



Институт за земљиште  
Београд

# ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

**МОНОГРАФИЈА**

Владан Угреновић, уредник



Београд 2022.

ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЉИШТЕ, БЕОГРАД

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ  
ПРОИЗВОДЊЕ ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ  
НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

- Монографија -

Уредник  
Др Владан Угреновић

Београд, 2022.

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ОРГАНСКЕ ПРОИЗВОДЊЕ  
ЗА ВЕЋУ КЛИМАТСКУ НЕУТРАЛНОСТ ПОЉОПРИВРЕДЕ

**Издавач**

Институт за земљиште  
Теодора Драјзера 7, 11000 Београд, Република Србија

**За издавача**

Др Биљана Сикирић, вд директора

**Уредник**

Др Владан Угреновић

**Рецензенти**

Проф. др Гордана Дражић, ред. проф. Универзитет Сингидунум

Др Ана Марјановић Јеромела, научни саветник,  
Институт за ратарство и повртарство, Нови сад

Др Јордана Нинков, научни саветник,  
Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

**Лектор**

Маја Угреновић

**Технички уредник и дизајн**

Вера Јараковић

**Штампа**

АРТИЈА

**Тираж**

300 примерака

ISBN-978-86-911273-7-4

## ПРЕДГОВОР

Климатске промене услед човекових активности, првенствено повећавањем концентрације гасова са ефектом стаклене баште у атмосфери, данас се недвосмислено могу детектовати и квантификовати кроз измерене промене у многим елементима климатског система. Последице ових промена су потенцијално толико далекосежне и озбиљне да свака земља мора допринети напорима да се клима наше планете стабилизује.

Пољопривреда више од осталих привредних делатности трпи од климатских промена, али она исто тако и доприноси климатским променама, испуштањем гасова са ефектом стаклене баште. Данашња конвенционална пољопривреда обележена је као неодржив систем производње хране, неадаптиран на климатске промене. Са друге стране органска производња се као целовит систем управљања производњом хране, базира на еколошкој пракси, високом степену биодиверзитета и очувању природних ресурса. Нарочито се истиче рационално коришћење: земљишта, вода и органске материје, применом поступака који за њих нису штетни. Тако органска биљна производња треба да допринесе одржавању и повећању природне плодности земљишта, као и спречавању његове ерозије. У том смислу искуства и методе органске производње су драгоцене, јер могу да олакшају ублажавање штетног утицаја пољопривреде на климатске промене генерално, као и на њено адаптирање на нове климатске услове.

Публикација која је пред вама резултат је пројекта „Развој иновативних метода органске ратарске производње у циљу веће климатске неутралности пољопривреде“, финансираног од стране Министарства пољопривреде шумарства и водопривреде Републике Србије. Настала је заједничким радом аутора, сарадника Института за земљиште из Београда, Националне асоцијације за развој органске производње „Србија органика“ и Института за економику пољопривреде из Београда.

Монографију смо наменили вама, ширем кругу научне и стручне јавности: истраживачима, докторантима, студентима, пољопривредним саветодавцима, произвођачима, еколозима, као и заинтерсованом грађанству. У том смислу захваљујемо се свима вама, који ћете у овој публикацији можда пронаћи неке одговоре на питања о климатским променама и одрживој пољопривредној производњи хране.

У Београду,  
Јуна 2022. године

УРЕДНИК  
Др Владан Угреновић

*Штампање ове монографије у целости је финансирано  
од стране Министарства пољопривреде, шумарства  
и водопривреде Републике Србије*

## САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР .....	3
КЛИМА И ПОЉОПРИВРЕДА <b>Снежана Ољача, Ивана Симић</b> .....	7
ПОЉОПРИВРЕДА У ПРОМЕНЉИВОЈ КЛИМИ И ЊЕНА УЛОГА У СЕКВЕСТРАЦИЈИ УГЉЕНИКА <b>Елмира Саљников, Владан Угреновић</b> .....	31
АГРОШУМАРСТВО И ЊЕГОВА УЛОГА У ДОСТИЗАЊУ КЛИМАТСКЕ НЕУТРАЛНОСТИ ПОЉОПРИВРЕДЕ <b>Тара Грујић, Радмила Пивић</b> .....	53
МЕТОД БРЗОГ КОМПОСТИРАЊА <b>Владимир Филиповић, Никола Коковић</b> .....	75
КАРБОНСКИ КРЕДИТИ: <i>SAP AND TRADE</i> СИСТЕМ И КАРБОНСКИ КРЕДИТИ У ПОЉОПРИВРЕДИ <b>Јонел Субић, Марко Јелочник</b> .....	95



