

Silvopastoralni sustavi s voćnim vrstama i stokom

Bosch, Naomi

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:204:798786>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-12**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**SILVOPASTORALNI SUSTAVI S VOĆNIM VRSTAMA I
STOKOM**

DIPLOMSKI RAD

Naomi Bosch

Zagreb, kolovoz, 2023.
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

SILVOPASTORALNI SUSTAVI S VOĆNIM VRSTAMA I STOKOM

DIPLOMSKI RAD

Naomi Bosch

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta

Zagreb, kolovoz, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Naomi Bosch**, JMBAG 1911997035018, rođena 19.11.1997. u Lauf a.d. Pegnitz, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

SILVOPASTORALNI SUSTAVI S VOĆNIM VRSTAMA I STOKOM

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

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Naomi Bosch**, JMBAG 1911997035018, naslova

SILVOPASTORALNI SUSTAVI S VOĆNIM VRSTAMA I STOKOM

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta mentor

2. prof. dr. sc. Miljenko Konjačić član

3. doc. dr. sc. Jelena Gadže član

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj mentorici prof. izv. prof. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta na izvrsnoj suradnji i podršci. Također, zahvaljujem svojoj obitelji što me uvijek podržavala na ovom akademskom putovanju te prijateljima na interesu i zanimljivim diskusijama o važnim temama budućnosti.

Sadržaj

1.	Uvod	1
1.1.	Cilj rada	2
2.	Razrada literature	3
3.	Definicije pojmova	9
3.1.	Agrošumarstvo	9
3.2.	Silvopastoralni sustav	10
3.2.1.	Silvopastoralni sustavi prema primarnom proizvodu (voće, meso, mlijeko, drvo, usluge ekosustava)	11
4.	Pregled silvopastoralnih sustava u vremenskom i geografskom kontekstu	13
4.1.	Tradicionalni silvopastoralni sustavi	13
4.2.	Moderni silvopastoralni sustavi	16
5.	Prednosti i nedostaci silvopastoralnih sustava	18
5.1.	Ekološke prednosti	18
5.2.	Ekonomске prednosti	19
5.3.	Sociološke prednosti	21
5.4.	Potencijalni nedostaci	21
6.	Upravljanje silvopastoralnim sustavom	23
6.1.	Podizanje i dizajn silvopastoralnog sustava	23
6.2.	Udržavanje silvopastoralnog sustava	25
6.3.	Preporuke biljnih i životinjskih vrsta za silvopastoralni sustav u Hrvatskoj	26
7.	Zaključak	30
8.	Popis literature	31
	Životopis	38

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Naomi Bosch**, naslova

SILVOPASTORALNI SUSTAVI S VOĆNIM VRSTAMA I STOKOM

Silvopastoralni sustavi su oblik poljoprivredne proizvodnje gdje se kombiniraju drveće, krmno bilje i životinje na istom mjestu. Na temelju literature, donosi se pregled dosadašnjih saznanja o silvopastoralnim sustavima s voćnim vrstama i domaćim životinjama. Tradicionalni silvopastoralni sustavi često se napuštaju, no postaju češći njihovi moderni oblici. Istraživanja sugeriraju da silvopastoralni sustavi pridonose očuvanju bioraznolikosti i kvaliteti vode i tla, smanjuju gubitak hranjivih tvari i eroziju tla kao i rizik od požara te povećavaju sekvestraciju ugljika. Uz to, pridonose očuvanju tradicionalne kulturne baštine te dobrobiti i produktivnosti domaćih životinja. Nedostatci uključuju visoko početno ulaganje, mogućnost oštećenja drveća od strane životinja te poteškoće s mehanizacijom. Donose se smjernice za podizanje i održavanje silvopastoralnog sustava. Potrebno je provesti dodatna istraživanja o dugoročnoj održivosti ovakvih sustava te educirati o njihovom potencijalu.

Ključne riječi: agrošumarstvo, agroekologija, voćarstvo, ovčarstvo

Summary

Of the master's thesis – student **Naomi Bosch**, entitled

SILVOPASTORAL SYSTEMS WITH FRUIT TREES AND LIVESTOCK

Silvopastoral systems are a form of agriculture where trees, forage plants and animals are combined in the same place. Based on the literature, an overview of current knowledge on silvopastoral systems with fruit trees and livestock is presented. Traditional silvopastoral systems are often abandoned, but their modern forms are becoming more common. Research suggests that silvopastoralism contributes to the preservation of biodiversity and water and soil quality, reduce nutrient loss, soil erosion and fire risk, and increase carbon sequestration. They also help preserve traditional cultural heritage and the well-being and productivity of livestock. Disadvantages include high initial investment, possible damage to trees by cattle, and difficulties with mechanization. Guidelines for raising and maintaining a silvopastoral system are presented. It is necessary to conduct additional research on the long-term sustainability of such systems as well as to educate about their potential.

Keywords: agroforestry, agroecology, orchard, sheep farming

1. Uvod

Kombinirano gospodarenje usjevima ili životinjama s drvećem poznatiji kao agrošumarski sustavi mogu omogućiti brojne ekološke koristi poput održivog rješenja za degradirana zemljišta, sekvestraciju ugljika i očuvanje bioraznolikosti, ali i brojne ekonomske i sociološke koristi. U takve sustave spadaju i silvopastoralni sustavi koji kombiniraju uzgoj drvenastih trajnica te domaćih životinja na istom mjestu. Obično uključuju sustave pašnjaka na kojima se nalaze stabla, široko razmaknuta, u redovima ili u skupinama po pašnjaku. Primjenjuju se širom svijeta te im se, nakon razdoblja smanjene primjene, ponovo posvećuje veća pažnja, u praksi jednako kao i u znanosti.

Iako se prvenstveno koriste za pružanje skloništa životinjama za proizvodnju mesa te za proizvodnju drva, u slučaju korištenja voćnih kultura mogu se iskoristiti i za uzgoj voća radi ploda. Taj oblik agrošumarstva još je relativno rijetko obrađivan u znanstvenoj literaturi, a poznat je i pod nazivom *high value tree agroforestry* ili agrošumarstvo visoko vrijednog drveća. Uz poznate ekološke, ekonomske i sociološke prednosti silvopastoralnih sustava (npr. smanjen gubitak hranjivih tvari iz tla, povećanje plodnosti tla, očuvanje prirodnih resursa i bioraznolikosti, diverzifikacija prihoda, smanjena potreba za mehanizacijom, povećana produktivnost domaćih životinja, stvaranje novih radnih mjesta u ruralnim područjima, očuvanje tradicionalne kulturne baštine...), ovakav oblik agrošumarstva omogućuje održiv uzgoj voća i maslina. Radi aktualnog globalnog zatopljenja, uzgoj drvenastih trajnica vrlo vjerojatno će dobiti na značaju jer su stabla bolje prilagođena globalnom zatopljenju te su primjerice otpornija na sve češće suše (Leakey, 2010; Nguyen i sur., 2013). Prema istraživanjima, sekvestracija ugljika bi se kroz agrošumarske prakse mogla povećati s 2,2 na 90 do 150 tona ugljika po hektaru na potencijalnoj površini od 900 milijuna hektara u svijetu (World Agroforestry Centre, 2007).

U prošlosti su ovakvi ekstenzivni silvopastoralni sustavi bili vrlo raspostranjeni (npr. *dehesa* u Španjolskoj, *montado* u Portugalu, *pré-verger* Francuskoj, *Streuobst* u Njemačkoj (Herzog, 1998; Nerlich i sur., 2013; Papanastasis i sur., 2009)), dok danas (slika 1) u promijenjenom obliku ponovo dobivaju na značaju. Tako primjerice postoje primjeri modernih voćnjaka jabuke uz istovremenu ispašu ovaca u Ujedinjenome Kraljevstvu, kombiniranog uzgoja maslina, žitarica i vinove loze uz povremenu ispašu ovaca u Grčkoj, plantaže oraha uz ispašu ovaca u Španjolskoj te sustave plantaža kestena uz uzgoj svinja u Španjolskoj (Pantera i sur., 2018). Ovakvi silvopastoralni sustavi mogu biti u komercijalnoj funkciji dok istovremeno pružaju razne ekološke i društvene prednosti.

U ovom radu daje se pregled silvopastoralnih sustava u vremenskom i geografskom kontekstu te se opisuju spoznaje o njihovim ekološkim, ekonomskim i sociološkim prednostima te potencijalnim nedostacima. Opisuju se dosadašnja saznanja o podizanju i upravljanju silvopastoralnim sustavom uz uzgoj voća i domaćih životinja te se daju preporuke za odabir voćnih vrsta za silvopastoralni sustav u Hrvatskoj.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je prikazati dosadašnje spoznaje o silvopastoralnim sustavima koji uključuje drvenaste trajnice poput voćnih vrsta uz istovremeni uzgoj domaćih životinja. Naglasak proučene literature je na europskim izvorima, a cilj je i, na temelju proučene literature, dati smjernice i preporuke za podizanje silvopastoralnog sustava prilagođenog hrvatskim uvjetima.

Ovaj rad se temelji na analizi objavljenih rezultata znanstvenih i primijenjenih istraživanja te sekundarnih izvora literature iz područja primjene silvopastoralnih sustava i njihovih djelovanja na okoliš kao element u krajobrazu, utjecaj na lokalnu sredinu u gospodarskom i sociološkom smislu te potencijal prema povećanju održivosti poljoprivrede.



Slika 1. Tradicionalni *Streuobst* voćnjak jabuke uz ispašu ovaca, Warmbronn, Njemačka
Izvor: Bosch, 2023.

2. Razrada literature

Kako bi se postigla cjelovita slika u analizi obrađene teme, u literaturu su uvršteni i radovi o agrošumarstvu kao širem pojmu pod koji, među ostalim, spada i silvopastoralni sustav. Agrošumarstvo tradicionalno se primjenjuje širem svijeta (Cubbage i sur., 2012), no radi klimatskih razlika među regijama svijeta, od posebnog značaja za ovaj rad su istraživanja provedena u Europi, posebice u umjerenom klimatskom pojasu.

Rad autora Nerlich i sur. (2013) nudi opširan opis povijesti i modernog razvoja agrošumarskih praksi u Europi, s posebnim naglaskom na iskustvima u Njemačkoj. Autori sistematski opisuju tradicionalne agrošumarske sustave u Europi te definiraju različite oblike agrošumarstva (Tablica 1). Predstavljaju tradicionalne nazive i specifične kombinacije biljaka i životinja za svaki agrošumarski sustav prema klimatskim regijama u Europi te navode u kojim državama su bile ili i dalje jesu u primjeni. Objašnjavaju zašto su nestali u tijeku modernizacije i uvođenja intenzivne poljoprivrede te zašto sada ponovo doživljavaju povećani interes (Reeg i sur., 2008). Razlozi za oživljavanje interesa za agrošumarstvo su mnogostruki: agrošumarstvo ima potencijal da riješi važne ekološke probleme, posebice one vezane za bioraznolikost, dok istovremeno omogućava proizvodnju hrane, šumarskih proizvoda i hrane za domaće životinje. Nerlich i sur. (2013) objašnjavaju zašto su poljoprivrednici kritični prema agrošumarstvu. Prema Reeg (2011), postoje brojne prepreke zašto poljoprivrednici nisu spremni prihvatiti i uvesti agrošumarstvo u svoju praksu; među najvažnijim, to su njihovi konzervativni stavovi i nespremnost na rizik koji ih vežu za poznate prakse te relativno visoka početna investicija za podizanje agrošumskog nasada. Unatoč tome, Fernandez Lorenzo i sur. (2016) zaključili su da, iako početna investicija za silvopastoralni sustav je veća od čistog šumarskog ili pašnjačkog sustava, produktivnost gledana kroz razdoblje od 30 godina u silvopastoralnom sustavu veća je za 17% od pašnjaka i za 53% od šume. Nerlich i sur. (2013) stoga tvrde kako će agrošumarstvo u budućnosti postajati sve važnije, kako iz ekonomske, tako i iz ekološke perspektive. Kako bi to potkrijepili, autori za kraj donose rezultate istraživanja provedenog na jugozapadu Njemačke, gdje su bili uspoređeni tradicionalni usjevi žitarica s agrošumskim sustavom sastavljenog od različitih drvenastih trajnica, drveća za biomasu i žitarica (DBU, 2010). U oba sustava mjerena su količina otjecanja dušika i fosfora te udio organske tvari u tlu. Gubitak fosfora odnosno dušika u agrošumarskom sustavu bio je manji za 81% odnosno 78%, a ukupni gubitak hranjivih tvari bio je smanjen otprilike za 90% u odnosu na tradicionalni poljoprivredni sustav. Također, udio organske tvari u agrošumskom sustavu bio je 15% veći nego u tradicionalnom sustavu. Nerlich i sur. (2013) zaključuju kako je potrebno više istraživanja na ovu temu te kako bi poljoprivrednici trebali biti bolje upoznati s potencijalnim prednostima agrošumarstva.

