

Klimatske promjene i poljoprivreda

[nova/postojeća prijetnja]

Studijski program: Preddiplomski stručni studij VINOGRADARSTVO - VINARSTVO - VOČARSTVO
Naziv predmeta: Agroklimatologija
Kod predmeta: VVV-AGK
Status predmeta: obavezni
Nositelji predmeta: prof. dr. sc. Danijel Jug
Vrsta izvođenja nastave: 30 sati predavanja; 15 sati vježbi
Predavač na predmetu: Prof. dr. sc. Danijel Jug

Vrijeme (*Weather*) – trenutno stanje atmosfere (vremenske prilike u kratkom periodu vremena)

Klima (*Climate*) – prosječno stanje atmosfere (prosječne vrijednosti meteoroloških elemenata u dužem periodu vremena – standardni period vremena = 30 godina)

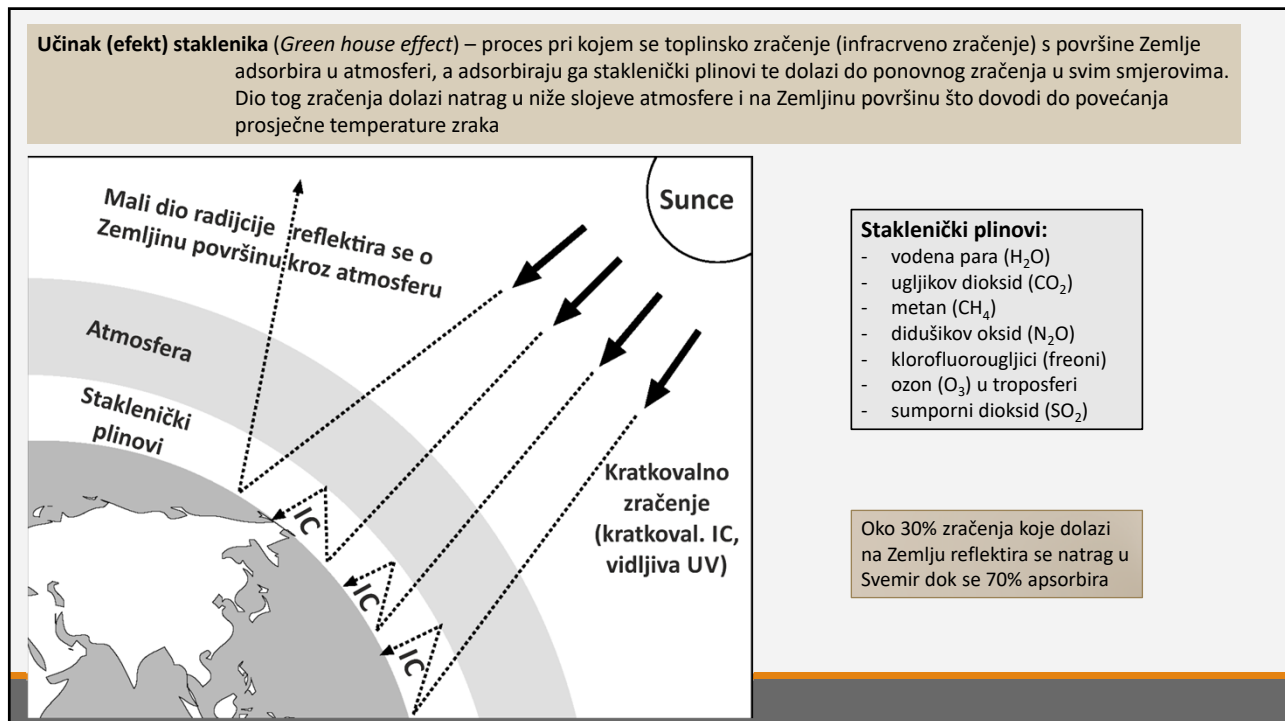
Učinak (efekt) staklenika (*Green house effect*) – proces pri kojem se toplinsko zračenje (infracrveno zračenje) s površine Zemlje adsorbira u atmosferi, a adsorbiraju ga staklenički plinovi te dolazi do ponovnog zračenja u svim smjerovima. Dio tog zračenja dolazi natrag u niže slojeve atmosfere i na Zemljinu površinu što dovodi do povećanja prosječne temperature zraka

Klimatske promjene (*Climate change*) – Statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima, stoljećima i duže – [*dugotrajne promjene = long-term effect*]

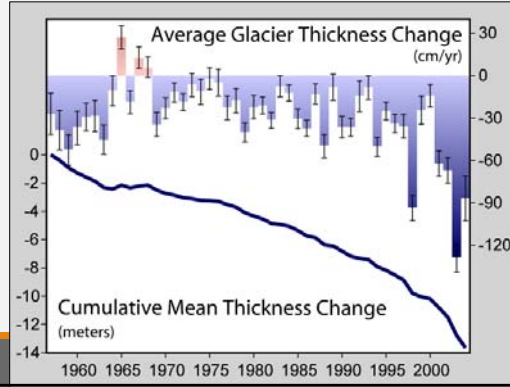
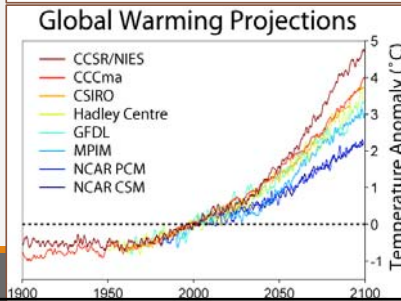
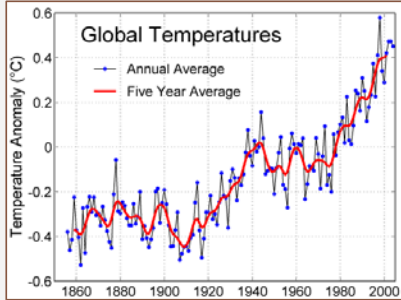
Klimatske varijacije (*Climate variability*) – Značajne promjene klimatskih (okolišnih) veličina za određeni prostor i vrijeme, a može trajati od nekoliko tjedana do nekoliko desetljeća [*kratkoročne promjene = short-term effect*]

Globalno zatopljenje (*Global warming*) – iznad prosječno i statistički značajno povećanje temperature zraka na globalnoj razini, nastalo kao posljedica prirodnih i antropogenih utjecaja (u periodima vremena od nekoliko desetljeća ili duže) – često sinonim za klimatske promjene

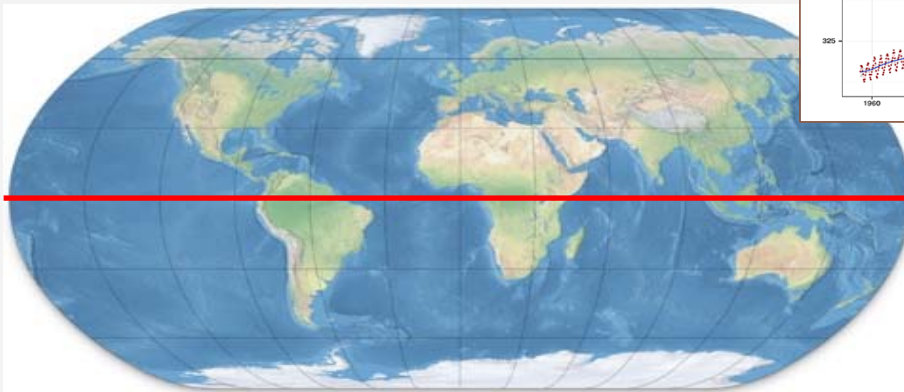
Globalno zahlađenje (*Global cooling*) – proces snižavanja prosječne temperature Zemlje na statistički značajnoj razini, nastao kao indirektna posljedica globalnog zagrijavanja (poremećaj u cirkulaciji atmosfere i oceana)



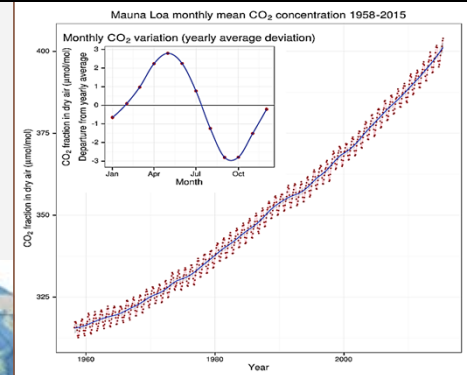
Globalno zatopljenje (Global warming) – iznad prosječno i statistički značajno povećanje temperature zraka na globalnoj razini, nastalo kao posljedica prirodnih i antropogenih utjecaja (u periodima vremena od nekoliko desetljeća ili duže) – često sinonim za klimatske promjene