# КЛИМА И ПОЉОПРИВРЕДА

Снежана Ољача<sup>1</sup>, Ивана Симић<sup>2</sup>

## Сажетак

Сав живот на Земљи, од природних екосистема до људске цивилизације, је рањив на климатске промене. Наш свет се загрева, а опасне климатске промене и екстремни догађаји све више утичу на природу и животе људи. То се може видети у дубинама океана и на врху највиших планина; у руралним срединама као и у градовима. Обим и магнитуда утицаја климатских промена су већи него што је првобитно процењено.

Оне изазивају озбиљне и широко распрострањене поремећаје у природи и

друштву смањујући нашу способност да узгајамо храну или обезбедимо довољно чисте воде за пиће. Истраживања о утицају човека на климатске промене, које се дешавају последњих деценија у Европи, а и целом свету, предвиђају пораст температуре и непредвидиво понашање падавина у зависности од дела Европе и света. Предвиђа се повећање количина падавина на северу и западу Европе и смањење на југу и истоку. У многим земљама последњих година, укључујући и Србију, приметна је велика варијабилност у приносу гајених биљака у зависности од године, а у не-

---

<sup>1</sup> Др Снежана Ољача, редовни професор Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Немањина 6,11080, Земун, e.mail: soljaca@agrif.bg.ac.rs

<sup>2</sup> МSc Ивана Симић, Генерални секретар Националног удружења за развој органске производње „Србија органика“, Бојанска 19, Београд 11000, e.mail: ivana.simic@serbiaorganica.org



ким деловима и опадање приноса жита. Узрок свега овога је највећим делом варирање климатских фактора. Очекиване промене ће се највише одразити на пољопривреду северне Европе које ће бити позитивне и јужне Европе, нарочито медитеранског дела, где ће се евидентирати мањи приноси основних гајених биљака. Највише негативних утицаја у области континенталне климе ће бити у панонској зони, која је једна од најважнијих житница Европе.

Адаптирана пољопривредна пракса или примена одрживих технологија гајења може помоћи у смањењу утицаја на промене климе кроз разне примере: правилно управљање водним ресурсима кроз смањење потреба за наводњавањем, смањењем водних и енергетских инпута, рециклажом жетвених остатака, што

смањује употребу енергије у производњи минералних ђубрива, редуковањем обраде или увођењем гајења биљака без обраде, којим се елиминишу потребе за коришћењем механизације и велике потрошње фосилних горива. Органски систем гајења је далеко повољнији по животну средину од конвенционалног у разним аспектима: смањењу остатака пестицида у земљишту и храни, богатијем биодиверзитету, повећањем плодности земљишта и мањим испирањем хранива, смањеним коришћењем фосилних горива и смањеним емисијама гасова са ефектом стаклене баште.

#### **Кључне речи:**

Климатске промене, глобално загревање, гасови са ефектом стаклене баште, органска пољопривреда.

## Увод

Под климом подразумевамо варирање метеоролошких чинилаца у дужем временском периоду, везаним за једно географско подручје. Краткорочна варирања истих фактора и њихово тренутно стање називамо временом. Релативни подаци о клими добијају се на основу средњих вредности метеоролошких параметара (температура, влажности, падавина, ветрова), који се дугорочно и систематски прате. Разноврсни типови климе се формирају на основу различитог енергетског баланса карактеристичног за одређене географске ширине, као и опште планетарне циркулације ваздуха у атмосфери. Режим временских промена, одговоран за стварање климатских услова, било ког места на Земљи, има огроман значај за развој биљака, њихово распрострањење и успостављање граница њиховог опстанка.

