

# Klimatski pametna biljna proizvodnja

---

**Knezović, Ružica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:429103>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ružica Knezović,

Sveučilišni preddiplomski studij

Smjer Hortikultura

**Klimatski pametna biljna proizvodnja**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ružica Knezović,

Sveučilišni preddiplomski studij

Smjer Hortikultura

**Klimatski pametna biljna proizvodnja**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof.dr.sc. Irena Jug, mentor
2. prof.dr.sc. Danijel Jug, član
3. doc.dr.sc. Bojana Brozović, član

Osijek, 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Hortikultura

Završni rad

Ružica Knezović

### Klimatski pametna biljna proizvodnja

**Sažetak:** Biljna proizvodnja doprinosi klimatskim promjenama, ali također pruža mogućnosti prilagodbe i ublažavanja klimatskih promjena. Klimatski pametna biljna proizvodnja temelji se na održivoj intenzifikaciji biljne proizvodnje, prilagodbi i povećanju otpornosti na klimatske promjene i ublažavanju klimatskih promjena smanjenjem emisije stakleničkih plinova i sekvencijom ugljika. Klimatski pametna biljna proizvodnja nije skup praksi koje mogu biti univerzalno primijenjene već je to pristup koji uključuje različite prakse kojima se ispunjavaju ciljevi klimatski pametne poljoprivrede. Povećanje produktivnosti može se postići održivim gospodarenjem hranivima, uzgojem visokoprinosnih sorti te odabir vrsta usjeva koji imaju veći potencijal prinosa u danim okolišnim uvjetima. Prilagodba klimatskim promjenama može se postići smanjenjem mogućih rizika pada prinosa, uzgojem ili introdukcijom tolerantnih biljnih vrsta prilagođenih stresovima izazvanih klimatskim promjenama te primjenom odabranih tehnika uzgoja kojima se smanjuju štetne posljedice klimatskih promjena. Ublažavanje klimatskih promjena ovisi o načinu gospodarenja tlom i vodama te sustavima biljne proizvodnje kojima se povećava sekvencijom ugljika i smanjuje emisija stakleničkih plinova. Neke od praksi koje pružaju mjere prilagodbe/ublažavanja klimatskih promjena su konzervacijska poljoprivreda, agrošumarstvo, konsocijacija, rotacija usjeva, itd.

**Ključne riječi:** klimatski pametna poljoprivreda, klimatske promjene, konzervacijska poljoprivreda, agrošumarstvo, konsocijacija, rotacija usjeva.

34 stranice, 12 slika, 31 literaturni navod

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Ružica Knezović

### Climate smart plant production

**Summary:** Plant production contributes to climate change, but it also provides the possibility to adaptation and mitigation to climate change. Climate smart plant production is based on increase productivity crop production, enhance resilience to climate change by adaptation and reducing greenhouse gases emission. Climate smart plant production is not a set of practices that can be universally applied, but it is a approach which includes different practices to achieving goals of a smart climate agriculture. An increase in productivity can be achieved by sustainable management of nutrients, breeding of higher yielding crop varieties and selection of crop species that have higher yield potentials under given environmental conditions. Climate change adjustment can be achieved by reduce the risk of yield reduction, breeding or the introduction of tolerant crop varieties on climate change and apply of properly crop technique for specific region. The mitigation of climate change depend on soil and water management and the systems of crop production which reduced greenhouse gases emisson and increase carbon sequestration. Some of agricultural approaches and practices that contribute to climate change mitigation are: conservation agriculture, agroforestry, intercropping and crop rotation.

**Key words:** climate smart agriculture, climate change, conservatio agriculture, agroforestry, intercropping, crop rotation.

34 pages, 12 pictures, 31 literature references

The thesis is stored in the Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in the digital repository of bachelor's and master's thesis of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

## 1. SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju .....	5
3. Razvoj klimatski pametne poljoprivrede .....	8
4. Koncept klimatski pametne poljoprivrede .....	10
5. Održiva intenzifikacija biljne proizvodnje.....	13
6. Temeljni principi upravljanja prirodnim biološkim procesima .....	15
8. pristupi i prakse klimatski pametne poljoprivrede u biljnoj proizvodnji .....	20
8.1. Prilagodba biljne proizvodnje klimatskim promjenama .....	21
8.2. Ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena na biljnu proizvodnju.....	22
9. Praktični primjeri provedbe klimatski pametne poljoprivrede.....	24
9.1 Konzervacijska poljoprivreda .....	24
9.2. Rotacija usjeva .....	25
9.3. Agrošumarstvo.....	26
10. Zaključak .....	29
11. Popis literature.....	31

## **KRATICE**

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change – Međuvladin panel o klimatskim promjenama

FAO- Food and Agriculture Organisation- Organizacija za hranu i poljoprivredu

SCPI- Sustainable Crop Production Intensification- Održivo intenziviranje proizvodnje usjeva

CSA- Climate-smart agriculture- Klimatski pametna poljoprivreda

PAR- Platform for Agrobiodiversity Research- Platforma za istraživanje agrobioraznolikosti

BNF- biological nitrogen fixation- Biološka fiksacija dušika

CO<sub>2</sub> - ugljikov (IV) oksid

CH<sub>4</sub> - metan

N<sub>2</sub>O - dušikov (I) oksid

HFC - fluorougljikovodici

PFC - perfluorougljici

SF<sub>6</sub> - sumporov heksafluorid -

IFPRI- International Food Policy Research Institute- Međunarodni institut za prehrambenu politiku

CGIAR- Consortium of International Agricultural Research Centers- Konzorcij međunarodnih centara za istraživanje poljoprivrede

SLM- Sustainable Land Management- Održivo gospodarenje zemljištem

IPM- Integrated Pest Management- Integrirano suzbijanje štetočina

IPNS- Integrated Plant Nutrition System- Integrirani sustav ishrane bilja

KIK- Kationski izmjenjivački kapacitet

C/N odnos- Odnos ugljika i dušika

CA- Conservation Agriculture- Konzervacijska poljoprivreda

## 1. UVOD

U današnje vrijeme svijet se suočava s velikim problemima uzrokovanim klimatskim promjenama. Klimatski ekstremi, od visokih odnosno niskih temperatura, suše i poplave, krčenje šuma i prašuma, degradacija tla te povećana koncentracija stakleničkih plinova koji značajno zagrijavaju atmosferu predstavljaju izazov za suvremenog čovjeka u smislu proizvodnje hrane (Gajšak, 2018.).

Nepredvidivi vremenski obrasci, kraća godišnja doba, suše, ekstremne temperature i povećana izloženost štetočinama i bolestima usjeva predstavljaju ozbiljan problem poljoprivrednom proizvođačima posebice u područjima gdje se ljudi više oslanjaju na prirodne resurse.

Klima i poljoprivreda snažno su međusobno povezane i stoga varijacije u klimi utječu na poljoprivredne aktivnosti koje pak svojim djelovanjem utječu na klimu (IPCC, 2007.,a).

Veliki rizik od klimatskih promjena je posljedica porasta temperature (globalnog zagrijavanja) za koje se predviđa da predstavlja prijetnju za okoliš narušavajući pri tom i poljoprivrednu proizvodnju (povećanjem koncentracije CO<sub>2</sub>, porastom prosječne atmosfere temperature, nepravilnim rasporedom oborina i međusobnom povezanošću svih gore navedenih čimbenika)

Prema Europskoj komisiji, ljudska populacija povećava svoj utjecaj na klimu i temperaturu atmosfere spaljivanjem fosilnih goriva, sječom prašuma i uzgojem stoke. Ovaj antropogeni utjecaj povećava koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi povećavajući efekt staklenika i globalno zagrijavanje ([https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_en](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en)). Mnogi se od tih plinova javljaju se prirodno u nižim koncentracijama, ali ljudska aktivnost povećava koncentraciju nekih od njih u atmosferi, posebice CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O te fluorirani staklenički plinovi (fluorougljikovodici -HFC, perfluorougljici - PFC i sumporov heksafluorid - SF<sub>6</sub>).

Europska komisija navodi kako je CO<sub>2</sub> je staklenički plin koji se najčešće stvara ljudskim aktivnostima i odgovoran je za 64 % globalnog zagrijavanja uzrokovanog antropogenim utjecajem. Njegova koncentracija u atmosferi trenutno je 40 % veća nego što je bila kada je započela industrijalizacija. Ostali staklenički plinovi ispuštaju se u manjim količinama, ali oni zarobljavaju toplinu daleko učinkovitije od CO<sub>2</sub>, a u nekim su slučajevima i tisuće puta jače. Metan je odgovoran za 17 % globalnog zagrijavanja uzrokovanog antropogenim djelovanjem, a dušikov(I) oksid za 6 % ([https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_en](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en)).