Fluktuacije koncentracije CO₂ u atmosferi na godišnjoj razini

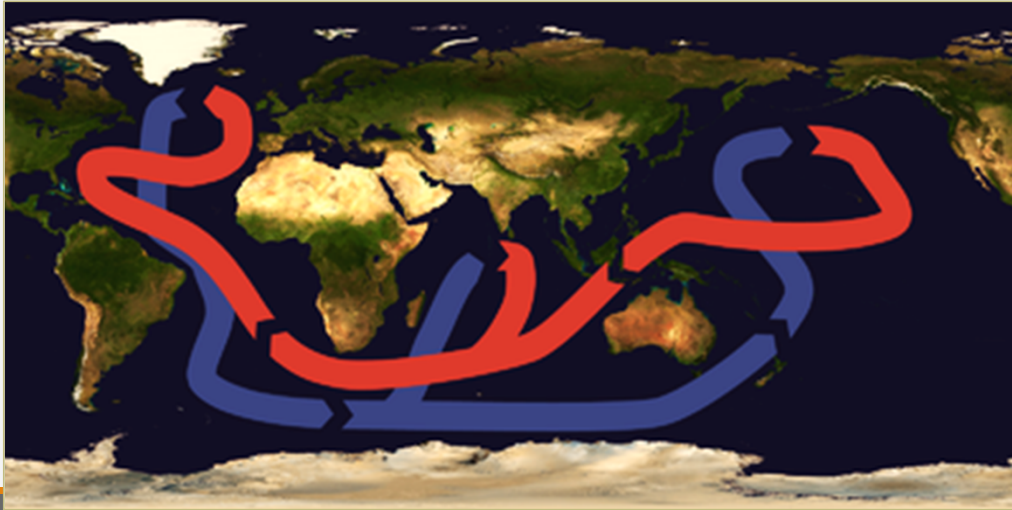


← Ekvator



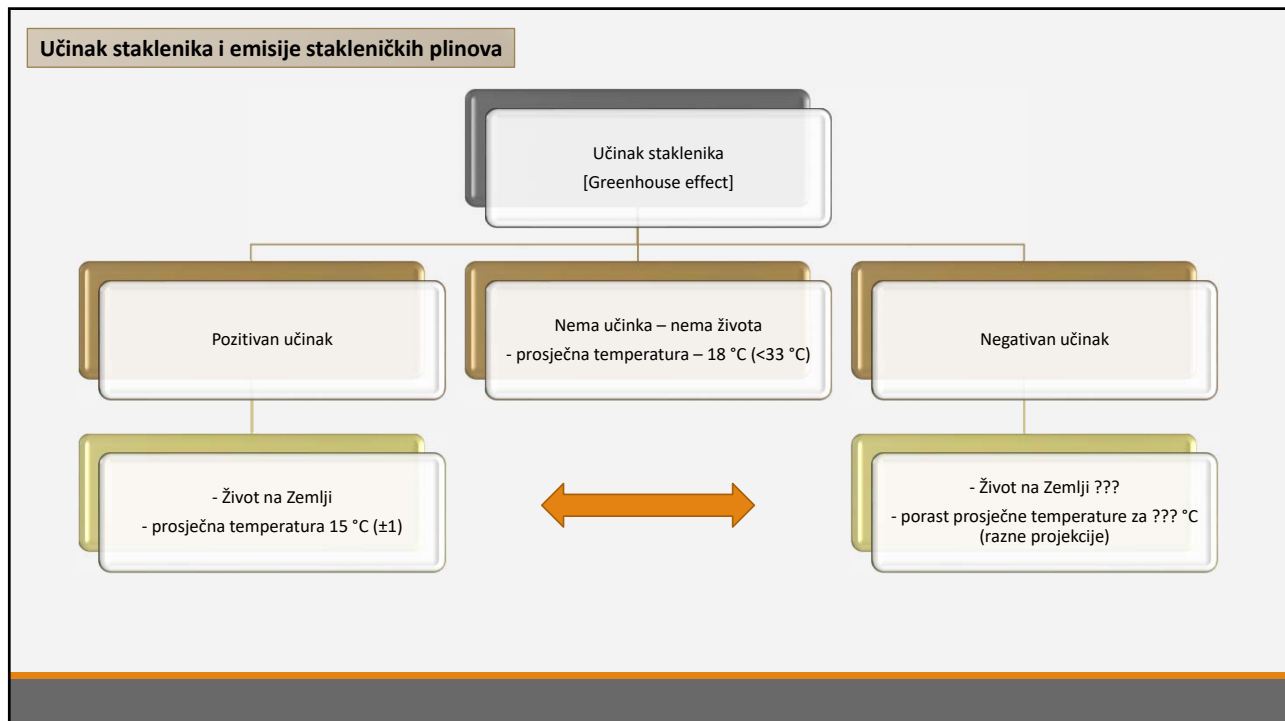
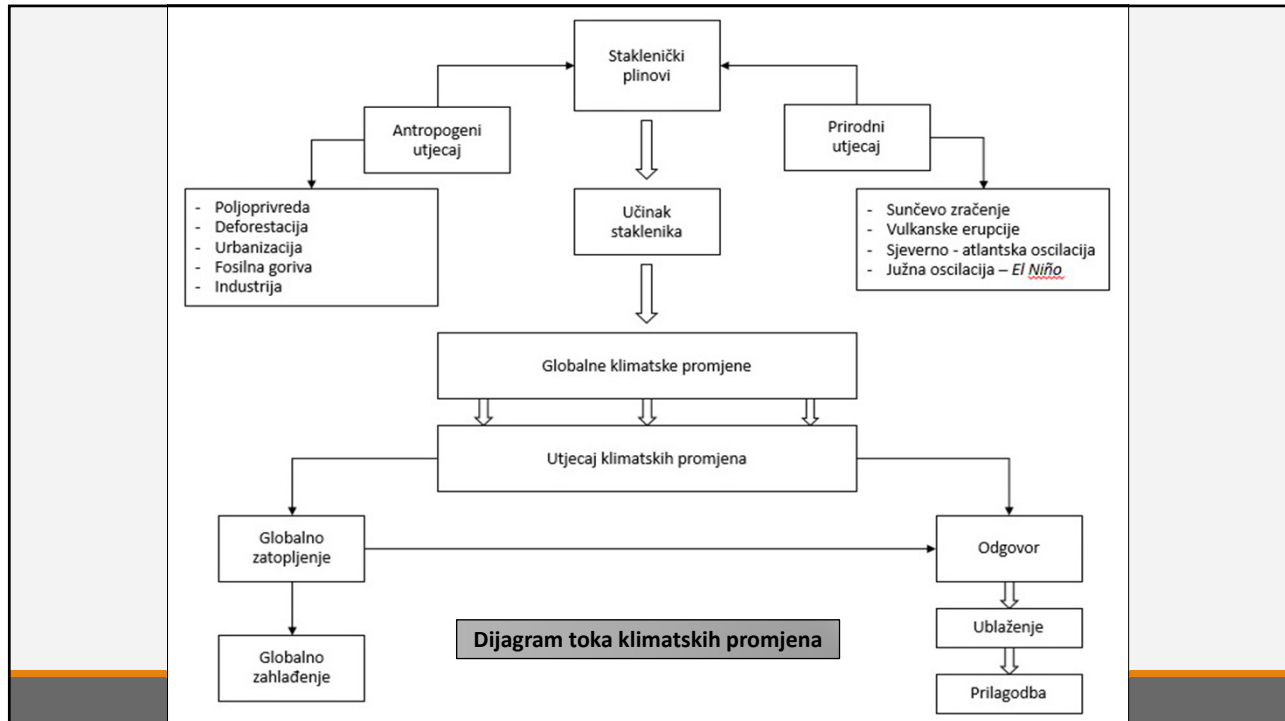
Globalno zahlađenje (*Global cooling*) – proces snižavanja prosječne temperature Zemlje na statistički značajnoj razini, nastao kao indirektna posljedica globalnog zagrijavanja (poremećaj u cirkulaciji atmosfere i oceana)

Termohalina cirkulacija



Novo ledeno doba ?





Kemijski sastav suhog zraka po obujmu [IPCC 2014]	
Plin	(%)
Dušik (N ₂)	78,084
Kisik (O ₂)	20,946
Argon (Ar)	0,9340
Ugljikov dioksid (CO ₂)	0,039
Neon (Ne)	0,001818
Helij (He)	0,000524
Metan (CH ₄)	0,000179
Kripton (Kr)	0,000114
Vodik (H ₂)	0,000055
Didušikov oksid (N ₂ O)	0,00003
Ugljikov monoksid (CO)	0,00001
Ksenon (Xe)	0,000009
Ozon (O ₃)	0 do 7·10 ⁻⁶
Dušikov dioksid (NO ₂)	0,000002
Jod (I ₂)	0,000001
Amonijak (NH ₃)	u tragovima
Nije uključeno u gornji suhi zrak:	
Vodena para (H ₂ O)	~0,40% po cijeloj atmosferi uglavnom 1-5% na površini

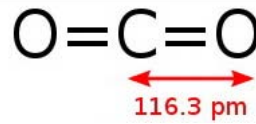


Staklenički potencijal – neke činjenice

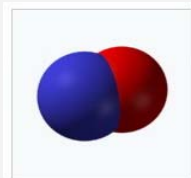
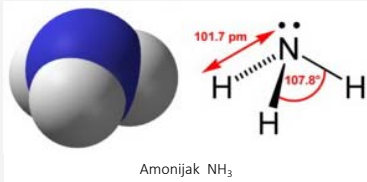
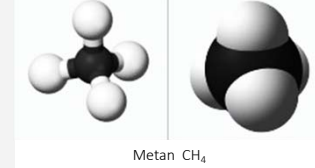
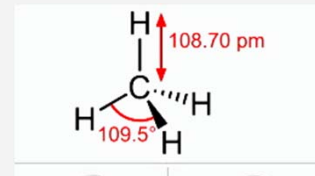
- ☞ Pojedini staklenički plinovi različito doprinose efektu staklenika
- ☞ Emisija stakleničkih plinova iskazuje se kao ekvivalentna emisija ugljikovog dioksida (CO₂ eq)
- ☞ Emisija svakog plina množi se s njegovim stakleničkim potencijalom
- ☞ Uklanjanje emisija – odliv
- ☞ C ≠ CO₂ – odnos je 12/44
- ☞ Preračunavanje C u CO₂ množenjem s faktorom 3,67
- ☞ Stratosferski ozon (O₃) je također staklenički plin (ima pozitivan i negativan radijacijski učinak)
- ☞ Staklenički potencijal je u izravnoj i neizostavnoj uzročno-posljedičnoj vezi s klimatskim promjenama
- ☞ Klimatske promjene su u uzročno-posljedičnoj vezi s načinom gospodarenja tlom



