

Spremanje silaže u bale omotane plastičnom folijom

Galić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:257671>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



SPREMANJE SILAŽE U BALE OMOTANE PLASTIČNOM FOLIJOM

DIPLOMSKI RAD

Ivan Galić

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Poljoprivredna tehnika-Mehanizacija

SPREMANJE SILAŽE U BALE OMOTANE PLASTIČNOM FOLIJOM

DIPLOMSKI RAD

Ivan Galić

Mentor:

Prof. dr. sc. Dubravko Filipović

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ivan Galić**, JMBAG 0178106927, rođen 10.4.1997. u Mostaru, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

SPREMANJE SILAŽE U BALE OMOTANE PLASTIČNOM FOLIJOM

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Ivan Galić**, JMBAG 0178106927, naslova

SPREMANJE SILAŽE U BALE OMOTANE PLASTIČNOM FOLIJOM

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

1. prof. dr. sc. Dubravko Filipović mentor
2. prof. dr. sc. Darko Grbeša član
3. izv. prof. dr. sc. Miljenko Konjačić član

potpisi:

Zahvala

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Dubravku Filipoviću i dipl. ing. agr. Goranu Fabijaniću na nesebičnoj pomoći i stručnim savjetima te izdvojenom vremenu.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i strpljenju tijekom studiranja, također se zahvaljujem mojoj zaručnici Josipi na neizmjerljivoj podršci i posebice na potpori tijekom pisanja diplomskog rada.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada	2
2. Općenito o silaži	3
2.1. Vrste silaže	3
2.1.1. Travne mase	3
2.1.2. Mahunarke	4
2.1.3. Kukuruz	5
2.2. Priprema biljne mase za siliranje	8
2.3. Mikrobiološki procesi tijekom postupka siliranja	9
2.3.1. Aerobna faza	11
2.3.2. Anaerobna ili aktivna faza	11
2.3.3. Stabilna faza	12
2.4. Načini spremanja silaže	13
2.4.1. Silosi	13
2.4.2. Spremanje silaže u plastične vreće i plastična crijeva	15
3. Spremanje kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom	16
3.1. Opis postupka	18
3.1.1. Oblik i gustoća bala	18
3.1.2. Materijal	19
3.1.3. Vrijeme omotavanja bala	20
3.1.4. Broj slojeva plastične folije	21
3.1.5. Transport i skladištenje	22
3.2. Tehnike baliranja kukuruzne silaže	22
3.2.1. Višefazna tehnika baliranja kukuruzne silaže	22
3.2.2. Jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže	23
4. Strojevi za prešanje i omatanje kukuruzne silaže	24
4.1. Preše za usitnjenu kukuruznu silažu	24
4.2. Omotači za baliranu kukuruznu silažu	25
4.3. Kombinirani strojevi za baliranje i omatanje kukuruzne silaže	26
5. Rasprava	39
6. Zaključak	44
7. Popis literature	45
Popis tablica	50
Popis ilustracija	50

Životopis 52

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Ivan Galić**, naslova

SPREMANJE SILAŽE U BALE OMOTANE PLASTIČNOM FOLIJOM

Spremanje usitnjene kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom relativno je nova tehnika spremanja silaže, a s obzirom na brojne prednosti koje nudi u odnosu na tradicionalne načine, ima potencijala steći globalnu popularnost i u velikoj mjeri zamijeniti tehnike spremanja u silose. Najveća prednost primjene ove metode spremanja silaže je u smanjenim gubitcima zahvaljujući uspostavljanju kontroliranih uvjeta za procese fermentacije u odnosu na klasične metode pohrane u silose. Primjena ovog postupka podrazumijeva pojedinačno siliranje manjih količina biljne mase čime se postiže fleksibilnost kada su u pitanju vremenski uvjeti i ne zahtijeva nikakve posebne uvjete za skladištenje. Navedena tehnika već se dosta primjenjuje u zemljama zapadne Europe, dok se u Republici Hrvatskoj još uopće ne primjenjuje. Mogući uzrok tome su visoki financijski izdatci u vidu nabave potrebnih strojeva u samom početku, međutim, dugoročna isplativost koja se očituje u povećanoj količini i kvaliteti finalnih proizvoda je značajno veća od potrebnih ulaganja.

Ključne riječi: kukuruzna silaža, baliranje, preše, plastična folija

Summary

Of the master's thesis - student **Ivan Galić**, entitled

SILAGE STORAGE IN BALES WRAPPED WITH PLASTIC FILM

Storing chopped corn silage in bales wrapped with plastic film is a relatively new silage storage technique that offers many advantages over the traditional methods. According to that, it has the potential to gain global popularity and largely replace silo storage techniques. Compared to classical methods of storage in silos, the biggest advantage of applying this method is in reduced losses due to the establishment of controlled conditions for fermentation processes. The application of this method implies individual ensiling of small amounts of plant mass, which achieves flexibility when it comes to weather conditions and does not require any special storage conditions.

This technique is already widely used in Western European countries, while in the Republic of Croatia it is not used at all. A possible reason for this is the high financial costs in the form of purchasing the necessary machinery in the beginning. However, the long-term profitability, which is manifested in the increased quantity and quality of final products, is significantly higher than the required investment.

Keywords: corn silage, baling, balers, plastic film

1. Uvod

Riječ silaža (eng. „silage“) potječe od grčke riječi „siros“ koja je naziv za jamu, odnosno, rupu u zemlji predviđenu za pohranu kukuruza (McDonald i sur., 1991). Pojednostavljena definicija silaže poistovjećuje ju s bilo kojom biljnom kulturom koja je pohranjena u silosu, neovisno o vrsti silosa, a koja prolazi kroz proces fermentacije (Wilkinson i sur., 2003).

Silaža se može znanstveno definirati kao „produkt koji nastaje kada se trava ili drugi materijal s dovoljno visokim sadržajem vlage, a koji je podložan kvarenju zbog aerobnih mikroorganizama, skladišti anaerobno“ (Woolford, 1984; prema Wilkinson i sur., 2003).

Još detaljnija znanstvena definicija opisuje silažu kao „voluminozno krmivo konzervirano spontanom vrenjem gdje se pod utjecajem bakterija mliječno-kiselog vrenja iz šećera stvaraju organske kiseline koje sprječavaju kvarenje“ (Čížek, 1972; Uremović, 2004; Stjepanović i sur., 2009; prema Majkovčan, 2012).

Osnovni cilj siliranja je proizvodnja hrane za domaće životinje, a za proizvodnju silaže može se koristiti ili cijela biljka ili njen određeni dio (Wilkinson i sur., 2003). Zahvaljujući procesu fermentacije ugljikohidrata u kiseline, krma se konzervira i time uspijeva zadržati u nepromijenjenom obliku sve do ponovnog izlaganja aerobnim uvjetima, odnosno do trenutka ponovnog otvaranja silosa (Vranić i sur., 2018a). Pripremom silaže u opisanim anaerobnim uvjetima stječe se temeljna prednost u odnosu na brojne druge načine pripreme hrane za životinje, a to je sprječavanje truljenja (Wilkinson i sur., 2003).

Postupak pripreme silaže može se generalno podijeliti u četiri stadija koja postoje u svim uvjetima – faza radova u polju, faza siliranja i faza pohrane silaže te, u konačnici, faza hranjenja. Iako navedeni stadiji nužno postoje u svim uvjetima, često se poprilično razlikuju s obzirom na brojne čimbenike, ponajprije s obzirom na biljnu kulturu koja se koristi za silažu, ali i s obzirom na druge faktore na koje ne možemo utjecati – primjerice, na klimatske uvjete (Bernardes i sur., 2018).

Iako postupak proizvodnje silaže ovisi o klimatskim uvjetima, u usporedbi s proizvodnjom sijena njihov utjecaj je značajno manji. Također, jedna od prednosti proizvodnje silaže u odnosu na proizvodnju sijena je jednostavnija tehnologija i općenito jednostavniji postupak – za proizvodnju silaže dovoljno je osigurati izostanak kisika, dok proizvodnja sijena zahtjeva i izostanak vlage (Woolford, 2000; prema Antov i sur., 2004).

Također, velika prednost proizvodnje silaže je smanjenje gubitaka prilikom žetve – suprotno proizvodnji sijena, biljna se masa prilikom proizvodnje silaže brže uklanja s obradive površine i tako se ubrzava ponovni rast biljne kulture (Rotz i sur., 2003).

Nadalje, silaža ima veću hranjivu vrijednost od sijena i može se koristiti tijekom cijele godine (Čobić i Antov, 1996; prema Antov i sur., 2004).

Priprema silaže danas je uvelike pojednostavljena zahvaljujući napretku tehnologije i modernizaciji poljoprivrede. Međutim, priprema silaže nije inovativna praksa i ljudi su upoznati s njom više od 3000 godina (Wilkinson i sur., 2003), a prema nekim izvorima moguće i do 4000 godina (Antov i sur., 2004). Naime, Wilkinson i sur. (2003) navode kako su se krmne kulture pohranjivale u silose još u doba drevnih Egipćana i Grka, a navedene pretpostavke utemeljene su na prikazu punjenja kamenih silosa cijelim žitaricama koji se može vidjeti na muralu u napuljskom muzeju (Shukking, 1976; Woolford, 1984; prema Wilkinson i sur., 2003).

Silosu su također pronađeni i u ruševinama Kartage što se kronološki može smjestiti u razdoblje oko 1200 godina pr. Kr. (Kirstein, 1963; prema Wilkinson i sur., 2003). Važno je naglasiti da je pohrana u silose u navedenim periodima vjerojatno obavljana isključivo u svrhu skladištenja, a ne u svrhu konzerviranja kao što se to radi danas. Dakle, iako su silosi nasljedstvo iz drevne prošlosti, ne možemo govoriti o silaži u doslovnom smislu te riječi zbog izostanka procesa fermentacije (Woolford, 1984; prema Antov i sur., 2004).

Siliranje blisko onom koje poznajemo danas, javlja se u povijesnim izvorima tek u 17. stoljeću kada nastaju i prve poznate publikacije na tu temu (Čobić i sur., 1984). Od tada do danas postupak siliranja i načini pohrane silaže prošli su kroz brojne modifikacije zahvaljujući znanstvenim spoznajama i tehnološkom napretku. Odabir načina pohrane silaže ovisi ponajprije o vrsti stoke za koju je namijenjena – u skladu s tim odabire se i vrsta silaže, ali i vrsta objekta u koji će biti spremljena ista.

Najpoznatiji načini pohrane su spremanje u bale ili u različite vrste horizontalnih i vertikalnih silosa (primjerice silo-tornjevi, *trench* silosi i bunker silosi te silo-jame i silo-hrpe) (Wilkinson i sur., 2003), a sve češće se biljna masa silira u plastične vreće ili se sprema u bale omotane plastičnom folijom (Leto, 2015).

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada jest istražiti relativno novu tehniku spremanja silaže u bale omotane plastičnom folijom, opisati postupak i mehanizaciju koja se pritom koristi te usporediti navedenu tehniku s drugim tehnikama spremanja silaže. Središnja ideja ovog rada je evaluirati navedeni postupak, ukazati na njegove prednosti te istražiti moguće korekcije njegovih nedostataka.

2. Općenito o silaži

2.1. Vrste silaže

Brojne biljne vrste su, u većoj ili manjoj mjeri, pogodne za siliranje, a samo neke od njih su:

- kukuruz,
- mahunarke – pretežno lucerna i crvena djetelina
- šećerni sirak,
- šećerna repa,
- uljana repica
- krmni kelj,
- vriježi od bundeva,
- sudanska trava,
- brojne žitarice i ostale kulture (Rotz i sur., 2003; Leto, 2015; Majkovčan, 2012).

Unatoč velikom broju biljnih vrsta koje se mogu silirati, ipak postoje određene vrste koje diljem svijeta prednjače po učestalosti korištenja za silažu zahvaljujući određenim svojstvima koje ih za tu namjenu čine pogodnijima od ostalih.

Najučestaliji odabir za proizvodnju silaže su, na prvom mjestu travne mase i kukuruz, a zatim i mahunarke, a osnovne karakteristike koje ih čine pogodnima odnose se na ekonomske prednosti u vidu dostupnosti i niskih cijena, ali i na jednostavnost pripreme te visoku hranjivost i kvalitetu silaže.

Općenito, ako je potrebno povećati kvalitetu silaže, biljne vrste se mogu kombinirati, a najučinkovitija kombinacija u tom smislu jest siliranje biljki s visokim udjelom ugljikohidrata u kombinaciji s biljkama koje imaju visok udio bjelančevina, kao što su lucerna, djetelina ili grahorica (Majkovčan, 2012).

Generalno su za siliranje najpovoljniji jednogodišnji usjevi zbog svojih kemijskih svojstava – imaju visok udio ugljikohidrata topivih u vodi, nizak udio sirovih proteina i iznimno nizak pufarni kapacitet u odnosu na višegodišnje usjeve (Leto, 2015).

2.1.1. Travne mase

Travne mase, kao i djetelinsko-travne smjese višenamjenski su elementi na poljoprivrednim gospodarstvima – pogodni su za korištenje u obliku zelene krme za hranidbu u staji ili za napasivanje, kao i u obliku konzervirane hrane nastale postupkom sušenja ili siliranja. Njihovi se usjevi mogu namjenski uzgajati za silažu, no mnogo je češći slučaj kombiniranje više različitih namjena. Primjerice, otkos se može silirati, a ostatak godišnje proizvodnje namijeniti u druge svrhe poput napasivanja ili kao krma za proizvodnju sijena.

Travne mase generalno imaju nizak udio škroba i dosta visok udio proteina, a kod siliranja vrlo važnu ulogu imaju ugljikohidrati koji su topivi u vodi – glukoza, fruktoza i saharoza, a važna je i uloga fruktana kao pričuvnog ugljikohidrata (Harris, 1984; Leto, 2015).

Kvaliteta silirane travne mase, uz kemijska svojstva, ovisi o gnojidbi, stadiju zrelosti tratine prilikom košnje, odabranoj tehnologiji spremanja i o manipulaciji silažom kod hranidbe (Vranić i sur., 2004).

Leto (2015) navodi kako je optimalan sadržaj suhe tvari za siliranje travnih masa između 30 i 35% , a optimalna pH vrijednost pri kojoj se provodi kvalitetno siliranje je između 3,9 i 4,4.



Slika 2.1. Košnja talijanskog ljujla

(Izvor: <https://projektkrmavip.wordpress.com/>)

2.1.2. Mahunarke

Mahunarke se, kao i trave, najčešće konzerviraju siliranjem ili sušenjem, a postupak siliranja se uobičajeno obavlja u vegetativnom stadiju ili najkasnije u stadiju pojave cvata.

Analiza sastava elemenata mahunarki ukazuje na visok udio proteina i minerala te visoku koncentraciju organskih kiselina, dok je koncentracija ugljikohidrata topivih u vodi iznimno niska što ih čini manje pogodnim za siliranje u odnosu na travne mase, a posebice u odnosu na kukuruz.