Poljoprivredna proizvodnja može biti izvor emisije stakleničkih plinova te neodrživim praksama može uzrokovati degradaciju tla, čime se smanjuje njegova proizvodna sposobnost. Pojedini sustavi obrade tla (poput oranja) mogu povećati koncentraciju CO<sub>2</sub> u atmosferi jer dolazi do oksidacije organske tvari tla. Održivim gospodarenjem tlom koji uključuje reduciranu obradu, primjenu stajskog gnoja i otpada poboljšava integraciju biološke raznolikosti tla, te pokrivenost tla pokrovnim usjevima ili žetvenim ostacima može se značajno doprinijeti akumulaciji ugljika u tlu (Wassmann i Pathak, 2007.).

Poljoprivredni sektor trenutno je odgovoran za oko 13,7 % globalnih emisija stakleničkih plinova i također je ključni pokretač krčenja šuma (deforestacije) što doprinosi dodatnih 7-14 % globalnih emisija. Istovremeno će klimatske promjene imati znatne negativne utjecaje na mnoge poljoprivredne zajednice, posebno male vlasnike i siromašne poljoprivrednike koji imaju ograničen kapacitet za prilagodbu nepovoljnim stresovima, dodatno pogoršavajući globalno siromaštvo i nesigurnost u hrani. Stoga je smanjenje emisija stakleničkih plinova i mjere prilagodbe za održavanje visokih i stabilnih prinosa od globalnog značaja (FAO, 2019.).

Prema Amin i sur. (2015.) osim CO<sub>2</sub> poljoprivredna proizvodnja je izvor i drugih stakleničkih plinova kao što su N<sub>2</sub>O (čiji je udjel u ukupnim emisijama stakleničkih plinova oko 58 %, i to najčešće kao posljedica primjene gnojiva) te CH<sub>4</sub> koji oko 40 % udjela u ukupnim emisijama stakleničkih plinova postiže stočarskom proizvodnjom i uzgojem riže.

Ovi staklenički plinovi rezultat su poljoprivredne proizvodnje ali i prirodnih pojava te je njihov uzročno-posljedični odnos, iznimno teško procijeniti i kontrolirati.

Mogućnost kontroliranja koncentracije stakleničkih plinova uzrokovanih poljoprivrednim praksama može igrati vitalnu ulogu u upravljanju klimatskim promjenama (IPCC, 2007; Gitz, 2013). Sveukupni učinak klimatskih promjena na poljoprivredu ovisit će o mogućnostima upravljanja međusobnog djelovanja klime i poljoprivrede.

Klimatske promjene dovode do negativnog utjecaja na globalnoj razini, a očituje se u topljenju polova i vječnog leda, što rezultira povećanjem razine mora, ekstremnih vremenskih pojava, a najviše poplava i suša, uništavanja raznih ekosustava, zagađenje zraka, narušavanje bioraznolikosti, pojavu zdravstvenih problema itd.



Problemi s klimatskim promjenama postali su vitalni scenarij koji značajno utječe na svaki segment ljudskog života. Stopa klimatskih promjena, zajedno sa svjetskim pitanjima rasta i porasta dohotka, ugrožava sigurnost hrane širom svijeta (Amin i sur., 2015.).

Najizraženije promjene uzrokovane klimatskim uvjetima uočavamo u biljnoj proizvodnji. Iako bi neke kulture u nekim regijama svijeta mogle imati neke benefite od promjene klime, pretpostavlja se da će ukupni utjecaji klimatskih promjena na poljoprivredu biti negativan (IFPRI, 2009). Na primjer, klimatska varijabilnost i učestalost ekstremnih klimatskih događaja, poput suša i poplava, utjecat će na količinu i distribuciju oborina. Visoke temperature mogu negativno utjecati na prinose i pogodovati rastu korova i širenju štetočina i bolesti usjeva. U mnogim područjima porast razine mora također će ometati proizvodnju usjeva. Pri vrlo niskim temperaturama dolazi do pojave mraza, izmrzavanja zametnutih plodova, dok pri vrlo visokim temperaturama dolazi do skraćivanja vegetacijskog razdoblja, opadanja cvjetnih zametaka, vrijeme fotosinteze je kraće i smanjuju se prinosi. Sve navedeno dugoročno gledano dovodi do pada proizvodnje. Prema nekim predviđanjima, klimatske promjene će utjecati na dodatno povećanje cijena glavnih poljoprivrednih prehrambenih kultura poput riže, pšenice, kukuruza i soje (IFPRI, 2009.). Prema FAO (2013.) utjecaj klimatskih promjena najteže će pogoditi zemlje u razvoju, a upravo će sigurnost hrane biti najviše ugrožena.



Slika 1. Klimatske promjene

(Izvor:<https://news.unm.edu/news/research-examines-ramifications-of-climate-change-on-different-populations>)

Kao odgovor na sveprisutne klimatske promjene, a ujedno i na povećanje populacije stanovništva (pretpostavlja se da će do 2050. godine broj stanovništva doseći broj od 9,5 milijardi), s obzirom da je poljoprivreda najranjiviji sektor kada su klimatske promjene u pitanju, pojavio se jedan novi pristup poljoprivrednoj proizvodnji, a to je klimatski pametna poljoprivreda.

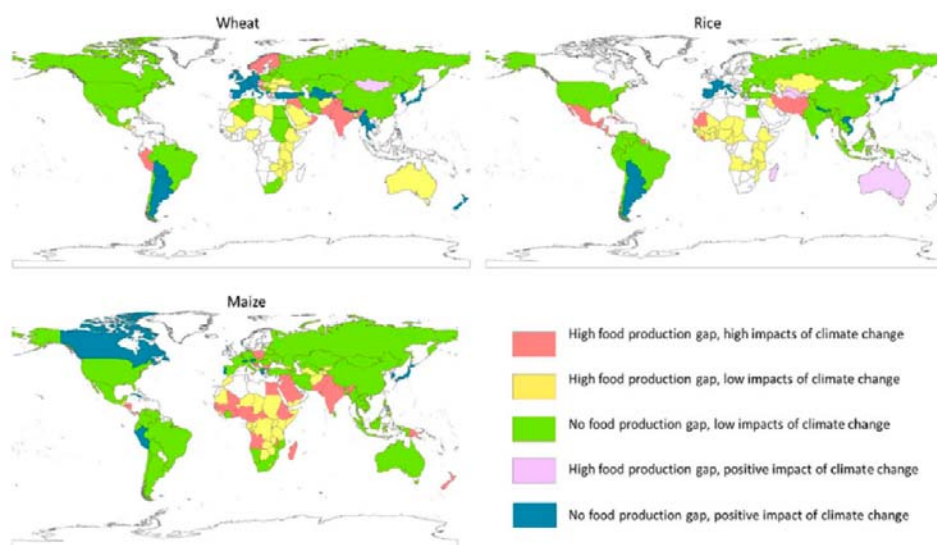
U tom okviru klimatski pametna poljoprivreda ima pristup koji zahtijeva integraciju potrebe za prilagodbom i mogućnosti ublažavanja u strategijama rasta poljoprivrede kako bi se podržala sigurnost hrane. Koncept je pokrenula FAO 2010. godine, pobudivši brz i široki interes i pažnju.

Cilj rada bio je prikazati klimatski pametnu biljnu proizvodnju kao novi pristup u prilagodbi biljne proizvodnje novonastalim klimatskim promjenama i porastu broja stanovništva kroz povećanje otpornosti agroekosustava, održivu intenzifikaciju biljne proizvodnje vodeći računa o smanjenoj produkciji stakleničkih plinova.

## 2. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU

Biljna proizvodnja oduvijek je ovisila o okolišnim čimbenicima što je u nepovoljnim vremenskim uvjetima mogao značiti i potpuni gubitak proizvodnje. Proizvodnja „na otvorenom“ je oduvijek bila rizična upravo zbog ovisnosti o vremenskim uvjetima, a mehanizmi upravljanja stresom uzrokovanog nepovoljnim uvjetima i dalje su predmetom opsežnih istraživanja iz različitih disciplina.

Ratarska proizvodnja sve je osjetljivija na rizike povezane s novim i promjenjivim klimatskim promjenama (Slika 2.). To su varijacije u okolišnim uvjetima koje poljoprivrednicima predstavljaju značajne izazove, kojih ne nedostaje i u „normalnim“ uvjetima. Naš planet se suočava sa sve ekstremnijim vremenskim događajima, poput obilnih i dugotrajnih oborina, viših obalnih voda, geografskih pomaka u obrascima oluje i suše i visokih temperatura (IPCC, 2012).



Slika 2. Rizici ratarske proizvodnje

(Izvor: Loboguerrero i sur., 2019.)