Cubbage i sur. (2012) u svom radu uspoređuju silvopastoralne sustave i perspektive u osam različitih regija svijeta. S obzirom da niti jedna regija nije locirana u Europi, rezultati ovog rada manje su primjenjivi za silvopastoralne sustave u hrvatskom odnosno europskom kontekstu. Ipak, pojedini primjeri u ovom radu locirani su u sličnim klimatskim uvjetima te

stoga mogu poslužiti kao inspiracija i za lokalne silvopastoralne sustave. Zanimljiv uvid daje i odlomak o prednostima i nedostacima silvopastoralnih sustava u pojedinim regijama. Prema autorima, prednosti prevladavaju te zaključuju da silvopastoralni sustavi nude brojne ekonomske, sociološke i ekološke dobrobiti. Ovdje predstavljeni primjeri mogu poslužiti kao uspješni primjeri dobre prakse i kao pokazatelji kako postoji jasan trend prema aktivnom uvođenju agrošumarstva u poljoprivredu, za razliku od tradicionalnih silvopastoralnih sustava koji su često postojali slučajno, bez aktivnog upravljanja od strane čovjeka.

Jose i sur. (2019) proučili su silvopastoralne sustave primarno iz ekološke perspektive. S obzirom na to da se radi o kompleksnom multifunkcionalnom i raznolikom ekosustavu, upravljanje silvopastoralnim sustavom kompleksnije je od klasičnog stočarstva ili poljoprivrede. Naglasak u ovom radu je na optimizaciji prostornih, vremenskih i fizičkih resursa kako bi se maksimizirale pozitivne interakcije i minimizirale negativne interakcije (kompeticija). Pitanje vodilja je kako temeljne ekološke principe prisutne u kompleksnim prirodnim sustavima primijeniti na silvopastoralne sustave. Principi su sljedeći:

1. Ekosustavi su vremenski i prostorni heterogeni; primijenjeno na silvopastoralne sustave, to bi značilo da odabir biljaka treba učiniti na način da se ne natječu za iste resurse u tlu ili za svjetlost i da se može iskoristiti hlad ispod drveća za dobrobit i produktivnost domaćih životinja (Mitlöchner i sur., 2001).

2. Trajnost (*perennialism*) je najčešće prirodno stanje; drvenaste trajnice kao komponente šumskog pašnjaka mogu poboljšati kvalitetu krmnog bilja ukoliko se prilagodi gustoća i raspored drveća te rotacijski plan ispaše domaćih životinja, dok interakcije svih komponenti mogu imati pozitivan utjecaj na tlo (npr. smanjena je zbijenost tla).

3. Strukturna i funkcionalna raznolikost bitne su stavke za uspjeh ekosustava; silvopastoralni sustavi kao vrlo raznoliki agroekosustavi pokazuju smanjen gubitak hranjivih tvari i povećanu apsorpciju veterinarskih antibiotika u tlu kao posljedica povećane mikrobiaraznolikosti u tlu, što sprječava ulazak antibiotika u podzemne vode.

4. Promjena tj. smetnja (*disturbance*) jedna je od primarnih sila koje oblikuju strukturu i funkciju ekosustava; jedan od načina kako se ovaj princip može primijeniti u silvopastoralnom sustavu jest kroz mjestimično uklanjanje ili orezivanje stabala kako bi dospjelo više svjetlosti do dna jer je druga vodeća funkcija u silvopastoralnim sustavima ispaša životinja.

Pri tome ističu kako silvopastoralni sustavi istovremeno ciljaju na ekološke usluge (poboljšanje kvalitete tla, kruženje tvari, sekvencijacija ugljika, pružanje skloništa, hlada i hrane za životinje (Jose (2009), Lin (2010) Udawatta i Jose (2011) Orefice i sur., (2017)) kao i na ekonomske parametre (generiranje prihoda, diverzifikacija i veći potencijalni povrat na investiciju).

Rigueiro-Rodríguez i sur. (2010) u svom radu daju pregled povijesti silvopastoralnih sustava i objašnjavaju zašto su u zadnjim desetljećima postajali sve rjeđi u Europi (EC, 2006). Ističu njihove ekonomske, ekološke i sociološke prednosti, s naglaskom na prednostima za bioraznolikost (osobito na ptice i domaće životinje). Prema autorima, prednosti

silvopastoralnih sustava postižu se kroz očuvanje tradicionalnih, često ugroženih pasmina domaćih životinja, heterogene mikro-ekosustave, povezivanje šume i poljoprivrednih površina te kroz sprječavanje požara. Autori zaključuju s pregledom aktualnih mogućnosti poticaja za silvopastoralne sustave u političkom kontekstu.

U znanstvenoj zajednici trenutno ne postoji konsenzus oko hipoteze da agrošumarstvo povećava bioraznolikost. Mupepele i sur. (2021) napravili su meta analizu istraživanja o utjecaju agrošumarstva na bioraznolikost provedenih između 1991. i 2019. godine. Njihovi rezultati ukazuju na to da silvopastoralni sustavi nisu raznolikiji u odnosu na šume, pašnjake i zapuštene pašnjake. Međutim, ukazuju i na to da agropastoralni sustavi povećavaju bioraznolikost u odnosu na poljoprivredne površine za 60%. Pogled na različite grupe živih organizama ukazuje na to da se bioraznolikost ptica i artropoda povećava, dok broj vrsta šišmiša, biljaka i gljiva ne raste u agrošumskim sustavima. Autori zaključuju da ne postoji ujedinjeno mišljenje o hipotezi da agrošumarstvo povećava bioraznolikost te da razni radovi nekada dolaze do suprotnih rezultata. Ukazuju na to da pri mjerenju bioraznolikosti treba uzeti u obzir i druge varijable kao što su parametri krajolika i povijesti uporabe zemlje.

Kao odgovor na Mupepele i sur. (2021), Boinot i sur. (2022) napisali su kritiku u kojoj ističu slabe točke meta analize. Ističu kako su Mupepele i sur. (2021) izuzeli u Europi vrlo raširene oblike agrošumarstva kao što su vjetrobrani i obalne vegetacijske zone, uključeni i u nedavno proveden istraživački projekt AGFORWARD (Burgess i Rosati, 2018). Nadalje kritiziraju studije koje su uključene u meta analizu jer relativno velik broj nema odgovarajuću kontrolnu studiju. Problem rada Mupepele i sur. (2021) leži i u činjenici što su pod bioraznolikost ubrojili isključivo broj različitih vrsta, a ne primjerice i količinu organizama (*abundance*) ili broj zaštićenih i ugroženih vrsta, što su važne informacije iz perspektive zaštite prirode. Boinot i sur. (2022) nadalje navode nekoliko radova koji ukazuju na znatno veću količinu organizama u agrošumskim sustavima (npr. (Gallé i sur., 2017; Rösch i sur., 2019; Varah, 2015)). Kao i Mupepele i sur. (2021), Boinot i sur. (2022) zaključuju da treba uzeti u obzir i parametre krajolika i povijest uporabe zemlje te nadodaju varijable poput gustoće i raznolikosti drveća, grmlja i jednogodišnjih vrsta, njihovu starost i način upravljanja sustavom, poljoprivredne prakse itd. S obzirom da agrošumski sustavi zahtijevaju nekoliko godina do nekoliko desetljeća kako bi postigli ekološki klimaks, još nije moguće donijeti konačne zaključke o pozitivnom utjecaju agrošumarstva na bioraznolikosti, iako postoje pozitivni primjeri istraživanja koji na to ukazuju.

Jedna od prepreka pri uvođenju agrošumarstva u poljoprivrednu praksu je neprihvatanje od strane poljoprivrednika. Graves i sur. (2017) proveli su detaljne intervjue s 15 poljoprivrednika u Engleskoj. Saznali su da većina poljoprivrednika smatra kako agrošumski sustavi ne bi bili ekonomski isplativi već bi samo imali ekološke ili sociološke prednosti. Kao problem kod uvođenja drveća na svoje površine naveli su uporabu mehanizacije i drenaže te nesigurnost oko povrata na investiciju u drveće. Također su izjasnili zabrinutost oko smanjenja uroda. Agrošumski sustav uvelo bi 20% poljoprivrednika ako bi bili uvjereni u ekonomsku profitabilnost u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu. Još 20% bi uveli agrošumarstvo na

iznajmljenom zemljištu ako bi zauzvrat bio smanjen najam zemljišta radi smanjenog uroda. Rezultati ukazuju na to da su poljoprivrednici skeptični oko ekonomskih prednosti agrošumarstva te da su im potrebni dokazi o isplativosti takvog sistema.

Pantera i sur. (2018) istražili su agrošumske sustave kojima je fokus visoko vrijedno drveće kao što su voćke (za razliku od većine agrošumskih projekata gdje je naglasak na uključivanju drveća na ratarske površine). Sustav u kojem je naglasak na proizvodima drveća definiraju kao *high value tree agroforestry* (agrošumarstvo visoko vrijednog drveća). Smatraju kako takvi sustavi mogu donijeti ekonomske i ekološke prednosti (EC, 2006), a to su potkrijepili kroz deset primjera prakse na raznim lokacijama u Europi. Za svaki primjer, donose njegove komponente, strukturu, usluge ekosustava i ekonomsku vrijednost. Primjeri se razlikuju ne samo po sastavnicama (različite vrste biljaka i životinja te različite gustoće), nego i po vremenskoj komponenti (u nekim sustavima, životinje su prisutne tijekom cijele godine, u nekima samo u dijelu godine). Glavni izvor prihoda ovakvih sustava su prodaja voća odnosno maslinovog ulja u slučaju maslinika, dok su proizvodi od životinja na ispaši manjeg značaja. Pošto drveće stvara sjenu, postoji kompeticija za svjetlost koja se međutim može minimizirati rezidbom. Drugi potencijalni problem koji je identificiran u ovom radu je oštećenje drveća od strane životinja; u tu svrhu potrebno je identificirati pasmine koje ne nanose štetu odnosno prilagoditi broj životinja po jedinici površine. Autori navode dobivene usluge i proizvode za svaki agrošumski sustav: uz poljoprivredne i šumarske proizvode, navode regulacijsku ulogu (hladovina za životinje, mikroklima za usjeve, regulacija nametnika i bolesti, pročišćavanje vode, sekvestracija ugljika, efikasnije kruženje tvari, zaštita od erozije i kulturološke usluge kao što su rekreacija, estetika krajolika, tradicija, obrazovanje, mogućnost zapošljavanja i inspiracija). Svaki od primjera povećava bioraznolikost. Zanimljiv primjer je agrošumski sustav sa kestenom i svinjama koji uz vrlo nizak input (rad, mehanizacija, agrokemikalije) ostvaruje vrlo visok urod (Fernandez Lorenzo i sur., 2016; Pantera i sur., 2018).

Još jedan rad koji je fokusiran na agrošumarstvo visoko vrijednog drveća je rad autora Zhang i sur. (2021) koji je istražio utjecaj aromatičnog bilja na ekološki voćnjak kruški u Kini. Rezultati ukazuju na to da posebice izlučevine korijena aromatičnih vrsta *Ocimum basilicum* i *Satureja hortensis* utječu na raznolikost mikrobioma i kruženje dušika i ugljika u tlu tijekom mineralizacije organske tvari u tlu te time povećavaju otpuštanje dušika i udio organske tvari u tlu.

U političkom kontekstu, agrošumarstvo u Europskoj Uniji i dalje nije rašireno niti podržavano kao što bi to prema mišljenju velikog broja znanstvenika trebalo biti. Mosquera-Losada i sur. (2018) u svom radu opisuju stanje agrošumarstva u zajedničkoj poljoprivrednoj politici Europske Unije (*Common Agricultural Policy*). Autori se zalažu za veće priznavanje agrošumarstva kako bi takve prakse mogle biti podržavane kroz direktna plaćanja te kako bi poljoprivrednici imali veću fleksibilnost za zasnivanje trajnih nasada na svojim poljoprivrednim površinama.

Varela i sur. (2022) također zaključuju kako zajednička poljoprivredna politika Europske Unije nije dovoljno prilagođena poljoprivrednicima koji održavaju ili žele podići silvopastoralne

sustave. Autori ističu bio-kulturološku i ekološku vrijednost silvopastoralnih sustava te navode kako njihovo nestajanje ugrožava bioraznolikost i kulturnu baštinu u Europi. Istražili su percepciju španjolskih poljoprivrednika i vlasnika šuma o silvopastoralnim sustavima te ih ispitali o njihovom stavu prema Europskoj poljoprivrednoj politici. Njihovi rezultati su pokazali da poljoprivrednici i šumari koji prakticiraju šumsku ispašu imaju pozitivan stav o njoj i svjesni su ekoloških i ekonomskih prednosti koje ona donosi. Većina ispitanika smatrala je da zajednička europska poljoprivredna politika nije igrala ključnu ulogu u održavanju silvopastoralnih sustava i smatra kako ne pruža efikasnu podršku u njihovom uzdržavanju. Zaključuju kako su potrebne političke mjere za ciljano održavanje i uvođenje novih silvopastoralnih sustava. Autori zato vide veliki potencijal u tzv. eko shemama (*eco-schemes*) unutar zajedničke poljoprivredne politike EU 2023-2027 jer bi oni mogli omogućiti održivije agronomske prakse kao što je i agrošumarstvo. Izrada konkretnih mjera za nadolazeće razdoblje još je u tijeku, a novost je što će svaka država samostalno moći odrediti pravila i granice za eko sheme podržane od strane Europske Unije.

Santiago-Freijanes i sur. (2018) opisuju kako je intenzivnija poljoprivreda 20. st. dovela do napuštanja tradicionalnih agrošumarskih praksi. U iznimnim slučajevima kao npr. u nekim državama istočne Europe, u 20. st. došlo je do povećanja površina pod agrošumarstvom radi zaštite od vjetrova i drugih ekstremnih vremenskih uvjeta. U zajedničkoj poljoprivrednoj politici 2007.-2013., agrošumarstvo nije igralo važno ulogu, dok je razdoblje od 2014. do 2020. u tom pogledu bio uspješniji jer je omogućio dobivanje poticaja za održavanje agrošumskog sustava na pet godina od njegovog podizanja.

