle prese proizvode cilindrične bale različitih dimenzija, tipično promjera od 0,9 do 1,8 m i širine od 0,9 do 1,5 m, s masom koja varira od 200 do 1000 kg ovisno o materijalu i gustoći presanja. Ove prese koriste sustav rotirajućih valjaka ili remena koji kontinuirano namotavaju i presaju materijal u cilindričnu formu. Četvrtaste prese proizvode pravokutne bale standardiziranih dimenzija, pri čemu se razlikuju male četvrtaste bale (tipično 35 × 45 × 90 cm, masa 15-30 kg) i velike četvrtaste bale (tipično 80 × 90 × 240 cm, masa 300-600 kg). Četvrtaste prese koriste klipni mehanizam koji presa materijal u komoru fiksnih dimenzija, nakon čega se bala veže i izbacuje (Grisso i sur., 2020b). Izbor između okruglih i četvrtastih bala ovisi o nizu činitelja uključujući vrstu materijala, namjenu bala, dostupnu opremu za rukovanje, transportne mogućnosti, skladišne kapacitete i ekonomske aspekte (Dai i sur., 2025).

Tehničke karakteristike modernih presi uključuju napredne sustave za prikupljanje materijala, mehanizme za presanje, sustave za vezanje bala, hidrauličke pogone i elektroničke upravljačke jedinice. Sustavi za prikupljanje obično se sastoje od *pick-up* mehanizma s fleksibilnim zubima koji podižu materijal s tla i transportiraju ga u komoru za presanje. Inovacije u ovom području uključuju prilagodljive sustave koji automatski prilagođavaju visinu i pritisak *pick-up* mehanizma prema konturama terena i gustoći materijala, minimizirajući gubitke i kontaminaciju bala zemljom (Zhang i sur, 2023). Sustavi za presanje kod okruglih presa mogu biti s fiksnom ili varijabilnom komorom, pri čemu sustavi s varijabilnom komorom omogućuju preciznije kontroliranje gustoće bale kroz cijeli proces oblikovanja. Kod četvrtastih presi, klipni mehanizam pokreće se hidrauličkim ili mehaničkim sustavom, s frekvencijom od 40 do 100 udaraca po minuti ovisno o modelu i materijalu (Karaköse i Selvi, 2024).

Integracija digitalne poljoprivrede u John Deere presama

Digitalizacija i precizna poljoprivreda temeljno su transformirali proces presanja, omogućujući prijelaz s reaktivnog na proaktivno upravljanje zasnovano na podacima. John Deere *Operations Center* predstavlja *cloud-based* platformu koja omogućuje prikupljanje, analizu i vizualizaciju podataka s presa u realnom vremenu, uključujući lokaciju svake proizvedene bale, parametre kvalitete, vlažnost materijala, produktivnost i potrošnju goriva. Integracija s *JDLink* telematskim sustavom omogućuje daljinsko praćenje performansi stroja, prediktivno održavanje zasnovano na analizi podataka o radu komponenti, te automatsko generiranje upozorenja u slučaju odstupanja od normalnih radnih parametara (Vlăduţ i Ungureanu, 2024). Sustavi za automatsko dokumentiranje proizvodnje bala omogućuju precizno praćenje inventara, planiranje logistike i optimizaciju skladištenja, što je posebno važno u velikim poljoprivrednim operacijama gdje se proizvode tisuće bala godišnje (Pölönen i sur., 2021).

Upravljanje ostacima usjeva i biomase predstavlja kritičan aspekt održive poljoprivredne proizvodnje, s direktnim implikacijama na plodnost tla, emisije stakleničkih plinova, rizik od požara i ekonomsku isplativost. Presanje omogućuje učinkovito uklanjanje viškova biljnih ostataka koji bi inače mogli predstavljati problem u sustavu plodoreda, istovremeno pretvarajući taj materijal u vrijedan resurs za proizvodnju stočne hrane, biogoriva ili drugih bioproizvoda. Studije pokazuju da presanje ostataka usjeva kao što su slama žitarica, stabljike kukuruza ili ostatci riže može značajno reducirati emisije stakleničkih plinova u usporedbi s tradicionalnim metodama spaljivanja, istovremeno generirajući dodatni prihod za poljoprivrednike (Brandić i sur., 2022). Međutim, važno je balansirati uklanjanje ostataka s potrebom za održavanjem organske tvari u tlu, pri čemu se preporučuje zadržavanje određenog postotka ostataka na polju za zaštitu tla od erozije i održavanje biološke aktivnosti (Ahmad i sur., 2023). Moderne prese John Deere integriraju sustave za optimizaciju energetske učinkovitosti koji kontinuirano prilagođavaju radne podatke kako bi se minimizirala potrošnja goriva uz održavanje željene kvalitete bala (Sharma i Brar, 2021). Automatizacija i senzorski sustavi predstavljaju tehnološku osnovu suvremenih presi, omogućujući autonomno praćenje i kontrolu kritičnih procesa. Senzorski sustavi u modernim balirkama uključuju: (1) senzore vlažnosti koji koriste kapacitivne ili infracrvene tehnologije za mjerenje sadržaja vode u materijalu, omogućujući operateru da donese informirane odluke o spremnosti materijala za presanje i potrebi za konzervansima; (2) senzore gustoće koji prate kompaktnost bale kroz cijeli proces formiranja, omogućujući automatsko prilagođavanje pritiska presanja; (3) senzore protoka materijala koji mjere brzinu napajanja i omogućuju optimizaciju brzine rada; (4) senzore snage koji prate opterećenje pogonskog sustava i omogućuju detekciju začepljenja ili drugih problema; (5) GPS senzore koji bilježe lokaciju svake proizvedene bale za kasniju navigaciju i prikupljanje (Zawada i sur., 2023). Integracija ovih senzora s naprednim upravljačkim algoritmima omogućuje razvoj polu-autonomnih i autonomnih sustava za presanje koji mogu samostalno prilagođavati radne parametre prema promjenjivim uvjetima na polju (Zawada i sur., 2021).