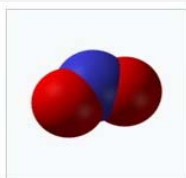
Najznačajniji staklenički plinovi



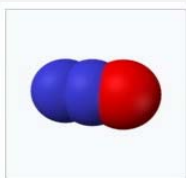
Ugljikov(IV) oksid CO_2



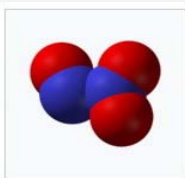
Dušikov monoksid, NO



Dušikov dioksid, NO_2



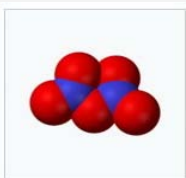
Dušikov suboksid, N_2O



Didušikov trioksid, N_2O_3

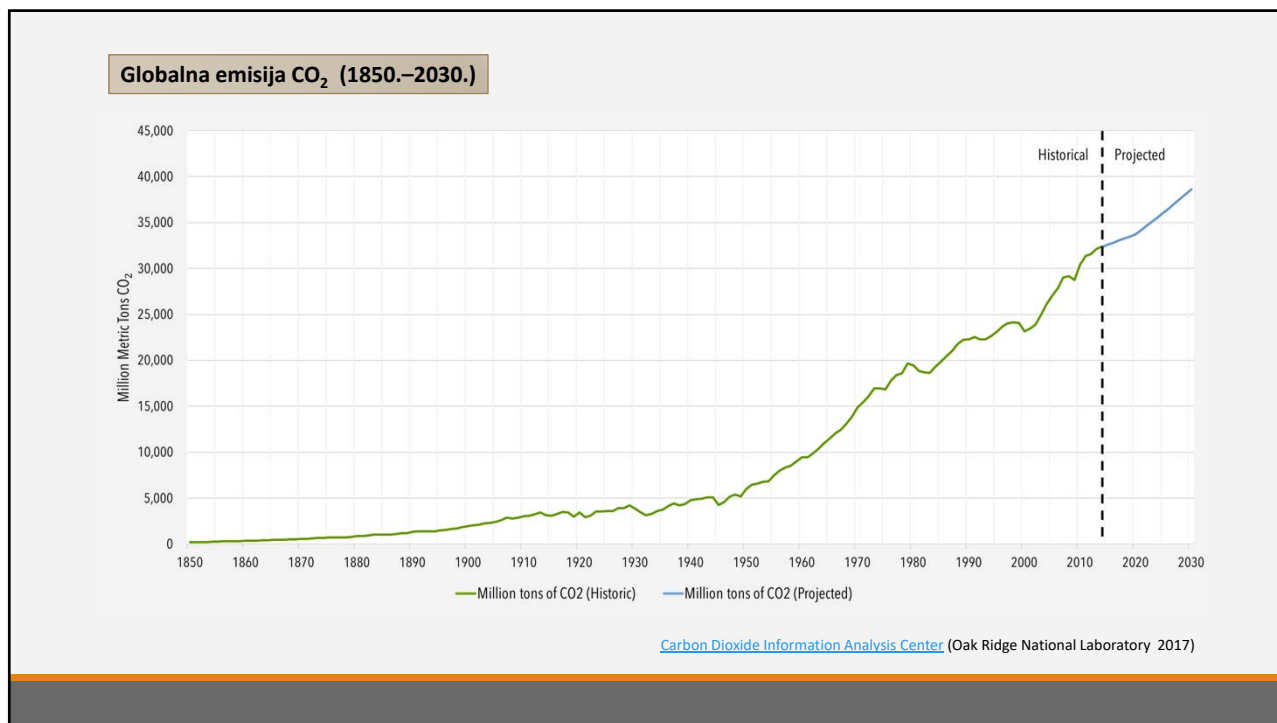
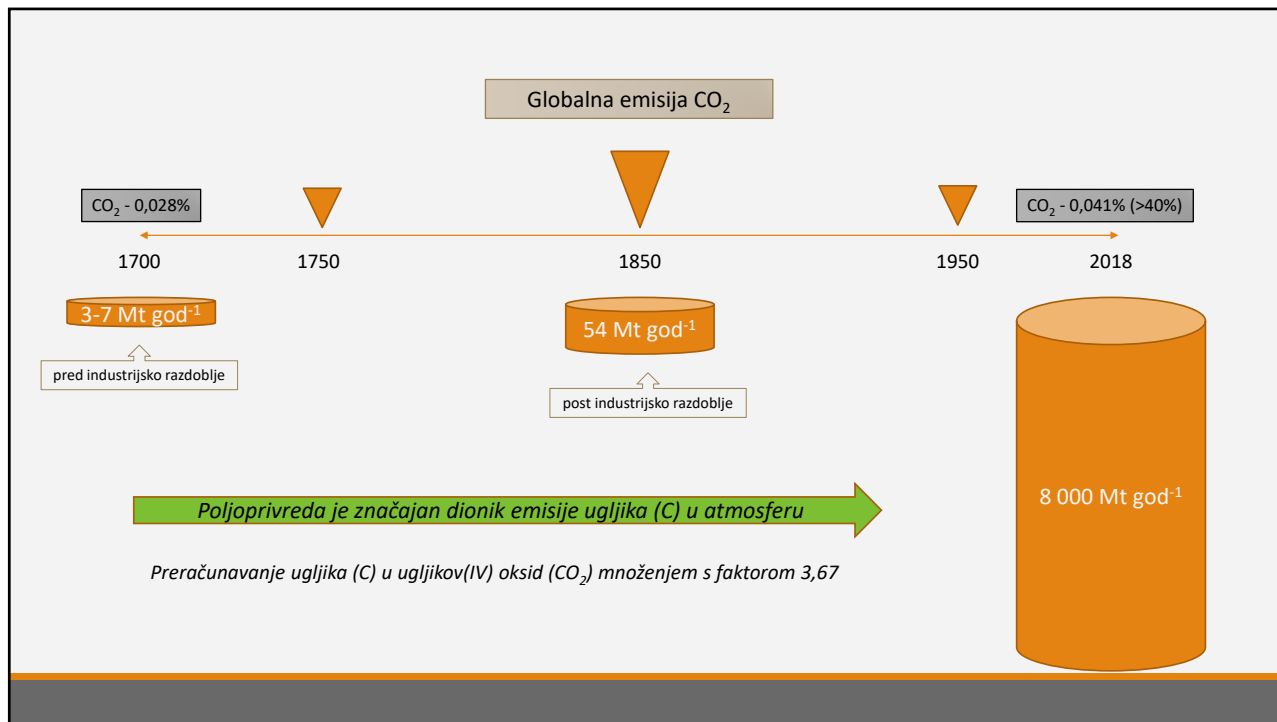


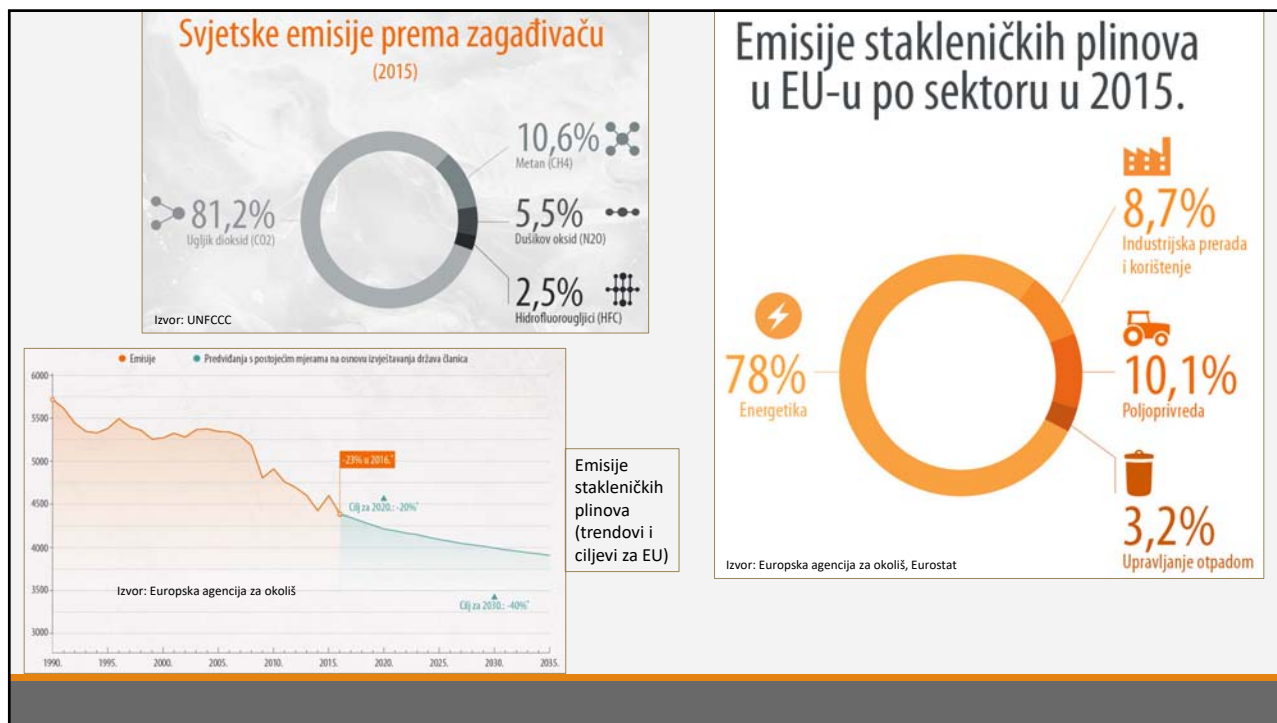
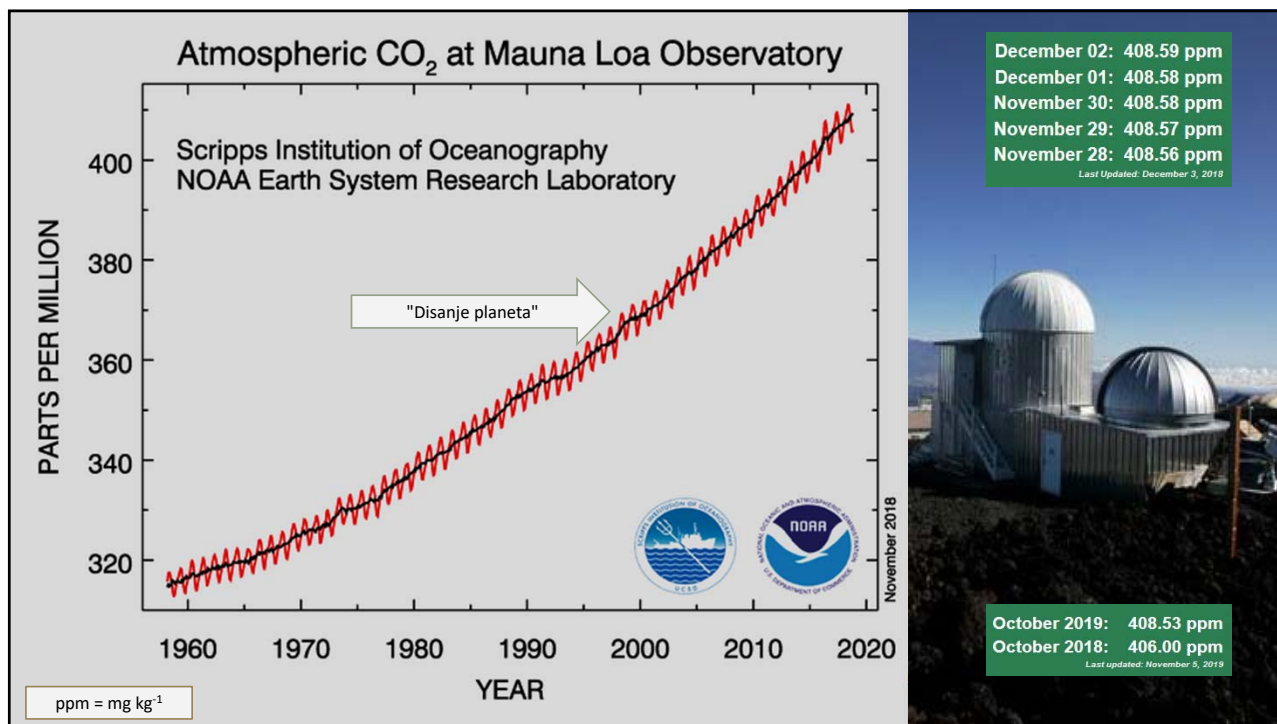
Didušikov tetroksid, N_2O_4



Didušikov pentoksid, N_2O_5

Plin [gas]	Životni vijek – godine [lifetime – years]	Potencijal globalnog zagrijavanja u određenom vremenu [GWP time horizon]			Referenca izvješća [Report Reference]
		20 godina [years]	100 godina [years]	500 godina [years]	
Ugljikov(IV) oksid (CO_2)	Complex	1	1	NA	IPCC 2013 – AR5
		1	1	1	IPCC 2007 – AR4
		1	1	1	IPCC 2001 – TAR
		1	1	1	IPCC 1996 – SAR
Metan (CH_4)	12,4	84	28	NA	IPCC 2013 – AR5
	12	72	25	7,6	IPCC 2007 – AR4
	12	62	23	7	IPCC 2001 – TAR
	12	56	21	6,5	IPCC 1996 – SAR
Didušikov oksid (N_2O)	121	264	265	NA	IPCC 2013 – AR5
	114	289	298	153	IPCC 2007 – AR4
	114	275	296	156	IPCC 2001 – TAR
	120	280	310	170	IPCC 1996 – SAR
HFC-23	222	10 800	12 400	NA	IPCC 2013 – AR5
	270	12 000	14 800	12 200	IPCC 2007 – AR4
	260	9 400	12 000	10 000	IPCC 2001 – TAR
	264	9 100	11 700	9 800	IPCC 1996 – SAR
HFC-134a	13,4	3 710	1 300	NA	IPCC 2013 – AR5
	14	3 830	1 430	435	IPCC 2007 – AR4
	13,8	3 300	1 300	400	IPCC 2001 – TAR
	13,8	3 400	1 300	420	IPCC 1996 – SAR
CF_4 (Tetrafluorometan)	50 000	4 880	6 630	NA	IPCC 2013 – AR5
	50 000	5 210	7 390	11 200	IPCC 2007 – AR4
	50 000	3 900	5 700	8 900	IPCC 2001 – TAR
	50 000	4 400	6 500	10 000	IPCC 1996 – SAR
SF_6 (Sumporov heksafluorid)	3 200	17 500	23 500	NA	IPCC 2013 – AR5
	3 200	16 300	22 800	32 600	IPCC 2007 – AR4
	3 200	15 100	22 200	32 400	IPCC 2001 – TAR
	3 200	16 300	23 900	34 900	IPCC 1996 – SAR
NA-nije dostupno NF_3 (Dušikov trifluorid)	500	12 800	16 100	NA	IPCC 2013 – AR5
	500	12 300	17 200	20 700	IPCC 2007 – AR4
	740	7 700	10 800	13 100	IPCC 2001 – TAR
	740	NA	NA	NA	IPCC 1996 – SAR