S obzirom na opisani sastav mahunarki, za proizvodnju kvalitetne silaže neophodno je dodati im određene aditive ili energetske komponente, primjerice, mljeveno zrno kukuruza (Leto, 2015).

Mahunarke imaju izrazito velik puferni kapacitet, ali i uglavnom visok udio vlage prilikom košnje (Majkovčan, 2012), pa se u pravilu ne siliraju bez provenjavanja. Upravo zbog visokog pufernog kapaciteta, prema Leto (2015), preporučljiv sadržaj suhe tvari za siliranje je u rasponu od 30-50%, a optimalna pH vrijednost između 4,2 i 4,8.



Slika 2.2. Silaža lucerne

(Izvor: <https://www.grasslandevent.co.uk/>)

2.1.3. Kukuruz

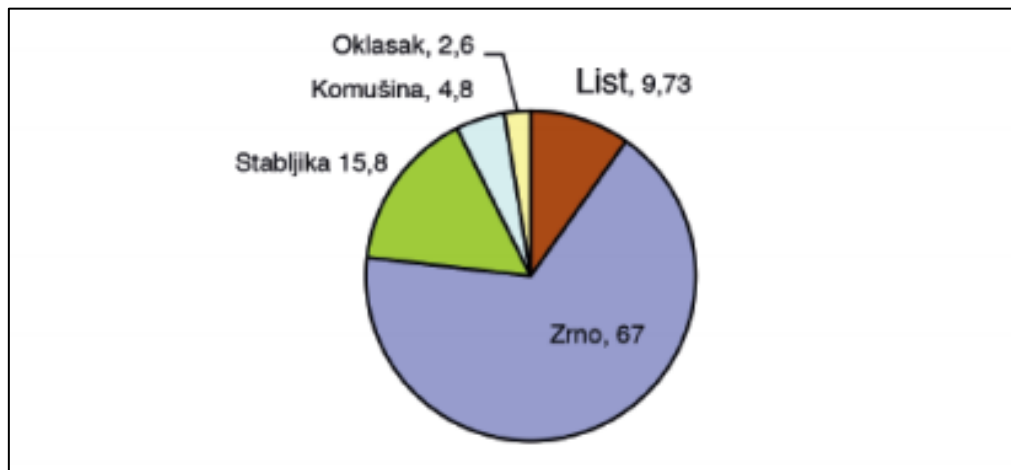
Kukuruz se, kako navodi Hrgović (2007), koristi prilikom ishrane različitih vrsta životinja, pri čemu se određeni dijelovi biljke mogu koristiti izravno za hranidbu (bez dodatne obrade), primjerice klip ili zrno, a može se koristiti i kao sirovina za silažu, pri čemu se može silirati cijela biljka ili samo zrno. Također, autor opisuje biljku kukuruza kao „kulturu velikog biološkog potencijala rodnosti“ i navodi podatak da generalno, kako u svijetu, tako i u Republici Hrvatskoj, prevladava proizvodnja kukuruza za zrno te se rodnost mjeri prinosom suhog zrna (Hrgović, 2007).

Kukuruzna se silaža koristi kao primarno voluminozno krmivo u hranidbi visokomliječnih krava kao i u intenzivnom tovu junadi, a kvaliteta i prinos direktno ovise o klimatskim uvjetima (Phipps i sur., 2000; Adesogan, 2006; prema Orehovački i sur., 2013).

Zahvaljujući izrazito pogodnim kemijskim svojstvima, kukuruz se, u usporedbi s drugim kulturama, izdvaja kao najpogodnija biljka za proizvodnju visokokvalitetne i hranjive silaže.

Silaža cijele biljke kukuruza odabir je velikog broja gospodarstava ponajprije zbog visokog udjela škroba, a time i visoke energetske vrijednosti silaže (Vranić i sur., 2011).

Najveći doprinos energetske vrijednosti silaže prilikom siliranja cijele biljke kukuruza ima udio zrna (grafikon 2.1) (Grbeša, 2016).



Grafikon 2.1. Postotni udjel u neto energiji silaže Bc 678

(Izvor: Grbeša, 2016)

Proces fermentacije kod siliranja kukuruza odvija se prilično brzo, a omogućena je proizvodnja dobro konzervirane silaže čak i kada je sadržaj suhe tvari relativno nizak. Također, uz navedene prednosti proizvodnje kukuruzne silaže ističu se i određeni ekonomski i tehnološki benefiti u vidu pojednostavljene i fleksibilne proizvodnje te izrazito jednostavnog siliranja u usporedbi s drugim biljkama (Grbeša, 2016).

Prema Majkovčan (2012), siliranje kukuruza nije pretjerano zahtjevan tehnološki proces, a po sastavu hranjivih tvari u konačnici nema značajnih razlika između zelenog kukuruza i kukuruzne silaže.

Što se tiče konkretnih podataka vezanih za postupak siliranja, brojni autori smatraju kako je optimalna količina suhe tvari za siliranje kukuruza je između 28-36% (Majkovčan, 2012; Leto, 2015; Grbeša, 2016) jer upravo količina suhe tvari u tom rasponu osigurava optimalan omjer šećera topivih u vodi i škroba kao nositelja energetske vrijednosti kukuruzne silaže (Leto, 2015) te iznimno povoljan sadržaj organskih kiselina (Majkovčan, 2012).

Leto (2015) također navodi kako su upravo šećeri topivi u vodi neophodni za proces konzerviranja zbog produkcije mliječne kiseline koja je ključni čimbenik u regulaciji pH vrijednosti tijekom cijelog procesa. Optimalna pH vrijednost za silažu kukuruza je između 3,6 i 3,8, a uz sve navedeno, važno je naglasiti i kako kukuruz ima nizak puferni kapacitet što uvelike olakšava proces siliranja (Hrgović, 2007).

Osnovna fizička svojstva koja su očigledni pokazatelji pravilno proizvedene kukuruzne silaže su boja i miris – ako je silaža pravilno proizvedena, miris je lagan i ugodan te podsjeća na miris octa, dok boja varira između zelenih i žutih nijansi. Ukoliko je miris neugodan i neuobičajen, primjerice ako podsjeća na miris paljevine, te ako je boja u nijansama smeđe, vrlo je velika vjerojatnost da fermentacija nije uspješno provedena zbog nepovoljne količine vlage ili zbog prodiranja kisika (Bates, 1998).



Slika 2.3. Usitnjena biljka kukuruza

(Izvor: <https://www.agroklub.com/>)

Kukuruzna silaža kao predmet istraživanja iscrpno je obrađena, a ustanovljeno je da, unatoč tome što je kukuruz izrazito pogodan za siliranje, na kvalitetu silaže u konačnici utječu brojni faktori.

Vranić i sur. (2004) utvrdili su kako na udio hranjivih tvari i energetske vrijednosti silaže kukuruza utječu sljedeći čimbenici:

- omjer stabljike, lista i zrna u suhoj tvari,
- visina gnojidbe,
- klimatske prilike tijekom proizvodnje,
- stadij zrelosti,
- mehanička prerada tijekom žetve,
- udio i probavljivost škroba i vlakana.

Nadalje, Orehovački i sur. (2013) utvrdili su kako klimatski uvjeti imaju izravan utjecaj na kvalitetu silaže. Istraživanje je provedeno u periodu od 2009. do 2011. godine, a obuhvaća uzorke kukuruzne silaže proizvedene na različitim obiteljskim gospodarstvima u četiri

različite županije u Republici Hrvatskoj. Analizom uz pomoć NIRS analizatora utvrđen je udio pojedinih tvari u uzorku – bjelančevina, masti, pepela i vlakana.

Konačni rezultati ukazali su na utjecaj klimatskih uvjeta na udio pojedinih tvari u silaži – tijekom kišne 2010. godine u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske utvrđen je najmanju udio suhe tvari, dok je na područjima gdje je zabilježena najveća količina oborina utvrđen najveći udio sirovih vlakana.

Također, utvrđen je i povišen udio sirovih bjelančevina uslijed povećane količine oborina, dok za udio sirovih masti nisu utvrđene značajne razlike (Orehovački i sur., 2013).

2.2. Priprema biljne mase za siliranje

Proizvodnja visokokvalitetne silaže podrazumijeva maksimalnu učinkovitost i dobro obavljen posao tijekom svih faza – od uzgoja do pohrane silaže.

Prema Bates (1998), prilikom uzgoja biljne kulture za silažu, kako bi sam uzgoj bio maksimalno uspješan, potrebno je obratiti pažnju na sljedeće faktore:

- dodavanje vapna i gnojidba u skladu s rezultatima ispitivanja tla,
- odabir pravog hibrida,
- pravovremeno sijanje kulture,
- sijanje u odgovarajuću populaciju,
- suzbijanje korova.

Uz sve navedeno, urod će u konačnici ovisiti i o brojnim drugim faktorima, od kojih se najviše ističu vremenske prilike i agrotehnika te, neizostavno, sami potencijal biljne kulture (Rotz i sur., 2003; Hrgović, 2007).

Pravovremena žetva iznimno je važan čimbenik u proizvodnji kvalitetne silaže i potrebno je dobro poznavati biljnu kulturu u svrhu pravilne stadija zrelosti biljke. Stadij zrelosti direktno utječe na kvalitetu silaže, ponajprije zbog količine prisutne vlage, ali i zbog količine i udjela nutrijenata u biljci (Bates, 1998).

Proces siliranja i spremanja silaže, prema Leto (2015), može se generalno provesti na dva načina, a to su izravno siliranje ili siliranje nakon provenjavanja. Postupak provenjavanja zahtjeva određene vremenske uvjete, pa ga stoga nije moguće uvijek provesti. Naime, kako bi provenjavanje pokošene mase bilo moguće, nužno je da vrijeme bude suho i sunčano, pa se izravno siliranje provodi ponajprije u onim dijelovima svijeta koji rijetko osiguravaju takve klimatske uvjete (primjerice, sjeverni i zapadni dijelovi Europe) ili općenito kada nastupe dulji periodi kišnih razdoblja (Leto, 2015).

Izravno siliranje podrazumijeva veći sadržaj vlage, pa dolazi do relativno velikog gubitka hranjivih tvari zbog prekomjernog ocjeđivanja silažnog soka. Konkretni podatci ukazuju na gubitke suhe tvari iznad 10% (Vranić, 2007), no značajno veći gubici nastupe uslijed odgađanja roka košnje, pa se izravno siliranje kod situacijskih zahtjeva u vidu nepovoljnih vremenskih uvjeta nameće kao značajno bolja opcija (Vranić i sur., 2018b).

U suhim i sunčanim vremenskim prilikama provodi se provenjavanje pokošene biljne mase, a najučestalije i konvencionalne tehnike podrazumijevaju rastresanje biljne mase neposredno nakon košnje. Biljna masa se rastresa najčešće u roku od 2 sata nakon košnje, a rastresanje se obavlja u nekoliko navrata kako bi se postiglo što brže smanjenje udjela vlage (Leto, 2015).

Provenjavanjem se postiže povećanje udjela suhe tvari, kao i količine ugljikohidrata topivih u vodi. Ključne prednosti siliranja nakon provenjavanja odnose se na izbjegavanje gubitaka hranjivih tvari cijedenjem silažnog soka te na značajno bolje preduvjete za nastanak poželjne fermentacije (Wilkinson i sur., 1976; prema Vranić i sur., 2018b). Također, prema Vranić i sur. (2018b) jedna od prednosti ovog načina silaže jest izbjegavanje neugodnih mirisa karakterističnih kod silaže biljne mase s visokim udjelom vlage.

Uz sve praktične pogodnosti, mogu se izdvojiti i neki ekonomski benefiti provenjavanja – „ako se biljna masa provenjava na sadržaj suhe tvari viši od 30%, konzervira se 10-ak % više suhe tvari nego kod izravnog siliranja, bez provenjavanja“ (Leto, 2015). Postoje, naravno, i određeni nedostaci kod siliranja provenute mase, a kao najveći nedostatak ističe se nemogućnost čvrstog zbijanja mase kada je udio suhe tvari iznad optimalne razine. U tom slučaju poseže se za različitim tehnikama, pri čemu se kao najučinkovitija tehnika ističe slojevito siliranje – siliranjem jednog sloja neprovenute mase kojeg slijedi jedan sloj jače provenute mase.

Druga tehnika koja osigurava poboljšanje kvalitete silaže podrazumijeva sjeckanje krme prije siliranja. Na taj se način olakšava zbijanje prilikom siliranja. Prilikom sjeckanja krme potrebno je obratiti pozornost na duljinu sjeckanja koja utječe ne samo na zbijenost silaže, već i na ocjeđivanje silažnog soka, fermentaciju, aerobnu stabilnost i, u konačnici, na samu konzumaciju i probavljivost silaže (Rotz i sur., 2003; Leto, 2015; Vranić i sur., 2018b).

2.3. Mikrobiološki procesi tijekom postupka siliranja

Postupak siliranja temelji se ponajprije na mikrobiološkim procesima i za postizanje maksimalne kvalitete silaže neophodno je razumjeti iste (Prša, 1962).

Mikrobiološke promjene koje se događaju tijekom postupka siliranja rezultat su izlaganja određenim uvjetima i na osnovu toga se mogu podijeliti u tri faze koje u idealnim uvjetima nastupaju kronološkim redoslijedom (Leto, 2015). Također, faze su različitog trajanja te na različite načine doprinose cjelokupnom procesu (Prša, 1962). Faze mikrobioloških procesa su aerobna, anaerobna i stabilna faza (Bates, 1998), a sažet i pregledan opis istih vidljiv je u tablici 2.1 na primjeru silaže kukuruza. Uz prisustvo kisika, Bates (1998) zaključuje kako su temeljne odrednice navedenih faza temperatura i pH vrijednost biljne mase.

Tablica 2.1. Proces fermentacije kod silaže kukuruza

aerobna faza	anaerobna faza				stabilna faza
1. dan	2. dan	3. dan	4-7. dan	8-21. dan	nakon 21. dana
Staničnim disanjem se proizvodi CO ₂ , toplina i voda.	Fermentacija započinje, proizvodi se octena kiselina. Postupak zagrijavanja usporava.	Započinje proizvodnja mliječne kiseline. Nastavlja se proizvodnja octene kiseline.	Mliječna kiselina je proizvedena. Temperatura pada.	Mliječna kiselina je proizvedena. Pada pH silaže i postaje stabilna.	Bakterijska fermentacija prestaje. Silaža je očuvana do ponovnog izlaganja kisiku.
Temperatura					
21 °C	35 °C		26 do 30 °C		Silaža se hladi do sobne temperature.
pH					
6.0	5.0	4.0			4.0

(Izvor: Bates, 1998)

Važno je naglasiti kako indikator kiselosti, odnosno, pH vrijednost silaže ovisi o brojnim faktorima i značajkama biljne, među kojima se ističu:

- sadržaj suhe tvari,
- brzina postizanja anaerobnih uvjeta,
- očuvanje anaerobnih uvjeta,
- šećerni minimum,
- puforni kapacitet,
- temperatura fermentacije (Leto, 2015).