Rad autora den Herder i sur. (2017) donosi pregled rasprostranjenosti agrošumskih sustava u Europskoj Uniji i kategorizaciju različitih vrsta agrošumskih sustava. Oni razlikuju:

1. agrošumarstvo koje kombinira ratarstvo i drveće, a pokriva 358 000 hektara odnosno 0,1% kopnene površine EU; najzastupljenije je u Španjolskoj, Italiji i Portugalu.

2. agrošumarstvo koje kombinira stočarstvo i drveće te pokriva 15,1 milijuna hektara odnosno 3,5% kopnene površine EU; najzastupljenije je na Mediteranu (Španjolska, Grčka, Francuska)

3. agrošumarstvo s visoko vrijednim drvećem koje je a) pod ispašom ili b) kombinaciji s usjevima, a pokriva 1,1 milijuna hektara odnosno 0,2% kopnene površine EU; najzastupljenije je u Španjolskoj, Italiji i Portugalu.

Prema rezultatima autora, agrošumarstvo zauzima 15,4 milijuna hektara u Europskoj Uniji, što je jednako 3,6% kopnene površine ili 8,8% korištene poljoprivredne površine. Površinski najznačajniji oblik agrošumarstva prema tome su sustavi koji kombiniraju stočarstvo i drveće. No ističu kako predložene kategorije ne isključuju jedna drugu te određeni agrošumski sustav može biti kategoriziran u više različitih kategorija. Za kraj, autori donose karte rasprostranjenosti pojedinih kategorija agrošumarstva u EU i zaključuju kako se najveća gustoća agrošumskih sustava može pronaći u mediteranskim državama.

Pitanje kako podići novi silvopastoralni sustavi ili kako prijeći s konvencionalnog pašnjaka na silvopastoralni sustav još nije dovoljno istraženo. Zato su Lehmkuhler i sur. (2003) podigli eksperimentalne silvopastoralne sustave na dvanaest hektara površine u sklopu Centra za istraživanje agrošumarstva i hortikulture New Franklin, SAD. Zasadili su ih različitim vrstama drveća, među njima i orahom i pekanom te su testirali tri različite metode zaštite drveća od brstećih domaćih životinja. U svom radu zaključuju kako je najefikasniji način zaštite putem električnog pastira te kako sadnja drveća nije negativno utjecala na razvoj stočarske proizvodnje i proizvodnju mesa.

Lamb i Borschmann (1998) opisali su svoje dugogodišnje iskustvo kroz eksperimente s agrošumskim sustavima s visoko vrijednim drvećem u Australiji. Postavili su dva različita agrošumska sustava: jedan gdje je istraživani potencijal rasta nekoliko vrsta drveća na poljoprivrednoj površini, a drugi gdje je istraživana kombinacija ispaše životinja i uzgoja drveća na istoj parceli. Tu su također promatrali utjecaj gustoće drveća na produktivnost pašnjaka. Njihovi rezultati pokazali su da drveće nije utjecalo na rast pašnjaka do četvrte godine života stabala. Od te godine, gustoće od više od nekoliko stotinu drveća po hektaru su imale negativan utjecaj na rast pašnjaka. Od šeste godine stabala, produktivnost pašnjaka nije bila smanjena ukoliko je gustoća drveća bila manja od 150 stabala po hektaru.

3. Definicije pojmova

S obzirom na to da je agrošumarstvo pojam novijeg datuma (Nerlich i sur., 2013) te da danas ne predstavlja uobičajen oblik intenzivne poljoprivrede, potrebno je definirati pojmove. Agrošumarstvo se koristi kao širok pojam pod koji spadaju npr. i silvopastoralni sustavi, silvoagrarni sustavi i sl. U ovom poglavlju, bit će predstavljene najraširenije definicije za agrošumarstvo i silvopastoralne sustave. Zatim će se pobliže sistematizirati silvopastoralni sustavi prema primarnom proizvodu kao što su voće, meso, mlijeko, drvo i usluge ekosustava. Naglasak u ovom radu bit će na silvopastoralnim sustavima gdje su primarni proizvodi voće i meso/mlijeko.

3.1. Agrošumarstvo

Tradicionalno agrošumarstvo definira se kao ciljani, istovremeni uzgoj drvenastih trajnica i poljoprivrednih kultura ili krmnog bilja na istom mjestu. To može biti ili u obliku mješavine različitih biljnih kultura na istom mjestu i/ili u obliku uzgoja različitih drvenastih i jednogodišnjih biljnih kultura u vremenskoj sekvenci, jedno za drugim (Nerlich i sur., 2013). Agrošumarstvo zapravo je novo ime za staru praksu koja se diljem svijeta prakticira stoljećima (Nair, 1991). Tek u novije doba razvio se znanstveni interes za ovu praksu.

U Europi su već od neolitikuma poznati agrošumski sustavi kao što su šumski pašnjaci, zvani *Dehesas* u Španjolskoj (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010), *Hauberge* u Siegerlandu (etablirani u Srednjem vijeku). Drugi tradicionalni europski agrošumski sustavi su grmovi kao vjetrobrani i *Streuobst* (voćnjaci u kombinaciji sa stočarstvom ili poljodjeljstvom) (Nerlich i sur., 2013).

Mosquera-Losada i sur. (2016) agrošumarstvo definira kao uključivanje drvenaste vegetacije (prva sastavnica) u barem dva vertikalna sloja na parceli, s time da donji sloj donosi poljoprivredni proizvod kao što su usjev ili krmno bilje/ispašu (druga sastavnica), koja može biti konzumirana od strane životinja (treća sastavnica). Raspodjela drvenaste vegetacije može biti ravnomjerna ili neravnomjerna te može donijeti poljoprivredni proizvod (krmno bilje, voće) i druge usluge ekosustava. Tablica 1. prikazuje vrste agrošumarskih praksi koje su bile i aktualno jesu prisutne u Europi.

Tablica 1. Vrste agrošumarskih praksi u Europi (iz (Dosskey i sur., 1997; Herzog, 1998; Mosquera-Losada i sur., 2009; Nair i sur., 2008)

Naziv agrošumarskog sustava	Karakterizacija agrošumarskih praksi
Silvoagrarni sustavi	Drveće je posađeno u pojedinačne ili višestruke redove s poljoprivrednim ili hortikulturnim usjevima između redova
Silvopastoralni sustavi	Drveće je kombinirano s krmnim biljem i stočarstvom uključujući visoku gustoću (šumska ispaša) ili nisku gustoću (otvorena šuma) drveća

Voćnjaci u kombinaciji sa stočarstvom ili poljodjeljstvom	Voćnjaci na poljoprivrednom terenu ili pašnjacima u kombinaciji sa životinjama na ispaši
Šumarska poljoprivreda	Korištenje šumskih površina za proizvodnju ili sakupljanje samoniklih ili kultiviranih posebnih kultura za ljekovite, dekorativne ili kulinarske svrhe
Obalne vegetacijske zone	Višegodišnja vegetacija (trava, drveće, grmovi) posađene u trakama između poljoprivrednih površina ili pašnjaka kako bi se poboljšali i zaštitili vodeni resursi (rijeka, jezera...) od negativnih utjecaja poljoprivrednih praksi
Vjetrobrani	Drvoredi posađeni oko poljoprivrednih imanja i polja kako bi se usjevi, životinje i tlo zaštitilo od vjetra

Izvor: Nerlich i sur. (2013)

3.2. Silvopastoralni sustav

Silvopastoralni sustavi se definiraju kao oblik poljoprivredne proizvodnje gdje se kombiniraju drveće, krmno bilje i životinje na istom mjestu (Cubbage i sur., 2012). Walter (2011) ističe kako silvopastoralni sustav kombinira šumarstvo, uzgoj krmnog bilja i stočarstvo. Jose i sur. (2019) silvopastoralni sustav definira kao namjernu kombinaciju stočarstva (goveda, koze, ovce, svinje, perad itd.) s drvećem ili drugim drvenastim trajnicama i krmnim biljem na istoj parceli na način da svaka komponenta ima međusobnu korist.

Rigueiro-Rodríguez i sur. (2010) navodi da silvopastoralni sustav kombinira proizvodnju drva sa stočarskom ili pastoralnom aktivnošću i time povezanim životinjskim proizvodima pri čemu ostaju sačuvani razni aspekti bioraznolikosti.

Jose i sur. (2019) definiraju četiri elemenata po kojima se silvopastoralni sustavi razlikuju od ispaše domaćih životinja općenito i od slučajne ispaše u šumi. Kriteriji su:

1. Ciljano – drveće, usjevi i domaće životinje su ciljano smješteni u zajednički agroekosustav kojim se upravlja kako bi proizveli niz usluga i proizvoda.
2. Intenzivno – agrošumski sustavi trebaju biti produktivni te im se stoga intenzivno upravlja kako bi zadržali svoje funkcije; intervencije uključuju sijanje, sadnju, gnojidbu, navodnjavanje, rezidbu i sl.
3. Integrirano – sve komponente čine strukturalnu i funkcionalnu cjelinu koja ima za cilj optimalno iskorištavanje proizvodnog kapaciteta.
4. Interaktivno – agrošumski sustavi koriste kompleksne biofizičke interakcije i usluge ekosustava kako bi se postigao optimalni urod većeg broja proizvoda.

3.2.1. Silvopastoralni sustavi prema primarnom proizvodu (voće, meso, mlijeko, drvo, usluge ekosustava)

Silvopastoralni sustavi su multifunkcionalna agronomska praksa i mogu pružati različite proizvode i usluge, ovisno o specifičnoj kombinaciji biljaka i životinja. Karakterizira ih drvenasta vegetacija i ispaša domaćih životinja, a fokus može biti na određenoj komponenti ili usluzi ovakvog sustava. Iako silvopastoralni sustavi uvijek pružaju više proizvoda ili usluga istovremeno, mogu se kategorizirati prema njihovom primarnom cilju.

Meso i mlijeko

Tako primjerice postoje silvopastoralni sustavi koji primarno služe za ispašu domaćih životinja, s ciljem uzgoja životinja za meso, npr. janjad, telad, perad itd. (slika 2). U silvopastoralne sustave je također moguće uvoditi pasmine za proizvodnju mlijeka (Enríquez Regalado i sur., 2021). Drvenasta komponenta na pašnjacima omogućuje stvaranje boljih uvjeta za domaće životinje (npr. kroz hladovinu) te time dovodi do bržeg rasta i sazrijevanja životinja (Mitlöhner i sur., 2001).



Slika 2. Silvopastoralni sustav s primarnim ciljem proizvodnje mesa, Turrettes-sur-Loup, Francuska

Izvor: Bosch, 2023.

Drvo

U slučaju korištenja silvopastoralnih sustava za održavanje šumske komponente kroz ispašu (kontrola korova i donjeg sloja vegetacije), cilj je primarno proizvesti kvalitetno drvo, pluto ili ogrjevno drvo za šumarsku industriju (Cubbage i sur., 2012; Nerlich i sur., 2013) i kontrolirati donji sloj vegetacije u šumama (Varela i sur., 2022). U silvopastoralnim sustavima kojima je glavni proizvod drvo, dominiraju visoka stabla s manjom krošnjom. Ona primarno služe za proizvodnju visokokvalitetnog drva, a još jedna prednost je što stvaraju manju sjenu biljkama koje rastu ispod njih (Nerlich i sur., 2013).

Usluge ekosustava

S obzirom na veliku vrijednost silvopastoralnih sustava za očuvanje bioraznolikosti, njihov primarni cilj mogu biti i usluge ekosustava – ekološka namjena (Bunce i sur., 2004; Harrop, 2005; Luoto i sur., 2003; McAdam i sur., 1999; Mosquera-Losada i sur., 2005; Stamps i Linit, 1998). Rigueiro-Rodríguez i sur. (2010) posebice ističe potencijal silvopastoralnih sustava za očuvanje bioraznolikosti ptica, autohtonih pasmina domaćih životinja i sprječavanje požara. Također je moguće koristiti silvopastoralne sustave za održavanje tradicionalnih, ekstenzivnih pašnjaka u svrhu očuvanja određenog krajolika ili kulturne baštine (Harrop, 2005, 2007; Herzog, 1998; Nerlich i sur., 2013; Pakeman i sur., 2003; Papanastasis i sur., 2009).

Voće i masline

Većina agrošumarskih praksi fokusira se na uvođenje drveća na postojeće poljoprivredne površine (usjevi, pašnjaci). No postoji i obrnuti pristup koji se definira uključivanjem životinja/krmnog bilja ili drugih usjeva u voćnjake ili maslinike (tzv. *high value tree agroforestry*) (Pantera i sur., 2018). Ovdje je primarni cilj uzgoj voćnih vrsta.

Razni autori navode različita imena za agrošumske sustave s voćem kao primarnim proizvodom. Dok se u nekim radovima navodi pod nazivom silvopastoralni sustavi, drugi autori razlikuju tzv. *orchard intercropping* (voćnjaci u kombinaciji sa stočarstvom ili poljodjelstvom) kao poseban oblik agrošumarstva. Također je u uporabi pojam agrošumarskih sustava visoko vrijednog drveća, gdje je primarni proizvod voće.