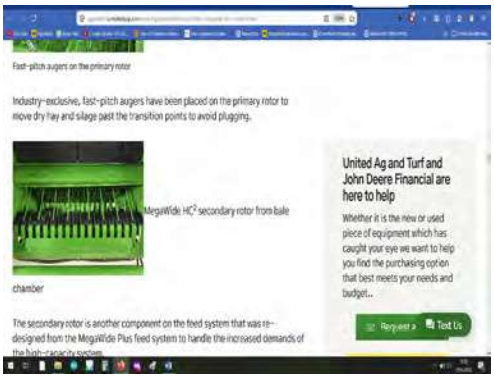
John Deere, kao jedan od vodećih svjetskih proizvođača poljoprivredne mehanizacije, razvio je sveobuhvatnu liniju presa koje integriraju najnovije tehnološke inovacije u području precizne poljoprivrede, automatizacije i digitalizacije. Asortiman John Deere presa obuhvaća okrugle prese te četvrtaste prese. Okrugle prese John Deere karakterizira *MaxiCut* sustav (Slika 1.) za rezanje materijala s do 25 noževa koji omogućuje fino usitnjavanje materijala za poboljšanu kvalitetu stočne hrane i bržu fermentaciju, *CoverEdge* sustav (Slika 2.) za precizno prekrivanje bala mrežom ili folijom (Mishra i sur., 2023). Četvrtaste prese John Deere opremljene su *MegaWide Plus pick-up* sustavom širine do 2,3 m za povećanu produktivnost, te još brojnim sustavima koji mogu pripomoći rukovatelju poput sustava za usitnjavanje materijala i sustava za optimizaciju potrošnje vezivnog materijala (Sharma i Brar, 2021).



Slika 1. John Deere MaxiCut sustav
Figure 1. John Deere MaxiCut system
Izvor/Source: https://johndeere.widen.net/view/pdf/rocoosw4yk/yy2514322-variable-chamber-round-baler-gb.pdf?t.download=true



Slika 2. John Deere CoverEdge tehnologija
Figure 2. John Deere CoverEdge technology
Izvor/Source: https://www.tamacanada.ca/fr/filet-denrobage-de-balles/john-deere-coveredge-avec-tamatec/



Slika 3. John Deere MegaWide HC2 sekundarni rotor iz komore za baliranje
Figure 3. John Deere MegaWide HC2 secondary rotor from the bale chamber
Izvor/Source: https://agandturf.unitedequip.com/new-equipment/farmers/450m-megawide-hc%C2%B2-round-baler/

John Deere je razvio integrirane sustave za automatsko grupiranje bala na polju, omogućujući učinkovitije prikupljanje s većim transportnim jedinicama. Digitalni sustavi za praćenje bala omogućuju optimizaciju logističkih ruta, planiranje skladištenja prema kvaliteti i vlažnosti bala, te automatsko generiranje dokumentacije za praćenje inventara (Pölönen i sur., 2021). Dodatno, razvoj sustava za automatsko vaganje bala tijekom proizvodnje omogućuje precizno planiranje transportnih kapaciteta i optimizaciju iskorištenja skladišnog prostora (Iovlev i sur., 2022). Budućnost presanja usmjerena je prema potpunoj automatizaciji i integraciji s širim sustavima precizne poljoprivrede i pametnih farmi. Vizija uključuje autonomne prese koje mogu samostalno navigirati poljima, prilagođavati radne parametre prema promjenjivim uvjetima, komunicirati s drugim strojevima i sustavima za koordinaciju operacija, te automatski generirati detaljne izvještaje o proizvodnji i kvaliteti (Martelli i sur., 2025). Integracija s blockchain tehnologijom može omogućiti transparentno praćenje bala kroz cijeli lanac opskrbe, od proizvodnje do konačne uporabe, što je posebno važno za primjene gdje je potrebna certifikacija kvalitete ili porijekla (Pölönen i sur., 2021). Razvoj umjetne inteligencije i strojnog učenja omogućit će presama da "uče" iz iskustva i kontinuirano poboljšavaju svoje performanse, prilagođavajući se specifičnim uvjetima svake farme i operacije (Liu i sur., 2023).