Udio stakleničkih plinova iz poljoprivrede u ukupnoj emisiji

Tlo kao izvor i skladište stakleničkih plinova

Poljoprivreda sudjeluje s preko 20% emisije stakleničkih plinova iz antropogenih izvora

- ❖ CO₂ (21%–25% od ukupne CO₂ emisije) iz fosilnih goriva s farmi, ali većinom zbog deforestacije i prenamjene tla
- ❖ CH₄ (55%–60% od ukupne CH₄ emisije) iz uzgoja riže, prenamjene tla, paljenja biomase, fermentacije preživača, životinjskih ekskremenata
- ❖ N₂O (65%–80% od ukupne N₂O emisije) uglavnom iz dušičnih gnojiva s obradivih površina i životinjskih ekskremenata (OECD, 1998).



Najznačajniji staklenički plinovi u sektoru poljoprivrede

- ❖ Tlo je izvor (*source*) i skladište (*sink*) plinova staklenika, a najznačajniji od njih su: CO₂, CH₄ i N₂O
- ❖ Način gospodarenja tlom u značajnoj mjeri utječe na intenzitet emisije i dinamiku plinova
- ❖ Od ukupne količine stakleničkih plinova iz poljoprivrednih izvora, 35% CO₂, 47% CH₄, 53% N₂O i 21% dušičnih oksida (NO), oslobađa se iz tla (IPCC, 2007.)
- ❖ Tok (*flux*) emisije plinova tla uvelike ovisi o vlažnosti, temperaturi, pristupačnosti hraniva i pH reakciji + pokrivenost tla + sustav gospodarenja (pojednostavljeno, o kompleksu agroekoloških uvjeta)
- ❖ Antropogeni utjecaj pomiče prirodnu ravnotežu

Prirodni izvori (CO₂ + CH₄ + N₂O) ≈ (±) ↔ prirodna skladišta (*sink*)

Ravnotežni sustav - *aequilibrium*

Antropogeni izvori (CO₂ + CH₄ + N₂O) ≠ (+) ↗ prirodna skladišta (*sink*)

Neravnotežni sustav

Ugljik u tlu – činjenice

- ☞ Obrada uzrokuje gubitak ≈50% organskog C iz tla, stimuliranjem aerobnih procesa mikrobiološke respiracije
- ☞ Disanje tla se procjenjuje na ≈98 Pg C po godini, čime postaje najveći dionik C iz kopnenih ekosustava u atmosferu
- ☞ Tlo je drugi najveći rezervoar ugljika i sadrži dvostruko veću količinu C u odnosu na atmosferu, tri puta veću u odnosu na vegetaciju
- ☞ Kao potencijalno skladište C može biti ključni faktor po pitanju klimatskih promjena
- ☞ TLO: na svjetskoj razini, 2 700 Gt C uskladišteno je u tlu, 150 Gt C u tresetištima i močvarnim staništima i 50 Gt C u biljnim ostacima na površini tla
- ☞ ATMOSFERA: 780 Gt C / ŽIVI ORGANIZMI: 600 Gt C / OCEANI: 38 200 Gt C
- ☞ 120 Gt C je godišnja ravnotežna bilanca ("ulaz-izlaz")



Osnovne značajke glavnih plinova u poljoprivredi

Plin	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Značaj	Glavni plinovi po pitanju klimatskih promjena i sustava gospodarenja u poljoprivredi i šumarstvu		
Izvor (u tlu)	<ul style="list-style-type: none"> - Disanje tla (korijenje*, aerobni i anaerobni m.o.) - Disanje ekosustava (disanje nadzemnog dijela viših biljaka) - Mineralizacija organske tvari 	<ul style="list-style-type: none"> - Anaerobni uvjeti u tlu (metanogeneza) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nitrifikacija** (aerobni uvjeti) - Denitrifikacija*** (anaerobni uvjeti u tlu)
Početak mjerenja	19. st. u laboratoriju	1980-tih	1950-tih (NO, 1970-tih)
Glavni utjecaj	<ul style="list-style-type: none"> - Fotosinteza (>konc. CO₂→veća bioprodukcija-pozitivan efekt) - Konc. 1% i više toksičan za životinje - Od 1750. koncentracija >43% 	<ul style="list-style-type: none"> - 84 puta veće djelovanje na zagrijavanje od CO₂ - Od 1750. koncentracija >150% 	<ul style="list-style-type: none"> - Kisele kiše - Formiranje i degradacija ozona - 2644 puta veće djelovanje na zagrijavanje od CO₂
Opaska (drugi izvori)	Ljudska aktivnost (ugljen, fosilna goriva, cement, deforestacija, spaljivanje biomase...)	<ul style="list-style-type: none"> - Metan iz permafrosta na Arktiku (potencijalna opasnost) - Stočarstvo (preživači, organska gnojiva) 	<ul style="list-style-type: none"> - Stočarstvo (organska gnojiva)

* Korijenje viših biljaka pridonosi s ~50% od ukupnog disanja tla, a u ovisnosti godišnjem dobu i tipu vegetacije, može varirati 10-95%

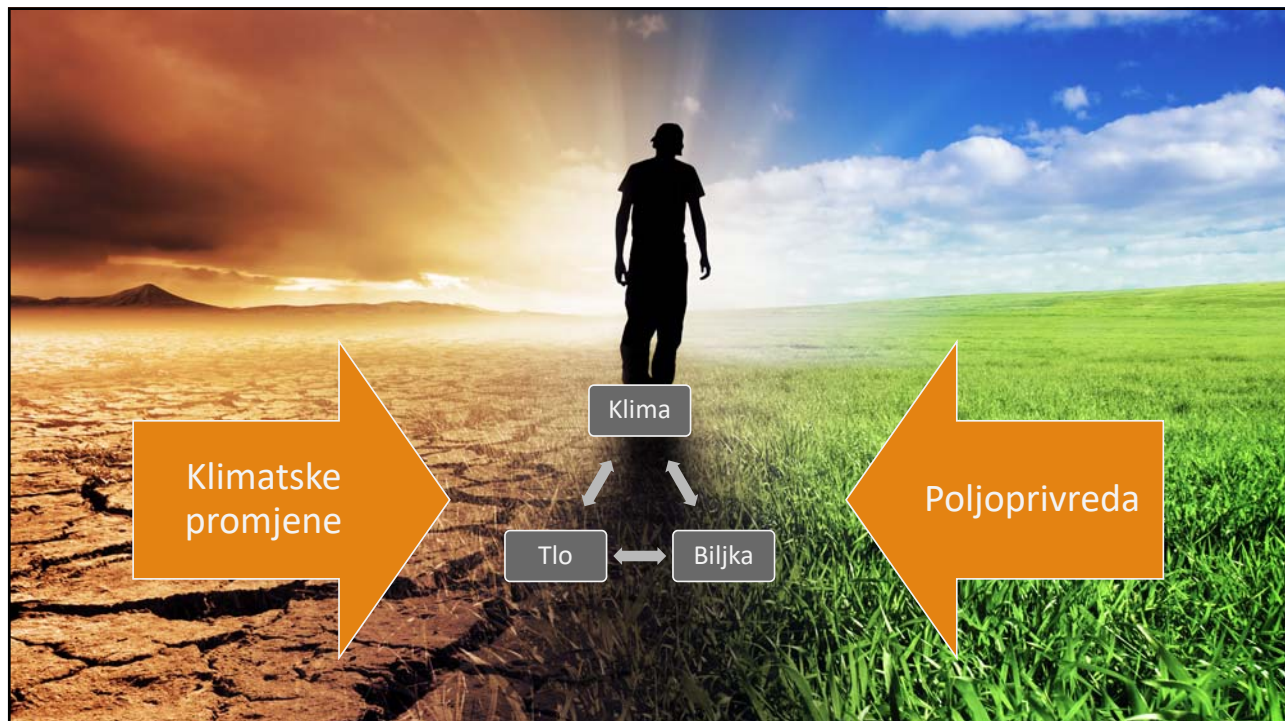
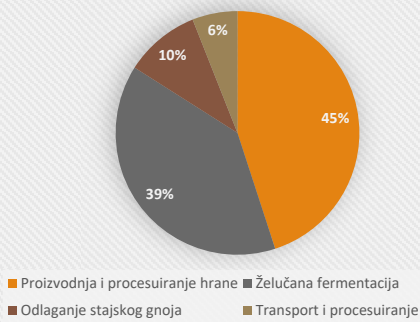
** Nitrifikacija = oksidacija NH₄⁺ do NO₃⁻ preko NO₂⁻

***Denitrifikacija = redukcija NO₃⁻ do N₂O i N₂

Staklenički plinovi iz stočarstva

- ☞ Najznačajniji staklenički plinovi iz stočarstva su metan (CH_4) i didušikov oksid (N_2O)
- ☞ Metan se razvija u želucu preživača (želučana fermentacija → eruktacija) i u stajskom gnoju
- ☞ Preživači u razvijenim zemljama sudjeluju sa >50% produkcije metana, a značajan dio otpada na mliječne krave
- ☞ Didušikov oksid nastaje nitrifikacijskim i denitrifikacijskim procesima iz dušika u stajskom gnoju

Emisija stakleničkih plinova iz stočarstva prema izvoru



Utjecaj poljoprivrede na klimatske promjene

Klimatske promjene su u uzročno-posljedičnoj vezi s načinom gospodarenja tlom / poljoprivrednom proizvodnjom



Utjecaj izravnih i neizravnih čimbenika na klimatske promjene (sektor poljoprivrede i šumarstva):

- gubitak bioraznolikosti
- erozija tla
- gubitak organske tvari tla
- salinizacija
- acidifikacija
- onečišćenja
- deforestacija
- dezertifikacija