Доминантне комбинације временских појава и промена у појединим областима на Земљи условљавају пет основних климатских појасева или зона у хоризонталном правцу од екватора ка половима: једне тропске, две умерене и две хладне климатске зоне. Између њих се налази шест прелазних зона: по три на јужној и северној хемисфери у тропском појасу, зона са израженим дејством монсуна, затим суптропска зона на преласку од тропског ка умереном појасу и субполарна зона на преласку из умерене у хладну зону. Поред тога се у свакој климатској зони, у вертикалном правцу, од подножја ка врховима планина, издвајају висински

или планински климатски појасеви. У њима се на сличан начин, као код екватора ка половима (у хоризонталном правцу), мењају временски услови од нижих ка вишим надморским висинама (у вертикалном правцу). Због тога се дуж висинске климатске зоналности, понављају хоризонтални климатски појасеви.

Клима Србије је умерено континентална, са мање или више израженим локалним карактеристикама и постепеним сменама годишњих доба. У областима са надморским висинама преко 1000 m заступљена је планинска клима. Највећи део земље има умерено топлу климу са топлим летима, док планинске области имају снежно-шумску климу по Кепеновој класификацији. Најтоплији месец је јул, а јесен је топлија од пролећа. Најхладнији месец је јануар, са просечном месечном температуром од 0° С. Србија има континентални режим падавина, са већим количинама у топлијој половини године (мај, јун), осим југоисточног дела где је највећа количина падавина у току јесени. Најкишнији месец је јун и његове падавине чине 13% укупне годишње суме падавина. Најмање падавина имају фебруар и октобар. Просечна сума падавина на територији целе земље је 896 mm (МЗЖС РС, 2017).

Од новембра до марта се најчешће јавља снежни покривач са могућношћу појаве у априлу и октобру, осим на планинама изнад 1000 m. Највећи број дана са снежним покривачем има јануар, када се у просеку јавља 30-40% од укупног годишњег броја дана. У топлијем делу го-

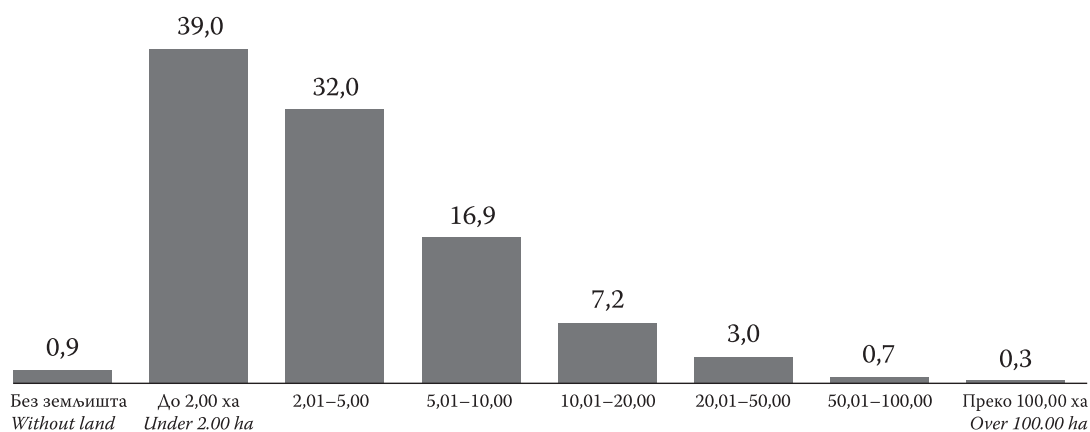
дине преовлађују ветрови са северозапада и запада, док су источни и југоисточни ветрови (кошава) карактеристични за хладнији део године. У планинским областима на југозападу земље преовлађују ветрови са југозапада (МЗЖС РС, 2017). Просечне температуре и режим влажности стварају услове у којима се људи баве пољопривредом.