4. Pregled silvopastoralnih sustava u vremenskom i geografskom kontekstu

Silvopastoralni sustavi, kao i općenito agrošumarski sustavi, među najstarijim su poljoprivrednim praksama u svijetu, no uslijed usvajanja modernih poljoprivrednih praksi, gotovo su došli u zaborav (Nair, 1991). U ovom poglavlju, donosi se pregled glavnih silvopastoralnih sustava u prošlosti, kao i moderni primjeri njihove primjene. Također se donosi i njihov geografski kontekst jer ovisno o klimatskim zonama postoje razlike u sastavu i funkcioniranju ovakvih sustava, no fokus u ovom radu je na silvopastoralnim sustavima u Europi. Za kraj, opisuje se današnji politički kontekst silvopastoralnih sustava te načini na koje je moguće osigurati državnu i europsku podršku za primjenu silvopastoralnih sustava u poljoprivrednoj praksi.

4.1. Tradicionalni silvopastoralni sustavi

Silvopastoralni sustavi prisutni su u Europi od Neolitikuma (Ellenberg, 1954). U svojim raznolikim oblicima, tradicionalno su se prakticirali diljem svijeta, no u posljednjim desetljećima došlo je do dramatičnog pada u njihovoj primjeni. U 20. stoljeću, poljoprivreda je postala sve intenzivnija, sa ciljem visokih uroda uz smanjenu ljudsku radnu snagu (Chalmin & Mastel, 2009; Takácsz i Frank, 2009). Velika polja prilagođena mehanizaciji postala su uobičajena praksa, a tradicionalno prisutna stabla ometala su rad s poljoprivrednim strojevima. Tradicionalna ispaša u šumama postala je neprofitabilna jer nije mogla zadovoljiti fiziološke potrebe za energijom novih pasmina domaćih životinja (Chalmin i Mastel, 2009; Luick, 2009). To je dovelo do napuštanja silvopastoralnih sustava i strogog odvajanja poljoprivrede od šumarstva (Reeg i sur., 2008). Uslijed ekoloških problema koji su se pojavili kao posljedica konvencionalne, intenzivne, monokulturne poljoprivrede, došlo je do ponovnog interesa za agrošumarstvo (Nair i sur., 2008; Nair, 2011; Reeg i sur., 2008). U nastavku se donose najvažniji tradicionalni oblici silvopastoralnih sustava, a iduće potpoglavlje će se baviti modernim silvopastoralnim sustavima.

Šumski pašnjaci

Vjerojatno najstarija praksa agrošumarstva su šumski pašnjaci (engl. *wood pasture*). Šumski pašnjaci, definirani kao ciljano uvođenje domaćih životinja na ispašu u šume, bili su prisutni još prije 6000 godina po cijeloj Europi (Ellenberg, 1954; Nair i sur., 2008). Šumski pašnjaci sastavljeni su od pošumljenih površina, otvorenih površina i djelomično otvorenih površina (Bürgi & Stuber, 2003). Prakticirali su se jer tada još nisu postojale mogućnosti konzerviranja hrane, a životinje se nisu hranile u štalama (Ellenberg, 1954; Zehlius-Eckert, 2010). Ovo predstavlja vrlo ekstenzivan oblik poljoprivrede, a karakterizira ga i visoka bioraznolikost (Buttler i sur., 2009). Najčešće upotrijebljene domaće životinje na šumskim pašnjacima su govedo, ali poznati su i primjeri ovaca i koza (Fisher, 1990). U Njemačkoj se

ispaša u šumama prakticirala između travnja i listopada, a vjerojatno se od tamo ovaj oblik silvopastoralnog sustava raširio i u druge krajeve (Fisher, 1990; Schlich, 1990).

Dehesa i montado

Prema Nair i sur. (2008), *dehesa* i *montado* također su stari oblici silvopastoralnog sustava poznati već otprilike 4500 godina. Prakticiraju se u mediteranskoj zoni, a poznati su pod različitim imenima, npr. *dehesa* u Španjolskoj ili *montado* u Portugalu. Karakteriziraju ih hrastove šume (*Quercus ilex* i *Q. suber*) u koje su puštene životinje (ovce, svinje, govedo) na ispašu, kombinirano s uzgojem žitarica i raznim uporabama šumskih dobara (npr. žirevi, pluto, ogrijevno drvo...) (Castro, 2009; Plieninger i Schaar, 2008; Plieninger i Wilbri, 2001). Ovakav poljoprivredni sustav na Mediteranu je nastao iz potrebe u nepovoljnim uvjetima. Kameniti, sušni i vrući uvjeti otežali su bavljenje isključivo poljodjelstvom, dok su *dehesa* i *montado* omogućili raznolik, profitabilan način korištenja postojećih resursa i uvjeta (Moreno i Pulido, 2009). Uz to, ovo su ekološki održivi oblici poljoprivrede pošto omogućuju kontinuirano premještanje hranjivih tvari iz šume na oranice putem životinjskih izmeta (Castro, 2009).

Grmovi i vjetrobrani

Iako striktno ne moraju biti silvopastoralni sustavi, grmovi i vjetrobrani uz rubove polja mogu biti u funkciji silvopastoralnog sustava kada služe kao hrana i ispaša za domaće životinje. Taj oblik agrošumarstva najvažniji je tradicionalni sustav u kontinentalnom i atlantskom dijelu Europe (Incoll i Burgess, 2002; Kaeser i sur., 2010). Njihova primarna funkcija je zaštita od vjetra i erozije ili razdjeljivanje zemljišta, no mogu pružati i hlad ili hranu životinjama. Drvoredi ili grmlje tradicionalno su služili za ograđivanje pašnjaka, a dodatna korist dolazi u obliku drva za ogrjev, jestivih i ljekovitih biljaka i krmnog bilja (Baudry i sur., 2000).

Voćnjaci, pré-verger i Streuobst

Voćnjaci ili maslinici u službi agrošumarstva, tzv. *high value tree agroforestry*, još jedan je tradicionalni silvopastoralni sustav koji je u raznim oblicima i pod raznim nazivima raširen po cijelom svijetu. Definirani su kao voćnjaci na oranicama ili pašnjacima u kombinaciji s domaćim životinjama (Herzog, 1998), a poznati su još od vremena Rimskog Carstva.

U Francuskoj je poznat sustav zvan *pré-verger*, voćnjak niske gustoće (40-80 stabala/ha) posađen na pašnjaku (slika 3). Uz npr. jabuke i šljive, takvi silvopastoralni sustavi proizvodili su i drvo (Nerlich i sur., 2013).



Slika 3. Tradicionalni pré-verger s raznim vrstama drveća, uključujući i voćne vrste *Prunus sp.*, uz povremenu ispašu ovaca, Tourrettes-sur-Loup, Francuska
Izvor: Bosch, 2023.

U Njemačkoj je takav sustav poznat pod nazivom *Streubst*. Sastoji se od visokih voćki raspoređenih po poljoprivrednim površinama (najčešće livadama, 20-100 stabala/ha). Uspostavljeni su iz ekonomskih razloga, kao dodatan izvor hrane i prihoda i kao osnova za komercijalnu proizvodnju voća (Zehnder i Weller, 2006). Mogu, ali ne moraju služiti za ispašu domaćih životinja (npr. ovaca). Počeci *Streubst* mogu se pronaći u 15. i 16. stoljeću, kada su ljudi počeli uzgajati voćke izvan vlastitog vrta (Zehnder i Weller, 2006). I danas se u jedanaest europskih država može pronaći otprilike 1 milijun hektara *Streubst* (Herzog, 1998), no većina nekadašnjih takvih nasada je nestala nakon 1950ih. Razlozi za to su primjena sve intenzivnije mehanizacije, povećani troškovi radne snage i pritisak na cijene voća uslijed uvoza jeftinije robe, uslijed čega je ovakav oblik poljoprivrede postao neprofitabilan (Zehnder i Weller, 2006). Primjerice na jugozapadu Njemačke, gdje je *Streubst* nekada tradicionalno bio vrlo raširen, njihov broj smanjio se za 50% u zadnjih 40 godina, a većina *Streubst* voćki zamijenjeno je za niske, gusto posađene, vrlo rodne kultivare u intenzivnom sustavu proizvodnje (Oosterbaan i Kuiters, 2009).

Pollarding i pannage

Specifični silvopastoralni sustavi koji se tradicionalno prakticiraju u središnjoj Europi su *pollarding* i *pannage* (Konold i Reeg, 2009; Smith, 2010).

Pollarding je orezivanje grana od drveća kao hrana za domaće životinje ili za proizvodnju ogrjevnog drva (Smith, 2010). Prvo orezivanje radi se od 10. do 15. godine stabla ili kada dosegnu 1.5 do 3 m visine, kako bi mladi izdanci bili izvan dosega životinja (Papanastasis i sur., 2009). Ovaj oblik agrošumarstva prakticira se od Željeznog doba (Austad i Hauge, 2006).

Pannage je naziv za tradicionalnu ispašu svinja u šumama bukve (*Fagus spp.*) i hrasta (*Quercus spp.*), a svrha mu je prehrana svinja žirovima ili bukvicama. Na ograničeno vrijeme prakticira se i ispaša svinja u voćnjacima kako bi pojele otpalo voće sa tla. Također je raširen u raznim regijama Europe, a poznat je od Rimskog doba (Smith, 2010).

4.2. Moderni silvopastoralni sustavi

Moderni silvopastoralni sustavi često su bazirani na tradicionalnim oblicima agrošumarstva koji su prilagođeni današnjim uvjetima i poboljšani kroz iskustvo i znanost (Nair, 1993). Radi potrebe za mehanizacijom, današnji silvopastoralni sustavi obično su sastavljeni od drveća posađenog u redovima (Chalmin, 2008) koji su dovoljno široki za prolazak strojeva (Dupraz i sur., 2018; Postma, 2005). Još jedna razlika modernih silvopastoralnih sustava u odnosu na tradicionalne jest oblik stabala: današnje voćke uglavnom su nižeg rasta i manje krošnje. Kada je riječ o silvopastoralnim sustavima s fokusom na proizvodnju kvalitetnog drva, dominiraju viša stabla, visoka i do 10 m (Nerlich i sur., 2013). Također, danas postoji trend sijanja mješavina medonosnog bilja i drugog cvijeća za privlačenje oprašivača i prirodnih neprijatelja među redove stabala (Peng i sur., 1993). To povećava bioraznolikost silvopastoralnog sustava i potencijalno smanjuje pritisak od štetočina (Altieri i Nicholls, 2018) jer je povećana kompeticija između različitih vrsta kukaca, povećana brojnost i raznolikost prirodnih neprijatelja i smanjena pojava specijaliziranih mono- ili oligofagnih štetočina (Stamps i Linit, 1998). Ipak, nezanemarive površine još uvijek se nalaze pod tradicionalnim silvopastoralnim sustavima. Tako je u Europi primjerice danas najrašireniji oblik silvopastoralnih sustava *dehesa* (Nerlich i sur., 2013).

Cubbage i sur. (2012) ističe kako su silvopastoralni sustavi u prošlosti često nastajali slučajno, u područjima gdje su drveće i domaće životinje prirodno bili na zajedničkom terenu i uz minimalnu ljudsku intervenciju. Autori navode kako su moderni silvopastoralni sustavi puno aktivnije uzdržavani od strane poljoprivrednika nego tradicionalni sustavi. Međutim, i današnji silvopastoralni sustavi u nekim regijama svijeta koriste već postojeću infrastrukturu drveća, i nužno ne sade nove nasade. Drveće koje se u njima koristi mogu biti autohtone ili egzotične vrste.

Današnji silvopastoralni sustavi mogu imati primarno komercijalnu funkciju dok istovremeno pružaju razne ekološke i društvene prednosti. Postoje primjeri modernih voćnjaka jabuke uz istovremenu ispašu ovaca u Ujedinjenome Kraljevstvu, kombiniranog uzgoja maslina, žitarica i vinove loze uz povremenu ispašu ovaca u Grčkoj, plantaže oraha uz

ispašu ovaca u Španjolskoj te sustave plantaža kestena uz uzgoj svinja u Španjolskoj (Pantera i sur., 2018) (tablica 2).

Tablica 2. Primjeri modernih silvopastoralnih sustava u Europi

Naziv silvopastoralnog sustava	Biljna komponenta	Životinjska komponenta	Lokacija	Izvor
Rubne zone polja	<i>Pinus radiata, Betula alba</i>	Preživači	Španjolska	(Fernández-Núñez i sur., 2010)
Vjetrobrani	<i>Quercus rubra, Prunus avium, Acer pseudoplatanus, Fraxinus excelsior, Juglans nigra</i>	Pašnjak	Francuska	(Cabanettes i sur., 1999)
Vjetrobrani	<i>Juglans regia, Prunus avium, Castanea sativa</i>	Ovce, krave, konji	Nizozemska	(Oosterbaan i sur., 2005)
Intenzivni voćnjak uz ispašu	<i>Malus domestica, Lolium perenne</i> pašnjak	Shropshire ovce	Ujedinjeno Kraljevstvo	(Burgess i sur., 2016)
Voćnjak za proizvodnju soka uz ispašu	<i>Malus domestica</i> , (var. Coetdelinge i Jonagold), <i>Lolium perenne</i> pašnjak	Texel, Belclare, Lley, Highlander ovce	Sjeverna Irska, UK	(McAdam i Ward, 2015)
Silvo-poljoprivredni sustav za proizvodnju maslina i drugih usjeva	<i>Olea europea</i> , žitarice, vinova loza, povrće, trave, slanutak	Ovce	Grčka	(Pantera i sur., 2016)
Silvopastoralna plantaža oraha	<i>Juglans major x regia</i> , pašnjak	Merino ovce	Španjolska	(Moreno i sur., 2015)
Agrošumski sustav s kestenom	<i>Castanea sativa</i> , trave	Keltske svinje	Španjolska	(Fernandez Lorenzo i sur., 2016)

Izvor: Nerlich i sur. (2013); Pantera i sur. (2018)

5. Prednosti i nedostaci silvopastoralnih sustava

Silvopastoralni sustavi ispunjavaju raznolike funkcije, pa tako mogu imati različite prednosti i nedostatke. U ovom poglavlju, donose se glavne prednosti i nedostaci silvopastoralnih sustava na ekološkoj, ekonomskoj i sociološkoj razini.