Glavne prijetnje prema tlu



Zakiseljavanje



Smanjenje bioraznolikosti



Zbijenost



Onečišćenje



Zaslanjivanje i alkalizacija



Disbalans hraniva



Prekrivanje



Gubitak organskog ugljika



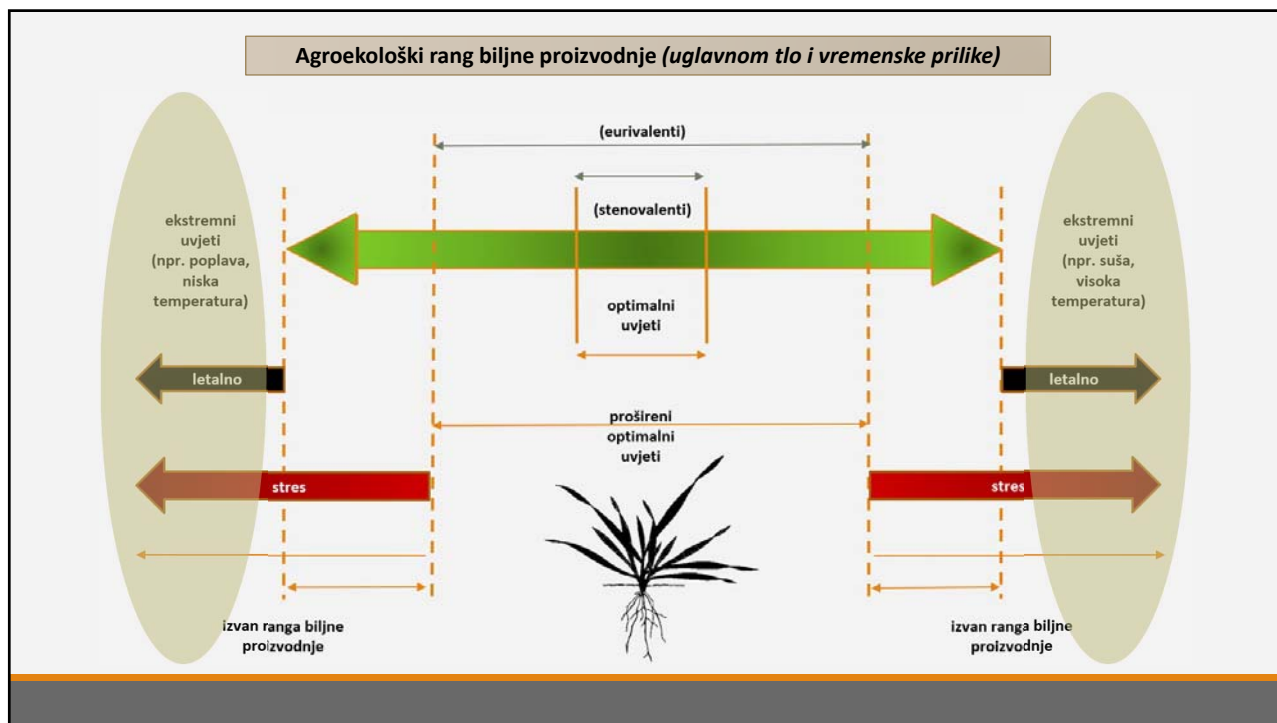
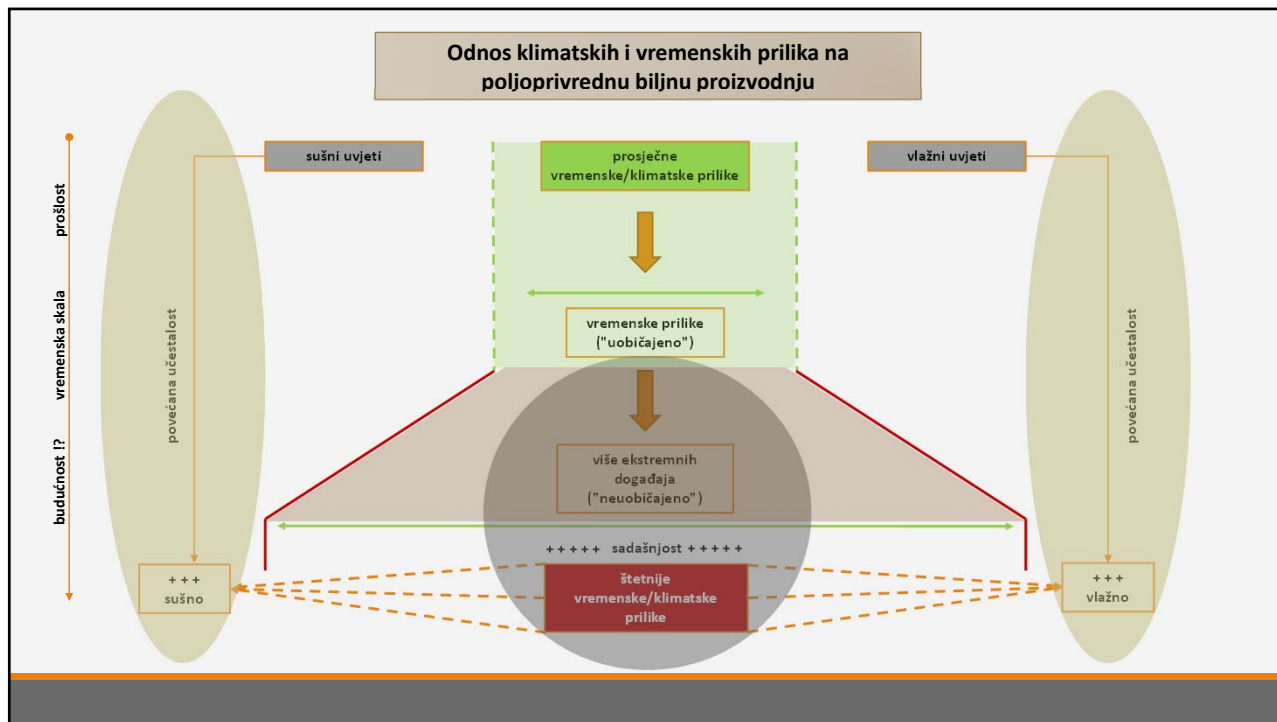
Erozija



Deforestacija

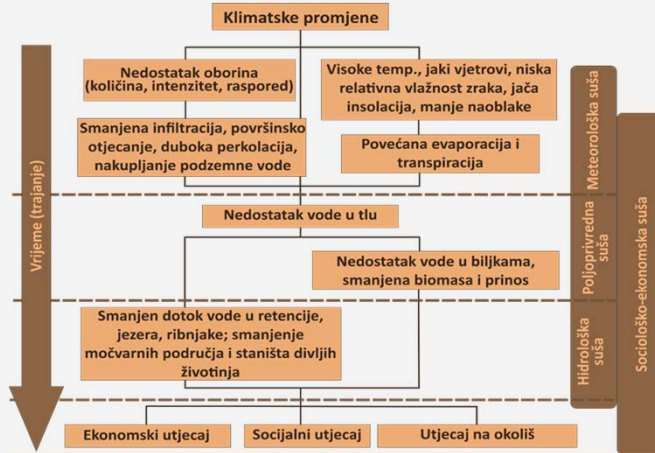


Dezertifikacija



Tolerantnost usjeva na stres

- Klimatske promjene → abiotski i biotski stres → najznačajniji faktor ograničenja proizvodnje hrane
- Prilagodba kopnenih biljaka na različite uvjete životne sredine ≈ 400 milijuna godina
- Tolerantnost na ekstremne uvjete uvjetovana je složenim biokemijsko-fiziološkim mehanizmima
- Spora prilagodba biljaka na klimatske promjene
- Dulje vrijeme izloženosti biljaka stresu uvijek rezultira smanjenjem prinosa



Ekstremne vremenske prilike

Suša (nedostatak vode)

- u prosjeku svakih 3 – 5 godina >>> smanjenje uroda 20 – 90%



Stres uzrokovan sušom
(nedostatak vode)

Poplava (saturiranost tla vodom)



Anaerobioza
(nedostatak kisika)

o Lokalno izražene epizode jačih oborina i drugih meteoroloških elemenata

o Potencijalno povećanje poplavnih i sušnih razdoblja



Drenovci, 2014.



Osijek, 2015.



Klimatske promjene >>>> degradacija prirodnih resursa >>>> izazovi

Klimatske promjene

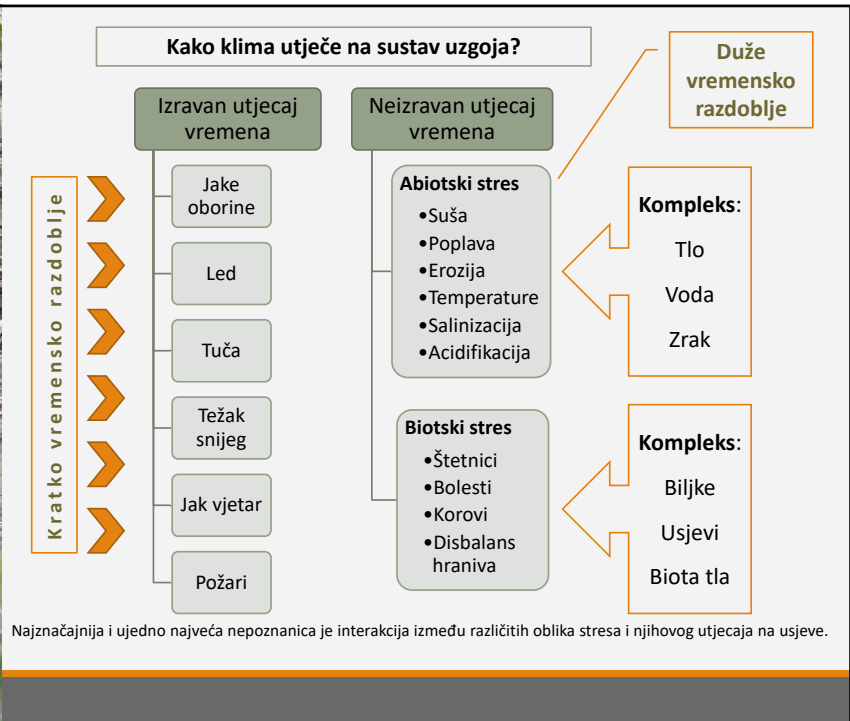
fizikalna
kemijska
biološka

[izravan utjecaj]

Degradacija tla,
vode, zraka

- ekonomski
- gospodarski
- sociološki
- tehnički
- politički.....

[neizravan utjecaj]



Utjecaj klimatskih promjena na ...

Najranjiviji sektori su: poljoprivreda, vodoprivreda, šumarstvo, bioraznolikost, kao i kritični/rubni ekosustavi

Očekivane posljedice klimatskih promjena su:

- povećana potrošnja vode
- povećani rizik od poplava
- povećani rizik od erozije i pogoršanje kvalitete tla
- povećani rizik gubitka vodenih staništa
- izmijenjeni prirodni ekosustavi, gubitak staništa i potencijalni gubitak vrsta
- umanjena produktivnost komercijalnih šuma
- povećani rizik od šumskih požara
- negativne posljedice na poljoprivredu uslijed nestašice vode
- izmijenjeni potencijal ribarstva
- povećana materijalna šteta uslijed učestalih ekstremnih vremenskih prilika
- izmijenjeni turistički potencijali
- posljedice po ljudsko zdravlje
- migracije stanovništva



Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu

Lokalna razina

Globalna razina

Prema FAO, 2007. na globalnoj se razini mogu očekivati slijedeće posljedice u poljoprivredi:

- smanjenje prinosa i razine proizvodnje
- smanjenje udjela poljoprivrede u BDP-u
- fluktuacije cijena na svjetskom tržištu
- povećanje broja gladnih
- migracije i socijalni nemiri

❑ Poplave mogu:

- uništiti usjeve (izravno i neizravno)
- umanjiti infiltraciju vode površinskim otjecanjem
- izazvati eroziju (gubitak hraniva tla, kontaminacija vodotokova sedimentom...)