Под утицајем човека клима се мало може мењати, осим у заштићеном простору. Пољопривредни производни простор се прилагођава климатским условима. Највећи утицај човек има у измени влажности (наводњавање и одводњавање) (Ољача et al. 2000). Промене се врше највише изградњом заштићеног простора за производњу биљака (стакленици и пластеници). Прилагођавање пољопривредно производног простора климатским условима, врши се избором врста и сората биљака, које ће се гајити

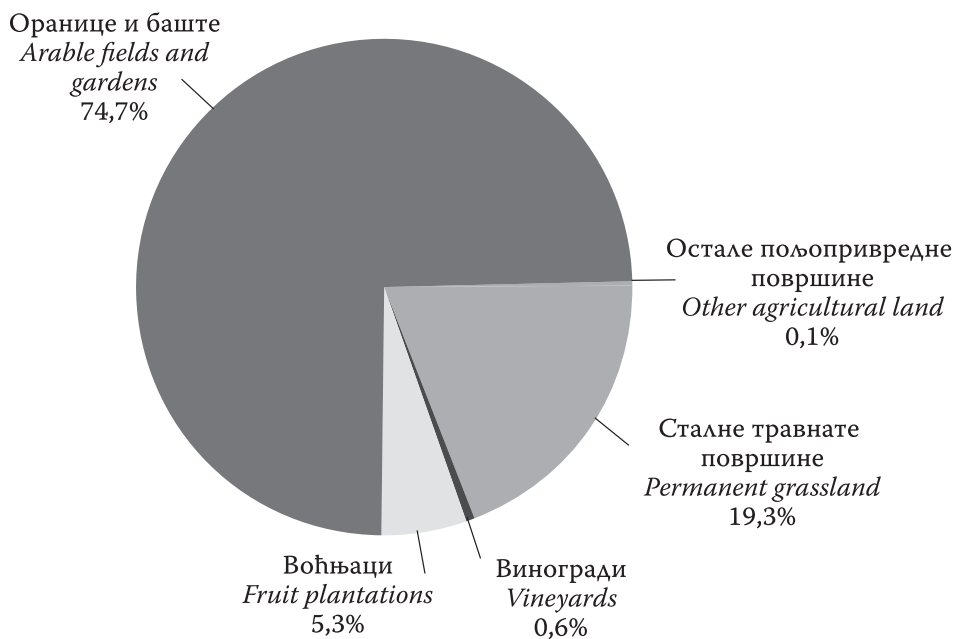
у појединим реонима (Ољача, 2010). Неповољне климатске услове човек може неутралисати и следећим поступцима: обрадом земљишта, ђубрењем, плодородом, избором сорте, противградном заштитом, пољозащитним шумским појасевима (Ољача et al. 2014).

## Пољопривреда Србије

Удео пољопривреде шумарства и рибарства у бруто националном дохотку од 11,4% указује на чињеницу да је она веома важна делатност у Србији (Ђурђевић, 2015). Пољопривредна производња је углавном заснована на малим породичним газдинствима (укупно 564.541 домаћинства са 1.442.628 радника), што представља око 20% становништва, од чега се свега 12% бави и додатним делатностима попут прераде хране или сеоским туризмом (РЗС РС, 2021). Просечна величина обрадивог земљишта



Слика 1. Структура породичних газдинстава према величини коришћеног земљишта, % (Извор: РЗС РС 2021)



Слика 2. Коришћено пољопривредно земљиште, 2020. (Извор: РЗС РС 2021)



Слика 3. Засејане површине према врстама усева, 2020. (Извор: РЗС РС 2021)

по поседе износи свега 6,15 ha, који се просечно састоји од 6 одвојених парцела. Просечна величина парцела је око 1 ha. Највеће учешће од 39%, у структури породичних газдинстава, имају газдинства величине испод 2 ha (Слика 1). Оваква имовинска структура пољопривреде Србије је неповољна, што може да успорава њен развој.

У укупној коришћеној пољопривредној површини у 2020. години оранице и баште учествују са 74,3%, воћњаци са 5,3%, виногради са 0,6%, ливаде са 9,7% и пашњаци са 9,5% (Слика 2). У структури засејаних површина ораница и башта, жита учествују са 66,8%, индустријско биље са 18,9%, поврће са 1,8%

и крмно биље са 9,0% (Слика 3; РЗСРС, 2021). Пољопривредна производња се обавља у свим деловима земље, ратарска и повртарска производња је највише заступљена у равничарским пределима, док је на брдском подручју нешто више заступљено воћарство и сточарство (Стричевић и сар., 2019). Чињеница да се пољопривреда практикује на преко 66% територије Србије нам говори да смо доминантно пољопривредна земља.