Točke klimatskih promjena temeljene na procjeni utjecaja nakon prilagodbe na prinose usjeva na razini zemlje za 2050-e i razlike između procijenjene potrebe za žitaricama u 2050. i trenutne ponude žitarica.

Na srednjim i visokim geografskim širinama, ovisno o kulturi, produktivnost usjeva se može malo povećati s porastom lokalnih srednjih temperatura do 1 - 3 °C. Na nižim zemljopisnim

širinama produktivnost usjeva smanjit će se čak i s relativno manjom promjenom temperature (IPCC, 2007.,b). Lokalizirani ekstremni događaji i iznenadni napadi štetočina i bolesti već uzrokuju sve veću nepredvidivost proizvodnje iz sezone u sezonu i iz godine u godinu, te zahtijevaju brze i prilagodljive odgovore u upravljanju proizvodnjom (FAO-PAR, 2011.).

Prema Lobell i sur. (2008.) klimatske promjene će uzrokovati značajno smanjenje usjeva do 2030. godine: u južnoj Africi do 30 % (kukuruz) i južnoj Aziji do 10 % (riža) i više od 10 % (proso i kukuruz).

Do 2050. godine predviđa se da će ukupan broj stanovništva iznositi preko 9 milijardi, čime će se povećati i potražnja za hranom i ostalim poljoprivrednim proizvodima. Istovremeno, svijet se suočava s izazovima kao što su nedostatak zemljišta i vode, povećana urbanizacija, klimatske promjene i nestabilnost. Poljoprivredna proizvodnja i dalje je glavni izvor dohodaka za većinu ruralnih zajednica (oko 86 % ruralnih stanovnika - 2,5 milijardi), koji ovise o poljoprivredi kao osnovnom izvoru sredstava za život (Svjetska banka, 2008.). Ukupna učinkovitost poljoprivrednog sektora, njegova otpornost, sposobnost prilagođavanja i potencijal davanja doprinosa ublažavaju učinak klimatskih promjena, mogu se poboljšati, a poboljšavanjem tih komponenti na učinkoviti način se pristupa klimatski pametnoj poljoprivredi. Ali alternativni pristupi i prakse prilagodbe mogu se pozabaviti tim pomakom u smanjenju neto emisija stakleničkih plinova uz održavanje ili poboljšanje prinosa (FAO, 2011; Pretty i sur., 2011.)

Kako bi se smanjio negativan učinak poljoprivrede na ekosustav, nužno je pristupiti osmišljavanju mjera kojima će to biti omogućeno. Poljoprivreda uključuje 13,5 % emisija stakleničkih plinova, odnosno oko 1,8 Gt C ekv. /godini (6,6 Gt CO<sub>2</sub> ekv./ god.), uglavnom u obliku metana (CH<sub>4</sub>), te puno značajnije za biljnu proizvodnju, dušikov (I) oksid (N<sub>2</sub>O) iz tala gdje je obavljena gnojidba, enterička fermentacija, izgaranje biomase, proizvodnja riže te primjena stajskog gnojiva i proizvodnja gnojiva (IPCC, 2007,b.). Prema Scherr i Sthapit (2009.) upotreba zemljišta i promjene u načinu njegovog korištenja čine oko 31 % ukupnih emisija stakleničkih plinova u atmosferu izazvane ljudskom djelatnošću.

Učinkovitost poljoprivrednog sektora može se povećati na način da se poboljša njegova otpornost, sposobnost prilagođavanja i njegov potencijal doprinosa ublažavanju učinaka klimatskih promjena. Poboljšanjem učinkovitosti poljoprivredne proizvodnje, emisije stakleničkih plinova se mogu smanjiti i povećati kapacitet sekvenciranja ugljika. Suprotno

tome, klimatske promjene će imati značajan utjecaj na proizvodnju usjeva (Tablica 1.), iako se raznim alternativnim pristupima i praksama prilagođavanja ovaj utjecaj može ublažiti na način da se smanji neto emisija stakleničkih plinova uz održavanje ili poboljšanje prinosa (Pretty i sur., 2011.).

Tablica 1. Primjeri projekcije utjecaja klimatskih promjena na biljnu proizvodnju

Klimatski fenomen	Potencijalni utjecaj
Hladna razdoblja postaju toplija i kraća, a dani i noći postaju topliji	Povećani prinosi u hladnijim sredinama, smanjen prinosi u toplijim sredinama; potencijalno širenje novih bolesti i štetnika
Učestalo ponavljanje jakih oborina na većem području	Štete na usjevima, pojačana erozija tla, nemogućnost provedbe obrade tla zbog prevlaživanja
Povećanje područja zahvaćeno sušom	Degradacija zemljišta, erozija tla, niži prinosi, gubitak obradivog zemljišta
Povećanje razine mora	Salinizacija, gubitak obradivog zemljišta

Izvor: FAO (2013.): Climate Smart Agriculture Sourcebook

### **3. RAZVOJ KLIMATSKI PAMETNE POLJOPRIVREDE**

Klimatski pametna poljoprivredna proizvodnja (CSA) je održiva poljoprivredna proizvodnja s pristupom upravljanja proizvodnjom s obzirom na klimatske promjene. Prva artikulacija koncepta CSA predstavljena je u izvještaju FAO-a za 2009. pod nazivom „Sigurnost hrane i ublažavanje poljoprivrede u zemljama u razvoju: mogućnosti sinergije“, koje je pokrenuto na radionici o klimatskim promjenama u Barceloni, održanoj u studenom iste godine.

U 2010. godini FAO u dokumentu pod nazivom „Klimatski pametna“ poljoprivreda, politike, prakse i financiranje sigurnosti hrane, prilagodbe i ublažavanja “objavljen je kao podloga za Hašku konferenciju o poljoprivredi, sigurnosti hrane i klimatskim promjenama održanoj u listopadu 2010. godine (FAO, 2010.). Konferencija je organizirana kao nastavak izjave o zajedničkoj viziji dogovorene na 17. zasjedanju Komisije Održivog razvoja (CSD-17) u svibnju 2009. i daljnji razvoj programa poljoprivrede, sigurnosti hrane i klimatskih promjena.

Koncept klimatski pametne poljoprivrede je u prvi mah izražavao mišljenje kako je sektor poljoprivrede ključan za klimatske promjene, i to ne samo zbog svoje osjetljivosti na učinke klimatskih promjena već i zbog toga što je glavni uzročnik ovom problemu. Raspravljalo se i o tome da je održiva transformacija poljoprivrednog sektora ključna za postizanje sigurnosti opskrbe hrane, te je stoga neophodno uokviriti odgovore na klimatske promjene unutar ovog prioriteta.

Cilj klimatski pametne poljoprivredne proizvodnje (CSA) je pružanje globalno primjenjivih načela upravljanja poljoprivredom za sigurnost hrane u raznim klimatskim uvjetima i promjenama koja bi moga pružiti preporuke multilateralne organizacije poput UN-ove FAO.

Razvoj CSA nije bio samo na međunarodnoj razini, već su CSA projekti pokrenuti na državnim i regionalnim razinama, uglavnom u partnerstvu s međunarodnim organizacijama kao što su FAO, Svjetska banka, lokalne i međunarodne nevladine organizacije te programom CGIAR (Consortium of International Agricultural Research Centers) za klimatske promjene i sigurnost hrane.

Na mrežnoj stranici FAO (Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda) navodi se da je tijekom klimatske konferencije COP 24 UNFCCC-a koja se održavala u Katowicama u Poljskoj od 3. do 14. prosinca 2018. predstavljena četiri nova modula (o tlu, vodi, usjevima i stočarstvu) vezanih uz Klimatski pametnu poljoprivredu (Climate Smart Agriculture). Na

predstavljaju su sudjelovali i predstavnici Svjetske banke, talijanskog Ministarstva okoliša i njemačkog Saveznog ministarstva za hranu i poljoprivredu kao partneri FAO. Naglašeno je da se prehrambeni sustavi moraju mijenjati kao odgovor na klimatske promjene, što utječe na kvalitetu i produktivnost usjeva. Jedan od prijedloga je da CSA bude kombinacija modernog i tradicionalnog znanja.

Danas se klimatski pametna poljoprivreda sve više promovira kao jedna od mogućnosti za prevladavanje problema degradacije okoliša i sigurnosti hrane u uvjetima nepredvidljivih klimatskih promjena.

#### 4. KONCEPT KLIMATSKI PAMETNE POLJOPRIVREDE

Klimatski pametna poljoprivreda suočava se sa tri globalna problema, a to su: klimatske promjene, povećanje populacije i prirodna degradacija resursa. Procjenjuje se, da će do 2050. godine ljudska populacija se povećati za 1/3 stanovništva (FAO, 2013.).