❑ Toplije noći i više minimalne temperature zraka mogu izazvati:

- stres kod nekih biljaka (smanjen rast, razvoj i u konačnici prinos)
- ranije sazrijevanje
- poremećaj polinacije (smanjena produkcija i kvaliteta)
- povećana uporaba pesticida



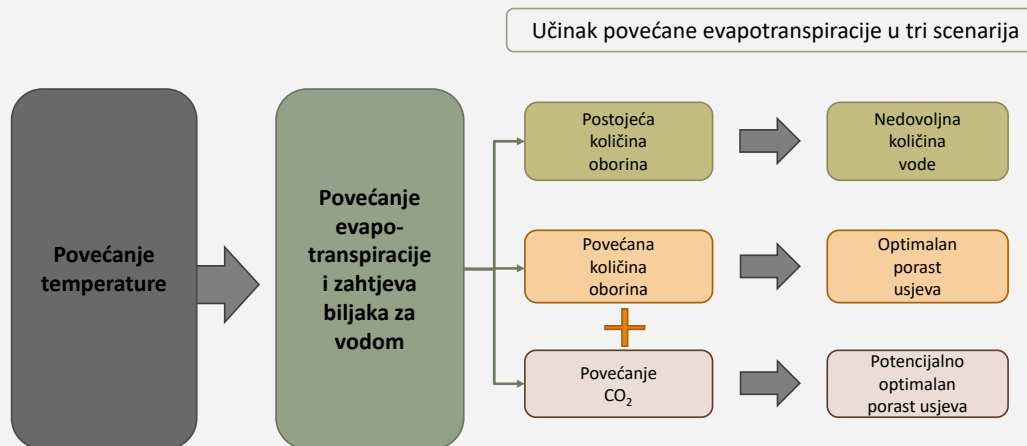
❑ Uslijed povećanja razine atmosferskog CO₂ može doći do:

- promjene (disbalans) nutritivnih vrijednosti glavnih prehrambenih usjeva (povećanje sadržaja ugljikohidrata, a smanjenje proteina i vitamina)
- promjene (genetika i produktivnost) kultiviranih biljnih vrsta (npr. povećanje prinosa, a smanjenje nutritivnih vrijednosti)



Utjecaj temperature na potrebu biljaka za vodom

- između temperature i količine vode (oborina) u sustavu tlo-biljka-atmosfera postoji vrlo složena interakcija



Sigurnost hrane (Food Security)

- dostatna količina
- cjenovna pristupačnost

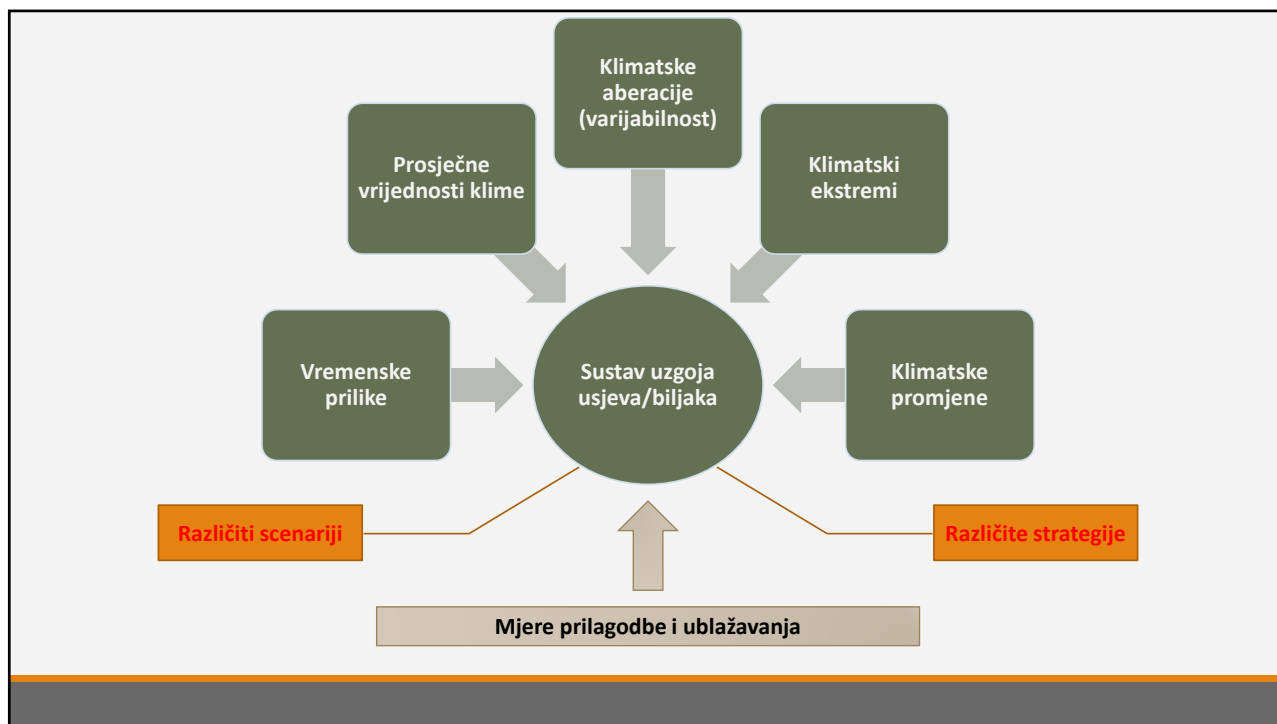


(Ne)sigurnost hrane (Food insecurity)

Zdravstvena ispravnost hrane (Food Safety)

Utjecaj klimatskih promjena na biljnu proizvodnju ogleda se kroz sljedeće odrednice:

- dugotrajna promjena prosječnih temperatura zraka i količine oborina
- povećanje bolesti, korova i štetnika
- degradacija tla (fizikalni – kemijski – biološki aspekt) uslijed povećanja (ili smanjenja) učestalosti i intenziteta oborina
- produžetak vegetacije (pozitivan utjecaj)
- skraćenje vegetacije (kasno-proljetni i rano-jesenski mraz)

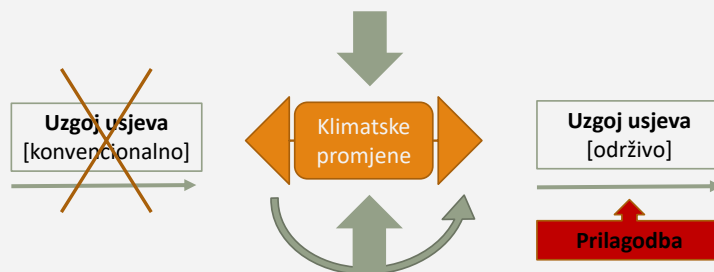


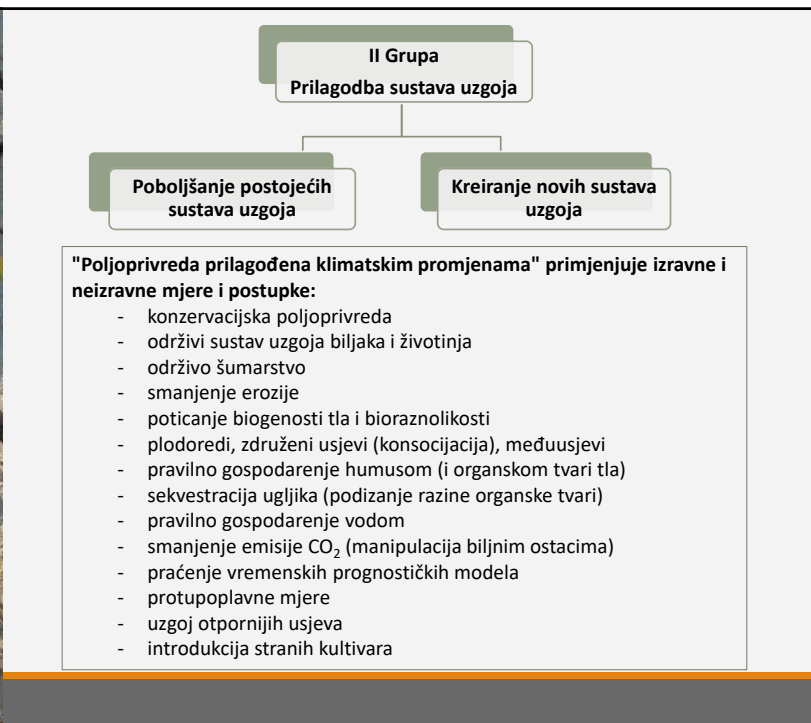
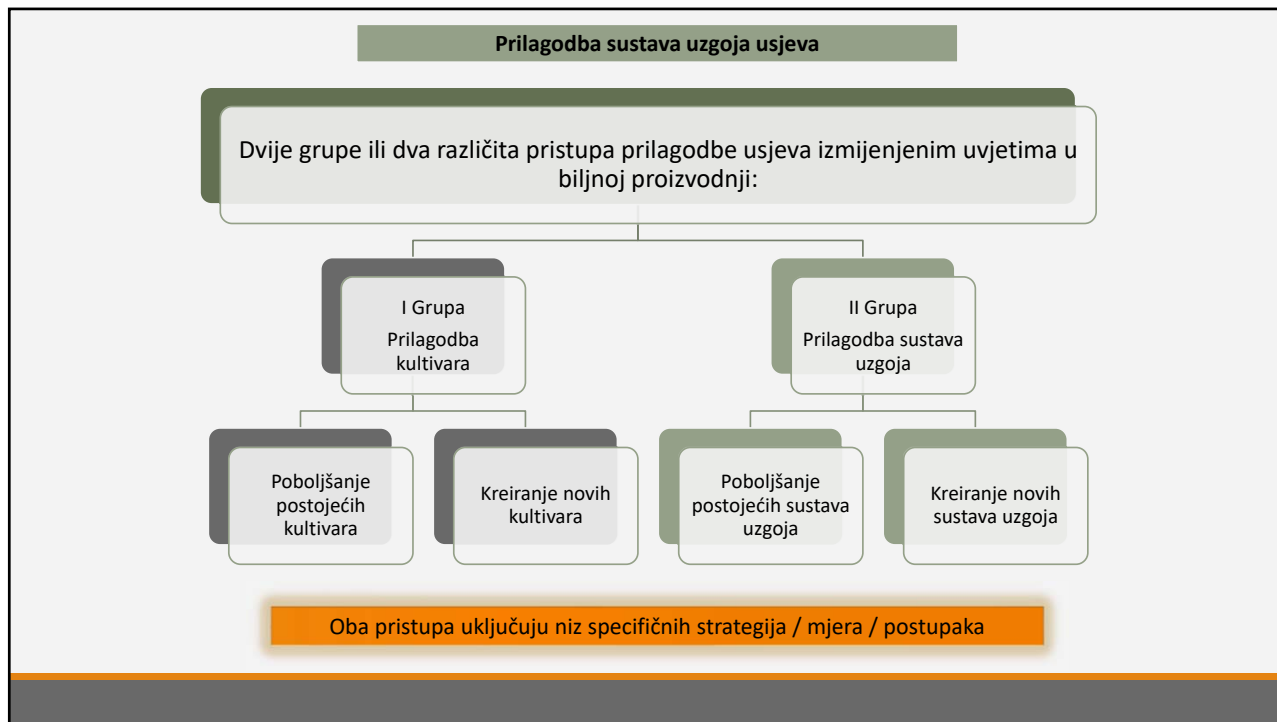
FAO je definirala klimatski odgovornu poljoprivredu kao cjelinu koju čine tri glavna stupa:

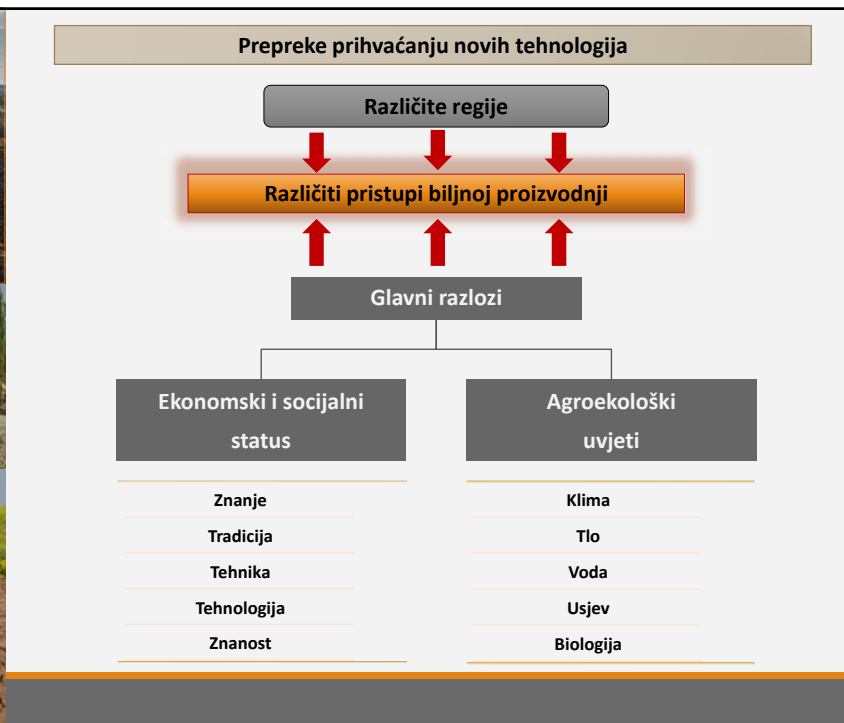
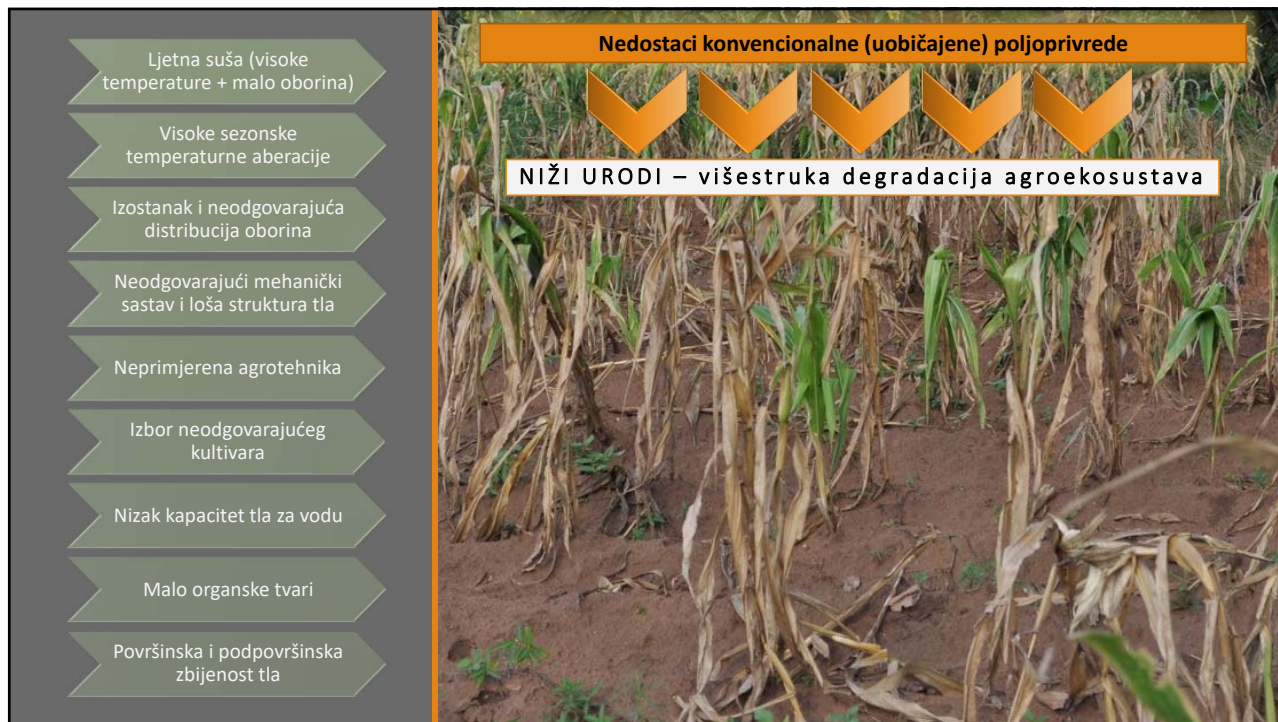
- sustavno povećavanje poljoprivredne produktivnosti i prihoda
- prilagodba i jačanje otpornosti na klimatske promjene
- smanjenje i/ili uklanjanje emisije stakleničkih plinova, gdje god je moguće

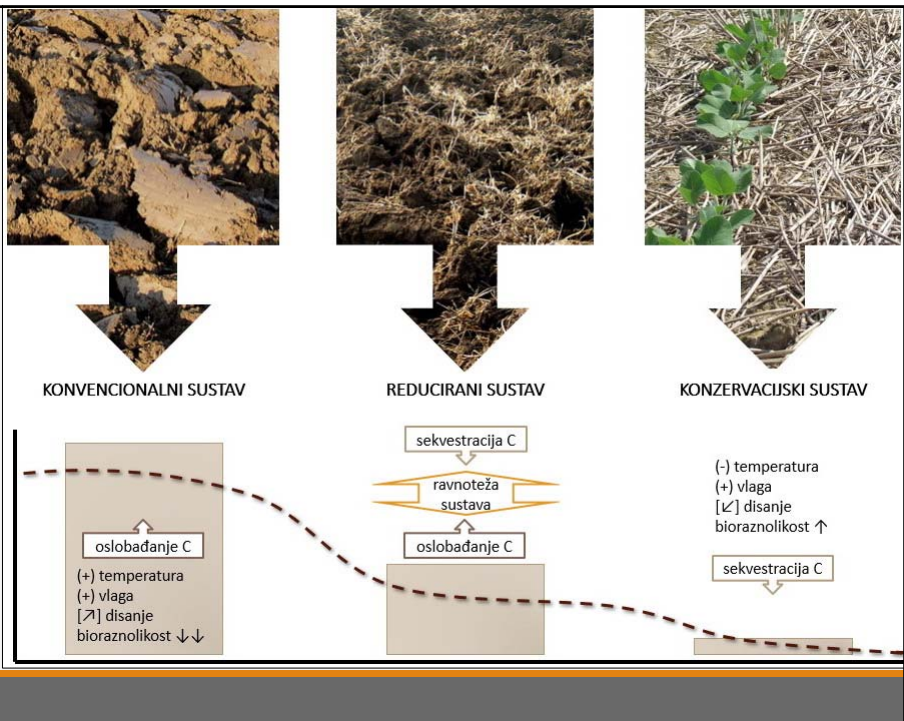
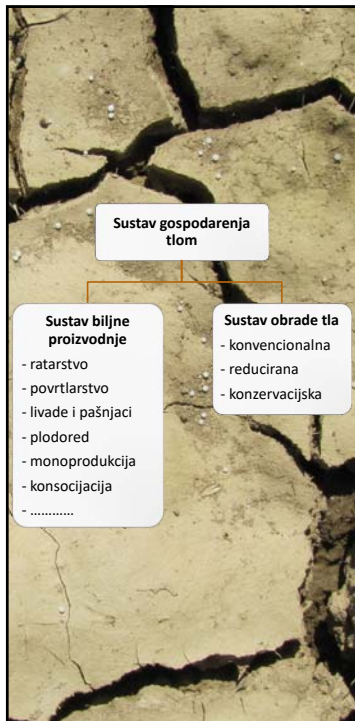
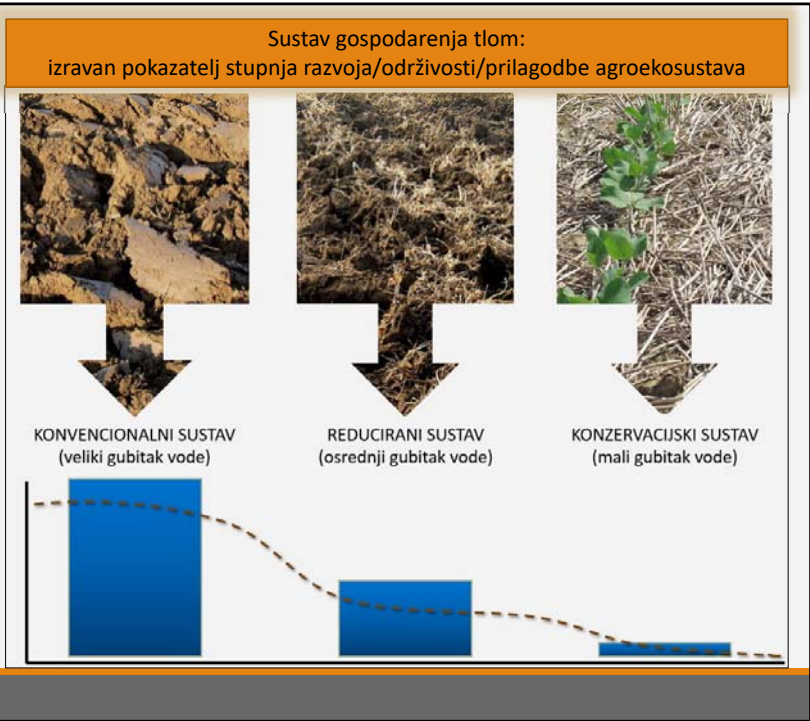
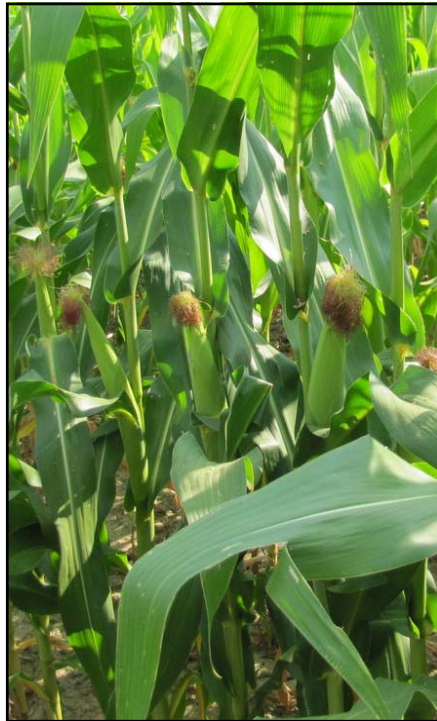
Regionalna specifičnost strategije prilagodbe vrste usjeva i sustava uzgoja za svaki oblik klimatski induciranog stresa (suša, poplava, tuča, vjetar...) predstavlja...