2.3.1. Aerobna faza

Prva u nizu faza mikrobioloških procesa naziva se **aerobnom ili respiracijskom fazom**.

Aerobna faza, kako nam i sam njen naziv sugerira, obilježena je prisustvom kisika koji omogućava djelovanje aerobnih bakterija, plijesni i gljivica. Faza započinje nakon košnje, a traje dok god u biljnoj masi ima kisika – dakle, za vrijeme provenjavanja i transportnih procesa, pa sve do zbijanja mase u silosima (Leto, 2015).

Djelovanje aerobnih mikroorganizama usmjereno je na oslobađanje vode, topline i ugljikovog dioksida (CO₂) te na potrošnju topivih ugljikohidrata (Bates, 1998).

Kidanje biljnih stanica uslijed procesa gnječenja ili sjeckanja potiče nastanak određenih enzima koji tijekom aerobne faze obavljaju procese razgradnje tvari pri čemu ugljikohidrate razgrađuju na jednostavne šećere, a proteine procesom hidrolize razlažu na peptide i slobodne aminokiseline (Rotz i sur., 2003; Leto, 2015).

Iznimno je važno prilikom zbijanja poduzeti sve potrebne mjere kako ne bi došlo do zaostajanja viška kisika i nastavka opisanih aerobnih procesa koji bi, u tom slučaju, onemogućili postizanje dovoljne kiselosti silaže i značajno smanjili mogućnost razvoja poželjnih mikroorganizama.

Ukoliko se cijeli proces obavi pravilno, bakterije potroše sav prisutni kisik u roku od maksimalno 6 sati (Leto, 2015), a izostanak kisika temelj je za početak iduće faze koja podrazumijeva razvoj anaerobnih mikroorganizama (Prša, 1962). Također, završetak aerobne faze obilježen je postizanjem razine kiselosti od otprilike pH 5,5 (Leto, 2015).

2.3.2. Anaerobna ili aktivna faza

Nakon što su navedeni uvjeti zadovoljeni, započinje druga, takozvana **aktivna ili anaerobna faza**. Izostanak kisika omogućava razvoj anaerobnih mikroorganizama koji produciraju alkohol, ugljikov dioksid i octenu kiselinu, kao i male količine mliječne kiseline (Leto, 2015).

Prema Prša (1962), octena i mliječna kiselina su u ovom kontekstu iznimno važne zbog snižavanja pH vrijednosti silirane mase što pogoduje rastu i razvoju bakterija mliječno kiselinskog vrenja što je suština cijelog postupka siliranja (Prša, 1962).

Razvoju anaerobnih mikroorganizama prethode procesi koji se također odvijaju u uvjetima bez kisika poput proteolize, enzimske razgradnje ugljikohidrata i općenito oslobađanja sadržaja biljnih stanica. Povećana kiselost smanjuje djelovanje bakterija octene kiseline te povećava i ubrzava djelovanje bakterija vrenja.

Nakon 3 do 5 dana započinje drugi dio aktivne faze čije trajanje ovisi o aktivnosti tih bakterija, a uobičajeno su aktivne do maksimalno 18 dana i nakon tog perioda dolazi do daljnjeg smanjenja pH vrijednosti – između 3,4 i 4,2. Do varijacija u trajanju dolazi ponajprije zbog razlika u svojstvima biljnog materijala, pri čemu su najznačajnije razlike u sadržaju vlage i šećera biljne mase te u pufernom kapacitetu.

Kako se aktivna faza približava kraju, aktivnost bakterija se postupno smanjuje i u konačnici u potpunosti prestaje, a smanjuje se i temperatura što sve skupa dovodi do stabilnosti i dobre konzerviranosti silaže (Leto, 2015).

2.3.3. Stabilna faza

Završetkom aktivne faze i prestankom djelovanja anaerobnih mikroorganizama započinje **stabilna faza** kojoj nužno prethodi potrošnja šećera i postizanje dovoljne kiselosti (Bates, 1998). Leto (2015) navodi kako je trajanje ove faze određeno brojnim uvjetima, no kako se prema iskustvu iz prakse okvirno može reći da stabilna faza traje do naredne sezone siliranja. Ukoliko se izbjegne prozračivanje i dodatna vlaga, silaža jako dugo ostaje nepromijenjena.

Stabilna faza najdulje traje kada su u pitanju silaže koje obiluju fermentirajućim supstratom (Majkovčan, 2012), no, ako je neophodno, silaža se može početi koristiti već nakon 28 dana od zatvaranja bale.

Otvaranjem bale nastupa i posljednji stadij fermentacijskih promjena, a podrazumijeva prozračivanje silaže koje dovodi do ponovnog prodiranja kisika. U nekim izvorima literature ova se faza izdvaja kao četvrta faza mikrobioloških procesa, takozvana **faza izuzimanja** (Čobić, 2004).

Prodiranje kisika izaziva značajan porast pH vrijednosti i potiče rast i razvoj nepoželjnih aerobnih mikroorganizama – kvasaca i plijesni. Navedeni mikroorganizmi nepoželjni su ponajprije jer daljnjim množenjem pokreću proces sekundarne fermentacije, a posljedice se odnose na povišenje temperature, povećanje gubitka suhe tvari i, u konačnici, do zdravstvenih problema životinja nakon konzumacije hrane.

Gubitak hranjivih tvari može u slučaju prozračivanja biti iznimno velik. Primjerice, gubitak prilikom prozračivanja u jednom danu usporediv je s visinom gubitaka hermetički zatvorene silaže u periodu od nekoliko mjeseci (Leto, 2015). Kako bi se minimizirale nepovoljne posljedice, mjesto izuzimanja silaže potrebno je (op. a. kada se radi o silosu) održavati kao ravnu, vertikalnu površinu i izbjegavati izuzimanje sloja šireg od 30 cm (Čobić, 2004).

2.4. Načini spremanja silaže

Brojni načini spremanja silaže najopćenitije se mogu kategorizirati u dvije skupine – spremanje u silose i spremanje u bale (Harris, 1984; Adesogan i Newman, 2014).

2.4.1. Silosi

Silos se dijele na vertikalne i horizontalne, a najpoznatije i najčešće korištene varijante su:

- silo-tornjevi,
- silo-rovovi (tzv. „trench“ silosi),
- bunker silosi,
- silo-hrpe,
- silo-jame (Čobić i sur., 1984; Rotz i sur., 2003; Adesogan i Newman, 2014; Leto, 2015).

Prilikom odabira silosa nekoliko je ključnih čimbenika, a kao najvažniji se ističe vrsta stočarske proizvodnje, odnosno, životinjska vrsta za koju se silaža priprema. Upravo taj čimbenik uvjetuje vrstu i tip silaže, ali i količinu, a sve to skupa uvjetuje prikladnu vrstu spremanja. Drugi važan čimbenik odnosi se na prostorni raspored gospodarstva u sklopu kojeg se silos gradi, kao i na dostupne resurse (Čobić i sur., 1984).

Uz izbor prikladne vrste silosa, strateški je važan i odabir lokacije silosa. Prilikom odabira lokacije potrebno je omogućiti minimalnu udaljenost između staje i silosa te osigurati što jednostavniji pristup mehanizaciji u svrhu što jednostavnije manipulacije biljnom masom unutar silosa.

Nadalje, važno je izbjeći dotok voda, kako površinskih, tako i podzemnih, kako se ne bi narušio slijed mikrobioloških procesa prilikom siliranja što bi, u konačnici, imalo negativan utjecaj na kvalitetu silaže (Leto, 2015). Uz sve navedeno, kada su u pitanju veći silosi, neizostavno je provesti stručnu procjenu geofizičkih osobina zemljišta na kojem se silos gradi i ispitati nosivost terena kako bi se osiguralo da odabrana lokacija može izdržati teret punog silosa (Čobić i sur., 1984).

Rotz i sur. (2003) također navode i kako je važno napraviti što temeljitiju procjenu i predikciju budućeg širenja gospodarstva radi mogućeg podizanja drugih silosa u blizini ili eventualno povećanja istog silosa. Prilikom gradnje vertikalnih silosa (ali i kod svih drugih vrsta), važno je držati se principa što veće iskoristivosti prostornih kapaciteta – „veći silos po jedinici zapremnine je relativno jeftiniji“ (Čobić i sur., 1984).

Čobić i sur. (1984), uz mogućnost potpune automatizacije i mehanizacije, navode nekoliko dodatnih prednosti vertikalnih silosa nad horizontalnima, među kojima se ističe bolja iskoristivost prostora, a to je od iznimne važnosti za manje farme i gospodarstva s ograničenim površinama. Također, prilikom spremanja silaže u vertikalne (slika 2.4) silose generalno dolazi do manjih gubitaka suhe tvari nego prilikom pohrane u horizontalne silo se

(Čobić i sur., 1984), a to se može obrazložiti ponajprije time što je manja površina silaže izložena prodoru zraka prilikom otvaranja silosa (Adesogan i Newman, 2014).



Slika 2.4. Vertikalni silosi (silo-tornjevi)

(Izvor: <https://www.wolfsystem.at/>)

S druge strane, horizontalni silosi (slika 2.5) koriste se uglavnom za skladištenje velikih količina silaže, a osnovna im je prednost u usporedbi s vertikalnim silosima ekonomska isplativost u vidu značajno manjih investicijskih zahtjeva (Leto, 2015). Iako je vertikalne silose lakše automatizirati, prednost strojeva koji se koriste prilikom spremanja i izuzimanja silaže iz horizontalnih silosa je u njihovoj pokretljivosti i fleksibilnosti te mogućnosti korištenja za više različitih oblika silosa.



Slika 2.5. Horizontalni silos prekriven plastičnom folijom i gumama

(Izvor: <https://www.southernmetalfab.com/>)

2.4.2. Spremanje silaže u plastične vreće i plastična crijeva

Silaža se, osim u silose i bale, može spremati u plastične vreće ili plastična crijeva (Adesogan i Newman, 2014; Leto, 2015). Navedene varijante spremanja silaže prilično su popularne i koriste se na brojnim gospodarstvima, a razlikuju se u mnogočemu kako od pohrane u silose, tako i od spremanja u bale (Leto, 2015).

Spremanje biljne mase **u plastične vreće** (slika 2.7) jedan je od najjednostavnijih načina konzerviranja silaže – postupak podrazumijeva spremanje biljne mase u vreću, ručno istiskivanje zraka i ručno zatvaranje, a vreće je moguće pohraniti bilo gdje, vodeći računa o tome da se izbjegnu bilo kakva mehanička oštećenja. Ovoj se metodi često okreću manja gospodarstva zbog jednostavnosti postupka siliranja, ali i zbog velikih ušteda u domeni transporta jer se vreće mogu prevoziti na različite načine uz poseban oprez da se vreće pritom ne oštete (Čobić i sur., 1984).

Siliranje **u plastična crijeva** (slika 2.6) podrazumijeva prethodno sjeckanje biljne mase koja se uz pomoć strojeva i mehaničkih pomagala utiskuje i zbija unutar crijeva (Adesogan i Newman, 2014; Leto, 2015).

Leto (2015) navodi kako se najveća investicija prilikom siliranja u plastična crijeva odnosi upravo na nabavku stroja za punjenje. S druge strane, zatvaranje plastičnih crijeva je značajno jednostavnije i može se provesti stavljanjem vreća pijeska na krajeve crijeva, pri čemu je najvažnije osigurati temeljito istiskivanje zraka kako ne bi došlo do kvarenja silaže (Čobić i sur., 1984).



Slika 2.6. Spremanje silaže u plastična crijeva
(Izvor: Adesogan i Newman, 2014)



Slika 2.7. Spremanje silaže u plastične vreće
(Izvor: <https://www.indiamart.com/>)

3. Spremanje kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom

Pretpostavlja se da metoda spremanja silaže u bale datira od sedamdesetih godina prošloga stoljeća, a prvi navodi u literaturi mogu se pronaći početkom osamdesetih (Savoie i Jofriet, 2003). Iz navedenog se može zaključiti kako je siliranje u bale relativno nova tehnika siliranja, a kroz vrijeme je, zahvaljujući napretku tehnologije, doživjela brojne modifikacije.

Siliranje u **bale omotane plastičnom folijom** jedna je od najnovijih tehnika siliranja koju odabire sve više gospodarstava. Razlikuje se od klasičnog siliranja u različite vrste silosa ponajprije po tome što je svaka pojedina bala u ulozi samostalnog silosa, a plastična folija odlično obavlja ulogu nepropusne barijere za kisik koji je potencijalno najveća ugroza kvaliteti silaže (Leto, 2015; Borreani i sur., 2019).

Najveću popularnost trenutno ova metoda ima u zapadnim zemljama (Sjedinjene Američke Države), ali i u razvijenijim dijelovima Europe (Borreani i sur., 2019). Prilikom izvođenja ove tehnike siliranja koriste se mehanizirani sustavi za izradu i omotavanje bala, a u samom postupku i mehanizaciji mogu postojati različite varijacije. Međutim, ono što je zajedničko u svim slučajevima jest omotavanje bala s više slojeva rastezljive plastične folije u svrhu sprječavanja prodora kisika u pohranjeni biljni materijal (Coblentz i Akins, 2018).

Omotavanje bala plastičnom folijom može se odvijati na dva načina – individualno (slika 3.1) i kontinuirano (slika 3.2).



Slika 3.1. Individualno omotane bale

(Izvor: <https://5.imimg.com/>)



Slika 3.2. Kontinuirano omotane bale

(Izvor: <https://www.lakelandfarmandranch.com/>)

Individualno omatanje podrazumijeva omotavanje svake bale pojedinačno , pri čemu bale mogu biti različitih veličina i oblika, no najčešće su valjkaste ili četvrtaste.

Kontinuirano omatanje podrazumijeva slaganje u linijske cijevi, a to se postiže slaganjem više bala jedne uz drugu, a zatim omotavanjem cijelog niza. U oba se slučaja stvaraju anaerobni uvjeti i induciraju se fermentacijski procesi, pa u tom smislu nema konkretnih razlika (Savoie i Jofriet, 2003; Adesogan i Newman, 2014; Dundović, 2015., 2017.; Quality Silage, 2020).

Međutim, razlike su vidljive u praktičnom smislu, pa tako individualno omotavanje osigurava veću fleksibilnost prilikom izuzimanja silaže kao i prilikom transporta, s obzirom na to da je za transport bala omotanih plastičnom folijom dovoljno osigurati uvjete u kojima će se izbjeći mehanička oštećenja.

S druge strane, transport kontinuirano omotanih bala donosi određene komplikacije u vidu potrebe za rezanjem folije i ponovnim omatanjem. Unatoč tome, kontinuirano omotane bale imaju određene prednosti koje se ponajprije odnose na ekonomsko gledište – za istu količinu silaže potrebno je značajno manje plastične folije ako bale omotavamo kontinuirano, pa je stoga potrebno manje ulaganje u materijal, a odlaganje otpada u tom slučaju predstavlja znatno manji problem (Coblentz i Akins, 2018).