**Биљна производња** - Од ратарских гајених врста најзаступљенији су кукуруз, пшеница, сунцокрет и соја, а од повртарских кромпир, паприка и пасуљ. Највеће површине воћарских засада су под следећим врстама: шлива, јабука,

Табела 1. Површине и удео површина под органском производњом 2012-2020. године у Србији (Извор: МПШВ РС)

Година	Површине под органском производњом (ha)	Удео површина под органском производњом у укупно коришћеном пољопривредном земљишту (%)
2012.	6.340	0,18
2013.	8.228	0,23
2014.	9.447	0,28
2015.	15.298	0,44
2016.	14.358	0,41
2017.	13.423	0,38
2018.	19.260	0,55
2019.	21.266	0,61
2020.	20.970	0,58

малина и вишња, које заузимају око 75 % површина под воћем, док остале врсте воћа заузимају преосталих 25 % укупних површина. Воћарска производња је видно напредовала, како по површинама тако и по обиму производње, нарочито у производњи јабука, крушака, малина и кајсија, што је последица увођења мера адаптације на климатске промене попут наводњавања и/или противградних мрежа (Стричевић и сар., 2019).

**Сточарска производња** доминира углавном у планинским подручјима, али је заступљена и у другим пределима наше земље. Од домаћих животиња најбројнија је живина, преко 15,2 милиона, следеће су свиње са око 3 милиона, затим оваца и говеда. У односу на бројност по попису пољопривреде из 2012. године, сточарска производња се смањила у погледу броја живине, коза, коња и свиња, а остало је на готово истом нивоу по броју говеда и оваца. Изражено по условном грлу, дошло је до смањења од око 9 %. Забележен је само пораст броја кошница за око 22%.

**Органска производња** - се повећала са 323 на 6709 газдинстава у периоду од 2011. до 2018. године. Укупно обрадива површина под органском производњом је 9618 ха, а у процесу преласка на органску производњу налази се још 9700 ха у 2020. години. По најновијим подацима укупна органска производња се обавља на 20.970 ха (Табела 1). Број грла говеда у органској производњи је 4628, док је број оваца 5711, коза 286 и живине 14936 у 2020. години. Што се тиче промена по-

вршина под органском производњом, забележен је мали пад у односу на 2019. годину, док се број животиња незнатно изменио.

## Климатске промене

У оквиру климатске динамике важно је разликовати термине климатска променљивост/варијабилност и климатске промене. Климатска променљивост (варијабилност) је разлика од године до године у вредностима климатских параметара у оквиру периода осредњавања (типично за 30 година).

Климатске промене представљају дугорочне промене између периода осредњавања (Миљушковић, Динић Братуша, 2002). Састав атмосфере спада у најзначајније факторе који одређују климу наше планете. Атмосферу чини 78% азота, 21% кисеоника и 1% осталих гасова. За стварање услова на Земљи у којим је могућ живот, заслужни су пре свега Сунце и група такозваних гасова са ефектом стаклене баште. Најважнији гасови стаклене баште су: угљендиоксид, метан, азот-субоксид, озон и водена пара. Наведени природни гасови који се у атмосфери налазе у траговима, пропуштају краткоталасно Сунчево зрачење да допре до површине Земље, али апсорбују дуготаласно инфрацрвено зрачење Земљине површине и поново емитују топлотно зрачење према Земљиној површини. Ово спречавање губитка топлотног зрачења Земље у космос назива се природним ефектом стаклене баште. Захваљући томе, средња

глобална температура у приземном слоју атмосфере се креће око 14-15°C, а била би само -18 °C, што је за 33°C ниже у односу на постојеће стање (Спасов, 2003). Према општеприхваћеној Миланковићевој астрономској теорији климатских колебања на планети Земљи, основне узроке природних промена климе представљају поремећаји у емисији Сунчевог зрачења, као и промена садржаја гасова с ефектом стаклене баште у атмосфери. Пре неких 21.000 година свет је био у последњем леденом добу, да би у последњих 10.000 година почело отопљавање климе, што је довело до климатског оптимума, а температура ваздуха у овом периоду се није много мењала.