Princip rada rolo presa s varijabilnom komorom

Rolo prese (okrugle prese) su danas jedna od najraširenijih strojeva za presanje krme, slame i biomase u suvremenoj poljoprivredi. John Deere serija V400, a posebno model V452M pripada najmodernijoj generaciji rolo presi s varijabilnom komorom (eng. *variable chamber*). Za razliku od presa s fiksnom komorom, kod kojih je promjer bale unaprijed određen, varijabilna komora omogućava kontinuirano povećanje bale od početka presanja sve do željenog promjera — u slučaju V452M u rasponu od 122 do 183 cm — čime se postiže znatno veća fleksibilnost i bolja kontrola gustoće. Osnova rada modela V452M je sistem beskonač-

nih gumiranih remenja koji se kreću preko niza pogonskih i slobodnih valjaka raspoređenih u kružnom rasporedu unutar kućišta mašine. Moderne rolo prese s varijabilnom komorom koriste 4 do 5 remena koji zajedno oblikuju unutarnji prostor komore (Novák i sur., 2018). Ključni element je zatezni valjak remena (eng. *tensioning roller*) — eksperimenti su pokazali jaku statističku ovisnost položaja zateznog valjka o količini i gustoći prešanog materijala (Kroulík i sur., 2011). Kako bala raste, zatezni valjak se pomiče, čime se automatski povećava obujam komore, a senzori položaja u stvarnom vremenu prenose informacije na upravljačku jedinicu (John Deere *CommandCenter* / ISOBUS terminal). Proces presanja počinje u trenutku kada pick-up zahvati materijal s tla i uvede ga u ulazni otvor mašine. U prvoj fazi — formiranju jezgre — remeni rotiraju u smjeru koji tjera materijal da se počne motati u spiralu. Varijabilna opcija gustoće jezgre može se aktivirati ili deaktivirati ovisno o vrsti materijala i željenom krajnjem rezultatu (Shinners i sur., 2010). Na modelu V452M (Slika 4.), rukovatelj može putem terminala odabrati željenu gustoću jezgre, pri čemu hidraulički sistem regulira pritisak remenja na materijal već u ovoj inicijalnoj fazi.



Slika 4. Rolo presa John Deere V452M
Figure 4. John Deere V452M round baler
Izvor/Source: https://www.deere.hr/hr/prese-za-bale/varijabilna-komora/v452m/



Slika 5. Prikaz oblikovanja rolo bale
Figure 5. Presentation of roll bale shaping
Izvor/Source: https://johndeere.widen.net/view/pdf/rocoosw4yk/yy2514322-variable-chamber-round-baler-gb.pdf?t.download=true

Nakon formiranja čvrste jezgre, bala postupno raste dok remeni i valjci neprekidno rotiraju i zbijaju svaki novi sloj materijala. Raspored valjaka direktno utječe na kvalitetu i ujednačenost gustoće bale: pri optimalnom razmaku valjaka od 60 mm, uniformnost radijalne gustoće povećana je za čak 32,0 %, a omjer relaksacije smanjen je za 6,3 % (Zhang i sur., 2023). Na modelu V452M, hidraulički sustav konstantno održava zadani pritisak na remenje. Prosječna gustoća bala kreće se u rasponu od 136 do 168 kg suhe tvari po m^3, ovisno o vrsti i vlažnosti materijala (Womac i sur., 2012). Kada bala dostigne zadani promjer, upravljačka jedinica automatski aktivira sustav vezivanja. Model V452M podržava dvije metode: Mreža (eng. *net wrap*) obavija balu u svega 2–3 okretaja, drastično skraćuje ciklus i povećava radni učinak. Bale umotane u mrežu postižu veću gustoću — maksimalna izmjerena gustoća bila

je 173 kg DM/m^3 (Womac i sur., 2012). Mreža ujedno bolje štiti balu od atmosferskih utjecaja. Uže je tradicionalnija i ekonomičnija metoda vezivanja za uvjete gdje su troškovi materijala primarni kriterij (Shinners i sur., 2010). Nakon vezivanja, stražnja vrata kućišta se otvaraju, bala se izbacuje na tlo, a stroj je odmah spreman za novi ciklus (Slika 5.).