5.1. Ekološke prednosti

Cubbage i sur. (2012) ističu kako silvopastoralni sustavi imaju razne ekološke prednosti za bioraznolikost i kvalitetu vode te da pohranjuju ugljik u drveću i tlu što može kompenzirati emisije CO₂ od stočarstva. Također, omogućuju veću otpornost u prilagodbi klimatskim promjenama. Poznato je da smanjuju rizik od požara (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010) te da mogu služiti kao tzv. *carbon sink*, tj. sustavi koja sekvstriraju CO₂ iz atmosfere i time smanjuju emisije plinova s efektom staklenika u usporedbi s intenzivnim, klasičnim poljoprivrednim površinama (Cubbage i sur., 2012; Pantera i sur., 2018; Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Prema ranije spomenutom istraživanju, silvopastoralni sustavi pridonose smanjenju gubitka hranjivih tvari u tlu i efikasniji su u kruženju fosfora i dušika (DBU, 2010). Rigueiro-Rodríguez i sur. (2010) također navode kako silvopastoralni sustavi mogu bolje reciklirati hranjive tvari u sustavu, posebice smanjujući gubitak dušika i fosfora, poznata problematika u Europskoj Uniji.

Još jedan važan problem u stočarstvu je apsorpcija veterinarskih antibiotika u tlu pašnjaka, što ujedno ugrožava kvalitetu tla i zdravlje ljudi. Prema istraživanju Chu i sur. (2010), pokazalo se da prisutnost stabala na pašnjaku pomaže u sorpciji veterinarskih antibiotika u usporedbi s običnim pašnjakom ili poljoprivrednim tлом. Povećana enzimaska aktivnost mikroba povezana s korijenskim sustavom stabala iz istog istraživanja (*Populus deltoides*) nalazi se u izravnoj korelaciji sa smanjenjem antibiotika, što sugerira da povećana enzimaska aktivnost stimulirana rizosferom drveća smanjuje količinu antibiotika u silvopastoralnom tlu (Lin i sur., 2010).

Zaštita bioraznolikosti podrazumijeva očuvanje svih njenih razina – od pojedine vrste do čitavog ekosustava sa svojim funkcijama i uslugama (npr. hrana, tkanina, lijek, regulacija vode, zraka i klime, kvaliteta tla i kruženje hranjivih tvari). Razna istraživanja idu u prilog hipotezi da agrošumarstvo, pa tako i silvopastoralni sustavi, povećavaju bioraznolikost i pridonose njenom očuvanju (Boinot i sur., 2022; Gallé i sur., 2017; Plieninger i Wilbrand, 2001; Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010; Varah, 2015). Jedan od razloga zašto silvopastoralni sustavi idu u prilog očuvanju bioraznolikosti je činjenica što su vrlo raznoliki sami po sebi (razne kombinacije biljaka i životinja) te da stvaraju veći broj mikroklimatskih i ekoloških niša te prostornu heterogenost (Mosquera-Losada i sur., 2005). S obzirom da u silvopastoralnim sustavima može obitavati i poljoprivredna i šumska flora i fauna, mogu služiti kao biološki koridor između različitih ekosustava (Luoto i sur., 2003). Dok je prošlih desetljeća

prevladavala ideja da očuvanje bioraznolikosti najbolje funkcionira ako se čovjek isključi iz ekosustava, danas postoji trend povratku tradicionalnim agronomskim praksama, gdje je naglasak na suradnji čovjeka i prirode, a uslijed čega su u prošlosti nastali vrlo raznoliki agroekosustavi (Harrop, 2005, 2007). Među tradicionalnim agronomskim praksama koje imaju veliki značaj za bioraznolikost su i silvopastoralni sustavi. Tako se primjerice *dehesas* smatraju među najvažnijim staništima za bioraznolikost u Europi (Moreno i Pulido, 2009). U njima obitavaju mnoge zaštićene vrste, posebice ugrožene ptice i sisavci (Bunce i sur., 2004). Napuštanje ovakvih praksi moglo bi dovesti do smanjenja brojnosti nekih vrsta. McAdam i sur. (1999) pokazali su da pašnjaci sa široko razmaknutim drvećem imaju veću raznolikost ptica, kornjaša i pauka od pašnjaka bez drveća. Općenito se smatra da su optimalni uvjeti za bioraznolikost poljoprivrednih vrsta flore i faune pod ekstenzivnim ili tradicionalnim sustavima uzgoja (EEA, 2006). Silvopastoralni sustavi već u vrlo ranom stadiju imaju vidljivo pozitivan utjecaj na bioraznolikost faune (McAdam i sur., 2007).

Još jedno područje u kojem silvopastoralni sustavi mogu pridonijeti očuvanju prirodnih resursa je očuvanje genetske raznolikosti domaćih životinja. Polovica europskih autohtonih pasmina domaćih životinja ima status ugrožene vrste (Mosquera-Losada i sur., 2005). Prema izvješću Europske Agencije za Okoliš (EEA, 2006), 91% pasmina planinskih ovaca je ugroženo radi križanja s drugim, produktivnijim pasminama za meso ili mlijeko, ili radi napuštanja tradicionalnih stočarskih praksi. S druge strane, uvođenje modernih pasmina dovelo je do napuštanja udaljenih pašnjaka te time i do gubitka bioraznolikosti koja je ovisna o redovitoj ispaši (EEA, 2006). Silvopastoralni sustavi, kao tradicionalna praksa ispaše domaćih životinja, prilagođeni su autohtonim pasminama te mogu pridonijeti njihovom očuvanju (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Rigueiro-Rodríguez i sur. (2010) posebice ističu kako silvopastoralni sustavi mogu smanjiti eroziju i spriječiti širenje pustinja (tzv. *desertification*).

Istraživanja su također pokazala kako agrošumarstvo može smanjiti gubitak vode kroz isparavanje tla i transpiraciju usjeva u plantažama kave, što ujedno smanjuje rizik od pomanjkanja vode i financijskih gubitaka radi suše u rizičnim krajevima (Lin, 2010b).

5.2. Ekonomske prednosti

S obzirom na veći diverzitet proizvoda koji se može dobiti od silvopastoralnih sustava, takav oblik poljoprivrede može smanjiti rizik i osigurati više izvora prihoda od tradicionalne (monokulturne) poljoprivrede. Cabbage i sur. (2012) ističu kako silvopastoralni sustavi u odnosu na isključivo stočarstvo smanjuju rizik radi fluktuacije cijena mesa. Tome ide u prilog činjenica da postoji niska korelacija između tržišnih cijena mesa i drva. Za male do srednje proizvođače, dobit od silvopastoralnih sustava može biti veća. Diverzifikacija omogućava kratko- i dugoročne, raznolike izvore prihoda -npr. meso, vuna, gljive, drvo, pluto, voće... (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Drveće i s njima povezan hlad i zaštita od vrućine i hladnoće imaju pozitivan utjecaj na produktivnost domaćih životinja, smanjuju štetu od mraza, produljuju sezonu rasta trave,

povećavaju produktivnost pašnjaka, smanjuju pojavu korova i smanjuju eroziju (Cubbage i sur., 2012). Hlad od drveća u silvopastoralnim sustavima ima pozitivan utjecaj na zdravlje životinja, proizvodnju mlijeka i povećanje tjelesne težine te oplemenjivanje životinja. U studiji u Teksasu, SAD, Mitlöhner i sur. (2001) otkrili su da su goveda koja su imala hladovinu postigla ciljnu tjelesnu težinu 20 dana ranije od onih koja nisu imala hladovinu. Zaključili su da su goveda bez hlada imala fiziološki (tj. veću stopu disanja) i bihevioralni (tj. manje aktivnosti) odgovor na stres od vrućine koja je negativno utjecala na njihovu produktivnost.

Veći razmak između pojedinih stabala i organsko gnojivo od izmeta domaćih životinja s druge strane potpomažu produktivnost drveća i ubrzavaju njihov rast. Silvopastoralni sustavi omogućuju bržu proizvodnju visoko kvalitetnog drva (Cubbage i sur., 2012; Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010). Također smanjuju rizik od požara, što može uvelike smanjiti financijski rizik u šumarstvu. Troškovi šumarskih intervencija mogu biti niži u silvopastoralnim sustavima jer je manja potreba za krčenjem. Uz to, orezivanje drveća može osigurati dodatnu hranu za životinje (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Kao faktor koji pridonosi dobrobiti životinja, silvopastoralni sustavi mogu biti izvor kvalitetnijih životinjskih proizvoda jer su životinje bile hranjene raznolikijom hranom i živjele u prirodnijem, heterogenom okruženju (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Usljed sve većih varijacija u vremenu radi globalnog zatopljenja (promjenjiva temperatura, učestalost padalina itd.), postoji i veća potreba za raznolikošću u poljoprivredi kako bi se smanjio rizik uzgoja i povećala otpornost agroekosustava. U tom smislu, silvopastoralni sustavi kao raznoliki, otporni sustavi mogu pružati dugoročne ekonomske prednosti (Cubbage i sur., 2012; Mitlöhner i sur., 2001).

S obzirom da pročišćivanje voda i uklanjanje onečišćenja iz poljoprivrede sa sobom nose velike troškove, silvopastoralni sustavi kao efikasni regulatori ciklusa hranjivih tvari i pročišćivači voda sa sobom nose indirektnu ekonomsku prednost (DBU, 2010).

Frey i sur. (2012) kao percipirane prednosti silvopastoralnih sustava od strane poljoprivrednika ističu kombiniranu proizvodnju, smanjen pritisak od korova, veći profit, brži izvor prihoda od stoke, pogodnosti radi hlada i smanjen rizik od požara.

Za kraj, silvopastoralni sustavi imaju potencijal smanjiti potrebu za aplikacijom sredstava za zaštitu bilja (što je ujedno i ekološka prednost). McAdam (2014) pretpostavlja da ispaša ovaca u nasadu jabuka pridonosi kontroli krastavosti jabuke. To se postiže time što ovce pojedju lišće zaraženo uzročnikom bolesti (*Venturia inaequalis*) koje padne na tlo te gaženjem otpalog lišća, čime se ono brže razgradi. Na taj način, smanjuje se pritisak ove bolesti i time trošak od pesticida (Pantera i sur., 2018).

5.3. Sociološke prednosti

Silvopastoralni sustavi imaju prednost što kombiniraju dva sektora – šumarstvo/voćarstvo i stočarstvo – te stoga nude potencijal većeg profita i više prilika za

aktivno zapošljavanje. Također, poljoprivrednicima mogu pružati veću sigurnost jer ne ovise o jednom proizvodu, već imaju raznolike izvore prihoda i smanjen financijski rizik (Cubbage i sur., 2012).

Indirektno, silvopastoralni sustavi mogu pomoći u zadržavanju ruralne populacije na selu jer pružaju više mogućnosti zapošljavanja. Uz to, poboljšavaju izgled krajolika što povoljno utječe na lokalno stanovništvo, ali također pruža više prilika za ruralni turizam (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010).

Pantera i sur. (2018) nadalje ističu kako silvopastoralni sustavi imaju visoku kulturnu vrijednost. Primjerice, mogu pridonijeti očuvanju tradicionalne kulturne baštine u pojedinim državama, pružati mjesto za rekreaciju, odmor i sport, mogućnosti zapošljavanja i obrazovanja te imaju estetsku i inspirativnu vrijednost.

5.4. Potencijalni nedostaci

Poljoprivrednici imaju i kritičan pogled na agrošumarstvo, što je pridonijelo zasad relativno niskoj stopi integracije silvopastoralnih sustava i drugih oblika agrošumarstva u poljoprivrednu praksu. Poljoprivrednici često nisu skloni ulaziti u rizik i skeptični su oko ekonomskih prednosti agrošumarstva (Graves i sur., 2017).

Tako prema mišljenju poljoprivrednika u Velikoj Britaniji potencijalni nedostaci silvopastoralnih sustava mogu biti problemi s uporabom mehanizacije i drenaže, nesigurnost oko povrata na investiciju u sadnju stabala i smanjen urod (Graves i sur., 2017).

Shrestha i sur. (2004) navode rizik od požara, nesigurnost u propise vlade i nadležnih tijela i duljinu investicije u silvopastoralni sustav kao glavna potencijalna ograničenja.