Процењује се да су људске активности изазвале приближно 1,0°C глобалног загревања у односу на преиндустријски период, са распоном од 0,8°C до 1,2°C. Глобално загревање ће вероватно достићи 1,5°C између 2030. и 2052. ако настави да расте по тренутној стопи.

Загревање од антропогених емисија од преиндустријског периода до данас ће трајати вековима до миленијума и наставиће да изазива даље дугорочне промене у климатском систему, као што је пораст нивоа мора, са повезаним утицајима, али мало је вероватно да ће само ове емисије изазвати глобално загревање од 1,5°C. Ризици везани за климу за природне и људске системе већи су за глобално загревање од 1,5°C него сада, али мањи него на 2°C. Ови ризици зависе од величине и стопе загревања, географске локације, нивоа развоја и рањивост, као што утичу и на изборе и имплементацију опција прилагођавања и ублажавања (IPCC, 2018).

Крајем прошлог века на светском нивоу препознат је проблем глобалног загревања и климатских промена. Сходно томе, организоване су бројне конференције о климатским променама на којима су донешене одређене декларације и протоколи. Најважнија конфе-

---

<sup>3</sup>Међувладин панел за климатске промене (IPCC-Intergovernmental Panel of Climate change) је тело УН за научну процену климатских промена. Основали су га Програм Уједињених нација за животну средину (УНЕП) и Светска метеоролошка организација (СМО) 1988. године да би политичким лидерима пружили периодичне научне процене у вези са климатским променама, њиховим импликацијама и ризицима, као и да изнесу стратегије прилагођавања и ублажавања. Исте године Генерална скупштина УН је подржала акцију СМО и УНЕП у заједничком успостављању IPCC.

Хиљаде људи из целог света доприносе раду IPCC-а. За извештаје о процени, научници IPCC-а добровољно издвајају своје време да процене хиљаде научних радова објављених сваке године како би пружили свеобухватан резиме онога што се зна о покретачима климатских промена, њиховим утицајима и будућим ризицима, и како прилагођавање и ублажавање могу да смање те промене.

ренција Уједињених нација о климатским променама одржана је у Паризу, између 30. новембра и 12. децембра 2015. године. То је било 21. редовно годишње заседање о климатским променама, која се од 1995. године организују са циљем постизања задатака постављених у Оквирној конвенцији о климатским променама УН-а, која је усвојена 1992. године на Самиту у Рио де Жанеиру.

Конференција у Паризу била је уједно и 11. састанак потписница Протокола из Кјота 1997. године. По први пут у историји конференција је успела да постигне универзални споразум (Париски климатски споразум) о методама уз помоћ којих би се ублажиле климатске промене и о којима су се сложиле готово све државе света. По речима организатора, примарни очекивани резултат споразума је ограничавање глобалног пораста температуре на мање од 2°C до 2100. године у поређењу са климатским условима пре индустријске револуције.

Истраживачи Међувладиног панела о климатским променама (IPCC)<sup>3</sup> су 2009. године закључили да су такве мере неопходне како би се избегле озбиљне климатске катастрофе и да је за постизање тих резултата неопходно умањити емисије стакленичких гасова између 40 и 70% до 2050 у односу на емисије у 2010. години, а до 2100. године доћи до нулте стопе. Париски климатски споразум имплицитно настоји ограничити пораст температуре на 1,5°C што би захтевало још амбициозније мере и постизање нулте стопе испуштања

стакленичких гасова у периоду од 2030. до 2050. године (Ковачевић и сар., 2020).

У последњем Шестом извештају о процени IPCC, објављеном у фебруару 2022. године, наведена су сва најновија научна сазнања о промени климе и свим последицама које она носи. Сав живот на Земљи, од природних екосистема до људске цивилизације, је рањив на климатске промене. Од првих извештаја докази су постали јачи: наш свет се загрева, а опасне климатске промене и екстремни догађаји све више утичу на природу и животе људи свуда. То се може видети у дубинама океана и на врху највиших планина; у руралним срединама, као и у градовима. Обим и магнитуда утицаја климатских промена су већи него што је процењено у претходним извештајима. Они изазивају озбиљне и широко распрострањене поремећаје у природи и друштву; смањујући нашу способност да узгајамо храну или обезбедимо довољно чисте воде за пиће, што утиче на здравље и добробит људи и штети средствима за живот. Укратко, утицаји климатских промена утичу на милијарде људи на много различитих начина (IPCC, 2022).