Princip rada rolo presa s fiksnom komorom

Rolo prese s fiksnom komorom predstavljaju ključnu kategoriju poljoprivredne mehanizacije za sakupljanje i presanje krmnog bilja, slame i drugih poljoprivrednih ostataka. John Deere model F442M pripada u kategoriju rolo presi s fiksnom komorom koje omogućuju oblikovanje cilindričnih bala konstantnih dimenzija kroz kontrolirani proces sakupljanja, kompresije i vezanja materijala. Proces presanja započinje sustavom za sakupljanje materijala s tla. Rolo prese koriste pick-up jedinicu opremljenu zupčastim valjcima ili *tine reelom* koji podiže red pokošene biomase s tla (Gohil, 2013). Pickup uređaj postavljen je ispred stroja i omogućuje podizanje materijala te njegovo usmjeravanje prema stražnjem dijelu komore za presanje (Hans, 1987). Moderna rješenja uključuju integrirane sustave s plutajućim mehanizmom koji se prilagođava različitim debljinama redova materijala, čime se osigurava kontinuirani i ravnomjeran protok usjeva u komoru za presanje (Erdmann i sur., 2005). Sakupljeni materijal prolazi kroz prolaz (passage) gdje ga sustav s radijalno postavljenim krakovima pomiče unatrag u rotacijsku komoru za presanje (Hans, 1987). Neki sustavi koriste ehanizme koji pomiču i ujedno usmjeravaju vanjski materijal prema središtu toka, osiguravajući pozitivan i uređen protok materijala u komoru za presanje (Ratzlaff i sur., 1996). Fiksna komora za presanje predstavlja srce rolo prese. Za razliku od presi s varijabilnom komorom, fiksna komora ima konstantan obujam i geometriju tijekom cijelog procesa oblikovanja bale (Gohil, 2013). Komora se sastoji od donjeg i gornjeg dijela, pri čemu donji dio uključuje glavni okvir s pick-up valjcima i donjim uvlačnim mehanizmom, dok gornji dio može biti zglobno montiran kako bi omogućio izbacivanje gotove bale (Arnold, 1983). Unutar fiksne komore, materijal se namata u veliku cilindričnu balu pomoću rotirajućih elemenata. Moderna rješenja koriste čelične valjke postavljene cirkularno unutar komore koji rotiraju i stvaraju frikciju i tlak kompresije na materijal (Zhang i sur., 2023.). Istraživanja pokazuju da raspored valjaka značajno utječe na kvalitetu bale – optimalni razmak (pitch value) od 30 mm smanjuje maksimalni tlak baliranja za 30,4 % i potrošnju energije za 13,7 %, dok razmak od 60 mm poboljšava radijalnu uniformnost gustoće za 32,0 % (Zhang i sur., 2023). Senzorski sustavi prate formiranje bale i gustoću materijala tijekom procesa. Senzor gustoće mjeri tlak i uspoređuje ga s željenom vrijednošću koju je postavio operator (Naaktgeboren i sur., 1999). Kada bala dosegne željenu veličinu i gustoću (tipično 163 kg suhe tvari/m^3 za travne kulture), sustav aktivira mehanizam za vezanje (Shinners i sur., 2010). Sustav vezanja predstavlja završnu fazu procesa presanja. Rolo prese koriste različite materijale za vezanje: uže, mrežu ili kombinaciju oba (Naaktgeboren i sur., 1999; Shinners i sur., 2010). Kod sustava s užetom, dvije cijevi za uže (twine tubes) pozicioniraju se tako da krajevi užeta vise uz rotirajuću balu (Naaktgeboren i sur., 1999). Kada senzor detektira potpuno oblikovanu balu, mehanizam gura krajeve užeta prema bali gdje ih rotacija uhvaća i omota oko površine (Naaktgeboren i sur., 1999). Mreža za omatanje predstavlja moderniju alternativu koja omogućuje brže vezanje i povećava kapacitet balirke za 5–7,5 % u odnosu na uže (Taylor, 1995). Mehanizam za doziranje mreže koristi *feed roller* koji se pomiče prema elementu za presanje, stvarajući privremeni zahvat (eng. *nip*) koji pokreće *roller* i omogućuje kontrolirano odmotavanje mreže (Olander, 2010). Istraživanja pokazuju da tip omotavanja ne utječe značajno na gustoću bale, ali mreža

smanjuje gubitke suhe tvari tijekom skladištenja – 7,5 % za mrežu u odnosu na 14,9 % za sisal konop (prirodno vezivo) nakon 9–11 mjeseci vanjskog skladištenja (Shinners i sur., 2010). Rolo prese s fiksnom komorom, poput John Deere modela F442M (Slika 6.), predstavljaju sofisticirane strojeve koji integriraju sustave za sakupljanje, kompresiju i vezanje u jedinstven proces. Fiksna geometrija komore osigurava konzistentne dimenzije bala, dok optimizirani raspored valjaka i senzorski sustavi omogućuju kontrolu gustoće i kvalitete. Izbor sustava vezanja (konop ili mreža) utječe primarno na brzinu procesa i gubitke tijekom skladištenja, dok gustoća bale ovisi o konstrukciji komore i tlaku kompresije.