Važno je navesti i kako kontinuirano omotavanje bala zahtjeva veći prostorni kapacitet za pohranu, pa je u skladu s tim individualno omotavanje prikladniji izbor za manja gospodarstva kao i u slučajevima kada se silaža pohranjuje u svrhu daljnje prodaje pri čemu je prodaja pojedinačnih bala značajno praktičniji odabir (Show Me Shortline, 2016).

3.1. Opis postupka

Prilikom pohranjivanja silaže u bale omotane plastičnom folijom, nužno je obratiti pozornost na nekoliko čimbenika, a najvažniji među njima su:

- oblik i gustoća bala,
- odabir materijala za omotavanje,
- period između baliranja i omotavanja bale,
- broj slojeva folije prilikom omotavanja,
- transport i skladištenje (Bisaglia i sur., 2011; Chamberlain, 2016; Coblentz i Akins, 2018; El Omari, 2018; Borreani i sur., 2019).

3.1.1. Oblik i gustoća bala

Dimenzije, oblik i gustoća bala ovise o vrsti raspoložive opreme koja se koristi, a navedeno je potrebno prilagoditi karakteristikama koje zahtjeva krajnji korisnik. Općenito, bale mogu biti velike ili male te mogu biti valjkastog ili četvrtastog oblika (Galić, 2018).

Bale **četvrtastog oblika** najčešće su manjih dimenzija, okvirno 50 cm široke, 30 cm visoke i duge između 50 i 100 cm. Takve su bale prikladan odabir za manja gospodarstva i u slučajevima kada izostaju transportni strojevi, pa se bale pretovaruju ručno (Padro, 2015).

Preše za četvrtaste bale vrlo kvalitetno prešaju silažu i stvaraju bale dobre gustoće, međutim, u praksi se rijetko koriste prilikom spremanja silaže u bale omotane plastičnom folijom jer je bale četvrtastog oblika poprilično teško kvalitetno omotati u foliju (Padro, 2015; Dundović, 2017).

Za omotavanje plastičnom folijom češće se odabiru **valjkaste bale** (slika 3.3), idealno pravilnog i simetričnog oblika kako bi se omotavanje moglo odviti što pravilnije i bez suviše potrošnje materijala (Chamberlain, 2016).



Slika 3.3. Omatanje valjkastih bala plastičnom folijom
(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Gustoća bala, odnosno zbijenost biljne mase, iznimno je važna karakteristika kako zbog mikrobioloških procesa koji se trebaju odviti, tako i zbog uštede prostora. Veća gustoća biljne mase podrazumijeva manji udio kisika, a povećanje gustoće važno je i kako bi se smanjila poroznost te kako bi se smanjila količina plastične folije prilikom omatanja bala (Borreani i sur., 2019).

3.1.2. Materijal

Odabir materijala za omotavanje još jedna je važna stavka prilikom izvođenja ove metode. Tržište obiluje različitim tipovima folije s brojnim varijacijama u debljini, duljini, visini, ali i ostalim svojstvima, primjerice, elastičnosti i čvrstoći (El Omari, 2018).

Marjanović (2017) navodi kako je ključan faktor prilikom odabira folije **kvaliteta** iste jer tako neposredno utječemo i na kvalitetu silaže, a folija treba spriječiti ulazak zraka u balu, kao i curenje silažnih sokova iz nje. Na europskom tržištu dostupne su brojne folije, a najčešće korištene i dostupne na hrvatskom tržištu su:

- *Silograss*,
- *Silograss Power XL*,
- *Agra Stretch*,
- *Silotite*,
- *Agriflex AGR*02*,
- *Agriflex AGR*01* (Marjanović, 2017).

Folija koja se koristi za omotavanje bala trebala bi biti jednake debljine na svim dijelovima, a konkretne preporuke su od 20 μ m do 30 μ m. Poželjna širina folije je između 550 i 750 mm, a važna je i rastezljivost – folija treba biti rastezljiva otprilike 70% u duljinu i 20% u širinu (Leto,

2015). Prilikom omotavanja iznimno treba obratiti pozornost na to da se slojevi dovoljno dobro lijepe jedan za drugi (Leto, 2015; Chamberlain, 2016).

Snell i sur. (2003) istražili su **utjecaj boje** plastične folije na konačnu kvalitetu silaže i utvrdili kako su svjetlije folije bolji izbor jer se, u uspoređivanju s tamnim folijama, manje i sporije zagrijevaju, pa u skladu s tim i manje propuštaju kisik. Naime, prilikom korištenja tamnijih folija dolazi do značajnog porasta temperature površinskog sloja – temperatura može porasti čak za 20°C, a uslijed toga propusnost kisika može porasti i do 300% te dovesti do visokih aerobnih gubitaka (Snell i sur., 2003; Buss i Hopkins, 2005; Leto, 2015; Vranić i sur., 2018a).



3.1.3. Vrijeme omotavanja bala

Vrijeme proteklo od trenutka formiranja bale do omotavanja iste važan je faktor i može značajno utjecati na konačnu kvalitetu silaže, ponajprije uslijed spontanog zagrijavanja biljnog materijala koje negativno utječe na mikrobiološke procese (Rotz i Muck, 1994).

Coblentz i Akins (2018) navode kako se brojni autori na temelju različitih istraživanja nisu u potpunosti usuglasili oko idealnog perioda, stoga kao konačan zaključak navode da je bale potrebno **omotati što je prije moguće** (Hersom i Kunkle, 2014; Coblentz i Akins, 2018). Primjerice, Jennings (2011) navodi kako omotavanje plastičnom folijom ne treba odgađati duže od dva sata nakon baliranja, dok neki autori smatraju kako je idealan period između 10 i 48 sati nakon baliranja (Moshtaghi Nia i Wittenburg, 2000; Garces-Yépez i sur., 2001).

Svaka od navedenih preporuka u konačnici podrazumijeva postizanje istog cilja, a to je izbjegavanje spontanog zagrijavanja i oksidacije nestrukturnih ugljikohidrata u svrhu postizanja što bolje kvalitete konačnog produkta (Rotz i Muck, 1994; Coblentz i Hoffman, 2010).

Tablica 3.1. Posljedice zagrijavanja uzrokovano odgađanjem omatanja bala

Zagrijevanje uzrokovano odgađanjem omatanja	
Komponente silaže:	Efekt:
Ugljikohidrati topljivi u vodi (šećeri)	
Korisne fermentacijske kiseline	
Ukupne probavljive hranjive tvari	
pH vrijednost silaže	
Strukturalna vlakna (NDF, ADF, lignin)	
Proteini oštećeni zagrijavanjem	

(Izvor: <https://hayandforage.com/>)

S obzirom na brojne posljedice koje se javljaju uslijed dulje odgode omotavanja bala, u današnje se vrijeme pretežno radi s moderniziranim strojevima koji omogućavaju omatanje bala neposredno nakon njihova formiranja.

3.1.4. Broj slojeva plastične folije

Buss i Hopkins (2005) izdvajaju rezultate nekoliko istraživanja koji ukazuju na postojanje utjecaja broja slojeva plastične folije na konačnu kvalitetu silaže.

Rezultati istraživanja na Sveučilištu Aberystwyth pokazali su kako je prilikom omatanja silaže s četiri sloja došlo do većeg otpuštanja silažnih sokova nego kada je silaža omotana sa šest slojeva. Konkretno, u slučaju kada je omotana s četiri sloja otpušteno je 28 l/t (litara po toni), a prilikom omotavanja sa šest slojeva 11 l/t.

Nadalje, slično istraživanje provedeno na University of Reading ukazuje na razlike u količini gubitaka suhe tvari – kada je silaža omotana s četiri sloja, gubitci suhe tvari bili su oko 9%, a prilikom omotavanja sa šest ili više slojeva, gubitci su iznosili maksimalno 1%.

U konačnici, razlika se javlja i kada se radi o pojavi plijesni – na Sveučilištu Aberystwyth istraživanjem su pokazali kako povećanjem broja slojeva plastične folije dolazi do smanjenja pojave plijesni. Konkretno, u usporedbi četiri i šest slojeva količina plijesni smanjena je s 1.75% na 0.75%, a predviđeni dnevni porast težine stoke tada može biti i od 0.62 do 0.65 kg (Buss i Hopkins, 2005).

Keller i sur. (1998) ukazali su na veću koncentraciju nepoželjnih mikroorganizama prilikom omotavanja travne silaže s četiri sloja u odnosu na omotavanje sa šest ili više slojeva.

Međutim, kada se radi o kvalitetnijim folijama i novijoj tehnologiji, razlika između omotavanja bala s 4, 5 ili 6 slojeva prilikom spremanja travne silaže pakirane s relativno visokim udjelom suhe tvari (oko 60%) je minimalna, a očituje se u procesu fermentacije i u udjelu hranjivih tvari (Coblentz i sur., 2016).

Iako je pokazana pozitivna korelacija između broja slojeva plastične folije i konačne kvalitete silaže, važno je racionalno raspolagati resursima i izbjeći suvišnu potrošnju plastike. Idealno je odabrati onoliko slojeva koliko će biti dovoljno da osigura prikladnu UV zaštitu, mehaničku stabilnost, otpornost na oštećenja i dovoljno snažnu ljepljivost (Borreani i sur., 2007; Marjanović, 2017).

3.1.5. Transport i skladištenje

Prilikom transporta bala ključno je pravilo da se s balama nakon omatanja što manje rukuje kako bi se izbjegla mehanička oštećenja (Chamberlain, 2016).

Odvoženje neomotanih bala do omotača može se odvijati na više načina, odnosno, uz pomoć više različitih vrsta opreme. Najčešće se u tu svrhu koriste različite vrste prikolica ili kamiona koji puni traktor s prednjim utovarivačem, kao i različite samoutovarne prikolice koje vuče traktor. Oprema također ovisi i o vrsti bala koje se proizvode – valjkaste ili četvrtaste (Galić, 2018).

Odabir lokacije i prostora za skladištenje bala omotanih plastičnom folijom iznimno je širok zbog činjenice da je primarna zaštita upravo folija.

Međutim, potrebno je obratiti pozornost na nekoliko čimbenika. Važno je, ponajprije izbjeći lokacije na kojima su bale izložene visokom riziku od mehaničkih ili kemijskih oštećenja folije te ih je potrebno maksimalno zaštititi od ptica, glodavaca i izloženosti kemijskim supstancama koje mogu oštetiti foliju i nepovoljno utjecati na kvalitetu silaže.

Također, prilikom postavljanja bala na odabranu lokaciju, važno je položiti (valjkaste) bale na njihov ravni dio, s obzirom na to da je na tom dijelu najdeblji pokrov (Chamberlain, 2016).

3.2. Tehnike baliranja kukuruzne silaže

Baliranje kukuruzne silaže, s mehanizacijskog gledišta, može se odvijati na dva načina, odnosno, uz pomoć dvije različite tehnike, a to su:

- višefazna tehnika baliranja kukuruzne silaže,
- jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže.

3.2.1. Višefazna tehnika baliranja kukuruzne silaže

Kao što i sam naziv sugerira, višefazna tehnika baliranja kukuruzne silaže podrazumijeva više radnih operacije tijekom samog procesa – konkretno, podrazumijeva više prolaza strojeva tijekom cijelog procesa.

Višefaznu tehniku generalno možemo podijeliti u tri osnovne faze:

1. usitnjavanje cijele biljke kukuruza krmnim kombajnom (slika 3.4),
2. transport usitnjene kukuruzne silaže,
3. baliranje usitnjene mase stacioniranim strojem.



Slika 3.4. Usitnjavanje cijele stabljike kukuruza silažnim kombajnom
(Izvor: <https://www.weeklytimesnow.com.au/>)

Prva se faza, kao što je vidljivo na slici 3.4, obavlja uz pomoć kombajna, dok se transportna faza najčešće obavlja uz pomoć traktora ili kamiona s prikolicom.

Proces baliranja, kao i funkcioniranje preša i cjelokupna mehanizacija opisani su u poglavlju 4.

3.2.2. Jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže

Jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže (slika 3.5) razvijena je ponajprije u svrhu minimiziranja ili čak potpunog uklanjanja potrebe za višestrukim prohodima kroz polje. Ova tehnika objedinjuje žetvu kukuruza i formiranje bala i tako doprinosi značajnoj uštedi vremena. Preša se pritom priključuje za kombajn i usitnjena biljka kukuruza izravno prelazi u prešu bez dodirivanja tla. Uz značajno smanjenje utrošenog vremena, velika je prednost i smanjivanje mogućnosti onečišćenja biljne mase česticama tla (Galić, 2018).



Slika 3.5. Jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže
(Izvor: <https://www.profi.co.uk/>)

4. Strojevi za prešanje i omatanje kukuruzne silaže

Postupak spremanja kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom provodi se uz pomoć preša koje proizvode bale iznimno visoke gustoće, a preduvjet je da je biljna masa prethodno usitnjena.

4.1. Preše za usitnjenu kukuruznu silažu

Preše su uređaji koji omogućuju sabijanje biljne mase u željeni oblik s ciljem smanjenja volumena mase, lakše manipulacije i transporta te ostvarenja anaerobnih uvjeta prilikom pripreme silaže. Oblik bala može biti valjkasti ili kvadratni, pa u skladu s tim i preše mogu biti modificirane tako da formiraju bale valjkastog ili kvadratnog oblika.

Cijeli proces započinje usitnjavanjem kukuruza silažnim kombajnom i dopremanjem materijala na hrpu. Zatim traktor vuče prešu preko hrpe i preša uz pomoć „pick-up“ uređaja podiže biljnu masu s tla i doprema ju do komore za sabijanje. Komoru za sabijanje čine valjci koji se vrte u istom smjeru, a između mase i valjaka nalazi se gumena traka. Preše se općenito dijele na preše s varijabilnom komorom i preše s fiksnom komorom.

Kod preša s varijabilnom komorom masa se sabija od samog početka, dok je za preše s fiksnom komorom karakteristično da se masa počinje sabijati tek kad se komora napuni do određene razine. Nakon oblikovanja, bala se omata plastičnom mrežicom kako bi zadržala oblik te se komora otvara i bala ispada na tlo. Na slici 4.1 prikazano je baliranje kukuruzne silaže klasičnom prešom za bale valjkastog oblika proizvođača **Lely Welger**.



Slika 4.1. Lely Welger RP 160 V rotacijska preša

(Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=ffmgWs2Y8jA&app=desktop>)

Prikazana preša pripada kategoriji preša s varijabilnom komorom – dakle, promjer bala je podesiv, a konkretno za model prikazan na slici (**RP 160 V**), može se podesiti od 0.9 do 1.6 m. Širina komore modela RP 160 V je 1.23 m, a obujam 2.5 m³. U ponudi proizvođača Lely Welger još se mogu pronaći i preše RP 180 V i 545 Basic koje su, u odnosu na RP 160 V

modificirane i imaju ugrađen sustav za usitnjavanje te su prikladniji za proizvodnju bala većeg promjera (Lely, 2020).