Ako se trenutačni trendovi rasta prihoda i potrošnje nastave, FAO procjenjuje da će se poljoprivredna proizvodnja morati povećati za 60 % do 2050. godine kako bi se zadovoljili očekivani zahtjevi u potrebama za hranom. Stoga se, prema FAO, poljoprivreda mora transformirati ako želi prehraniti rastuće globalno stanovništvo i pružiti osnovu za ekonomski rast i smanjenje siromaštva. Otežavajuće okolnosti su klimatske promjene koje štetno utječu na poljoprivredu te je zbog toga nužno prilagoditi poljoprivrednu proizvodnju novonastalim uvjetima.

Za postizanje ciljeva sigurnosti hrane i razvoja poljoprivrede neophodna je prilagodba klimatskim promjenama i niži intenzitet emisije stakleničkih plinova, uz uvjet da se prirodni resursi na iscrpljuju.

Klimatske promjene već utječu na poljoprivredu i sigurnost hrane kao rezultat povećane učestalosti ekstremnih događaja i povećane nepredvidivosti vremenskih obrazaca. To može dovesti do smanjenja proizvodnje posebice u ranjivim područjima. Te promjene mogu utjecati i na globalne cijene hrane. Ove promjene posebno pogađaju zemlje u razvoju, čiji se proizvođači već suočavaju s degradiranom bazom prirodnih resursa. Često im nedostaje znanje o potencijalnim opcijama za prilagodbu njihovih proizvodnih sustava novonastalim uvjetima uz povećani rizik od neuspjeha proizvodnje i nedovoljnog financijskog inputa koji bi ovaj rizik smanjio.

Klimatski pametna poljoprivreda integrira tri dimenzije održivog razvoja (ekonomski, socijalni i okolišni) zajedničkim rješavanjem sigurnosti hrane i klimatskih izazova. Sastoji se od tri glavna stupa (Slika 3.):

1. održivo povećanje produktivnosti i prihoda u poljoprivredi;
2. prilagođavanje i stvaranje otpornosti na klimatske promjene;
3. smanjenje i / ili uklanjanje emisija stakleničkih plinova, ako je to moguće.

CSA nije pojedinačna poljoprivredna tehnologija ili praksa koja se može univerzalno primijeniti na sva područja već predstavlja pristup koji zahtijeva procjene specifične za



agroekološke lokacije kako bi se identificirale prikladne tehnologije i prakse poljoprivredne proizvodnje.

Ovaj pristup: se bavi složenim međusobno povezanim izazovima sigurnosti hrane, razvoja i klimatskih promjena i utvrđuje integrirane mogućnosti koje stvaraju sinergije i koristi i smanjuju kompromise. Ujedno procjenjuje interakcije između sektora i potrebe različitih uključenih dionika, utvrđuje prepreke koje se javljaju kod usvajanju ovih principa, posebno kod poljoprivrednika, i pruža odgovarajuća rješenja u smislu politike, strategije, djelovanja i poticaja.



Slika 3. Principi klimatski pametne poljoprivrede

(Izvor: <http://www.fao.org/3/a-i7926e.pdf>)

Klimatski pametna poljoprivreda nastoji stvoriti povoljna okruženja kroz veće usklađivanje politika, financijskih ulaganja i institucionalnih aranžmana te nastoji postići više ciljeva uz određivanje prioriteta i donošenje kolektivnih odluka o različitim naknadama i kompromisima.

Kod primjene klimatski pametne poljoprivrede prioritet je jačanje sredstava za život, posebno malih proizvođača, poboljšanjem pristupa uslugama, znanju, resursima (uključujući genetske resurse), financijskim proizvodima i tržištu.

Značaj ovog pristupa poljoprivrednoj proizvodnji ogleda se u prilagodbi i razvoju otpornost na stresove, posebno one povezane s klimatskim promjenama, jer veličina utjecaja klimatskih promjena ima velike posljedice na poljoprivredni i ruralni razvoj. Klimatski pametna poljoprivreda smatra ublažavanje klimatskih promjena potencijalnim sekundarnim benefitom, posebno u poljoprivredi s nižim dohotkom.

Mjere prilagodbe biljne proizvodnje na klimatske promjene mogu biti razne, od strukturnih do ne strukturnih, edukacijskih, tehničkih, konstrukcijskih i sl. U autonomne mjere ubrajamo: promjene sortimenta, datuma sjetve/žetve, upotreba gnojiva, pesticida i slično. Osim autonomnih, postoje i dugoročne mjere, koje podrazumijevaju način korištenja poljoprivrednog zemljišta, tip uzgoja, njegovu lokaciju, sorte, te razne agrotehničke mjere (Gajšak, 2018.).

## 5. ODRŽIVA INTENZIFIKACIJA BILJNE PROIZVODNJE

Biljna proizvodnja razvijala se od pripitomljavanja biljnih vrsta prije 10 000 godina. Uspješnost biljne proizvodnje uvelike je ovisila i ovisi o praksama koje su primjenjivane: od izbora sorti, tehnike navodnjavanja, metode sjetve i sadnje, gnojidbe, načina i sustava obrade tla, zaštite usjeva, itd. U relativno novije vrijeme ratarska proizvodnja je značajno porasla, osiguravajući više hrane za rastuću svjetsku populaciju. Najpoznatiji i dokumentirani primjer toga je III poljoprivredna revolucija poznata kao „Zelena revolucija“, koja je značajno utjecala na smanjenje gladi u svijetu.

Zelenu revoluciju karakterizirala je sadnja visokoprinosnih sorti uz odgovarajuću primjenu agrokemikalija te navodnjavanja. Kao rezultat toga poljoprivrednici su povećali proizvodnju žitarica s 800 milijuna tona na preko 2,2 milijarde tona između 1961. i 2000. godine (FAO, 2013.). Procjenjuje se da se milijarda stanovništva spasila od gladi, no to je imalo svoju cijenu koja se očitovala u degradaciji tla, iscrpljivanju podzemnih voda, porastu broja štetočina, smanjenju bioraznolikosti i onečišćenju zraka, vode i tla. Intenzivna proizvodnja nije dugoročno održiva te je kao posljedica takve proizvodnje nastupila IV poljoprivredna revolucija – održiva poljoprivreda. Održiva poljoprivreda, a time i biljna proizvodnja podrazumijeva produktivnu poljoprivredu koja promiče ekološki osviješteni pristup gospodarenja prirodnim resursima, uspostavom sustava integrirane proizvodnje, primjenom dobre poljoprivredne prakse, provođenjem razvojnih i primijenjenih istraživanja, suradnjom sa stručnim i znanstvenim ustanovama u poljoprivredi te uspostavom javnih i privatnih savjetodavnih službi. Ovaj pristup obuhvaća koncept zaštite tla, voda, biljnih i animalnih genetskih resursa, nedegradirajući je za okoliš, tehnički je primjeren, ekonomski opstojan i socijalno prihvatljiv (Jug, 2017.). U održivoj biljnoj proizvodnji ne postoji „šablonski“ pristup iako postoji nekoliko standardiziranih postupaka kao što su:

- Održivo gospodarenje tlom (Sustainable Land Management – SLM)
- Integrirana zaštita bilja (Integrated Pest Management – IPM)
- Integrirana ishrana bilja (Integrated Plant Nutrition System – IPNS)

Održivom biljnom proizvodnjom čuvaju se i poboljšavaju prirodni resursi, smanjuje se negativan utjecaj na okoliš i povećava prirodni kapital i protok usluga ekosustava. Održiva intenzifikacija biljne proizvodnje također pridonosi povećanju otpornosti sustava - što je kritični faktor, posebno u svjetlu klimatskih promjena. (FAO 2011.)

Održivo intenzificiranje biljne proizvodnje postiže se primjenom dobre poljoprivredne prakse koja se temelji na poboljšavanju učinkovitosti upravljanja biološkim procesima. Održiva intenzifikacija biljne proizvodnje se temelji na sustavima poljoprivredne proizvodnje i praksama upravljanja koje uključuju:

- održavanje zdravog tla za poboljšanje odnosa tla s uslugama ekosustava i ishranom usjeva,
- uzgoj šireg spektra vrsta i sorti u konsocijacijama i plodoredu
- upotrebom kvalitetnog sjemena i sadnog materijala dobro prilagođenih visokorodnih sorti,
- primjena integrirane zaštite bilja,
- efikasno upravljanje vodenim resursima.

Održiva intenzifikacija biljne proizvodnje i sustavi biljne proizvodnje su sami po sebi „klimatski pametna“ proizvodnja. Održivost sustava biljne proizvodnje pretpostavlja da se ovakvim pristupom rješavaju rizici i ranjivosti koji proizlaze kao posljedica klimatskih promjena.