Slika 6. Rolo presa s fiksnom komorom
Figure 6. Fixed chamber roller press
Izvor/Source: https://www.deere.hr/hr/prese-za-bale/fiksna-komora/serija-f400/f442m/



Slika 7. John Deere L600 presa za velike četvrtaste bale / **Figure 7.** John Deere L600 large square baler
Izvor/Source: https://www.deere.hr/hr/prese-za-bale/veliki-cetverokut/serija-l600/l624/

Princip rada presa za četvrtaste bale

John Deere L624 (Slika 7.) velika kvadratna preša (serija L600) predstavlja suvremeni standard u mehaniziranoj berbi i presanju krmnog bilja, slame i ostataka usjeva. Stroj radi u vučenom načinu, pogonjen kardanskim vratilom traktora minimalne snage od 150 kW, a dimenzije gotove bale iznose 120 × 90 cm presjeka uz varijabilnu duljinu do 270 cm. Prednji pick-up opremljen je elastičnim zubima koji podižu valjak s tla i usmjeravaju materijal prema ulaznom rotoru. Brzina okretanja zuba prilagođava se brzini vožnje kako bi se postigao ravnomjeran dovod. Istraživanja su pokazala da se trenutačni protok materijala može pouzdano procijeniti mjerenjem snage pogona picku-up, pri čemu je model postigao koeficijent determinacije $R^2 \approx 0{,}989$ u rasponu protoka 1,6–4,88 kg/s (Liu i sur., 2023). Taj signal protoka služi kao ulaz u sustav upravljanja gustoćom bale. Nakon pick-upa, materijal ulazi u pretkomoru u kojoj rotirajući punjač s uvlačnim zubima obavlja pretlačenje i odmjeravanje količine materijala prije ulaska u glavnu komoru.

Senzori opterećenja na rotativnim elementima mjere masu materijala u pretkomori i aktiviraju ciklus punjenja kada se dostigne prag punjenja (Vandaele, 2021). Ovaj korak osigurava jednoličan i ponovljiv unos u komoru za prešanje, čime se smanjuje varijabilnost gustoće gotove bale. Srce stroja je pravokutna komora u kojoj klip (plunger) izvodi linearno naizmjenično gibanje. Svaki udarac klipa zbija materijal prema naprijed, gradeći balu sloj po sloj. Istraživanja dinamike tijela preše pokazuju da aksijalna sila prešanja generira uzdužne oscilacije koje utječu na stabilnost cijelog stroja te se moraju uzeti u obzir pri konstruira-

nju okvira (Tang i sur., 2024). Za mjerenje sila u komori razvijeni su višeosni pretvornici sile koji bilježe horizontalne i vertikalne komponente opterećenja uz nisku unakrsnu osjetljivost (Afzalinia i Roberg, 2009). Bočni zidovi komore na nekim izvedbama osciliraju kako bi se smanjio udio nečistoća iz tla u gotovoj bali (Gresch, 2021). Kada bala dostigne zadanu duljinu, aktivira se automatski čvoriličar (knotter). L624 standardno koristi dvostruki čvoriličar s iglama koje provlače sisal ili polipropilenska užad oko bale u dva paralelna reda. Integrirani sustavi omatanja koji se razvijaju kao dopuna klasičnom vezanju koriste pokretni nosač s valjcima koji omotavaju čelo bale pri izlasku iz komore (Khadasare i sur., 2021; Jawale i sur., 2021). Pouzdanost vezanja izravno ovisi o jednolikoj gustoći bale postignutoj u prethodnim koracima. L624 opremljen je sustavom Bale Command Plus koji zatvara regulacijsku petlju između mjerenja opterećenja hidrauličnih cilindara, procijenjenog protoka materijala i sile klipa. Ispitivanja sličnih sustava pokazuju da je moguće postići odstupanje gustoće unutar ±5 % od zadane vrijednosti, s vremenom grube korekcije manjim od 5 sekundi (Guo i sur., 2022). Senzori vlage i volumena u komori omogućuju generiranje karata prinosa u kombinaciji s GPS pozicioniranjem (Ibuki, 2023). Hidraulički regulatori protoka koji uče i reproduciraju profile gibanja osiguravaju ponovljivost aktuacije punjača i zatezača komore (Brewer, 2021).

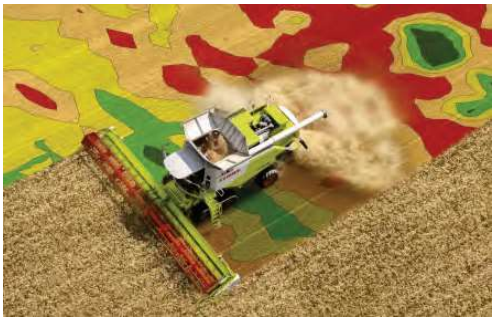
Presanje i omatanje bala

John Deere C442R (Slika 8.) integrirana je stroj koji obavlja presanje i omatanje bala. Stroj radi na principu varijabilne komore koji kombinira procese prešanja i omotavanja okruglih bala u jednoj radnoj operaciji, čime se značajno povećava učinkovitost mehaniziranog prikupljanja voluminozne krme u usporedbi s dvostrojnim sustavima. Sustavi upravljanja i mjerenja implementirani u suvremenim presa-omotačima, poput modela C442R, omogućuju kontinuirano praćenje parametara presanja bale putem senzora sile, procjenu obujma pokošene mase 3D kamerama te automatsko doziranje konzervansa u korelaciji s vlagom i temperaturom materijala, čime se osigurava visoka kakvoća silaže u skladu s načelima precizne poljoprivrede.