Na slici 4.2 prikazana je preša Takakita MR-820 koja je namijenjena za rasute materijale poput usitnjene biljke kukuruza. Može raditi u stacionarnom položaju, a može i direktno u polju vučena od strane silažnog kombajna ili traktora od kojih dobiva pogon preko kardanskog vratila.



Slika 4.2. Takakita MR-820 preša za silažu

(Izvor: <http://www.takakita-net.co.jp/english/products/forage/mr/>)

Princip rada MR-820 je gotovo identičan radu klasičnih preša, a razlika je što umjesto „pick-up“ uređaja preša posjeduje usipni koš u koji silažni kombajn direktno upuhuje usitnjeni kukuruz ili se masa ubacuje uz pomoć utovarivača ako preša radi u stacioniranom položaju. Bala se formira unutar komore, omata se mrežicom i zatim se komora otvara i bala ispada van. Promjer bala proizvedenih ovom prešom može biti u rasponu od 85 do 90 cm, a širina im je 85 cm (Takakita, 2019).

4.2. Omotači za baliranu kukuruznu silažu

Nakon faze baliranja usitnjene kukuruzne mase, bala se omata plastičnom folijom kako bi se postigla pravilna fermentacija i konzerviranje mase.

Za tu namjenu postoje mnogi uređaji različitih proizvođača i svaki od njih radi na istom ili sličnom principu, a eventualne razlike mogu biti u izvedbi, načinu priključivanja na traktor, broju ruku koje vrše omatanje ili u brzini omatanja. Mogu biti nošeni s prednje ili stražnje strane, kao i vučeni na vlastitoj osovini, a generalno im je zadaća prihvatiti balu s tla, podići ju i zatim omotati plastičnom folijom te bez oštećenja odložiti natrag na tlo.



Slika 4.3. Göweil G1015 stroj za omatanje valjkastih bala
(Izvor: <https://www.goeweil.com/en/round-bale-wrapper-g1015/>).

Na slici 4.3 prikazan je stroj za omatanje bala Göweil G1015 priključen na prednje priključno vratilo traktora. Stroj može biti priključen sa stražnje strane traktora kao i na prednji utovarivač. Pogonjen je putem traktorske hidraulike, a funkcionira na principu kretanja dvaju valjaka koji zakreću balu dok „ruka“ omotava plastičnu foliju. Tehničke karakteristike stroja za omatanje valjkastih bala Göweil G1015 prikazane su u tablici 4.1. Prema navodima proizvođača, noseći valjci su iznimno izdržljivi i mogu podnijeti težinu i najvećih okruglih bala (Göweil Maschinenbau, 2020).

Tablica 4.1. Tehničke karakteristike stroja za omatanje valjkastih bala Göweil G1015

Težina:	985 kg
Duljina:	2,220 mm
Širina:	1,800 mm
Visina:	2,355 mm
Širina otvaranja valjaka:	1,750 mm
Promjer bala:	0.90 – 1.60 m
Težina bala:	do 1,200 kg
Tlak ulja:	20 l/min, max. 190 bara

(Izvor: <https://www.goeweil.com/en/round-bale-wrapper-g1015/>)

4.3. Kombinirani strojevi za baliranje i omatanje kukuruzne silaže

Kombinirani strojevi za baliranje i omatanje kukuruzne silaže idealno su rješenje za provođenje ovog postupka – odmah po završetku baliranja započinje postupak omatanja bala i vremenski se značajno ubrzava cijeli proces. Također, s obzirom na činjenicu da se radi o jednom stroju za dvije operacije, cjelokupna mehanizacija zauzima manje prostora.

Smanjenjem utrošenog vremena dolazi do povećanja radnog učinka, a time i do povećanja profita, stoga je sasvim logično da je upravo takav oblik mehanizacije najpopularniji odabir za

većinu gospodarstava. Nadalje, s obzirom na činjenicu da se omatanje odvija neposredno nakon proizvodnje bala, izbjegnuto je spontano zagrijavanje i oksidacija do kojih može doći uslijed odgađanja omatanja bala.

Brojni proizvođači u ponudi imaju vlastite verzije takvih strojeva i pretežno se radi o stacionarnim strojevima. Međutim, upravo radi velike konkurencije neki su proizvođači svoje strojeve digli na viši nivo te omogućili mobilnost i prohod kroz polje (npr. Agronic), dok su neki značajno poradili na digitalizaciji i računalnoj tehnologiji te omogućili direktan uvid u procese tijekom trajanja cijelog postupka (npr. Orkel).

Primjeri kombiniranih strojeva za baliranje i omatanje kukuruzne silaže su:

- Agronic – 820, 1220,
- Göweil – LT Master, Vario Master,
- Star – TSW2020,
- Lisibach Maschinenbau – MVA 750, MVA 1000, MVA 1250.
- Orkel – MP2000, MC850, MC1000, Dens-X.

Agronic 820 i **Agronic 1220** multifunkcionalne su preše, iznimno jednostavne za korištenje s mogućnosti kombiniranja baliranja i omotavanja bala. Proizvođač navodi kako brojna istraživanja idu u prilog tezi da Agronic preše proizvode silažu više kvalitete od drugih, što u konačnici dovodi do bolje proizvodnje mesa i mlijeka te ekonomske isplativosti za vlasnika ove preše.

Preše imaju kapacitet proizvodnje od 40 do 50 bala po satu što je iznimno povoljna vremenska rezolucija.

Uz osnovnu opremu, Agronic preše mogu se opremiti i dodatnom opremom te tako postati još praktičnije i ponuditi korisniku još više funkcija.

S druge strane, Agronic 1220 (slika 4.4) formira bale promjera od 100 do 120 cm i širine 100 cm. Težina bala može biti od 600 do 1000 kg te je zahvaljujući veličini proizvedenih bala pogodnija za gospodarstva koja zahtijevaju veći kapacitet proizvodnje.

Agronic 820 (slika 4.5) formira bale varijabilnog promjera – između 80 i 90 cm te širine 85 cm, a težina bala proizvedenih ovom prešom varira od 250 do 450 kg.

Obje preše pogodne su za baliranje različitih biljnih materijala, a najznačajnije su za proizvodnju kukuruzne silaže (Agronic, 2019).



Slika 4.4. Agronic MultiBaler 1220 preša i omotač za silažu
(Izvor: <https://www.agronic.fi/>)



Slika 4.5. Agronic MultiBaler 820 preša i omotač za silažu
(Izvor: <https://www.agronic.fi/>)

Agronic 820 i 1220 jedinstvene su preše ove vrste, a razlog tome je taj što obje preše omogućuju direktan rad u polju i ne moraju biti stacionirane na jednom mjestu poput konkurentskih preša. Ipak, ako je potrebno, mogu biti i stacionirane.

Preše se priključuju izravno na silažni kombajn ili na traktor s priključenim nošenim (jednorednim ili višerednim silažnim) kombajnom čime se značajno smanjuju troškovi transporta i logistike.

Pogon se ostvaruje preko kardanskog vratila stroja (silažnog kombajna ili traktora) tako da u jednom proходу obavljamo više radnih operacija – usitnjavanje, baliranje i omatanje bala.

Kombajn usitjava kukuruznu biljku i preko istovarne cijevi šalje usitnjenu masu u usipni koš na gornjoj strani preše. Materijal se transporterom, odnosno, beskonačnom trakom dovodi do komore u kojoj se materijal sabija sve do konačnog oblika.

Kao što je i ranije navedeno, preše su opremljene varijabilnom komorom tako da je moguće i podešavanje promjera bala. Brzina doziranja je automatski regulirana, ovisno o kakvom se materijalu radi. Kada bala poprimi konačan oblik, slijedi proces omatanja plastičnom mrežicom ili folijom preko zaobljene površine bale tako da zadrži željeni oblik i gustoća prilikom izlaska iz komore.

Komora se otvara i bala se doprema na stol za omatanje folijom. Bala se rotira pravocrtno a dva satelita s plastičnom folijom kruže okolo i na taj način lijepe foliju. Lijepljenjem folije u slojevima istiskujemo nepoželjni kisik te tako balu hermetički zatvaramo što omogućuje anaerobnu fermentaciju. Također, strojevi su opremljeni dozatorima za aditive koji pospješuju fermentaciju (Agronic, 2019).

Drugi primjer proizvođača koji dobro konkuriira na tržištu je **Göweil** koji u ponudi ima kombinirane strojeve za baliranje i omatanje pod nazivom **LT Master** i **Vario Master**.

LT-Master (slika 4.6) je kombinacija preše i stroja za omotavanje okruglih bala, a zahtjeva prethodno usitnjavanje biljne mase. Neovisno o vrsti biljnog materijala, ova preša proizvodi visokokvalitetne i precizno omotane okrugle bale. Dakle, bilo da se radi o kukuruzu, travnim masama, miješanom bilju ili bilo kojoj drugoj biljnoj vrsti, LT-Master osigurava dobivanje silaže odlične kvalitete (Webbline Agriculture Limited, 2020).

LT-Master formira bale visoke gustoće, a promjer im je podesiv od 0.6 do 1.15 m. Također, sustav za omotavanje može se prilagoditi omotavanju mrežom, kao i omotavanju plastičnom folijom. Ukoliko se izvodi omotavanje plastičnom folijom, LT-Master je odličan odabir jer ima precizne automatske rezače folije koji omogućavaju pravilnu izvedbu s gotovo savršenom preciznosti (Göweil Maschinenbau, 2020).



Slika 4.6. Göweil LT-Master preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <https://www.webbline.co.nz/>)

Göweil LT Master, kao i preša Vario Master istog proizvođača, pripada prešama koje se mogu koristiti samo u stacioniranom položaju.

Silažni kombajn usitnjava kukuruz te ga pomoću traktora s prikolicom doprema do mjesta baliranja, a preše posjeduju široki usipni koš u koji se materijal umeće pomoću prednjeg utovarivača drugog stroja ili se direktno isipa iz prikolice. Transporter doprema materijal do komore, a komora je opremljena sa 17 čeličnih valjaka koje pogoni lanac. Lanac, nadalje, preko dva beskonačna pojasa konstantno vrši pritisak na materijal što osigurava jako veliku gustoću sabijanja.

Nakon formiranja oblika bale na nju naliježe plastična folija po zakrivljenoj površini bale tako da sačuva oblik do konačnog omatanja. Komora se otvara i bala se kotrlja do mjesta potpunog omatanja. Omatanje vrše dvije „ruke“ koje kruže okolo bale dok se bala istovremeno pravocrtno okreće kako bi omatanje bilo potpuno sa svih strana.

Po završetku omatanja bala se nježno spušta na tlo preko istovarne rampe. Stroj nudi opciju dodavanja vode u komoru ako je sami materijal previše suh u svrhu kvalitetnijeg sabijanja. Cijeli proces je automatiziran i kompjuterski praćen te je moguće podešavati svaku fazu procesa. Pogon se dobiva preko kardanskog vratila traktora, a može i putem električnog motora (Göweil Maschinenbau, 2020).

Još jedan kombinirani stroj koji je popularan na tržištu jest **Star TSW2020** – preša prilagođena proizvodnji bala srednje veličine koja usitnjenu kukuruznu silažu također omotava neposredno nakon formiranja bale.

Biljni materijal pogodan za baliranje je kukuruzna silaža sadržaja vlage u rasponu od 60-70%, a konačni proizvod su bale dijametra 100 cm i širine također 100 cm. Težina bala iznosi između 500 i 700 kg, a preša može proizvesti između 20 i 40 bala tijekom jednog sata (IH Agri-Tech Corporation, 2017). U tablici 4 navedene su i ostale tehničke specifikacije ovog modela.



Slika 4.7. Star TSW2020 preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <http://www.ihl-star.com/>)

Tablica 4.2. Tehničke karakteristike preše i omotača za silažne bale Star TSW2020

Model	Veličina bala (cm)	Težina bala (kg)	Dimenzije (cm)			Težina (kg)	Izvedba (broj bala po satu)	Potrebna snaga radnog stroja u kW (KS)
			Duljina	Širina	Visina			
TSW2020	100 x 100	500 ~ 700	870	235	270	3920	20 ~ 40	37 – 73.5 kW (50-100 KS)

(Izvor: <http://www.ihl-star.com/>)

Lisibach Maschinenbau u ponudi ima kombinirane strojeve **MVA** linije – preše su namijenjene su proizvodnji četvrtastih bala i osnovna im je karakteristika da proizvode bale i omataju ih u jednoj operaciji. Proizvedene bale su visoke gustoće te su iznimno precizno i čvrsto omotane.

MVA modeli imaju visoku učinkovitost te mogu balirati do 50 tona usitnjene kukuruzne mase tijekom jednog sata i troškovi proizvodnje smanjeni su za svaku balu pojedinačno zahvaljujući sustavu koji sabija biljni materijal u balu u jednom koraku te ju odmah potom omotava plastičnom folijom. Omotavanje se odvija u dva smjera kako bi se olakšalo njihovo otvaranje i kako bi kvaliteta omotača bila maksimizirana. Iako se okrugle bale značajno češće koriste, važno je uzeti u obzir kako su i četvrtaste bale prilično jednostavne za transport i skladištenje.

Ključne prednosti ovih strojeva odnose se ponajprije na ekonomske benefite – troškovi omatanja bala iznimno su niski i potrošnja po bali manja je od 4 €, a minimalna potrebna snaga električnog motora je tek 15 kW što također ide u prilog niskoj potrošnji (3,00 €/h).

Upravljanje ovim prešama iznimno je jednostavno i dodatna prednost im je što za izvedbu ne zahtijevaju puno prostora. Cijeli proces je automatiziran, a dijelovi preše su standardni stoga je njihova nabavka i zamjena također pojednostavljena. Preše također imaju velik usipni koš – od 10 m³ do čak 16 m³ (Lisibach Maschinenbau, 2020).

U MVA seriji Lisibach Maschinenbau predstavlja sljedeće modele:

- MVA 750,
- MVA 1000,
- MVA 1250.

Tehničke karakteristike navedenih modela prikazane su u tablici 4.3.

Tablica 4.3. Tehničke karakteristike preša MVA serije

Model stroja	Dimenzije bala	Obujam	Težina bala
MVA 750	80 x 80 x 120 cm	0,75 m ³	500 – 600 kg
MVA 1000	90 x 90 x 120 cm	0.95 m ³	680 – 900 kg
MVA 1250	104 x 104 x 120 cm	1,25 m ³	900 – 1150 kg

(Izvor: <https://www.lisibach-mb.ch/>)



Slika 4.8. MVA 1250 preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <https://www.lisibach-mb.ch/>)

U konačnici, jedan od najpopularnijih proizvođača s najnaprednijom tehnologijom i najvećim ulaganjima u digitalizaciju je norveški proizvođač **Orkel**.

Korištenje Orkel strojeva za baliranje i omatanje bala, prema navodima proizvođača, garantira redukciju obujma i do 70%, a prilikom baliranja je osigurano i potpuno izuzimanje kisika. Strojevi su jednostavni za rukovanje i proizvode bale pogodne za sve vrste transporta.