Cilj CSA je postići sigurnosti hrane kao u održivoj poljoprivredi, ali kroz prizmu klimatskih promjena. Važno je razumjeti da je ratarska proizvodnja, od pripreme tla do tržišnog plasmana, sastavni dio poljoprivrednog sustava, koji dio šireg agroekosustava i krajolika. Usjev koji se u nekom periodu uzgaja na određenoj površini samo je jedan element agroekosustava. Ostali elementi uključuju tlo, bioraznolikost i usluge ekosustava.

Kako bi postali otporniji i sposobniji za prilagođavanje promjenjivim uvjetima, sustavi biljne proizvodnje bi se trebali više oslanjati na ekološke procese koji daju pozitivne povratne informacije o održivosti i proizvodnji i osigurati bolje pružanje svih usluga ekosustava (FAO-PAR, 2011).

## **6. TEMELJNI PRINCIPI UPRAVLJANJA PRIRODNIM BIOLOŠKIM PROCESIMA**

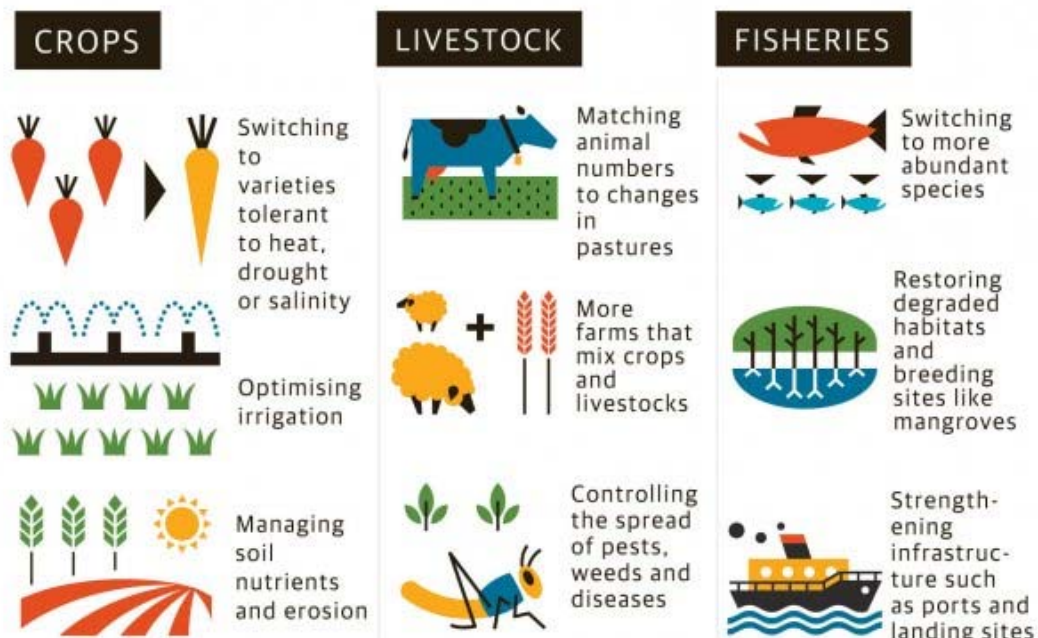
Ne postoje suštinske razlike između održive biljne proizvodnje i biljne proizvodnje koja se adaptirala klimatskim promjenama ili je ublažila učinak klimatskih promjena na biljnu proizvodnju (FAO, 2013.). Upravljanje agroekosustavima za proizvodnju hrane i goriva i upravljanje agroekosustavima za prilagođavanje i ublažavanje klimatskih promjena imaju iste temeljne principe i mogu zajednički raditi na postizanju istog cilja, a to je osigurati dostatnost hrane danas i u budućnosti.

Biljna proizvodnja kao i prilagodba proizvodnje u smislu adaptacije i/ili ublažavanja klimatskih promjena, zahtijevaju elastičan ekosustav što se postiže praksama i pristupima koji se temelje na održivom upravljanju biološkom raznolikosti i uslugama ekosustava.

Klimatski pametna biljna proizvodnja je održivi sustav biljne proizvodnje usmjeren ka ublažavanju ili prilagodbi klimatskim promjenama. Održivi poljoprivredni sustavi pružaju mogućnosti za prilagodbu i ublažavanje klimatskih promjena doprinoseći isporuci i održavanju niza javnih dobara, poput čiste vode, sekvestracije ugljika, zaštite od poplave, itd. Po definiciji, održivi poljoprivredni sustavi su manje osjetljivi na stres. U tehnološkom smislu, produktivne i održive poljoprivredne sustave čine najbolje sorte usjeva te njihovo agroekološko i agronomsko upravljanje (Beddington i sur., 2012.).

Negativni učinci klimatskih promjena na produktivnost već se osjećaju u poljoprivrednom sektoru. Prema podacima FAOSTAT-a (2012.) u Indiji je kao posljedica suše proizvodnja riže smanjena za 23 % tijekom 2001–2002. Redfern i sur. (2012.) navode kako su u Indoneziji poplave uzrokovale gubitke u proizvodnji riže (1344 milijuna tona gubitaka).

Kako bi se osigurala buduća proizvodnja hrane, poljoprivrednu proizvodnju je neophodno prilagoditi (Slika 4.) kako bi se ublažile posljedice klimatskih promjena. Za ostvarenje tog cilja nužno je bolje razumijevanje bioloških procesa (u tlu i iznad tla) koji su uključeni u načine upravljanja poljoprivrednim gospodarstvima. S tim u vezi, upravljanje ekosustavom mora uključiti mjere za stvaranje otpornosti i ublažavanje rizika u poljoprivredi. Ovi elementi postaju sve kritičniji u promjenjivim klimatskim uvjetima.



Slika 4. Prilagodba poljoprivredne proizvodnje klimatskim promjenama

(Izvor: [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/35215/IPCC\\_info\\_note-3April14.pdf](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/35215/IPCC_info_note-3April14.pdf))

Biološka raznolikost (Slika 5.) je nužna za održavanje ključnih funkcija ekosustava (njegove strukture i procesa) i osiguravanje esencijalnih usluga ekosustava. Važan je regulator agroekosustavnih funkcija. Biološka raznolikost osobito povećava otpornost agroekosustava i kao takva predstavlja sredstvo za smanjenje rizika i prilagođavanje klimatskim promjenama.

Veća raznolikost biljnih vrsta, veća pokrivenost tla i višegodišnji uzgoj mogu povećati otpornost agroekosustava koji je na takav način stabilniji i manje sklon stresnim utjecajima. U poljoprivrednim sustavima neke vrste mikroorganizama mogu biološki fiksirati dušik (BNF) kao slobodnoživi organizmi: heterotrofne i autotrofne bakterije i cijanobakterije. Ostali mikroorganizmi mogu popraviti dušik samo kroz simbiotski odnos s biljkama, uglavnom mahunarkama. Biološka fiksacija dušika ključni je proces u održivoj poljoprivredi, jer omogućuje biljkama da dio svojih potreba za dušikom namire putem prokariotskih mikroorganizama koji mogu usvajati plinoviti dušik iz zraka (Rešetić, 2011.).

U poljoprivredi, oko 80% BNF- a postiže se simbiotskom povezanošću mahunarki i kvržičnih bakterija (protobakterija iz reda *Rhizobiales*, porodice *Bradyrhizobiaceae* i *Rhizobiaceae*). Na BNF može se utjecati izborom mahunarki, udjelom mahunarki i sjemenki trave u krmnim smjesama, inokulacijom sjemenata, ishranom usjeva (posebno dušikom i fosforom), suzbijanjem korova, bolesti i štetočina, vrijeme sadnje, rotacijom usjeva, te učestalost defolijacije krmiva. Međutim, neki se čimbenici, uključujući nepovoljne temperature i suše, koji utječu na BNF, ne mogu kontrolirati. Također, neke leguminoze bolje fiksiraju dušik u odnosu na druge leguminoze. U višegodišnjim mahunarkama s umjerenom krmom, crvena djetelina i lucerna obično mogu fiksirati 200–400 kg dušika po hektaru (uključujući cijelu biomasu) (FAO, 2009.)



Slika 5. Biološka raznolikost tla

(Izvor: <https://www.recare-project.eu/project-information/soil-threats/loss-of-soil-biodiversity>)

Preko 75 % vodećih svjetskih prehrambenih kultura ovisi o uslugama oprašivanja potpomognutim animalnim svijetom. Oprašivači, posebno pčele, utječu na 35 % svjetske proizvodnje bilja. Oprašivači mogu biti izrazito osjetljivi na povećanje temperature, kao i usjevi koje dodatno pogađa i suša . Ove promjene potencijalno mogu uzrokovati disfunkciju u interakciji usjev – oprašivač. (Kjøhl i sur., 2011).