Од Петог извештаја о процени IPCC, објављеног 2014. године, климатским променама се може приписати шири спектар утицаја. Другим речима: постоји нова сазнања да су их климатске промене изазвале или учиниле вероватнијим. Конкретно, све већи топлотни таласи и екстремно време тера биљке и животиње на копну и у океану ка половима, на веће надморске висине или у дубље воде



океана. Многе врсте достижу границе у својој способности да се прилагоде климатским променама, а оне које не могу да се прилагоде или се не крећу довољно брзо су у опасности од изумирања. Као резултат тога, дистрибуција биљака и животиња широм света се мења и време кључних биолошких догађаја, као што су размножавање или цветање, се мења. Ови трендови утичу на мреже исхране. У многим случајевима, ово смањује способност природе да обезбеди основне услуге од којих зависимо да бисмо преживели – као што су заштита обале, снабдевање храном или регулација климе путем уноса и складиштења угљеника.

Промене у температури, падавинама и екстремним временским приликама такође су повећале учесталост и ширење болести међу дивљим животињама и људима, као и у пољопривреди. Видимо да се сезона пожара продужава и повећавају се области које су изгореле. Отприлике половина светске популације тренутно доживљава озбиљне несташице воде у неком тренутку током године, делом због климатских промена и екстремних догађаја, као што су поплаве и суше. Сушни услови су учестали у многим регионима те негативно утичу на пољопривреду и производњу енергије из хидроелектрана.

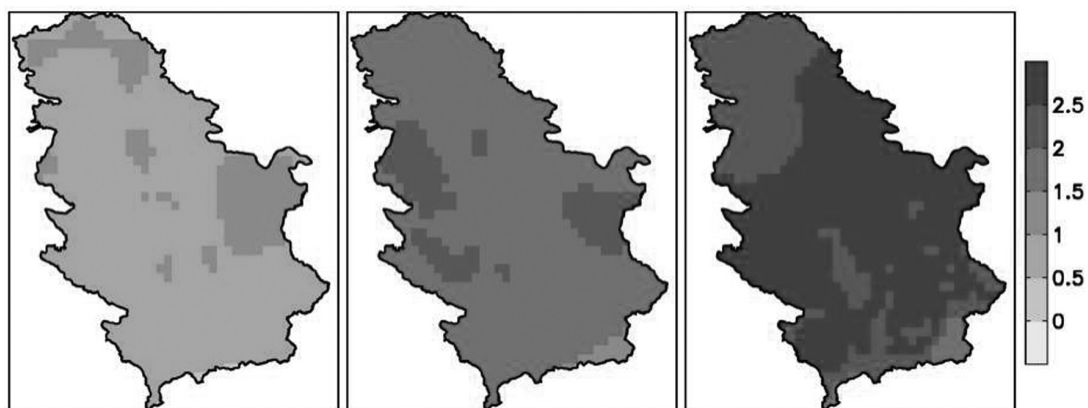
Људи који данас живе у градовима суочавају се са већим ризицима од топлотног стреса, смањеног квалитета ваздуха због шумских пожара, недостатка воде, несташице хране и других утицаја изазваних климатским променама и њиховим утицајем на ланце снабдевања,

транспортне мреже и другу критичну инфраструктуру. Глобално, климатске промене све више узрокују повреде, болести, неухрањеност, претње физичком и менталном здрављу и благостању, па чак и смрти. То чини вруће области још топлијим и драстично смањује време које људи могу да проводе напољу, што значи да неки радници на отвореном не могу да раде потребне сате те ће тако зарађивати мање.