Prilikom omotavanja nema gubitaka suhe tvari, a ako do njih ipak dođe, tada su minimalni i gotovo beznačajni. Omatanje se odvija precizno s lijepljenjem sloja folije jedan za drugi, a ono što izdvaja Orkel strojeve od ostalih je garancija da nema štete za okoliš. Kombinacije preša i strojeva za omotavanje koje nudi ovaj proizvođač mogu silirati preko 30 različitih biljnih materijala za koje je jedino važno da su prethodno usitnjeni.

Najvažniji podatak koji ukazuje na vrhunsku razvijenost Orkel preša jest podatak o porastu proizvodnje mlijeka i mesa na farmama gdje se koristi silaža balirana navedenim prešama.

Naime, bilježi se porast proizvodnje mlijeka i mesa između 20 i 36% u usporedbi s korištenjem silaže iz bunker silosa. U prilog tom navodu govori rezultat istraživanja provedenog u Nizozemskoj 2012./2013. godine – u istraživanju je uspoređena količina i kvaliteta mlijeka proizvedenog uslijed hranjenja krava silažom iz bunker silosa i, s druge strane, uslijed hranjenja silažom baliranom i omotanom Orkel MP2000 prešom (Orkel, 2020). Rezultati istraživanja u dvije vremenske faze navedeni su u tablicama 4.4 i 4.5.

Tablica 4.4. Rezultati u prvoj fazi testiranja količine i kvalitete proizvedenog mlijeka

	kg mlijeka/dan	% masti (g/100g)	% proteina (g/100g)	% laktoze (g/100g)
Razlika	5,33	0,98	0,80	1,06
Razlika u %	25,5	26,2	26,8	30,2

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Tablica 4.5. Rezultati u drugoj fazi testiranja količine i kvalitete proizvedenog mlijeka

	kg mlijeka/dan	% masti (g/100g)	% proteina (g/100g)	% laktoze (g/100g)
Razlika	7,44	1,01	0,66	0,84
Razlika u %	36,4	27,7	22,1	24,6

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Osnovni uzrok nastanka ovakve razlike je značajno **veća gustoća** silaže prilikom pohrane u bale omotane plastičnom folijom u odnosu na gustoću silaže u bunker silosima.

Naime, veća gustoća podrazumijeva značajnije izuzimanje kisika što je preduvjet za optimalno provođenje fermentacijskih procesa. Pravilno odvijanje fermentacijskih procesa podrazumijeva minimalne gubitke u kvaliteti silaže i minimalne gubitke hranjivih tvari. Takva visokokvalitetna silaža obiluje hranjivim tvarima i direktno dovodi do veće proizvodnje mlijeka i mesa, a ti me i do značajno većeg profita gospodarstva (Orkel, 2020).

Orkel MP2000 prvi je model ovog proizvođača namijenjen baliranju usitnjene kukuruzne silaže, a pojavio se na tržištu 2003. godine.

Kao što je vidljivo u tablici 4.6, težina bala proizvedenih ovim modelom varira od 800 do 1000 kg, a gustoća usitnjene krme je od 640 do 800 kg/m³. U periodu od jednog sata preša može proizvesti između 40 i 60 bala, odnosno, u terminima mjernih jedinica, od 32 do 60 tona po satu (Orkel, 2020).

Tablica 4.6. Karakteristike Orkel preša

Materijal	Model	Suha tvar (%)	Težina bala	Gustoća	Kapacitet	
			(kg/bala)	(kg/m ³)	(broj bala/h)	(tone/h)
Usitnjena krma	Dens-X	30-40	800 - 1000	640 - 800	40 - 65	32 - 65
	MP 2000		800 - 1000	640 - 800	40 - 60	32 - 60
	MC 1000		500 - 620	750 - 930	45 - 70	23 - 43
	MC 850		370 - 460	780 - 960	55 - 80	20 - 37

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)



Slika 4.9. Orkel MP2000 preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Nadalje, **Orkel MC850** proizvodi bale manje težine i manjih dimenzija koje su iznimno jednostavne za transport i skladištenje.

Preša je pogodna za manje traktore, a uspješno balira različite biljne materijale. Obujam proizvedenih bala je 0,48 m³, dok im je težina oko 400 kg. Promjer bala proizvedenih Orkel MC850 prešom je 85 cm (Direct Industry, 2020).



Slika 4.10. Orkel MC850 preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Orkel Dens-X model je novije generacije Orkelovih preša, a ističe se iznimno velikim kapacitetom, kao i produljenim trajanjem. Iznimno je jednostavan za korištenje i pogodan za baliranje različitih biljnih materijala. Dens-X model ima razvijen sustav jednostavnog pristupa i brzog iskrcavanja s prikolicom, pa osigurava maksimalnu brzinu izvedbe cijelog postupka.

Također, period između završetka transporta i početka baliranja i omotavanja iznimno je kratak te je moguće pokrenuti sustav za baliranje i omotavanje svega nekoliko minuta po završetku prikupljanja materijala.

Dens-X može proizvesti do 60 bala po satu, a karakteristike bala su sljedeće:

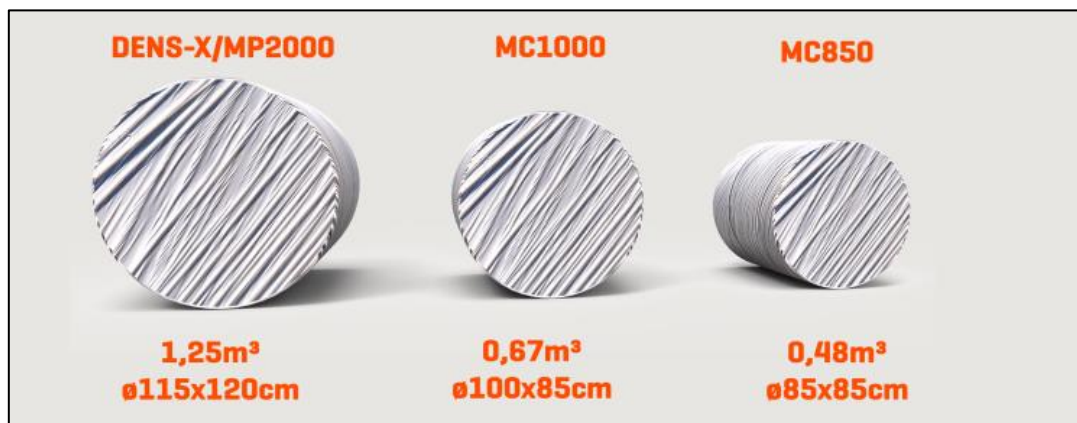
- obujam: 1,25 m³
- promjer: 115 cm,
- širina: 120 cm,
- težina: 300-1200 kg.

Snaga traktora treba biti veća 120 KS ili veća od 55 kW ako je u pitanju električni motor (Orkel, 2020).



Slika 4.11. Orkel Dens-X preša i omotač za silažne bale

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)



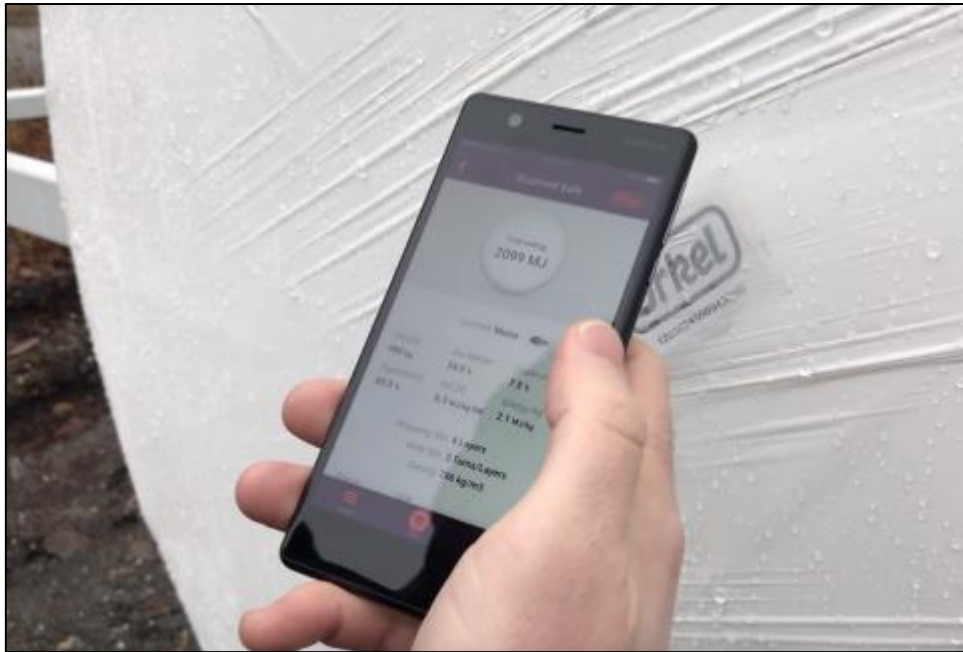
Slika 4.12. Razlike u dimenzijama bala između Orkel modela

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Dakle, Orkel se nameće kao jedan od vodećih proizvođača poljoprivredne opreme, ponajprije zato što uvijek ide u korak s vremenom.

U skladu s tim razvio je i sustav za pametne telefone koji olakšava proizvodnju visokokvalitetne silaže pod nazivom FeedIQ. Jednostavnim skeniranjem putem Android ili iPhone uređaja uz pomoć **MyOrkel** aplikacije, korisnici mogu pratiti različite značajke kvalitete silaže tijekom procesa baliranja – primjerice, postotak suhe tvari, škroba, vlakana, sirovih proteina i slično.

Na svaku balu pojedinačno se prilikom omotavanja plastičnom folijom zalijepi i RFID naljepnica uz pomoć koje skener očitava podatke (slika 4.13).



Slika 4.13. Očitavanje podataka preko RFID naljepnice

(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

Sustav funkcionira na principu slanja podataka skeniranih senzorom u kontrolnu jedinicu čime omogućava korisniku detaljnu analizu kvalitete i sadržaja silaže. Senzor skenira biljni materijal 60 puta u sekundi, a informacije poslane u kontrolnu jedinicu prenose se i pohranjuju u **Orkel's cloud** sustav putem 4G ili Wi-fi signala, kao i putem GPS antene.

Uz konkretne podatke o gustoći, težini i kvaliteti silaže, ovaj sustav omogućava i praćenje efekata koje određeni silažni produkt ima u konačnici, odnosno, kako utječe na zdravlje stoke i proizvodnju mesa i mlijeka.

Velika prednost korištenja ove tehnologije je i mogućnost prepoznavanja kontaminirane silaže – ako je silaža onečišćena, sustav automatski javlja korisniku i tako sprječava eventualne neželjene učinke (Emerald X, 2020).

Uz sve navedeno, **MyOrkel** aplikacija omogućava korisniku praćenje statusa preše neovisno o udaljenosti između preše i uređaja. Naime, uz pomoć aplikacije moguće je pratiti podatke o radu preša u realnom vremenu, primjerice, proizvodnju bala po satu i trend proizvodnje, broj slojeva plastične folije prilikom baliranja, položaj preše, postavke i slično.

Još naprednija aplikacija **MyOrkel Pro** pruža uvid u još detaljnije podatke o preši poput tlaka u komori, temperature ulja ili otvorenosti komore (Orkel, 2020).



Slika 4.14. Shematski prikaz rada Orkel RFID sustava
(Izvor: <https://www.orkel.com/>)

5. Rasprava

Kao i svaka druga metoda, spremanje silaže u bale omotane plastičnom folijom ima određene prednosti i nedostatke.

Prema Coblentzu i Akinsu (2018), jedna od najvažnijih praktičnih prednosti ove metode je gotovo potpuna neovisnost procesa spremanja silaže o vremenskim uvjetima. Naime, primjena ovog postupka podrazumijeva pojedinačno siliranje manjih količina biljne mase čime se postiže fleksibilnost kada su u pitanju vremenski uvjeti (Henning i sur., 1998; Bisaglia i sur., 2011).

Međutim, iako su ograničenja zbog vremenskih uvjeta minimalna, Chamberlain (2016) ističe kako je poželjno izbjeći kišovito vrijeme prilikom omotavanja bala kako bi slojevi plastične folije mogli maksimalno prionuti jedan uz drugi.

Druga u nizu prednosti ovog postupka odnosi se na mogućnost siliranja različitih kultura odvojeno (u usporedbi sa siliranjem u silose) što povećava razinu fleksibilnosti – moguće je skladištenje u optimalnoj fazi zrelosti za svaku vrstu pojedinačno, kao i izuzimanje silaže koja je postigla prikladnu kvalitetu za hranidbu bez da se time na bilo koji način utječe na ostatak silaže u drugim balama (Leto, 2015; Coblentz i Akins, 2018).

Fleksibilnost prilikom skladištenja očituje se i kroz činjenicu da je silažu spremljenu u bale omotane plastičnom folijom moguće skladištiti i na manje pristupačnim terenima, poput uzvisina i područja s nepravilnim reljefom (Chamberlain, 2016).

S mikrobiološkog gledišta, najveća prednost primjene ove metode spremanja silaže je u smanjenom gubitku suhe tvari zahvaljujući lakom uspostavljanju kontroliranih uvjeta za procese fermentacije u odnosu na klasične metode pohrane u silose (Buss i Hopkins, 2005). Nadalje, u balama omotanim plastičnom folijom, zahvaljujući velikoj sabijenosti silaže i funkcionalnosti plastičnog materijala, ne dolazi do pojave plijesni jer, ako je proces pravilno izveden, u balama nema zaostalog kisika (El Omari, 2018).

Vough i Glick (1993) smatraju kako je u teoriji najveća prednost ove metode gotovo neograničen kapacitet za pohranu – svaka omotana bala je svojevrsni individualni silos i ne zahtijeva nikakve posebne uvjete za skladištenje, pa je s toga jedino potencijalno ograničenje nedostatak prostora te nedostatak sredstava za nabavu potrebnog materijala i opreme.

U kontekstu financijskih zahtjeva, postupak spremanja silaže u bale omotane plastičnom folijom može se promatrati i kao iznimno skup, ali i kao iznimno povoljan i isplativ proces.

Naime, ako promatramo postupak u kontekstu primjene na manjim gospodarstvima, s obzirom na mehanizacijske zahtjeve u vidu nužne nabave preše, kao i stroja za omotavanje, može se utvrditi kako je postupak financijski iscrpljujući i zahtjeva poprilično velik početni kapital.

S druge strane, ako promatramo postupak u kontekstu primjene na velikim gospodarstvima s visokim proizvodnim kapacitetom i postojećom modernom mehanizacijom, troškovi i ulaganja nisu veliki. Primjerice, ukoliko gospodarstvo posjeduje prešu, jedini neophodan financijski trošak (u usporedbi s postupkom pripreme sjenaže) odnosi se na kupnju plastične folije, pa je u tom slučaju ova tehnologija povoljnija od pohrane u silose za koje je nužna prilagođena oprema i ulaganje u izgradnju i održavanje silosa (Coblentz i Akins, 2018).