Frey i sur. (2012) istražili su nedostatke koje poljoprivrednici u Argentini percipiraju kod silvopastoralnih sustava. Šest faktora koje je barem 9% poljoprivrednika identificiralo kao poteškoće u prisvajanju agrošumarstva su da šume ne puštaju dovoljno svjetlosti za dobar rast pašnjaka, da je upravljanje šumom teško, da je kompatibilnost između drveća i pašnjaka nedovoljna, manjak zemlje za agrošumarstvo, visoko početno ulaganje kapitala te da država ne isplaćuje poticaje za silvopastoralne sustave. Ostale kritike adresirane su od manje od 5% ispitanika – to su bile briga da je stoka manje pitoma u šumovitom okruženju, da je čišćenje orezanih ili palih grana naporno, da bi bilo potrebno više ograda ili da bi drveće moglo pasti na ograde. Nekoliko poljoprivrednika smatralo je da je tržište drva nesigurnije od tržišta mesa i da je potrebno duže čekati na isplatu. Također su se spomenule brige da bi moglo doći do zbijenosti tla, da bi stoka mogla oštetiti drveće ili da bi pašnjak mogao biti izgubljen dok bi se etablirala šuma te da neka sjemena drveća mogu biti domaćini parazita za životinje ili mogu biti otrovna. Unatoč velikom broju potencijalnih poteškoća, većina ispitanika u ovom istraživanju imalo je pozitivnu sliku o silvopastoralnim sustavima, a navedeni nedostaci su relativno zanemarivi u usporedbi s prednostima (Frey i sur., 2012).

U nekim slučajevima, ispaša domaćih životinjama na šumskim pašnjacima ili u voćnjacima može dovesti do oštećenja drveća ili do negativnih promjena u strukturi i raznolikosti vrsta (Rigueiro-Rodríguez i sur., 2010). Kako bi se izbjegla šteta na stablima,

potrebno je prilagoditi gustoću i rotaciju domaćih životinja na ispaši te birati pasmine koje su primjerene dostupnoj količini i kvaliteti hrane u silvopastoralnom sustavu (M. Mosquera-Losada i sur., 2005; Pakeman i sur., 2003).

6. Upravljanje silvopastoralnim sustavom

Silvopastoralni sustavi postoje u vrlo raznolikim oblicima i s različitim ciljevima. Stoga je kod upravljanja silvopastoralnim sustavom bitno uzeti u obzir primarnu funkciju i lokalne uvjete (klima, tlo, reljef, krajolik, gospodarstvo, tržište itd.). Ako se pravilno podigne i upravlja agrošumarskim sustavom, on može biti produktivniji od uobičajenog stočarskog ili voćarskog sustava (Nerlich i sur., 2013). U ovom poglavlju daje se općeniti pregled metodike dizajna i upravljanja silvopastoralnog sustava. Zatim se navode ključne točke vezane za održavanje silvopastoralnog sustava, uzimajući u obzir životinjsku i biljnu komponentu. Za kraj, navode se preporuke za specifične biljne i životinjske vrste koje bi bile prilagođene silvopastoralnom sustavu u Hrvatskoj, uz tablicu s nekoliko primjera iz literature.

6.1. Podizanje i dizajn silvopastoralnog sustava

Silvopastoralni sustav moguće je uspostaviti počevši od već postojećeg poljoprivrednog sustava (stočarskog ili voćarskog) (Burgess i sur., 2016). Tada je samo potrebno prilagoditi biljnu komponentu životinjskoj ili obrnuto te postaviti potrebnu zaštitu vočki od životinja. U slučaju podizanja novog silvopastoralnog sustava, moguće je maksimalno iskoristiti potencijalne sinergije (pozitivno uzajamno djelovanje jedne komponente na drugu).

Prilikom dizajna novog silvopastoralnog sustava, moguće je slijediti općenite upute za podizanje poljoprivrednog sustava. Prema Hervé-Gruyer i Hervé-Gruyer (2019) najbitnije točke pri dizajniranju silvopastoralnog sustava su sljedeće:

1. Cilj: je li silvopastoralni sustav zamišljen kao zaposlenje na puno radno vrijeme ili samo kao dodatni izvor prihoda? Koliko radne snage je dostupno i tijekom kojeg razdoblja u godini?
2. Okolnosti: kakvi su lokalni uvjeti? (tip tla, kvaliteta tla, klima, povijesna uporaba tla, reljef, autohtone biljke, vodeni režim itd.)
3. Funkcije: koje funkcije silvopastoralni sustav treba ispunjavati (poljoprivredno-gospodarske: proizvodnja voća, mlijeka, mesa, krmne hrane, biomase; ekološka: usluge ekosustava, npr. kvaliteta i zaštita tla, očuvanje bioraznolikosti i genetskih izvora, zaštita vode itd.; regulativna uloga: vjetrobrani, regulacija mikroklimе na poljoprivrednom gospodarstvu; kulturološke i ekonomske: pridonosenje estetici krajolika, ruralni turizam itd.)
4. Prilagođenost: koje biljne vrste su prilagođene lokalnim uvjetima, imaju tradiciju uzgoja i daju plodove s osiguranom potražnjom? Koje biljne asocijacije je moguće ostvariti?
5. Prostorna i vremenska komponenta: na koji način je moguće optimalno iskorištavanje prostornih i vremenskih resursa? Koji raspored biljnih i životinjskih komponenti omogućuje maksimalno ispunjavanje željenih funkcija?

Jedan od glavnih ograničavajućih faktora u silvopastoralnom sustavu je svjetlost (Jose, 2009). Poželjno je maksimalno iskoristiti prostor oko i između stabala, npr. sadnjom aromatičnih, ljekovitih i jestivih biljaka i grmova (Nerlich i sur., 2013). Ukoliko je predviđen uzgoj drugih biljnih kultura uz drveće, potrebno je odabrati vrste prilagođene smanjenoj svjetlosti i prilagoditi razmak između pojedinih biljaka (Mitlöhner i sur., 2001; Pantera i sur., 2018). Kako bi sve biljke ostale produktivne, važno je odabrati razmak koji omogućuje prodiranje sunčeve svjetlosti do stabala i donjih slojeva vegetacije na barem nekoliko sati dnevno (uzevši u obzir i rast voćki u kasnijim godinama). Prema Crawford (2010), u umjerenoj klimi Europe preporuča se ostaviti prostor između voćki u koji prodire svjetlost koji ima dimenziju četvrtine do polovice dijametra njihove krošnje.

S obzirom na to da svaka biljka ima drugačije potrebe za svjetlošću, potrebno je rasporediti biljke tako da svaka ima osiguranu količinu svjetlosti koja joj je potrebna za rast i razvoj, uzevši u obzir veličinu svake biljke kada dostigne svoj maksimalni razvoj. Kako bi se maksimalno iskoristila svjetlost i spriječilo stvaranje previše sjene za vegetaciju ispod stabala, preporuča se orijentacija stabala u smjeru sjever-jug (Nerlich i sur., 2013) kao i redovita rezidba kako bi krošnje stabala propuštale svjetlost (Smith i sur., 2012). Od prednosti može biti i odabir vrste stabala koje stvaraju lišće u različita doba godine kako bi se minimizirala kompeticija za svjetlost (Cannell i sur., 1996). Ukoliko je predviđena upotreba mehanizacije, preporuča se planirati putove između stabala koja su dovoljno velika za nesmetani prolaz traktora i sl. (Chalmin, 2008). Kako bi se spriječila kompeticija biljaka za vodu, važno je da stabla stvore što dublji korijenov sustav (Smith i sur., 2012) i da su prilagođena lokalnim uvjetima vodenih resursa (Chalmin, 2008; Chalmin i Mastel, 2009).

U idealan odabir i raspored biljaka također treba uzeti u obzir mikroklimu, smjer vjetrova, ekspoziciju i nagib, osunčanost, opasnost od kasnog mraza, vlagu zraka, vrijeme berbe (kako bi radno intenzivna razdoblja bila što bolje raspoređena u sezoni), kompatibilnost između pojedinih vrsta (npr. s obzirom na njihove potrebe za hranjivim tvarima i sposobnosti fiksiranja dušika, alelopatiju, međusobno oprašivanje u slučaju stranooplodnih vrsta, privlačenje oprašivača i prirodnih neprijatelja itd.).

U svrhu ekonomske isplativosti silvopastoralnog sustava, važno je odabrati vrste i kultivare za koje postoji osigurana potražnja na tržištu. S obzirom na to da je voćkama potrebno nekoliko godina da postignu punu rodnost, a u toj fazi još nemaju toliko razvijenu krošnju i propuštaju svjetlost u donje slojeve, moguće je planirati uzgoj raznih jednogodišnjih biljaka i grmova koji mogu osigurati ekonomsku vrijednost sustava u ranijim godinama. U tom slučaju, preporuča se korištenje malča kako bi se olakšalo održavanje sustava i spriječio razvoj korova. Posebice nakon sadnje voćki, pogodno je malčiranje stabala (npr. slamom) kako bi se smanjila potreba za zalijevanjem nakon sadnje voćki i kako bi se ubrzao njihov rast.

U slučaju odabira ekološkog načina uzgoja, potrebno je uzeti u obzir rezistentnost biljaka na česte biljne bolesti kako bi se izbjegla potreba za sredstvima za zaštitu bilja. Također je važan odabir podloge koja je prilagođena lokalnim uvjetima i ciljevima

silvopastoralnog sustava. Kod odabira podloge odnosno visine stabla, postoje tri opcije s različitim prednostima i nedostacima:

1. niska podloga: ovakva stabla se koriste u intenzivnom voćarstvu i općenito nisu prilagođena silvopastoralnim sustavima, osim kada postignu određenu starost i debljinu kore te ako se upotrebi vrsta životinja koja ne oštećuje stabla (npr. kokoši ili Shropshire ovce).
2. srednja podloga: njihova prednost je relativno jednostavna berba i što je moguće puštati na ispašu manje životinje (npr. ovce) i koristiti mehanizaciju.
3. visoka podloga: berba sa ovakvih stabala je otežana radi visine i potrebno im je duže da počnu donositi rod, ali imaju prednost što su vrlo dugovječna i što je moguće ispod njih puštati na ispašu i veće životinje poput goveda te koristiti mehanizaciju.

Kod odabira životinje, poželjno je ili odabrati pasminu životinja koja ne oštećuje stabla ili primjereno zaštititi drveće od životinja na ispaši u voćnjaku. Primjerice, pasmina ovaca Shropshire poznata je po tome što, za razliku od ostalih pasmina ovaca, ne oštećuje stabla i često se primjenjuje u silvopastoralnim sustavima i voćnjacima (Geddes, 2012). Koze i magarci s druge strane općenito nisu prilagođeni silvopastoralnim sustavima jer su sklone tome da brste koru stabala (Karki i sur., 2019). Bez obzira na odabir pasmine, potrebno je prilagoditi gustoću životinja i dovoljno ih prihraniti kako uslijed nedostatka hrane ne bi došlo do oštećenja drveća od strane životinja. U prvotnoj fazi rasta voćki nakon sadnje, u svakom slučaju je potrebno zaštititi mlada stabla ili čekati kasnije godine za uvođenje životinja u voćnjak (Mosquera-Losada i sur., 2005; Pakeman i sur., 2003). Kao zaštita stabala od domaćih i divljih životinja mogu poslužiti razne željezne i drvene konstrukcije u kombinaciji sa žičanom ogradom (jedan ili više slojeva) ili električni pastiri (Lehmkuhler i sur., 2003). Prema modelu kojeg su razvili Burgess i sur. (2016), oštećenja na voćkama radi ispaše ovaca mogu nastupiti u prvih deset godina života drveća, i dovela bi do povećanog rasta trave (dodatnih 0.24 t ha⁻¹ ili +7%) te bi preostala stabla kompenzirala izgubljena stabla kroz povećanu krošnju i urod. Predviđaju da je utjecaj mortaliteta drveća minimalan na urod jabuka i livadne vegetacije.

6.2. Uzdržavanje silvopastoralnog sustava

Nakon uspješnog podizanja silvopastoralnog sustava, uzdržavanje se raspoređuje u nekoliko sezonskih etapa. Svake godine potrebno je provesti zimsku i ljetnu rezidbu stabala (i grmova ukoliko su prisutni) i brinuti o tome da putovi ostanu otvoreni za prolaz. Za vrijeme vegetacijske sezone, potrebno je redovito uklanjati korove i invazivne biljke (u slučaju ispaše životinja, biljke koje te životinje ne konzumiraju ili koje su otrovne za njih). Ovisno o vrsti voćke i prisutnim štetočinama, potrebno je pratiti njihovu brojnost te preventivno postavljati npr. feromonske klopke i provesti mjere zaštite bilja (sukladno pravilniku o ekološkom uzgoju ukoliko je nasad certificiran kao ekološki). Kada plodovi dostignu poželjan stupanj zrelosti, potrebno je redovito provoditi berbe te pravilno skladištiti i eventualno preraditi voće.

Životinje je potrebno svakodnevno opskrbiti vodom i mineralima. Ovisno o produktivnosti pašnjaka, eventualno je potrebno dodatno ih prihraniti krmnim biljem. U okviru holističke rotacijske ispaše, preporuča se voditi životinje na ispašu na pojedinačne, zatvorene parcele te tek nakon što se tamo iscrpi dostupna hrana na parceli, povesti ih na iduću parcelu dok se vegetacija na prethodnoj parceli može regenerirati. Gustoća mora biti prilagođena dostupnosti hrane na parceli, a u literaturi se za ovce navode gustoće između 4 ovce (u nasadima od 600-1000 stabala po hektaru; (Corroyer, 2016)) i 20 ovaca po hektaru (u nasadima od 500 stabala po hektaru; (Burgess i sur., 2016)) i za svinje 1,5 svinja po hektaru (Fernandez Lorenzo i sur., 2016). U nekim silvopastoralnim sustavima, životinje su prisutne tijekom cijele godine (Fernandez Lorenzo i sur., 2016), u nekima samo dio godine te se npr. pred berbu ili pred janjenje uklanjaju sa silvopastoralne parcele (Burgess i sur., 2016; McAdam, 2014; McAdam i Ward, 2015).