U tropima, većina oprašivača već živi blizu svog optimalnog raspona temperature tolerancije. Zbog toga bi porast temperature mogao imati veće negativne utjecaje u tropima, a samim tim i na svijet u razvoju.

Intenziviranje poljoprivrede zahtjeva plodna i zdrava tla. Nedostatak hraniva, štetnici i bolesti, glavni su ograničavajući čimbenici u biljnoj proizvodnji posebice na degradiranim tlima (Slika 6.).



Pored toga, održavanje i poboljšavanje zdravlja tla doprinosi sigurnosti hrane na izravan način. Veliki dio globalne proizvodnje usjeva zauzima kukuruz, riža, pšenica i druge kulture, kao što su uljarice. Međutim, zdrava prehrana stanovništva temelji se na raznolikosti usjeva. Oni pružaju niz esencijalnih hranjivih sastojaka, vitamina i minerala te voća i povrća visoke prehrambene vrijednosti. Uzgoj mahunarki, kao usjeva koji fiksira dušik iz atmosfere pomoću kvržičnih bakterija na korijenu, predstavlja uštedu energije i resursa, jer fiksacijom dušika smanjuje potrebu za dušičnim gnojivima. Uzgoj mahunarki smanjuje i patogene u tlu (FAO, 2012.,a).



Slika 6. Degradacija tla

(Izvor: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/soil-erosion-costs-european-farmers-125-billion-year>)

Konzervacijska poljoprivreda (CA) je primjer pristupa koji upravlja prirodnim biološkim procesima za štednju resursa poljoprivrednih kultura. Cilj CA je postizanje konkurentnih poljoprivrednih prinosa, a istovremeno smanjiti degradaciju prirodnih resursa. Nenarušeno tlo s dovoljnom količinom organske tvari pruža dobro stanište za faunu tla. Izbjegavanjem oranja, a primjenom reduciranih sustava obrade tla, povećava se populacija glista, stonoga, grinja i drugih životinja koje žive u tlu. Mikrofauna preuzima zadatak „obrade“ tla i povećava poroznost tla pozitivno utječući na strukturu tla. Inkorporacijom organske tvari s



površine tla (žetveni ostaci, siderati), potaknut je rad zemljišnih crva čiji ekskrementi osiguravaju stabilnost strukturnih agregata tla, a vertikalne makro pore koje nastaju njihovom aktivnošću služe kao drenaža za suvišak vode u tlu..

Ovi procesi čine tlo manje podložno poplavama i eroziji, jer poboljšava infiltraciju vode. Organska tvar koja je inkorporirana u tlo aktivnošću mikrofaune tla poboljšava strukturu tla i kapacitet tla za vodu, što omogućuje biljkama preživljavanje suše duži period. Upravljaajući biološkim procesima, konzervacijska poljoprivreda može pridonijeti prilagodbi i ublažavanju klimatskih promjena smanjenjem emisija stakleničkih plinova i sekvencijom ugljika (FAO, 2012.,b.).

Povećanje razine organske tvari u tlu također može pomoći u ublažavanju klimatskih promjena skladištenjem ugljika iz atmosferskog CO<sub>2</sub> u organsku tvar tla. Stvaranje stabilne organske tvari tla (humusa) u procesu humifikacije pod direktnim je utjecajem mikroorganizama tla. Drugi element „biološke obrade tla“ je introdukcija usjeva, uključujući drveće i grmlje, s mogućnošću dubokog prodiranja korijena. Neke „pionirske“ kulture, poput lupine, graha ili rotkvice, mogu razrahliti zbijeni obradivi sloj tla ako su primjerice uzgajani u plodoredu ili kao međuusjev za zelenu gnojidbu (FAO, 2009.)

## 8. PRISTUPI I PRAKSE KLIMATSKI PAMETNE POLJOPRIVREDE U BILJNOJ PROIZVODNJI

Kako bi biljna proizvodnja mogla biti održiva uz istovremenu intenzifikaciju, moraju se uzeti u obzir socijalni, ekonomski, politički i okolišni aspekti.

Globalni, regionalni i nacionalni instrumenti, ugovori, konvencije, kodeksi i politike ključna su komponenta u unapređenju i održivoj upotrebi prirodnih resursa.

Poboljšanje povezanosti na tržištu, smanjenje gubitaka nakon žetve i očuvanje poljoprivredne biološke raznolikosti značajno mogu pridonijeti osiguranju da poboljšane poljoprivredne prakse rezultiraju očekivanim benefitima.

Postoje brojni pristupi i prakse (Slika 7.) koji mogu značajno pridonijeti povećanju proizvodnje, a da istovremeno ostanu usredotočene na održivost okoliša. Ne postoji univerzalni pristup koji je primjenjiv u svakom agroekosustavu već je potreban pristup koji uključuje različite elemente ugrađene u lokalni kontekst odnosno odlike svakog agroekološkog područja (Jug i sur., 2015.).



Slika 7. Pristupi i prakse klimatski pametne poljoprivrede

(Izvor: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/media/iep/infographics/CSA/index.html>)

Široj je raspon mogućnosti primjene različitih postupaka i pristupa koji - s obzirom na ekološku, socijalnu, političku i ekonomsku dimenziju određenog agroekološkog područja - mogu pridonijeti klimatski pametnoj biljnoj proizvodnji. Ove prakse i pristupi u biljnoj proizvodnji mogu pružiti mjere prilagodbe klimatskim promjenama i / ili benefite ublažavanja klimatskih promjena.

### **8.1. Prilagodba biljne proizvodnje klimatskim promjenama**

Okolišni stres je oduvijek imao značajan utjecaj na biljnu proizvodnju, a cilj svakog proizvođača je bio pronaći odgovarajući način kako taj stres prevladati. Prilagođavanje klimatskim promjenama zahtijeva više od jednostavnog održavanja trenutne razine učinka u poljoprivrednom sektoru. Pred poljoprivrednu proizvodnju je postavljen zahtjev za pronalaženjem odgovora koji će omogućiti poboljšanje proizvodnje u promjenjivim uvjetima nastalim uslijed klimatskih promjena.

S obzirom da je poljoprivredna proizvodnja i dalje glavni izvor prihoda većine ruralnih zajednica, prilagodba poljoprivrednog sektora na štetne učinke klimatskih promjena je neophodna kako bi se zaštitio i poboljšao život stanovništva te osigurala sigurnost hrane. (FAO, 2012.).

Stopa klimatskih promjena može premašiti stopu prilagodbe prirodnih sustava, uključujući i biljnu proizvodnju, što dovodi do zabrinutosti u pogledu dostupnosti hrane (Allara i sur., 2012.). Ukoliko se to dogodi, tradicionalan uzgoj određenih usjeva može biti stavljen pod upitnik. Promjenom klimatskih prilika, mijenjat će se i mogućnost uzgoja određenih biljnih u specifičnim agroekološkim područjima.

Primjeri adaptacije biljne proizvodnje na klimatske promjene uključuju:

- pristupe koji se temelje na odlikama agroekosustava određenog područja
- konzervacijsku poljoprivredu
- integriranu gnojidbu
- održivo gospodarenje tlom
- uzgoj pokrovnih usjeva
- diverzifikaciju usjeva
- rotaciju usjeva
- integriranu zaštitu bilja
- učinkovito gospodarenje vodom

- gospodarenje oprašivačima
- upotrebu visokokvalitetnog sjemena i sadnog materijala
- sjetva/sadnja onih sorti koje su tolerantne na određene stresne čimbenike

Prema Jug i sur. (2019.) cilj adaptacije poljoprivredne proizvodnje na klimatske promjene je smanjiti izloženost poljoprivrednika kratkoročnim rizicima, istovremeno jačajući njihovu otpornost tako što će izgraditi sposobnost za prilagodbu i napredak u slučaju dugoročnih stresova. Posebna se pažnja posvećuje zaštiti usluga ekosustava (Slika 8.). Ove su usluge ključne za održavanje produktivnosti i naše sposobnosti prilagođavanja klimatskim promjenama.



Slika 8. Usluge ekosustava

(Izvor: <https://www.bioversityinternational.org/news/detail/ecosystem-services-and-resilience/?L=0&cHash=487e0c491a62ee07b15e6becdbedcb6b>)

## 8.2. Ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena na biljnu proizvodnju

Poljoprivreda je jedan od značajnih izvora emisije stakleničkih plinova, a istovremeno nudi ogroman potencijal za ublažavanjem klimatskih promjena. Poljoprivredna proizvodnja uglavnom čini više od trećine globalnih emisija stakleničkih plinova uglavnom u obliku CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O iz gnojnih tala, enteričke fermentacije, izgaranja biomase, proizvodnje nečiste riže, kao i proizvodnja gnojiva. Osim toga, doprinosi ispuštanju CO<sub>2</sub> u atmosferu.