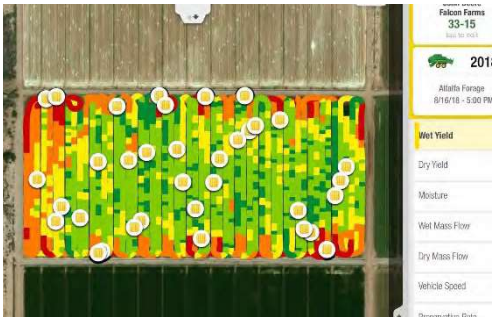


Slika 8. John Deere C442R omatač bala
Figure 8. John Deere C442R bale wrapper
Izvor/Source: https://www.deere.hr/hr/prese-za-bale/komora-za-omatanje/c442r/

Georeferenciranje podataka senzora predstavlja zajednički tehnološki temelj kako suvremenih kombajnskih sustava kartiranja prinosa (Slika 9.), tako i sustava dokumentiranja bala krme, budući da oba pristupa temelje se na preciznom GNSS pozicioniranju i vremenski usklađenom bilježenju produkcijskih parametara u realnom vremenu (Viacheslav i sur., 2004; Alshihabi i sur., 2024). Karte prinosa nastale georeferenciranjem kontinuiranog toka podataka o protoku i vlazi zrna tijekom žetve — uz nužnu softversku korekciju vremenskog kašnjenja senzora od 10 do 15 sekundi — danas se smatraju jednim od najkorisnijih alata precizne poljoprivrede jer vizualiziraju prostornu varijabilnost uroda unutar parcele i omogućuju planiranje budućih agrotehničkih mjera (Talaviya i sur., 2020). Analogno tomu, integracija naprednih mjernih i upravljačkih podsustava u strojevima poput John Deere C442R primjenjuje isto načelo georeferenciranja na krmnu proizvodnju, pri čemu svaka bala dobiva točnu GPS koordinatu zajedno s podacima o prinosu i kvaliteti krme (Slika 10.), čime nastaje diskretna prostorna karta prinosa krme kao funkcionalni ekvivalent kombajnskim kartama prinosa (Zawada i sur., 2023; Wang i sur., 2024). Za razliku od kombajnskih karata koje bilježe kontinuirani tok materijala visoke prostorne rezolucije, karte bala predstavljaju diskretan zapis u kojemu svaka točka integrira materijal prikupljen kroz cijeli ciklus presanja, no obje metode dijele isti cilj — prostornu vizualizaciju varijabilnosti prinosa kao osnove za upravljačke odluke u preciznoj poljoprivredi (Stettmer i sur., 2022). Integracija oba tipa georeferenciranih podataka unutar platformi poput John Deere Operations Center-a otvara mogućnost sveobuhvatnog digitalnog praćenja i usporedbe prinosa neovisno o vrsti usjeva ili primijenjenoj mehanizaciji, što predstavlja ključni iskorak prema potpuno podatkovnoj i autonomnoj poljoprivrednoj proizvodnji (Zawada i sur., 2023; Talaviya i sur., 2020).



Slika 9. Georeferenciranje na kombajnu
Figure 9. Georeferencing on the harvester
Izvor/Source: https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/egnos_for_yield_mapping_en.pdf



Slika 10. Aplikacija BaleDoc s GPS prikazom pozicija bala na polju
Figure 10. BaleDoc application with GPS display of bale positions in the field
Izvor/Source: https://www.agriculture.com/news/technology/john-deere-bale-app-helps-growers-make-more-informed-decisions

Zaključak

Suvremene John Deere prese su složeni mehatronički sustavi koji u sebi objedinjuju mehaničke, hidrauličke, elektroničke i digitalne komponente u jednu cjelinu sposobnu za autonomno praćenje i prilagodbu radnih uvjeta u stvarnom vremenu. John Deere presa V452M s

varijabilnom komorom, F442M s fiksnom komorom te L624 za velike četvrtaste bale pokazuje jasne prednosti ovisno o uvjetima rada i namjeni. Varijabilna komora modela V452M nudi veću fleksibilnost i bolju kontrolu gustoće, dok fiksna komora F442M osigurava dimenzijsku ujednačenost bala. Model L624, zahvaljujući sustavu Bale Command Plus, postiže iznimno stabilnu gustoću s odstupanjem manjim od ±5 %, što je u praksi od velike važnosti za planiranje transporta i skladištenja. Za dodatne uštede uočava se primjena presa koje odmah obavljaju i omotanje bala poput John Deere C442R prese-omatač bala. Također se uočava uloga digitalnih tehnologija koje su u posljednjih nekoliko godina promijenile način na koji se upravlja procesom presanja. Integracija GPS-a kroz sustav BaleDoc, IoT senzora i cloud platforme Operations Center je postala standardna oprema koja rukovatelju pruža uvid u svaki parametar rada stroja, od vlažnosti materijala do prediktivnog održavanja. Uz to, primjena mreže za omatanje umjesto klasičnog užeta smanjuje gubitke suhe tvari za gotovo duplo, što izravno utječe na ekonomičnost cijelog procesa. Razvoj presa **ići će** prema sve većoj automatizaciji i primjeni algoritama strojnog učenja koji će strojevima omogućiti da se samostalno prilagođavaju specifičnostima terena i materijala.