6.3. Preporuke biljnih i životinjskih vrsta za silvopastoralni sustav u Hrvatskoj

Tablica 3 prikazuje primjere nekoliko vrsta voćki koje se mogu upotrijebiti za podizanje silvopastoralnog sustava u Hrvatskoj. Specifičan odabir voćki koje će se posaditi u silvopastoralni sustav ovisi o lokalnoj klimi i mikroklimi, reljefu, tlu i ostalim u poglavlju 6.1 već navedenim faktorima.

Tablica 3. Primjeri vrsta voćki za silvopastoralne sustava u umjerenj klimi u Europi (iz (Hervé-Gruyer i Hervé-Gruyer, 2019); S = sunčano, PS = polusjena

Vrsta	Tlo	Ekološki zahtjevi	Ekspozicija	Osjetljivo st mraz	USDA zona
Višnja, <i>Prunus cerasus</i>, Trešnja <i>P. avium</i>	Duboko, plodno propusno, neutralnog pH, izbjegavati vapnenasta tla (trešnja: bazično tlo)	Toplina i vlaga	S, PS (tolerira sjenu)	x	3
Kruška, <i>Pyrus communis</i>	Glinasta, ilovača, neutralnog pH	Toplina, srednja potreba za vodom	S	x	4
Jabuka, <i>Malus domestica</i>	Duboko, propusno bogato organskom tvari, blago kiseli pH	Toplina	S	x	3
Šljiva, <i>Prunus domestica</i>, <i>P. institia</i>	Duboko, propusno, humusno, pjeskovito, glineno ili vapnenasto	Osjetljiva na sušu i previše vlage	S	x	5
Pitomi kesten, <i>Castanea sativa</i>	Duboko, propusno, blago kiselo, ne vapnenasto i zbijeno		S, PS		5
Orah, <i>Juglans regia</i>	Duboko, propusno, humusno, lagano	Toplina, alelopatija	S	x	4
Marelica, <i>Prunus armeniaca</i>	Prozračno	Zaštićeno od vjetra i jake vlage	S	x	5-7
Mukinja, <i>Sorbus aria</i>	Duboko, vapnenasto, može biti kamenito i suho		S		6
Brekinja, <i>Allium ursinum</i>	Pjeskovito, duboko, lagano		S, PS		6
Obična dunja, <i>Cydonia oblonga</i>	Blago kiselo, propusno, prozračno		S, PS		4
Smokva, <i>Ficus carica</i>	Propusno tlo		S		8-10

Bijela murva, <i>Morus alba</i> i Crna murva <i>Morus nigra</i>	Rastresito, duboko, plodno, lagano	Toplina	S, PS		5
Lijeska, <i>Corylus avellana</i>	Svi tipovi tla, preferira vapnenasta		S, sjena		4-5
Lipa, <i>Tilia sp.</i>	Prozračno, humusno, blago kiselo, duboko		S, sjena		5
Crna bazga, <i>Sambucus nigra</i>	Svi tipovi tla		S, sjena		5
Planinska jarebika, <i>Sorbus aucuparia</i>	Lagano, rastresito		S, sjena		6
Oskoruša, <i>Sorbus domestica</i>	Svi tipovi tla		S, sjena		6
Pasji trn, <i>Hippophae rhamnoides</i>		Fiksira dušik			3
Crveni drijen, <i>Cornus mas</i>					5-8
Mušmula, <i>Mespilus germanica</i>	Lagano, pjeskovito do vapnenasto		S, sjena		6

S obzirom na činjenicu da se silvopastoralni sustavi koriste i za ispašu životinja, razmaci između stabala su veći kako bi se omogućio intenzivniji rast trave ili drugih posađenih biljaka. Tablica 4. prikazuje preporučene razmake između pojedinih vrsta stabala za najčešće voćne vrste koje se koriste u tradicionalnim silvopastoralnim sustavima.

Tablica 4. Preporučeni razmaci između stabala najčešćih vrsta voćki u silvopastoralnim sustavima (iz Hervé-Gruyer i Hervé-Gruyer, 2019)

Vrsta voćke	Razmak između stabala
Trešnja	10-12 m x 10-12 m
Marelica	7-10 m x 7-10 m
Kruška	8 m x 8 m
Jabuka	8-10 m x 8-10 m
Šljiva	8-10 m x 8-10 m
Kesten i orah	10-14 m x 10-18 m

7. Zaključak

S obzirom na dugotrajnu tradiciju, ali i inovativnost silvopastoralnih sustava, potrebno je dalje istraživati moguću primjenu ovakvih sustava u današnjoj poljoprivredi i šumarstvu. Posebice su poželjna istraživanja o ekonomskoj profitabilnosti silvopastoralnih sustava u toku duljeg niza godina. Unatoč relativno niskoj stopi usvajanja silvopastoralnih tj. agrošumarskih praksi u poljoprivredi, već postoji relativno širok opseg znanstvenih istraživanja koja ukazuju na moguće koristi ovakvih praksi. Potrebno je educirati poljoprivrednike o dosadašnjim znanstvenim saznanjima o silvopastoralnim sustavima. Kako bi poljoprivrednici mogli donijeti informiranu odluku o prednostima i rizicima silvopastoralnog sustava iz ekonomskog, ekološkog i sociološkog stajališta, potrebno je provesti daljnja istraživanja o mogućnostima uspostavljanja silvopastoralnih sustava.

9. Popis literature

1. Altieri M., Nicholls C. (2018). *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. CRC Press. doi:10.1201/9781482277937
2. Annual Report for 2006: Tackling global challenges through agroforestry. (2007). Nairobi, Kenya
3. Austad I., Hauge L. (2006). Pollarding in Western Norway. In: 1er Colloque Europeen Sur Les Trognons, Vendome
4. Baudry J., Bunce R.G.H., Burel F. (2000). Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *J Environ Manage* 60 (1): 7–22. doi:10.1006/jema.2000.0358
5. Boinot S., Barkaoui K., Mézière D., Lauri P.-E., Sarthou J.-P., Alignier A. (2022). Research on agroforestry systems and biodiversity conservation: what can we conclude so far and what should we improve? *BMC Ecol Evol* 22 (1): 24. doi:10.1186/s12862-022-01977-z
6. Bunce R., Pérez-Soba M., Jongman R., Gómez Sal A., Herzog F., Austad I. (2004). *Transhumance and biodiversity in European mountains*. Wageningen
7. Burgess P., Upson M., Graves A., Garcia de Jalon S. (2016). System report: grazed orchards in England and Wales. 23 pp.
8. Burgess P.J., Rosati A. (2018). Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforestry Systems* 92 (4): 801–810. doi:10.1007/s10457-018-0261-3
9. Bürgi M., Stuber M. (2003). Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. *Waldfeldbau, Waldfrüchte und Harz | Agricultural use of forests in Switzerland 1800-1950. Field crops and forestry in alternation, forest fruits and resin. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 154 (9): 360–375. doi:10.3188/szf.2003.0360
10. Buttler A., Kohler F., Gillet F. (2009). The Swiss Mountain Wooded Pastures: Patterns and Processes. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 377–396. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_19
11. Cannell M.G.R., Van Noordwijk M., Ong C.K. (1996). The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. *Agroforestry Systems* 34 (1): 27–31. doi:10.1007/BF00129630
12. Castro M. (2009). Silvopastoral Systems in Portugal: Current Status and Future Prospects. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 111–126. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_6
13. Chalmin A. (2008). Agroforstsysteme in Deutschland. *Landinfo* 7 1–7
14. Chalmin, Mastel. (2009). *Moderne Agroforstsysteme in Deutschland—Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen*
15. Chu B., Goyne K., Anderson S., Lin C., Udawatta R. (2010). Veterinary antibiotic sorption to agroforestry buffer, grass buffer, and cropland soils. *Agrofor Syst* 79: 67–80
16. Corroyer N. (2016). System Report: Grazed Orchards in France. 15 pp.
17. Crawford M. (2010). *Creating a Forest Garden: Working With Nature to Grow Edible Crops*. Green Books

18. Cubbage F., Balmelli G., Bussoni A., Noellemeyer E., Pachas A.N., Fassola H., Colcombet L., Rossner B., Frey G., Dube F., de Silva M.L., Stevenson H., Hamilton J., Hubbard W. (2012). Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. *Agroforestry Systems* 86 (3): 303–314. doi:10.1007/s10457-012-9482-z
19. DBU. (2010). Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen
20. den Herder M., Moreno G., Mosquera-Losada R.M., Palma J.H.N., Sidiropoulou A., Santiago Freijanes J.J., Crous-Duran J., Paulo J.A., Tomé M., Pantera A., Papanastasis V.P., Mantzanas K., Pachana P., Papadopoulos A., Plieninger T., Burgess P.J. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agric Ecosyst Environ* 241: 121–132. doi:10.1016/j.agee.2017.03.005
21. Dosskey M., Schultz, Isenhardt. (1997). Riparian Buffers for Agricultural Land. *Agroforestry Notes* 3 (2)
22. Dupraz C., Lawson G.J., Lamersdorf N., Papanastasis V.P., Rosati A., Ruiz-Mirazo J. (2018). Temperate agroforestry: the European way. In: *Temperate Agroforestry Systems*, CAB International, UK, pp. 98–152. doi:10.1079/9781780644851.0098
23. EC. (2006). Questions and Answers on the Action Plan on the Protection and Welfare of Animals. MEMO/06/21
24. EEA. (2006). Progress towards halting the loss of biodiversity by 2010. Copenhagen
25. Ellenberg H. (1954). Steppenheide und Waldheide. *Erdkunde* 8 (3). doi:10.3112/erdkunde.1954.03.02
26. Enríquez Regalado A., García López R., Torres Cárdenas V., Martín Méndez P. (2021). Análisis multifactorial de la producción de leche en una lechería comercial con silvopastoreo en Cuba (Multifactorial analysis of milk production in a commercial dairy farm with silvopastoralism in Cuba). *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal* 5 (2): 53–67
27. Fernandez Lorenzo J., Rigueiro Rodriguez A., Ferreiro Dominguez N., Gonzalez Hernandez P., Mosquera Losada M. (2016). System report: chestnut agroforestry in Spain. 13 pp.
28. Fernández-Núñez E., Rigueiro-Rodríguez A., Mosquera-Losada M.R. (2010). Carbon allocation dynamics one decade after afforestation with *Pinus radiata* D. Don and *Betula alba* L. under two stand densities in NW Spain. *Ecol Eng* 36 (7): 876–890. doi:10.1016/j.ecoleng.2010.03.007
29. Fisher W. (1990). Schlich's manual of forestry, vol V. Forest Utilization. Periodical Experts Book Agency, Delhi
30. Frey G.E., Fassola H.E., Pachas A.N., Colcombet L., Lacorte S.M., Pérez O., Renkow M., Warren S.T., Cubbage F.W. (2012). Perceptions of silvopasture systems among adopters in northeast Argentina. *Agric Syst* 105 (1): 21–32. doi:10.1016/j.agry.2011.09.001
31. Gallé R., Urák I., Nikolett G.-S., Hartel T. (2017). Sparse trees and shrubs confers a high biodiversity to pastures: Case study on spiders from Transylvania. *PLoS One* 12 (9): e0183465. doi:10.1371/journal.pone.0183465
32. Geddes P. (2012). The use of Shropshire sheep in orchards and other fruit tree plantations. *The Organic Grower* 20: 34–36

33. Graves A., Burgess P., Liagre F., Dupraz C. (2017). Farmer perception of benefits, constraints and opportunities for silvoarable systems. *Outlook Agric* 46 (1): 74–83. doi:10.1177/0030727017691173
34. Harrop S. (2005). The Role and protection of traditional practices in conservation under the Convention on Biological Diversity- inquiry into the UK's implementation of Article 80) Convention on Biological Diversity. *Environ Law Manage* 16 (5): 244–251
35. Harrop S.R. (2007). Traditional agricultural landscapes as protected areas in international law and policy. *Agric Ecosyst Environ* 121 (3): 296–307. doi:10.1016/j.agee.2006.12.020
36. Hervé-Gruyer C., Hervé-Gruyer P. (2019). *Vivre avec la Terre - Manuel des jardiniers - maraîchers*. Actes Sud
37. Herzog F. (1998). Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems* 42 (1): 61–80. doi:10.1023/A:1006152127824
38. Incoll L., Burgess P. (2002). British isles. In: SAFE Project—Report: Extant Silvoarable Practices in Europe (Paris P., ed), p. 83
39. Jose S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76 (1): 1–10. doi:10.1007/s10457-009-9229-7
40. Jose S., Walter D., Mohan Kumar B. (2019). Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. *Agroforestry Systems* 93 (1): 317–331. doi:10.1007/s10457-016-0065-2
41. Kaeser A., Palma J., Sereke F., Herzog F. (2010). Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft. 1–12 pp.
42. Karki U., Karki Y., Khatri R., Tillman A., Poudel S., Gurung N., Kumi A. (2019). Raising goats in the southern-pine silvopasture system: challenges and opportunities. *Agroforestry Systems* 93 (5): 1647–1657. doi:10.1007/s10457-018-0271-1
43. Konold W., Reeg T. (2009). Historische Agroforstsysteme in Deutschland. In: *Anbau Und Nutzung von Bäumen Auf Landwirtschaftlichen Flächen*, Wiley, pp. 313–324. doi:10.1002/9783527627462.ch28
44. Lamb D., Borschmann G. (1998). *Agroforestry with High Value Trees*. RIRDC/LWRRDC/FWPRDC, Kingston
45. Leakey R.B. (2010). *Should We be Growing More Trees on Farms to Enhance the Sustainability of Agriculture and Increase Resilience to Climate Change?* Cairns, Australia, 5 pp.
46. Lehmkuhler J.W., Felton E.E.D., Schmidt D.A., Bader K.J., Garrett H.E., Kerley M.S. (2003). Tree protection methods during the silvopastoral-system establishment in midwestern USA: Cattle performance and tree damage. *Agroforestry Systems* 59 (1): 35–42. doi:10.1023/A:1026184902984
47. Lin B.B. (2010a). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agric For Meteorol* 150 (4): 510–518. doi:10.1016/j.agrformet.2009.11.010
48. Lin B.B. (2010b). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agric For Meteorol* 150 (4): 510–518. doi:10.1016/j.agrformet.2009.11.010