S obzirom na činjenicu da se u Republici Hrvatskoj još uvijek ne primjenjuje ova metoda spremanja silaže, valja uzeti u obzir mogućnost da je razlog tomu upravo visok početni kapital. U usporedbi s razvijenim europskim zemljama, u RH se još uvijek radi o značajno manjim gospodarstvima s nižim proizvodnim kapacitetom, pa je prilično logičan nastavak trenda pohrane u silose ako se za isti posjeduje odgovarajuća mehanizacija.

Međutim, bez obzira na visoke financijske izdatke u početku, postupak je dugoročno isplativ i osigurava proizvodnju kvalitetne silaže, a time i kvalitetnih proizvoda što, u konačnici, dovodi do većeg profita.

Prema Orehovački i sur. (2013), silaža koja se koristi u hranidbi muznih krava ima izravan utjecaj na kvalitetu mlijeka (a time i mliječnih proizvoda). U balama omotanim plastičnom folijom veća gustoća silaže osigurava kvalitetniji finalni produkt, odnosno, kvalitetnu silažu, a kvalitetna silaža preduvjet je za proizvodnju kvalitetnog i hranjivog mlijeka u velikim količinama što je, nadalje, preduvjet za gospodarski uspjeh i povećanje profita.

Također, poboljšanje zahvaljujući kvalitetnoj silaži vidljivo je i u zdravlju krava – poboljšana im je reproduktivnost, kao i proizvodnja mlijeka, a smanjeni su zdravstveni problemi i time su, u konačnici, smanjeni troškovi veterinarskih usluga (Orkel, 2020).

Međutim, uz brojne opisane prednosti, spremanje silaže u bale omotane plastičnom folijom karakteriziraju i određeni nedostaci.

U samim počecima primjene tehnike pohrane silaže u bale, ključni nedostatak odnosio se na povećan broj slučajeva listerioze kod ovaca uslijed konzumacije takve silaže – prvotno su se bale omatane mrežastim materijalom, pa je barijera koja bi spriječila prodor kisika u potpunosti izostajala (McDonald i sur., 1991).

Naime, prodor kisika u bale dovodi do pogodnih uvjeta za razvoj i preživljavanje bakterija *Listeria*, a bakterija u silažu dospije najčešće s česticama tla ili preko životinja i njihovih izlučevina. *Listeria monocytogenes* se općenito smatra jednim od najznačajnijih patogena kada govorimo o prenošenju hranom; bakterija je široko rasprostranjena i karakteristična po svojoj rezistentnosti na brojne nepovoljne uvjete. Tipično se razvija kod životinja, konkretno kod četrdesetak vrsta, no hranom se može prenijeti i na ljude pri čemu najčešće zahvaća djecu i trudnice te općenito osobe s oslabljenim djelovanjem imunološkog sustava (Kiš i sur., 2019).

Daljnijim razvojem i napretkom postupka uvela je se upotreba plastične folije, no, iako značajno smanjena, vjerojatnost pojave *Listerie* uporabom plastične folije nije u potpunosti eliminirana – prilikom transporta i skladištenja bala lako dođe do vanjskih oštećenja folije čime se omogući prodor kisika (Coblentz i Akins, 2018).

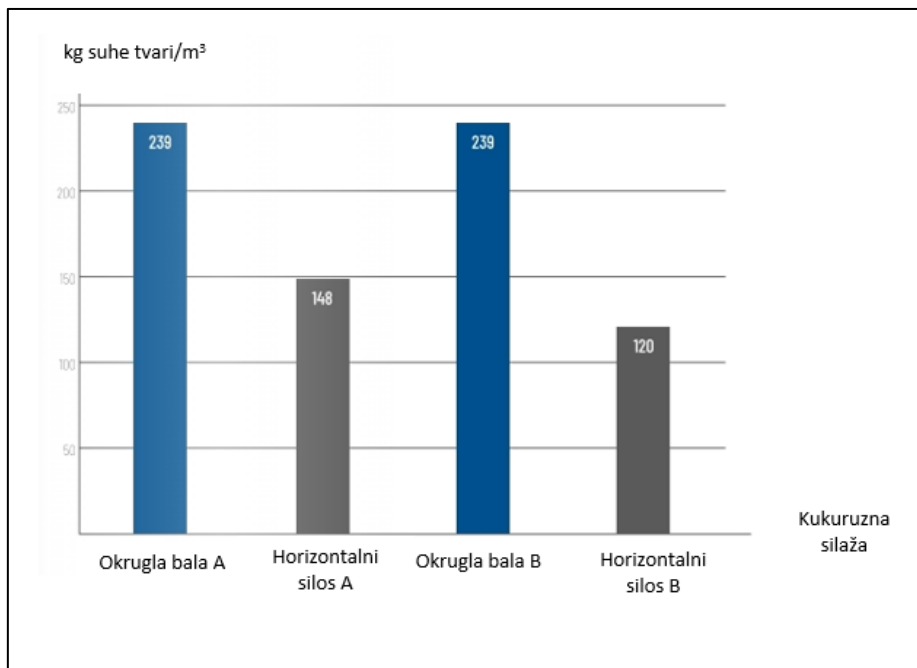
Međutim, iako postoji mogućnost oštećenja materijala i razvoja raznih nepovoljnih mikroorganizama poput bakterija, ta mogućnost je u usporedbi sa svim drugim načinima spremanja silaže minimalna i gotovo u potpunosti zanemariva (Bernardes i Chizzotti, 2012).

Najveći nedostaci konkretne metode pohrane silaže u bale omotane plastičnom folijom povezani su s korištenim materijalom – iako je plastična folija cjenovno relativno pristupačan materijal, ne može se koristiti više puta u svrhu omotavanja bala kako ne bi došlo do propuštanja kisika uslijed oštećenja, pa je prilikom nabave, ako se radi o masovnoj proizvodnji silaže, potrebno osigurati velike količine plastične folije (Jennings, 2011).

Problem se javlja i prilikom odlaganja otpada – s obzirom na činjenicu da plastika nije biorazgradivi materijal, potrebno je osigurati ekološki prihvatljive uvjete za odlaganje iste. Također, ukoliko je to moguće, plastiku je potrebno reciklirati radije nego odložiti u otpad i tako smanjiti negativan efekt koji povećana proizvodnja i potrošnja plastike ima na okoliš. Međutim, recikliranje plastike nakon korištenja u svrhu omotavanja bala često nije izvedivo zbog velike količine nečistoća koje je teško odvojiti od plastičnog materijala.

Negativna karakteristika plastične folije je prethodno spomenuta podložnost mehaničkim oštećenjima – uslijed kontakta s čvrstim i oštrim predmetima iz okoline te sa životinjama poput ptica ili glodavaca gotovo neizbježno dolazi do pucanja plastične folije, a time i do prodora kisika u silažu (Jennings, 2011; Hustler, 2017; Coblentz i Akins, 2018).

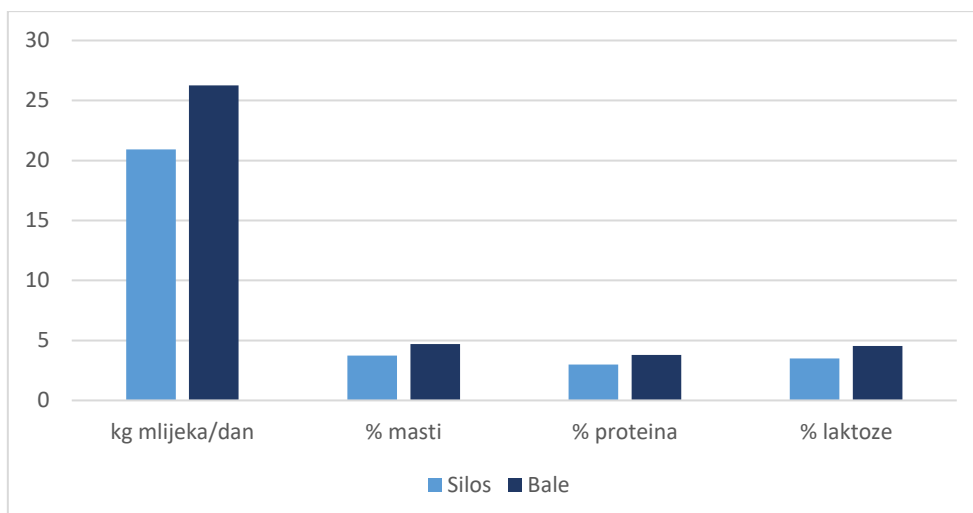
Osnovna i najvažnija značajka koja se razlikuje između spremanja silaže u bale omotane plastičnom folijom i drugih metoda je razlika u volumenu i gustoći. U odnosu na tradicionalne silose, primjenom ove metode značajno se reducira volumen, a povećava gustoća – između 30 i 70% (Bernardes i Chizzotti, 2012; Göweil Maschinenbau, 2020). Također, viši je i udio suhe tvari, kao što je vidljivo iz grafikona 5.1.



Grafikon 5.1. Usporedba udjela suhe tvari u horizontalnim silosima i balama omotanim plastičnom folijom proizvedenih LT Master prešom

(Izvor: http://catalogs.goeweil.com/baler-wrapper-combination-lt-master-goeweil/59884385?fbclid=IwAR1ZgoF5VsMp9NH5eGNQfb1XMh1_GEpBoSZqgZ93RkijW8Yt5zS1MFX1HWI)

Nadalje, u Nizozemskoj je 2012./2013. godine provedeno istraživanje kojim je utvrđen porast proizvodnje mlijeka i mesa između 20 i 36% u usporedbi s korištenjem silaže iz bunker silosa, a osnovni uzrok tog porasta je izrazito visoka gustoća silaže u omotanim balama u odnosu na silažu u silosima (grafikon 5.2) (Orkel, 2020).



Grafikon 5.2. Rezultati istraživanja u Nizozemskoj 2012./2013. – usporedba proizvodnje i kvalitete mlijeka uslijed konzumacije silaže iz bunker silosa i bala omotanih plastičnom folijom

Detaljnijom usporedbom i analizom utvrđene su sljedeće prednosti spremanja silaže u bale omotane plastičnom folijom nad spremanjem silaže u silose:

- smanjenje gubitaka prilikom skladištenja i manipuliranja između 8 i 10%,
- bolja, kvalitetnija i sigurnija konzervacija,
- fleksibilnost s obzirom na vremenske uvjete,
- mogućnost ekonomičnog baliranja na manjim poljima u kritičnom periodu zrelosti,
- fleksibilnost pri odabiru lokacije skladištenja i minimalni troškovi skladištenja (nema potrebe za izgradnjom stacionarnog prostora),
- mogućnost prodaje viška hrane,
- manja podložnost greškama operatera,
- nije potrebna oprema za izuzimanje silaže i hranjenje.

S druge strane, evidentno je i postojanje određenih prednosti spremanja silaže u silose nad spremanjem u bale omotane plastičnom folijom, a to su:

- manji troškovi proizvodnje po toni hranjiva,
- mogućnost siliranja zrna kukuruza, cijele biljke kukuruza i trava,
- kompaktniji prostor za skladištenje,
- nema oštećenja uzrokovanih manipulacijom biljnog materijala (u usporedbi s mogućnosti oštećenja plastike),
- manje količine otpada (izostanak ili minimalni utrošak plastične folije),
- ušteda na vremenu kod izuzimanja velike količine silaže (jer nije potrebno odmotavanje plastične folije),
- veća kontrola nad dužinom isjeckane hrane (Rotz i sur., 2003; Bernardes i Chizzotti, 2012; Hustler, 2017).

6. Zaključak

Postupak spremanja kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom provodi se uz pomoć preša koje proizvode bale iznimno visoke gustoće, pri čemu je preduvjet da je biljna masa prethodno usitnjena. U skladu s preporukama, omatanje bala se vrši u najkraćem mogućem vremenskom roku, a ako se radi o kombiniranim strojevima vrši se neposredno po završetku formiranja bala.

Visoka gustoća koja se postiže prilikom formiranja bala od ključne je važnosti za cijeli postupak jer podrazumijeva maksimalno izuzimanje kisika što je preduvjet za optimalno provođenje fermentacijskih procesa, a to je, nadalje, preduvjet za minimalne gubitke u kvaliteti silaže i minimalne gubitke hranjivih tvari. Također, postizanje visoke gustoće i dobre izolacije od prodora kisika kakvu omogućava plastična folija minimizira vjerojatnost nastanka plijesni i drugih nepoželjnih mikroorganizama. Proizvodnja takve zdrave, probavljive i kvalitetne silaže koja obiluje hranjivim tvarima održava životinje zdravima, a time izravno dovodi do veće proizvodnje mlijeka i mesa te, u konačnici, do značajnog povećanja ukupnog profita gospodarstva.

S druge strane, najveći nedostaci cjelokupne metode odnose se na probleme s odlaganjem otpada te mogućnost mehaničkog oštećenja plastike prilikom transporta ili skladištenja. Međutim, u današnje vrijeme ekološki problemi s odlaganjem plastike poprilično su reducirani zahvaljujući mogućnosti reciklaže, a mogućnost oštećenja folije i kvarenja silaže gotovo je zanemariva u usporedbi s vanjskim utjecajima i kvarenju u silosima te ne utječe značajno na fleksibilnost prilikom skladištenja bala.

Dakle, kada se sve opisano uzme u obzir, ako gospodarstvo može osigurati početni kapital za nabavku stroja za baliranje i omatanje, uz primjenu ovog postupka podizanjem proizvodnje i kvalitete mlijeka i mesa osigurat će si konkurentnost na tržištu, a time i dugoročnu isplativost u vidu povećanja profita. U skladu s tim, možemo zaključiti kako je postupak spremanja kukuruzne silaže u bale omotane plastičnom folijom prikladan i poželjan za uzgajivače goveda na području Republike Hrvatske.

7. Popis literature

1. Adesogan, A. T., Newman, Y. C. (2014). Silage Harvesting, Storing and Feeding. University of Florida. EDIS 2018.
<https://edis.ifas.ufl.edu/ag180> – pristup: 21.6.2020.
2. Agronic (2019). Balers For Short Materials. Agronic 2019.
<https://www.agronic.fi/balers-for-short-materials/> – pristup: 23.8.2020.
3. Antov, G., Čobić, T., Antov, A., (2004): Siliranje i silaže. Sveučilišni udžbenik. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad
4. Bates, G. (1998). Corn Silage. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee, Knoxville.
5. Bernardes, T. F., Chizzotti, F. H. M. (2012). Technological innovations in silage production and utilization. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 13(3): 629-641.
6. Bernardes, T. F., Daniel, J., Adesogan, A. T., McAllister, T. A., Drouin, P., Nussio, L. G., Huhtanen, P., Tremblay, G. F., Bélanger, G. i Cai, Y. (2018). Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of dairy science*, 101(5): 4001–4019.
7. Bisaglia, C., Tabacco, E., Borreani, G. (2011). The use of plastic film instead of netting when tying round bales for wrapped baled silage. *Biosystems engineering*, 108(1): 1-8.
8. Borreani, G., Bisaglia, C., Tabacco, E. (2007). Effects of a new-concept wrapping system on alfalfa round-bale silage. *Transactions of the ASABE*, 50(3): 781-787.
9. Borreani, G., Ferrero, F., Tabacco, E. (2019). Baled silage management. VI International Symposium on Forage Quality and Conservation. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, str. 219-246.
10. Buss, J. Hopkins, A. (2005). Silage decisions factsheet: Silage Wrap. Proceedings of the XIV International Silage Conference.
11. Chamberlain, T. (2016). Baleage and Bale Wrap Film Questions and Answers. SILOSTOP 2016.
<https://www.centerracoop.com/wp-content/uploads/2016/12/Bale-Wrap-QAv3-2016-web.pdf> – pristup: 23.6.2020.
12. Coblenz, W. K. Akins, M. S. (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4075–4092.
13. Coblenz, W. K. Hoffman, P. C. (2010). Effects of spontaneous heating on estimates of TDN for alfalfa-orchardgrass hays packaged in large-round bales. *Journal of dairy science*, 93(7): 3377-3389.
14. Coblenz, W. K., Ogden, R. K., Akins, M. S. Chow, E. A. (2016). Storage characteristics, nutritive value, and fermentation characteristics of large, round bales of alfalfa–mixed grass forage wrapped with different layers of stretch film. *The Professional Animal Scientist*, 32(6): 805-815.