Kroz prakse koje koriste prirodne biološke procese, biljna proizvodnja može ublažiti klimatske promjene na dva načina: skladištenjem ugljika i smanjenjem emisije stakleničkih plinova. Kao i kod prilagodbe klimatskim promjenama, i ti pristupi i prakse mogu pružiti

moćnosti za specifičnu lokaciju i treba ih prilagoditi agroekološkim uvjetima određenog područja kao i potrebama poljoprivrednih proizvođača.

Primjeri praksa i pristupa u ublažavanju klimatskih promjena su slijedeći:

- Provedba konzervacijske poljoprivrede
- Održivo gospodarenje tlom – posebice zbijenih tala
- Rotacija usjeva koja uključuje leguminoze
- Pokrovni usjevi
- Malčiranje
- Raznolikost usjeva
- Integrirana biljna i stočarska proizvodnja
- Sprječavanje degradacije tala i sanacija degradiranih tala
- Agrošumarstvo
- Održivo upravljanje vodnim resursima
- Uzgoj kultura koje učinkovitije iskorištavaju hraniva u tlu
- Smanjenje i kontrola emisije stakleničkih plinova
- Prakse upravljanja tlom koje smanjuju upotrebu gnojiva
- Gospodarenje energijom

## 9. PRAKTIČNI PRIMJERI PROVEDBE KLIMATSKI PAMETNE POLJOPRIVREDE

### 9.1 Konzervacijska poljoprivreda

Konzervacijska poljoprivreda (CA) koncept je poljoprivredne proizvodnje koja štedi i čuva resurse nastojeći postići prihvatljivi profit zajedno s visokim i održivim razinama proizvodnje uz istodobnu zaštitu okoliša (Jug i sur., 2017.). CA se temelji na poboljšanju prirodnih bioloških procesa iznad i ispod površine tla. Intervencije poput mehaničke obrade tla svode se na apsolutni minimum, a upotreba vanjskih ulaza poput agrokemikalija i hraniva mineralnog ili organskog podrijetla primjenjuje se na optimalnoj razini i na način i u količini koja ne ometa biološke procese (Jug i sur., 2017.).

Konzervacijsku poljoprivredu karakterizira tri osnovna principa (Slika 9.) (FAO, 2019.):

1. Kontinuirano minimalno narušavanje tla obradom
2. Trajna pokrivenost tla organskim materijalom (biljke ili biljni ostaci)
3. Raznolike rotacije usjeva u slučaju jednogodišnjih kultura ili biljnih udruga u slučaju višegodišnjih usjeva.



Slika 9. Principi konzervacijske poljoprivrede

(Izvor: prilagođeno iz FAO, 2019.)

Konvencionalna poljoprivreda obično se temelji na obradi tla oranjem kao glavnom zahvatu. Obrada tla u prošlosti je bila povezana s povećanom plodnošću, koja je bila rezultat

mineralizacije hranjivih tvari u tlu kao posljedice obrade tla. Ovaj postupak dugoročno vodi do smanjenja sadržaja organske tvari u tlu.

Uloga organske tvari u tlu je višestruka: ona je izvor hraniva za usjeva, presudna je stabilnost strukturnih agregata, povećava kapacitet tla za vodu, poboljšava vodo-zračne odnose, povećava KIK, poboljšava pufernu sposobnost tla te služi kao izvor energije za mikroorganizme tla.

Dugotrajnom intenzivnom obradom došlo je do smanjenja organske tvari tla što je uzrokovalo degradaciju kako kemijskih, tako i bioloških i fizikalnih svojstava tla. Na tlima s manjim sadržajem organske tvari izraženiji su erozijski procesi, takva tla su sklonija stvaranju zbijenog sloja, narušeni su vodo-zračni odnosi, itd.

Intenzivna obrada poljoprivrednog tla može kratkoročno rezultirati povećanjem plodnosti, ali će u konačnici dovesti do degradacije tla (strukturnu degradaciju, gubitak organske tvari, erozija i pad biološke raznolikosti).

Primjenom konzervacijske poljoprivrede u biljnoj proizvodnji osigurava se optimalni okoliš rizofere i maksimalna ekološka dubina. Ovakvi sustavi omogućuju protok vode koja je biljkama pristupačna, a time i lakše usvajanje hraniva. Biološka aktivnost tla izgrađuje i podržava pozitivna svojstva biološke komponente kao što su humifikacija, disanje tla, povoljan C/N, konkurentnost patogenim organizmima itd. (Jug i sut., 2017.).

## **9.2. Rotacija usjeva**

Rotacija usjeva (Slika 10.) je nužna zbog aktivnosti mikroorganizama kao i zbog mogućnosti ukorijenjivanja usjeva na različitim dubinama tla što omogućuje usvajanje hraniva iz različitih slojeva tla. Hranjive tvari koje su propuštene u dublje slojeve i koje više nisu dostupne za trenutni usjev, ostaju kao rezerva usjevu koji slijedi u rotaciji. Na taj način usjevi u plodoredu djeluju kao biološke pumpe.



Slika 10. Rotacija usjeva

(Izvor: <https://www.buyforfarm.com/blog/2020/03/01/crop-rotation-importance-and-benefits/>)

U rotaciji usjeva bolja je iskoristivost vode što u uvjetima klimatskih promjena ima vrlo značajnu ulogu. Nadalje, raznolikost usjeva u rotaciji dovodi do raznolike flore i faune tla, jer korijenje izlučuje različite organske tvari koje privlače različite vrste bakterija i gljivica, što zauzvrat igra važnu ulogu u procesu mineralizacije. Rotacija usjeva također ima važnu fitosanitarnu funkciju jer sprečava prenošenje štetočina i bolesti specifičnih s jednog usjeva na drugi.

### 9.3. Agrošumarstvo

Agrošumarstvo je uzajamna integracija višegodišnjih drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura i/ili stoke na istom zemljištu. Ova praksa klimatski pametne poljoprivrede omogućuje bolju iskoristivost prirodnih resursa, pomaže povećanju bioraznolikosti te u biljnoj proizvodnji – povećava prinose.

Koncept agrošumarstva ima brojne prednosti (Slika 12.) po pitanjima biljne proizvodnje i zaštite okoliša. Drveće svojim korijenjem stvara optimalne uvjete u tlu za uzgoj usjeva jer potiče bolju apsorpciju vode i hranjivih tvari. Agrošumarske tehnike potiču strateško pozicioniranje stabala kako bi se maksimiziralo povećanje prinosa. Dodatno, stabla pomažu u diverzifikaciji proizvodnje, ograničenju gubitaka nitrata iz tla te onečišćenju podzemnih voda.



Razgradnjom lišća koje pada na tlo stvara se važan izvor prirodnog komposta i gnojiva okolnim kulturama. Drveće i živice na poljima povećavaju bioraznolikost, što pogoduje oprašivačima. Drveće ima važnu ulogu u apsorpciji CO<sub>2</sub> smanjujući tako učinak klimatskih promjena. Dnevne temperaturne aberacije mogu negativno utjecati na biljne vrste koje su blizu površine tla te prisustvo stabala u njihovoj blizini predstavlja dobar regulator temperaturnih promjena tijekom dana u mikroklimi usjeva.



Slika 11. Agrošumarstvo

(Izvor: <https://www.newfoodmagazine.com/article/94301/how-can-agroforestry-help-support-the-climate-agenda>)

Povezivanje tehnologija koje su u upotrebi u poljoprivredi i šumarstvu, omogućava agrošumarstvom stvaranje više povezanog, raznolikog, proizvodnog, ekonomičnog i održivog korištenja zemljišta. Takvi sustavi trebaju imati gospodarsku, socijalnu, zaštitnu i ekološku ulogu s obzirom na stanište. Prednosti takvog korištenja zemljišta su i veća produktivnost, ekonomske koristi i veće raznolikosti u ekološkim dobrima i uslugama.



Slika 12. Održavanje zdravlja tla agrošumarstvom

(Izvor: <http://www.world-agriculture.net/article/innovative-agroforestry-for-environmental-security-in-india>)

## 10.ZAKLJUČAK

Biljna proizvodnja doprinosi klimatskim promjenama, ali također pruža mogućnosti prilagodbe i ublažavanja klimatskih promjena. Principi na kojima se temelji klimatski pametna biljna proizvodnja su skladu s postupcima i pristupima koji su dostupni za prilagodbu i ublažavanje klimatskih promjena.

Klimatska pametna poljoprivreda je poljoprivreda koja se odmiče od nestabilnih sustava koji uglavnom ovise o vanjskim čimbenicima, prema sustavima koji mogu biti učinkovitiji i otporniji na stresne uvjete izazvane promjenama u klimi.