49. Lin C., Goynes K.W., Kremer R.J., Lerch R.N., Garrett H.E. (2010). Dissipation of Sulfamethazine and Tetracycline in the Root Zone of Grass and Tree Species. *J Environ Qual* 39 (4): 1269–1278. doi:10.2134/jeq2009.0346
50. Luick. (2009). Wood pastures in Germany. In: *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects* (Rigueiro-Rodríguez, McAdam, Mosquera-Losado, eds), Springer Science Business Media B.V., Dordrecht, pp. 359–376
51. Luoto M., Pykälä J., Kuussaari M. (2003). Decline of landscape-scale habitat and species diversity after the end of cattle grazing. *J Nat Conserv* 11 (3): 171–178. doi:10.1078/1617-1381-00052
52. McAdam J. (2014). Initial stakeholder meeting report: grazed orchards in Northern Ireland, UK. 9 pp.
53. McAdam J., Hoppe G., Toal L., Whiteside T. (1999). The use of wide-spaced trees to enhance faunal diversity in managed grasslands. *Grassland Sci Bur* 4: 293–296
54. McAdam J., Ward F. (2015). System Report: Grazed Orchards in Northern Ireland. 12 pp.
55. Mcadam J.H., Sibbald A.R., Teklehaimanot Z., Eason W.R. (2007). Developing silvopastoral systems and their effects on diversity of fauna. *Agroforestry Systems* 70 (1): 81–89. doi:10.1007/s10457-007-9047-8
56. Mitlöhner F.M., Morrow J.L., Dailey J.W., Wilson S.C., Galyean M.L., Miller M.F., McGlone J.J. (2001). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J Anim Sci* 79 (9): 2327. doi:10.2527/2001.7992327x
57. Moreno G., Bertomeu Garcia M., Lopez-Diaz M. (2015). System report: silvopastoral management for quality wood production in Spain. 16 pp.
58. Moreno G., Pulido F.J. (2009). The Functioning, Management and Persistence of Dehesas. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 127–160. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_7
59. Mosquera-Losada M., McAdam J.H., Romero-Franco R., Santiago-Freijanes J.J., Rigueiro-Rodríguez A. (2009). Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 3–19. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_1
60. Mosquera-Losada M., Pinto-Tobalina M., Rigueiro-Rodríguez A. (2005). The herbaceous component in temperate silvopastoral systems. In: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management. Proceedings of an International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management Held in Lugo, Spain, April 2004*, CABI Publishing, UK, pp. 93–100. doi:10.1079/9781845930011.0093
61. Mosquera-Losada M., Riguero-Rodríguez A., Rois-Díaz M., Schuck A., Van Brusselen J. (2005). Assessing biodiversity on silvopastoral systems across Europe. *Grassland Sci Eur* 10: 44–47
62. Mosquera-Losada M., Santiago Freijanes J., Pisanelli A., Rois M., Smith J. (2016). Extent and Success of Current Policy Measures to Promote Agroforestry across Europe
63. Mosquera-Losada M., Santiago-Freijanes J.J., Pisanelli A., Rois-Díaz M., Smith J., den Herder M., Moreno G., Ferreiro-Domínguez N., Malignier N., Lamersdorf N., Balaguer F., Pantera A., Rigueiro-Rodríguez A., Aldrey J.A., González-Hernández M.P., Fernández-Lorenzo J.L., Romero-Franco R., Burgess P.J. (2018). Agroforestry

- in the European common agricultural policy. *Agroforestry Systems* 92 (4): 1117–1127. doi:10.1007/s10457-018-0251-5
64. Mupepele A.-C., Keller M., Dormann C.F. (2021). European agroforestry has no unequivocal effect on biodiversity: a time-cumulative meta-analysis. *BMC Ecol Evol* 21 (1): 193. doi:10.1186/s12862-021-01911-9
 65. Nair, Gordon, Mosquera-Losada. (2008). *Agroforestry. Ecological engineering: encyclopedia of ecology*
 66. Nair P. (1993). *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
 67. Nair P.K.R. (2011). *Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction*. *J Environ Qual* 40 (3): 784–790. doi:10.2134/jeq2011.0076
 68. Nair P.K.R. (1991). State-of-the-art of agroforestry systems. *For Ecol Manage* 45 (1–4): 5–29. doi:10.1016/0378-1127(91)90203-8
 69. Nerlich K., Graeff-Hönniger S., Claupein W. (2013). Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems* 87 (2): 475–492. doi:10.1007/s10457-012-9560-2
 70. Nguyen Q., Hoang M.H., Öborn I., van Noordwijk M. (2013). Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam. *Clim Change* 117 (1–2): 241–257. doi:10.1007/s10584-012-0550-1
 71. Oosterbaan A., Kuiters A.T. (2009). Agroforestry in the Netherlands. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 331–341. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_16
 72. Oosterbaan A., Schepers H., Kwanten E. (2005). Walnut As A Farm Crop In The Netherlands: An Agroforestry Project In The East And Selection Of Cultivars For Organic Cultivation In The North. *Acta Hortic* (705): 27–34. doi:10.17660/ActaHortic.2005.705.1
 73. Orefice J., Smith R.G., Carroll J., Asbjornsen H., Kelting D. (2017). Soil and understory plant dynamics during conversion of forest to silvopasture, open pasture, and woodlot. *Agroforestry Systems* 91 (4): 729–739. doi:10.1007/s10457-016-0040-y
 74. Pakeman R.J., Hulme P.D., Torvell L., Fisher J.M. (2003). Rehabilitation of degraded dry heather [*Calluna vulgaris* (L.) Hull] moorland by controlled sheep grazing. *Biol Conserv* 114 (3): 389–400. doi:10.1016/S0006-3207(03)00067-3
 75. Pantera A., Burgess P.J., Mosquera Losada R., Moreno G., López-Díaz M.L., Corroyer N., McAdam J., Rosati A., Papadopoulos A.M., Graves A., Rigueiro Rodríguez A., Ferreiro-Domínguez N., Fernández Lorenzo J.L., González-Hernández M.P., Papanastasis V.P., Mantzanas K., Van Lerberghe P., Malignier N. (2018). Agroforestry for high value tree systems in Europe. *Agroforestry Systems* 92 (4): 945–959. doi:10.1007/s10457-017-0181-7
 76. Papanastasis V.P., Mantzanas K., Dini-Papanastasi O., Ispikoudis I. (2009). *Traditional Agroforestry Systems and Their Evolution in Greece*, pp. 89–109. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_5
 77. Peng R.K., Incoll L.D., Sutton S.L., Wright C., Chadwick A. (1993). Diversity of Airborne Arthropods in a Silvoarable Agroforestry System. *J Appl Ecol* 30 (3): 551. doi:10.2307/2404194

78. Plieninger T., Schaar M. (2008). Modification of Land Cover in a Traditional Agroforestry System in Spain: Processes of Tree Expansion and Regression. *Ecology and Society* 13 (2): art25. doi:10.5751/ES-02521-130225
79. Plieninger T., Wilbrand C. (2001). Land use, biodiversity conservation, and rural development in the dehesas of Cuatro Lugares, Spain. *Agroforestry Systems* 51 (1): 23–34. doi:10.1023/A:1006462104555
80. Postma M. (2005). It's all in the mix. Agroforestry, a prospective land use system for the Netherlands. Wageningen University, Wageningen
81. Reeg T. (2011). Agroforestry systems as land use alternatives in Germany? A comparison with approaches taken in other countries. *Outlook Agriculture* 40: 45–50
82. Reeg T., Möndel A., Brix M., Konold W. (2008). Conservation in agricultural landscape—new options through modern agroforestry systems? *Natur und Landschaft* 83: 261–266
83. Rigueiro-Rodríguez A., Rois-Díaz M., Mosquera-Losada M.R. (2010). Integrating Silvopastoralism and Biodiversity Conservation. In: *Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture*, pp. 359–373. doi:10.1007/978-90-481-9513-8_12
84. Rösch V., Hoffmann M., Diehl U., Entling M.H. (2019). The value of newly created wood pastures for bird and grasshopper conservation. *Biol Conserv* 237: 493–503. doi:10.1016/j.biocon.2019.07.036
85. Santiago-Freijanes J.J., Pisanelli A., Rois-Díaz M., Aldrey-Vázquez J.A., Rigueiro-Rodríguez A., Pantera A., Vityi A., Lojka B., Ferreiro-Domínguez N., Mosquera-Losada M.R. (2018). Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land use policy* 76: 144–156. doi:10.1016/j.landusepol.2018.03.014
86. Schlich W. (1990). Schlich's manual of forestry, vol II. *Silvicultura in the British Empire*. Periodical Experts Book Agency, Delhi
87. Shrestha R.K., Alavalapati J.R.R., Kalmbacher R.S. (2004). Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT–AHP method. *Agric Syst* 81 (3): 185–199. doi:10.1016/j.agsy.2003.09.004
88. Smith J. (2010). *The history of temperate agroforestry*. Hamstead Marshall, 17 pp.
89. Smith J., Pearce B.D., Wolfe M.S. (2012). A European perspective for developing modern multifunctional agroforestry systems for sustainable intensification. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27 (4): 323–332. doi:10.1017/S1742170511000597
90. Stamps W., Linit M. (1998). Plant diversity and arthropod communities: implications for temperate agroforestry. *Agrofor Syst* 39: 73–89
91. Takács V., Frank N. (2009). The Traditions, Resources and Potential of Forest Growing and Multipurpose Shelterbelts in Hungary. In: *Agroforestry in Europe*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 415–433. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_21
92. Udawatta R.P., Jose S. (2011). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Practices in Temperate North America, pp. 17–42. doi:10.1007/978-94-007-1630-8_2
93. Varah A. (2015). Can agroforestry reconcile conflicting demands for productivity, biodiversity conservation and delivery of ecosystem services? 312 pp.

94. Varela E., Olaizola A.M., Blasco I., Capdevila C., Lecegui A., Casasús I., Bernués A., Martín-Collado D. (2022). Unravelling opportunities, synergies, and barriers for enhancing silvopastoralism in the Mediterranean. *Land use policy* 118: 106140. doi:10.1016/j.landusepol.2022.106140
95. Walter D. (2011). Silvopasture: an agroforestry practice—benefits to integrating farm and forest management. *Silvopasture Workshop, Goldsboro*
96. Zehlius-Eckert W. (2010). Agroforstwirtschaft in der europäischen Forschung—mit einem Schwerpunkt auf der ökologischen Nachhaltigkeit. In: *Agrarholz, Berlin*
97. Zehnder M., Weller F. (2006). *Streuobstbau—Obstwiesen erleben und erhalten.* Eugen Ulmer KG, Stuttgart
98. Zhang Y., Han M., Song M., Tian J., Song B., Hu Y., Zhang J., Yao Y. (2021). Intercropping With Aromatic Plants Increased the Soil Organic Matter Content and Changed the Microbial Community in a Pear Orchard. *Front Microbiol* 12. doi:10.3389/fmicb.2021.616932

Životopis

Naomi Sarah Bosch rođena je 19.11.1997. u Lauf a.d. Pegnitz (Njemačka). Završila je 16. gimnaziju u Zagrebu od 2013. do 2017., kada je maturirala. Zatim je upisala preddiplomski studij agronomije na Sveučilištu Rostock (Njemačka), koji je završila 2020. završnim radom na temu „Značaj učestalih korovnih vrsta u Njemačkoj za artropode i ptice“. Na istu temu je kao ko-autorica 2021. izdala znanstveni rad kao u časopisu Julius-Kühn-Archiv. 2021., nastavila je diplomski studij Ekološka poljoprivreda i agroturizam na Sveučilištu Zagreb. Tijekom cjelokupnog studija odradila je brojne prakse u Njemačkoj, Francuskoj i Hrvatskoj na poljoprivrednim imanjima i službama.

Završila je osnovnu glazbenu školu (instrument violina). Govori njemački i hrvatski jezik kao materinji jezik, engleski jezik na nivou C2 (Cambridge English Certificate) te španjolski i francuski jezik na nivou B1-B2.

Pohađala je online poslovnu akademiju i tečaj novinarstva. 2019. pokrenula je vlastiti blog „Plentiful Lands“ te aktivno koristi WordPress kao i razne marketing kanale. Radila je kao freelance copywriter te redovito piše članke za časopise i online portale na temu poljoprivrede, održivosti i vjere. Njena prva knjiga će biti objavljena 1.9.2023. godine. Od 2017. volontira za kršćansku organizaciju zaštite prirode „A Rocha“.