15. Čobić, T. (2004). Kukuruzna silaža – neophodno hranivo u ishrani preživara. Poljoprivredni list, br. 29, online izdanje.
http://www.poljoberza.net/br29_3.aspx – pristup: 18.6.2020.
16. Čobić, T., Bačvanski, S., Vučetić, S. (1984). Proizvodnja i korišćenje silaže u ishrani stoke. Nolit, Beograd.
17. Direct Industry (2020). Orkel MC-850. DIRECT INDUSTRY 2020.
<https://pdf.directindustry.com/pdf/orkel/mc-850/98871-541769.html> – pristup: 23.8.2020.
18. Dundović, D. (2015). Tehnika spremanja sjenaže na farmi tovne junadi Simental – Commerce d.o.o. Završni rad. Sveučilište u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
19. Dundović, D. (2017). Organizacija transportnih radova u proizvodnji stočne hrane na farmi Simental – Commerce d.o.o, diplomski rad. Sveučilište u Osijeku, Poljoprivredni fakultet. Osijek.
20. El Omari, J. (2018). Zašto su bale omotane folijom najbolje rješenje. Agroklub, poljoprivredni portal.
<https://www.agroklub.com/stocarstvo/zasto-su-bale-omotane-folijom-najbolje-rijesenje/44357/> – pristup: 20.7.2020.
21. Emerald X (2020). NFC and Sensor Based Solution Brings Intelligence to Cattle Feed Forage. RFID Journal 2020.
<https://www.rfidjournal.com/subscribe?limit=exhaust&usertype=guest> – pristup: 23.8.2020.
22. Galić, I. (2018). Sistemi prikupljanja kukuruzovine za potrebe proizvodnje energije, završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb.
23. Garces-Yépez, P., Cromwell, R., Kunkle, W. E., Bates, D. Chambliss, C. (2001). Effect of delayed wrapping on bermudagrass ensiled in round bales wrapped with plastic. Beff Research Reports. Department of Animal Science, University of Florida, Gainesville.
24. Göweil Maschinenbau (2020). Göweil Product World. GmbH 2020.
<https://www.goeweil.com/en/product-world/> – pristup: 20.8.2020.
25. Grbeša D. (2016). Hranidbena svojstva kukuruza. BC Institut d.d., Zagreb. str. 91-98.
26. Harris Jr., B. (1984). Harvesting, storing and feeding silage to dairy cattle. Feeding and nutrition, 565(1): 1-9. University of Florida. Gainesville, Florida.
27. Henning, J. C., Collins, M., Ditsch, D. i Lacefield, G. D. (1998). Baling Forage Crops for Silage. University of Kentucky, AGR-173. Lexington, Kentucky.
28. Hersom, M. Kunkle, W. E. (2014). Harvesting, storing, and feeding forages as round bale silage. Publication #AN145. University of Florida IFAS Extension. Gainesville, Florida.
29. Hrgović, S. (2007). Osnove agrotehnike proizvodnje kukuruza. Glasnik zaštite bilja, 3(1): 48-61.
30. Hustler (2017). Which is better? Baling silage or putting silage in a stack. Hustler Equipment Sales.

- <https://blog.hustlerequipment.com/blog-en/pit-clamp-silage-vs-baled-silage-balage>
– pristup: 18.6.2020.
31. IHI Agri-Tech Corporation (2017). Agricultural Machinery. IHI Corporation 2017.
https://www.ihico.jp/en/products/industrial_general_machine/agricultural_machinery/ – pristup: 22.8.2020.
32. Jennings, J. A. (2011). Baled silage for livestock. #FSA3051-PD-4–11RV. University of Arkansas Cooperative Extension Service, Little Rock, AR.
33. Keller, T., Nonn, H. Jeroch, H. (1998). The effect of sealing and of additives on the fermentation characteristics and mould and yeast counts in stretch film wrapped big-bale lucerne silage. Archives of Animal Nutrition, 51(1): 63-75.
34. Kiš, M., Furmeg, S., Jaki Tkalec, V., Sokolović, J., Sokolić, K. Cvetnić, Ž. (2019). Rasprostranjenost i kontrola bakterije *Listeria monocytogenes* u proizvodnji hrane. Veterinarska stanica, 50(6): 523-530.
35. Lely (2020). Variable-chamber balers. LELY WELGER 2020.
https://www.lely.com/media/filer_public/53/96/53966f81-4105-4a06-90d0-fb63a16a4a38/ipad_ley_welger_variable_lhqb04316a_en.pdf – pristup: 2.9.2020.
36. Leto, J. (2015). Spremanje silaže. Gospodarski list, online izdanje
<https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-krmno-bilje/prilog-broja-spremanje-silaze/>
– pristup: 11.6.2020.
37. Lisibach Maschinenbau (2020). Maize Baler With Filling System. LISIBACH MASCHINENBAU AG 2020.
<https://www.lisibach-mb.ch/en/maize-baler-with-filling-system/> – pristup: 22.8.2020.
38. Majkovčan, I. (2012). Proizvodnja energije anaerobnom fermentacijom različitih konzerviranih biomasa, postdiplomski specijalistički rad. Sveučilište u Osijeku, Osijek.
39. Marjanović, D. (2017). Spremanje sijena u agro-stretch folije. Agronomija.info 2017.
<https://www.agronomija.info/ratarstvo/spremanje-sijena-u-agro-stretch-folije> – pristup: 14.7.2020.
40. McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications. Marlow, Buckinghamshire.
41. Moshtaghi Nia, S. A. Wittenburg, K. M. (2000). Effect of delayed wrapping on preservation and quality of whole crop barley forage ensiled as large bales. Canadian Journal of Animal Science, 80(1): 145-151.
42. Orehovački, V., Barać, Z., Kvaternjak, I., Stručić, D. Poljak, F. (2013). Utjecaj klimatskih uvjeta na kvalitetu kukuruzne silaže u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske. Zbornik radova 48. hrvatskog i 8. međunarodnog simpozija agronoma, Dubrovnik, str. 780-784.
43. Orkel (2020). The benefits of baling with Orkel compactors. Orkel 2020.
<https://www.orkel.com/> – pristup: 20.8.2020.

- <https://www.orkel.com/news/how-to-increase-milk-production/> – pristup: 31.8.2020.
44. Padro, D. (2015). Strojevi za spremanje sijena i zelene krme. Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za stručnu podršku razvoju poljoprivrede i ribarstva. <https://www.savjetodavna.hr/2015/06/08/strojevi-za-spremanje-sijena-i-zelene-krme/> – pristup: 11.8.2020.
45. Prša, M. (1962). Mikrobiološki procesi u toku siliranja krmiva, te primjena čistih kultura bakterija mliječno-kiselog vrenja. Agronomski glasnik, 12(1-2): 107-111. Zagreb.
46. Quality Silage (2020). Silage in bales. Lallemand Animal Nutrition, online priručnik <https://qualitysilage.com/make-quality-silage/storing/silage-in-bales/> – pristup: 4.8.2020.
47. Rotz, C.A., Ford, S.A. Buckmaster, D.R. (2003). Silages in farming systems U: Silage Science and Technology. Agronomy Monograph No. 42, American Society of Agronomy, Madison, USA, str. 505-546.
48. Rotz, C. A. Muck, R. E. (1994). Changes in forage quality during harvest and storage. Forage quality, evaluation, and utilization, str. 828-868.
49. Savoie, P. Jofriet, J. C. (2003). Silage Storage. Agronomy Monograph, 42(1): 405-467.
50. Show Me Shortline (2016). In line and Single Bale wrapping. Show Me Shortline Blog 2016. <http://www.showmeshortlineblog.com/blog/in-line-and-single-bale-wrapping#> – pristup: 11.7.2020.
51. Snell, H. G. J., Oberndorfer, C., Lücke, W. Van den Weghe, H. F. A. (2003). Effects of polyethylene colour and thickness on grass silage quality. Grass and Forage Science, 58(3): 239-248.
52. Takakita (2019). Round baler for chopped material. Takakita Agricultural machinery manufacturing and sales, 2019. http://www.takakita-net.co.jp/english/products/forage/mr/index.html?fbclid=IwAR21qw97JQHhiSNgw_c4_uVNfp3ymEXQm7Ti-zaprNMNlrEKwXPzkTkKvo#top – pristup: 2.9.2020.
53. Vough, L. R. Glick, I. (1993). Round bale silage. Silage production from seed to animal, str. 117-123.
54. Vranić, M. (2007). Konzerviranje krme. Proizvodnja silaže. Interna skripta za studente. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
55. Vranić, M., Bošnjak, K., Čačić, I. (2018a). Zatvaranje horizontalnog silosa – postoji li alternativa plastičnoj foliji? Krmiva, 60(2): 97-106.
56. Vranić, M., Bošnjak, K., Lukšić, B., Čačić, I. Šebalj, G. (2018b). Utjecaj duljine provenjavanja na hranidbenu vrijednost fermentirane krme poluprirodnog travnjaka. Krmiva, 60(1): 43-50.
57. Vranić, M., Knežević, M., Perčulja, G., Leto, J., Bošnjak, K. Rupić, I. (2004). Kvaliteta travne silaže na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. Mljekarstvo, 54(3): 165-174.

58. Vranić, M., Perčulija, G., Bošnjak, K., Leto, J., Kutnjak, H., Vnučec, I. Hajredini, P. (2011). Dodatak kukuruzne silaže travnoj silaži povećava iskoristivost dušika u hranidbi kastriranih ovnova. *Stočarstvo*, 3(1): 189-199.
59. Webblin Agriculture Limited (2020). Goweil Bale Press. WEBBLIN 2020.
<https://www.webblin.co.nz/agriculture/new-machinery/maize-baler/goweil-bale-press> – pristup: 20.8.2020.
60. Wilkinson, J. M., Bolsen, K. K. Lin., C. J. (2003). History of silage. *Silage Science and Tehnology*, 42(1): 1-30.

Popis tablica

Tablica 2.1. Proces fermentacije kod silaže kukuruza	10
Tablica 3.1. Posljedica zagrijavanja uzrokovanog odgađanjem omatanja bala	20
Tablica 4.1. Tehničke karakteristike Göweil G1015	26
Tablica 4.2. Specifikacije Star TSW2020	31
Tablica 4.3. Tehničke karakteristike preša MVA serije	32
Tablica 4.4. Rezultati u prvoj fazi testiranja količine i kvalitete proizvedenog mlijeka	33
Tablica 4.5. Rezultati u drugoj fazi testiranja količine i kvalitete proizvedenog mlijeka	33
Tablica 4.6. Karakteristike Orkel preša	34

Popis ilustracija

Popis grafikona	
Grafikon 2.1. Postotni udjel u neto energiji silaže Bc 678	6
Grafikon 5.1 Usporedba udjela suhe tvari u horizontalnim silosima i balama omotanim plastičnom folijom proizvedenih LT-Master prešom	42
Grafikon 5.2. Rezultati istraživanja u Nizozemskoj 2012./2013. – usporedba proizvodnje i kvalitete mlijeka uslijed konzumacije silaže iz bunker silosa i bala omotanih plastičnom folijom	42
Popis slika	
Slika 2.1. Košnja talijanskog ljulja	4
Slika 2.2. Silaža lucerne	5
Slika 2.3. Usitnjena biljka kukuruza	7
Slika 2.4. Vertikalni silosi (silo-tornjevi)	14
Slika 2.5. Horizontalni silos prekriven plastikom i gumama	14
Slika 2.6. Spremanje silaže u plastična crijeva	15
Slika 2.7. Spremanje silaže u plastične vreće	15
Slika 3.1. Individualno omotane bale	16
Slika 3.2. Kontinuirano omotane bale	17
Slika 3.3. Proizvodnja okruglih (valjkastih) bala	19
Slika 3.4. Usitnjavanje kukuruza silažnim kombajnom	23
Slika 3.5. Jednofazna tehnika baliranja kukuruzne silaže	23

Slika 4.1. Lely Welger RP 160 V rolo balirka	24
Slika 4.2. Takakita MR-820 preša za silažu	25
Slika 4.3. Göweil G1015 omotač rolo bala	26
Slika 4.4. Agronic Multibaler 1220 preša i omotač za silažne bale	28
Slika 4.5. Agronic Multibaler 820 preša i omotač za silažne bale	28
Slika 4.6. Göweil LT-Master preša i omotač za silažne bale	29
Slika 4.7. Star TSW2020 preša i omotač za silažne bale	31
Slika 4.8. MVA 1250 preša i omotač za silažne bale	32
Slika 4.9. Orkel MP2000 preša i omotač za silažne bale	34
Slika 4.10. Orkel MC850 preša i omotač za silažne bale	35
Slika 4.11. Orkel Dens-X preša i omotač za silažne bale	36
Slika 4.12. Razlike u dimenzijama bala između Orkel modela	36
Slika 4.13. Očitavanje podataka preko RFID naljepnice	37
Slika 4.14. Shematski prikaz rada Orkel RFID sustava	38

Životopis

Ivan Galić rođen je 10. travnja 1997. godine u Mostaru. Osnovnu školu pohađao je u Sovićima u Bosni i Hercegovini (OŠ fra Stipana Vrljića), a 2011. upisao je smjer Opća gimnazija u Gimnaziji dr. Mate Ujevića u Imotskom.

Srednju školu završio je 2015. godine i iste godine upisao je preddiplomski studij Poljoprivredne tehnike na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Po završetku preddiplomskog studija 2018. godine nastavio je obrazovanje na Agronomskom fakultetu upisavši diplomski studij Poljoprivredna mehanizacija.

Materinji jezik mu je hrvatski, a od drugih jezika aktivno se služi engleskim jezikom (razumijevanje, govor i pisanje – B1 razina), dok se njemačkim služi na A2 razini. Aktivno i samostalno se služi MS Office paketom.