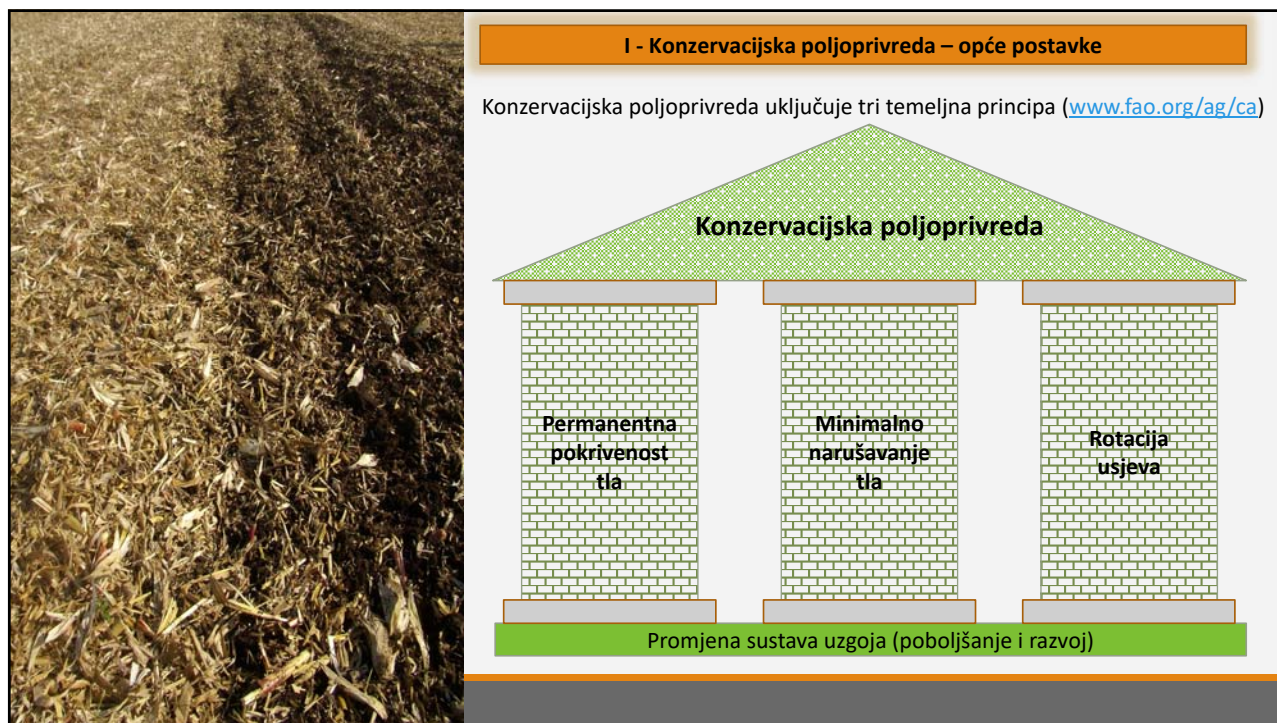
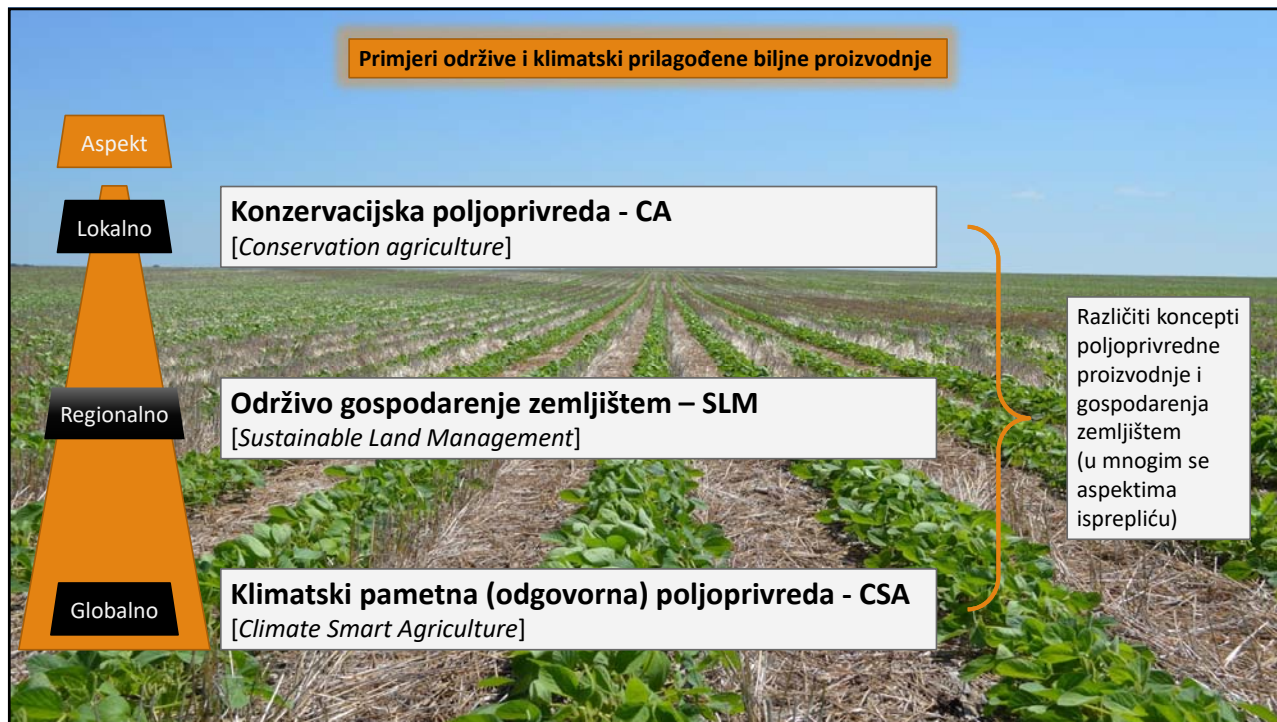
Prioritetni zadatak >>>>> "najbolji sustav uzgoja" ili "najbolje rješenje"











Konzervacijska poljoprivreda predstavlja koncept poljoprivredne proizvodnje uz očuvanje resursa, kojim se nastoji ostvariti prihvatljiva dobit zajedno s visokom i održivom razinom proizvodnje uz istodobno očuvanje okoliša. Konzervacijska poljoprivreda temelji se na jačanju prirodnih bioloških procesa iznad i ispod površine tla. Intervencije poput mehaničke obrade tla svedene su na minimum, a primjena vanjskih inputa kao npr. agrokemikalija i hraniva mineralnog i organskog podrijetla treba biti u optimalnim razinama na način i u količini koja nije u koliziji ili ne ometa biološke procese. Konzervacijsku poljoprivredu karakteriziraju tri međusobno povezana principa (minimalna obrada, pokrivenost površine, plodored), (FAO).



Prednosti konzervacijske poljoprivrede

Kratkoročne:

- povećana infiltracija vode i poboljšana struktura tla zbog biljnih rezidua na površini
- smanjeno površinsko otjecanje vode i erozija tla (zadržavanje vode biljnim ostacima)
- smanjena evaporacija i povećana zaštita površine tla od sunčeve radijacije
- smanjena frekvencija i intenzitet stresa od nedostatka ili suviška vlage u tlu (povećana infiltracija i smanjena evaporacija)
- smanjena potreba za mehanizacijom i ljudskim radom za obradu tla
- manji troškovi (cijena) goriva i ljudskog rada

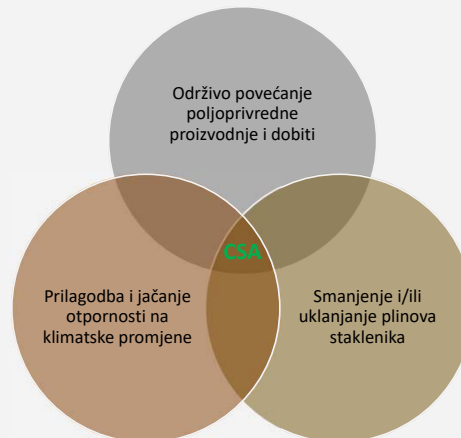
Dugoročne:

- povećani sadržaj organske tvari tla rezultira boljom strukturom tla, većim KIK-om, boljom pristupačnošću hraniva i većim kapacitetom tla za vodu
- povećanje i stabilnost visine prinosa
- povećanje biološke aktivnosti i raznolikosti u tlu i okolišu (bolja biološka kontrola štetočina)
- smanjena zakorovljenost
- smanjenje troškova proizvodnje
- povećana dobit



II - Klimatski pametna (odgovorna) poljoprivreda [CSA] – opće postavke

CSA se temelji na tri osnovne postavke (<http://www.fao.org/3/a-i3325e.pdf>), odnosno integrira tri dimenzije održivog razvoja (ekonomski, socijalni i okolišni)



- CSA nije jedna jedinstvena tehnološka mjera ili praksa koja se može univerzalno primijeniti
- CSA je specifičan pristup koji podrazumijeva primjenu najpogodnije tehnologije i praktične primjene na lokalnoj razini
- CSA:
 - zahtjeva i podrazumijeva kompleksan, holistički pristup ekonomskim, socijalnim, gospodarskim i okolišnim pitanjima
 - oblikuje se u kontekstu i prema specifičnostima i posebnostima lokalnog / regionalnog / državnog okvira
 - podrazumijeva otvoren i slobodan pristup svim potrebnim servisima, znanju, resursima, finansijskom i investicijskom sektoru, tržištu roba i usluga
 - razvija elemente prilagodbe na klimatske promjene
 - jača elemente ublažavanja klimatskih promjena (kao sporedan/popratni efekt)

CSA = ODRŽIVA POLJOPRIVREDA + OTPORNOST - EMISIJA





Hvala na pozornosti !!!

Sveučilište J.J. Strossmayera,
Fakultet agrobiotehničkih znanosti
Osijek,
Vladimira Preloga 1, HR-31000
Osijek, Hrvatska

Zavod za biljnu proizvodnju i
biotehnologiju

Katedra za Opću proizvodnju bilja i
agroklimatologiju

Web: www.opb.com.hr

e-mail: djug@fazos.hr