Klimatski pametna biljna proizvodnja može reagirati i prilagoditi se klimatskim promjenama, posebno povećanoj varijabilnosti vremenskih uvjeta te u ciljanim slučajevima, ublažiti negativne učinke promjenjive klime.

Mjere prilagodbe na klimatske promjene značajno ovise o intenzitetu promjena što upućuje na važnost pravovremenog uočavanja i provođenja postupaka kojima se proizvodni sustavi mogu prilagoditi klimatskim promjenama i/ili ublažiti njihov negativan učinak.

Klimatski pametna poljoprivreda nije novi poljoprivredni sustav ili skup praksi ili tehnika, već predstavlja novi pristup koji definira načine usmjeravanja potrebnih promjena u poljoprivrednim sustavima, s obzirom na potrebu zajedničkog rješavanja sigurnosti hrane i klimatskih promjena.

Način i odabrane prakse koje će se provoditi nisu univerzalno primjenjive za svaki agroekosustav te je pri odabiru prakse koja će se primijeniti potrebno uključiti specifične odlike svakog agroekološkog područja. Ono što je na određenom lokalitetu „klimatski pametno“ ne mora nužno značiti da vrijedi i za drugo agroekološko područje. Upravo zbog toga postoji čitav niz različitih pristupa i provedbi koje je moguće implementirati u biljnu proizvodnju kako bi se izbjegao i/ili ublažio utjecaj klimatskih promjena.

Pojačanje sigurnosti hrane istovremeno doprinoseći ublažavanju klimatskih promjena i očuvanju prirodnih resursa kao i vitalnih usluga ekosustava zahtijeva prijelaz na poljoprivredne proizvodne sustave koji su produktivniji, učinkovitije koriste resurse, imaju manju varijabilnost i veću stabilnost u prinosima, veću otpornost na rizike, stresove i dugoročnu klimatsku promjenjivost. Produktivnija i elastičnija poljoprivreda zahtijeva velike promjene u načinu gospodarenja zemljištem, vodom, ciklusu hraniva i genetskim

resursima kako bi se osiguralo njihovo učinkovitije korištenje. Klimatski pametni sustavi bi po svojoj prirodi trebali biti učinkoviti, što ih istovremeno čini održivim i produktivnim.

Smanjenjem emisije stakleničkih plinova po jedinici površine i / ili poljoprivrednog proizvoda i sekvestracijom ugljika, ove će promjene značajno pridonijeti ublažavanju klimatskih promjena.

## 11. POPIS LITERATURE

1. Allara M., Kugbei S., Dusunceli., Ghebounou G. Coping with changes in cropping systems: plant pests and seeds. FAO-OECD Workshop on Building Resilience for Adaptation to Climate Change in the Agriculture Sector. Rome (2012.).  
<http://typo3.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/faooccd/> (Datum pristupa: 5.kolovoz 2020.)
2. Amin, A., Mubeen, M., Hammad, H., Jatoi, W. (2015.): Climate Smart Agriculture: an approach for sustainable food security. Agricultural Research Communication. 13-21.
3. Beddington J., Asaduzzaman M., Fernandez A, Clark M., Guillou M., Jahn M, Erda L., Mamo T., Bo NV., Nobre CA., Scholes R., Sharma R., Wakhungu J. (2012.) Achieving food security in the face of climate change: final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change. Copenhagen, Denmark
4. FAO (2009.): Climate change and biodiversity for food and agriculture: taking systemic and second order effects into account. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/017/ak223e.pdf> (Datum pristupa: 5.kolovoz 2020.)
5. FAO (2010.): An international consultation on integrated crop-livestock systems for development, the way forward for sustainable production intensification. Integrated Crop Management. Vol. 13. Rome.
6. FAO (2011.): Save and grow: a policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Rome.
7. FAO (2012.,a): Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review.  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agp/icm16.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agp/icm16.pdf) (Datum pristupa: 06.08.2020.)
8. FAO (2012.,b): What is conservation agriculture? <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (Datum pristupa: 5.kolovoz 2020.)
9. FAO (2013.): Climate smart agriculture Sourcebook.  
<http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf> (Datum pristupa: 15.05.2020.)
10. FAO (2019.): Handbook for Farmer Field School on Climate Smart Agriculture in coastal/delta zone, Myanmar. Nay Pyi Taw. 99 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

11. FAO-PAR (Platform for Agrobiodiversity). (2011.): Biodiversity for food and agriculture: contributing to food security and sustainability in a changing world. Rome. U FAO (2013.): Climate smart agriculture Sourcebook <http://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e.pdf> (Datum pristupa:15.05.2020.)
12. FAOSTAT (2012.): FAO statistical yearbook. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>. (Datum pristupa: 5.kolovoz 2020.)
13. Gajšak M., (2018.): Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu. Gospodarski list
14. Gitz V. (2013.): Usage des terre set politiques climatiques globales: la physique, l'économie et les politiques del'usage des puits de carbone pour lutter contre le changement climatique. Presses Academiques Francophones. Saarbrucken, Germany.
15. IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2009.): Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation., Washington.
16. IPCC (2007.,a): Technical Summary. In Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK, and New York, USA, Cambridge University Press.
17. IPCC (2007.,b): Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
18. IPCC (2012.): Summary for policy makers. In C.B. Field, Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, pp. 1–19. A special report of Working Groups I and II of the IPCC. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
19. Jug D., Birkás M., Kisić I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, str. 275. ISBN: 978-953-7871-48-2
20. Jug D., Jug I., Vukadinović V., Đurđević B., Stipešević B., Brozović B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni priručnik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, str. 176. ISBN: 978-953-7871-61-1
21. Jug, I. (2017.): Odlike održive, konvencionalne i ekološke poljoprivrede. Predavanje za studente na modulu “Integralni projekti u biljnoj proizvodnji“ <http://www.opb.com.hr/literatura/Integralni%20projekti%20u%20biljnoj%20proizv>

- odnji/01-IJ\_Integralni%20projekti%20u%20biljnoj%20proizvodnji.pdf. (Datum pristupa: 06.08.2020.)
22. Jug, I., Jug, D., Đurđević, B., Brozović, B., Vukadinović, V., Gantner, V., Gavran, M., Antunović, B., Kiš, D., Štefanić, E., Rašić, S. (2019.): Climate smart agriculture—new approach to sustainable agriculture production under a changing climate. In *Building PannEx Task Teams to address environmental needs in the Pannonian basin*.
  23. Kjøhl, M., Nielsen, A. & Stenseth, N.C. (2011.): Potential effects of climate change on crop pollination. Rome, FAO.
  24. Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L. (2008.): Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319 (5863): 607–610.
  25. Loboguerrero, A.M., Campbell, B.M., Cooper, P.J.M., Hansen, J.W., Rosenstock, T.; Wollenberg, E.(2019.): Food and Earth Systems: Priorities for Climate Change Adaptation and Mitigation for Agriculture and Food Systems. *Sustainability*, 11, 1372.
  26. Pretty, J., Toulmin, C., Williams, S. (2011.): Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1): 5–24.
  27. Redfern, S.K., Azzu, N., Binamira, J.S. (2012.): Rice in Southeast Asia: facing risks and vulnerabilities to respond to climate change. In *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*. Proceedings of a Joint FAO-OECD Workshop. Rome, FAO.
  28. Rešetić, P. (2011.): Asocijativna i asimbiозна fiksacija dušika, diplomski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.
  29. Svjetska Banka (2008.): World Development Report 2008. : Agriculture for Development. Washington, DC. © World Bank.  
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5990> (Datum pristupa: 06.08.2020.)
  30. UNFCCC: (United Nations Framework Convention on Climate Change( (2007.): Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries.  
<http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf> (Datum pristupa: 5.kolovoz 2020.)

31. Wassmann, R., Pathak, H. (2007.): Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: II. Cost-benefit assessment for different technologies, regions and scales. *Agril. Syst.*, 94: 826-840



## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Klimatske promjene .....	3
Slika 2 Rizici ratarske proizvodnje.....	5
Slika 3. Principi klimatski pametne poljoprivrede .....	11
Slika 4. Prilagodba poljoprivredne proizvodnje klimatskim promjenama .....	16
Slika 5. Biološka raznolikost tla .....	17
Slika 6. Degradacija tla.....	18
Slika 7. Pristupi i prakse klimatski pametne poljoprivrede .....	20
Slika 8. Usluge ekosustava .....	22
Slika 9. Principi konzervacijske poljoprivrede.....	24
Slika 10. Rotacija usjeva .....	26
Slika 11. Agrošumarstvo .....	27
Slika 12. Održavanje zdravlja tla agrošumarstvom .....	28