Literatura

Afzalinia, S., Roberg, M. (2009). *An Extended Octagonal Ring Transducer. Journal of Agricultural Science and Technology.*

Ahmad, F., Khaliq, A., Ding, Q. (2023). *Crop residue collection and handling machinery performance: A review. In IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.112324*

Alshihabi, O., Persson, K., Söderström, M. (2024). *Easy yield mapping for precision agriculture. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science.*

Arnold, J. (1983). *Round baler and discharge means (U.S. Patent No. 4,402,176). U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US4402176A/en*

Brandić, I., Bilandžija, N., Čopec, K. (2022). *Trendovi razvoja mehanizacije u prikupljanju biomase energetskih kultura. Glasnik Zaštite Bilja, 45(4), 56–65. https://doi.org/10.31727/gzb.45.4.7*

Brewer, C. M. (2021). *Agricultural baler with hydraulic flow controller [Patent].*

Dai, T., Sun, W., Zhang, D. (2025). *Design, testing, and optimization of a filling-type silage crushing, shredding, and baling machine. Machines, 13(3), 228. https://doi.org/10.3390/machines13030228*

Erdmann, J. M., Anstey, H. D. (2009). *U.S. Patent No. 7,617,662. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.*

Gohil, P. (2013). *A fixed chamber round baler*

Gresch, V. (2021). *Agricultural crop baler with oscillating side walls*

Grisso, R. D., Cundiff, J. S., Comer, K. (2020c). *Multi-bale handling unit for efficient logistics. AgriEngineering, 2(2), 23. https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING2020023*

Grisso, R. D., Cundiff, J. S., Webb, E. G. (2020b). *Predicting field efficiency of round-baling operations in high-yielding biomass crops. AgriEngineering, 2(3), 30. https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING2030030*

Grisso, R. D., Webb, E. G., Cundiff, J. S. (2020a). *In-field performance of biomass balers. AgriEngineering, 2(4), 38. https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING2040038*

Guo, H., Gao, G., Zhou, W., Liu, J., & Hao, L. (2022). *Design of Load and Bale Density Monitoring and Control System for a Wheeled Self-Propelled Square Baler. Journal of the ASABE, 65(3), 599-608.*

Hans, H. (1987). *Agricultural apparatus for making round bales*

Ibuki, T. (2023). *Yield calculation system, yield map generation system, method of calculating yield for baler, and computer readable storage medium (U.S. Patent No. 11,559,003 B2). U.S. Patent and Trade-*

mark Office. https://patents.google.com/patent/US11559003B2/en
Iovlev, G. A., Sahakyan, M., Nesgovorov, A. (2022). *Optimization of the harvesting and transport complex work in forage conservation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 949(1), 012028. https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012028*
Jawale, V., Kulkarni, N., & Roth, D. L. (2023). *U.S. Patent No. 11,577,865. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.*
Karaköse, T., Selvi, K. Ç. (2024)*. Development of baler machine for humid areas. Black Sea Journal of Agriculture, 7(1), 45–52. https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1401132*
Khadasare, S., Mahajan, S., Jawale, V., Hemant, K. T., Kulkarni, N., Tiwari, S. K. (2021)*. U.S. Patent Application No. 16/705,293.*
Kroulík, M., Mašek, J., Kvíz, Z., Jošt, B., Prošek, V. (2011). *Sensors connection for yield determination on round balers with variable chamber. Research in Agricultural Engineering, 57(2), 51–55. https://doi.org/10.17221/24/2010-RAE*
Liu, H., Gao, N., Meng, Z. J. (2023). *Construction and test of baler feed rate detection model based on power monitoring. Agronomy, 13(2), 425. https://doi.org/10.3390/agronomy13020425*
Martelli, R., Ali, A., Rondelli, V. (2025). *Are we up to the best practices in forage and grassland precision harvest? A review. Grass and Forage Science, 80(1), 3–25. https://doi.org/10.1111/gfs.12701*
Mishra, S. K., Shrestha, S., Mishra, A. K. (2023). *Performance evaluation of tractor driven round baler in residue management. Journal of Business Management and Information Systems, 10(2), 5. https://doi.org/10.48001/jbmis.2023.1002005*
Naaktgeboren, A., Chow, M. K. P., Van Groenigen, J. C., Vandamme, D. A. R., Vande Ryse, J. A. E., Claeys, D. N. O. (2001). *U.S. Patent No. 6,209,450. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.*
Novák, P., Mašek, J., Bulva, M., Beneš, L. (2018)*. Comparing the quality of round balers work. Proc. Int. Sci. Conf. "Rural Development 2017". https://doi.org/10.15544/RD.2017.201*
Olander, B. (2010). Meshwrap Dispensing Mechanism for Round Balers [Patent].
Pölönen, I., Suokannas, A., Juntunen, A. (2021). *Cloud-based approach for tracking and monitoring of hay bales in smart agriculture. Technology Innovation Management Review, 11(2), 34–45. https://doi.org/10.22215/TIMREVIEW/1419*
Ratzlaff, H. J., & Anderson, J. D. (2000). *U.S. Patent No. 6,029,434. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.*
Sharma, A., Brar, A. S. (2021). *Investigation on baler technology for ex situ paddy residue biomass management with energy analysis. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(12), 3845–3856. https://doi.org/10.1007/S13762-021-03444-6*
Shinners, K. J., Boettcher, G. C., Muck, R. E., Weimer, P. J., Casler, M. D. (2010). *Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks. Transactions of the ASABE, 53(2), 359–370. https://doi.org/10.13031/2013.29566*
Stettmer, M., Mittermayer, M., Maidl, F.-X. (2022). *Three methods of site-specific yield mapping as a data source for the delineation of management zones in winter wheat. Agriculture, 12(8), 1128. https://doi.org/10.3390/agriculture12081128*
Tang, Z., Wang, H., Jing, T., Liu, S., Shen, C. (2024). *Centroid swinging property of a machine body undergoing longitudinal excitation in a straw compression baler. Engenharia Agrícola, 44, e20230109. Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides, Artificial Intelligence in Agriculture.*
Taylor, R. K. (1995). *Effect of Net-wrapping on Large Round Baler Capacity. Applied Engineering in Agriculture, 11(5), 635–637. https://doi.org/10.13031/2013.25733*

Vandaele, T. (2021). *A baling machine including a pre-baling chamber rotative packer/stuffer [Patent]. Vlăduț, V., Ungureanu, N. (2024). Beyond Agriculture 4.0: Design and development of modern agricultural machines and products. Agriculture, 14(7), 991. https://doi.org/10.3390/agriculture14070991*

Viacheslav, A., Dobermann, A., Ping, J. (2004). *Precision Agriculture: Listening to the Story Told by Yield Maps, University of Nebraska - Lincoln, 1-6.*

Wang, J., Zeng, F., Cui, J., Bai, H., Li, X., Zhao, Z. (2024)*. Design and Experiments of the Data Acquisition System for Bale Rolling Characteristic Parameters on a Large-Scale Round Bale Machine. Processes, 12(6), 1042. https://doi.org/10.3390/pr12061042*

Womac, A. R., Hart, W. E., Bitra, V. S. P., Kraus, T. (2012)*. Biomass harvesting of high-yield low-moisture switchgrass: Equipment performance and moisture relations. Applied Engineering in Agriculture, 28(6), 775–786. https://doi.org/10.13031/2013.42469*

Zawada, M., Legutko, S., Szczepaniak, J. (2021)*. Possibilities of using automatic systems for correcting the position of working units of the baler. MATEC Web of Conferences, 343, 08010. https://doi.org/10.1051/MATECCONF/202134308010*

Zawada, M., Nijak, M., Mac, J. (2023)*. Control and measurement systems supporting the production of haylage in baler-wrapper machines. Sensors, 23(6), 2992. https://doi.org/10.3390/s23062992*

Zawada, M., Nijak, M., Mac, J., Szczepaniak, J., Legutko, S., Gościańska-Łowińska, J., Szulc, T. (2023). *Control and Measurement Systems Supporting the Production of Haylage in Baler-Wrapper Machines. Sensors, 23(6), 2992. https://doi.org/10.3390/s23062992*

Zhang, J., Zhang, Y., Ma, Y. H. (2023)*. Effect of roller layout on biomass bales quality and baling energy consumption during rotary baling. BioResources, 18(2), 2756–2772. https://doi.org/10.15376/biores.18.2.2756-2772*

Prispjelo/Received: 24.5.2026. ***Prihvaćeno/Accepted: 26.6.2026.***

Review paper

Overview of technical characteristics and operational capabilities of John Deere round and square balers

Abstract

The paper presents the technical characteristics and operational capabilities of John Deer round (V400 series) and square (L600 series) balers and the John Deere C442R combined baler and wrapper in one pass. Baling is a key process in modern agriculture that enables efficient collection, compaction and storage of plant biomass. John Deere offers advanced models equipped with systems such as MaxiCut, IntelliBale and MegaWide Plus, which optimize bOverview of technical characteristics and operational capabilities of John Deere round and square balersGPS, IoT sensors and the Operations Center cloud platform – enables real-time bale tracking and management. The future of baling is directed towards full automation, the application of artificial intelligence and integration with precision agriculture.

Keywords: *balers, round balers, square balers, bale wrappers, John Deere*