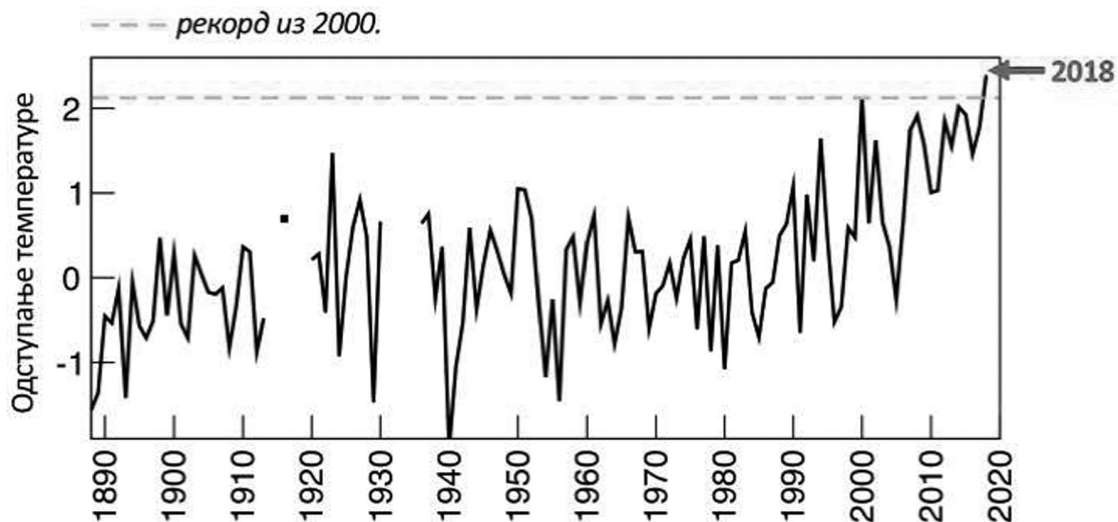
Очекује се да ће се утицаји климатских промена интензивирати са додатним загревањем. Такође је утврђена чињеница да су у интеракцији са многим другим друштвеним и еколошким изазовима. То укључује растућу светску популацију, неодрживу потрошњу, брзи пораст броја људи који живе у градовима, значајну неједнакост, континуирано сиромаштво, деградацију земљишта, губитак биодиверзитета услед промене коришћења земљишта, загађење океана, прекомерни риболов и уништавање станишта, као и глобалне пандемије. Тамо где се трендови укрштају, они могу да појачају једни друге, појачавајући ризике и утицаје, који најтеже утичу на сиромашне и најугроженије људе (IPCC, 2022).

### Узроци климатских промена

Нема сумње да до климатских промена долази услед људске активности, а данашњи ниво гасова стаклене баште је највећи људски утицај на глобалну климу. Нагли пораст светског становништва, уз вишеструко увећавање светских индустријских и других људских активности,



Слика 4. Промене температуре на територији Србије: одступање средње температуре ( $^{\circ}\text{C}$ ) за период 1998-2017 (лева слика) и 2008-2017 (средња слика) од вредности средње температуре за период 1961-1990; одступање средње максималне температуре ( $^{\circ}\text{C}$ ) за летњу сезону (јун-август) за период 2008-2017 од вредности средње максималне температуре за лето за период 1961-1990 (десна слика); (Ђурђевић и сар., 2018)



Слика 5. Одступање средње годишње температуре ( $^{\circ}\text{C}$ ) на метеоролошкој станици у Београду, од 1888. године, у односу на средњу вредност из периода 1961-1990. (Ђурђевић и сар., 2018)

довели су до повећања коришћења свих ресурса. Индустрија, издувни гасови, суперсонични али и обични авиони, сагоревање фосилних горива и други извори, уносе у Земљину атмосферу огромне количине угљен-диоксида ( $\text{CO}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), азот-субоксида ( $\text{N}_2\text{O}$ ), хлор-флуор-карбона ( $\text{CFC}$ ) и осталих гасова са ефектом стаклене баште. Повећање удела ових гасова, а нарочито угљен-диоксида у атмосфери директно узрокује повећање глобалне температуре. У односу на преиндустријски период ниво угљен-диоксида у атмосфери је повећан за преко 40%, са 280 ppm на око 400 ppm.

Уколико се испуштање угљен-диоксида у атмосферу настави овим темпом, процењује се да би његова количина до 2050. године могла да достигне 550 ppm, што би подигло температуру за 2-3°C, а до краја овог века за 5-6°C. Пораст емисије регистрован је и у случају осталих гасова са ефектом стаклене баште као што су азот-субоксид, метан и фреони, који оштећују озонски омотач, а искључиво су вештачког порекла.

### Промене климе у Србији

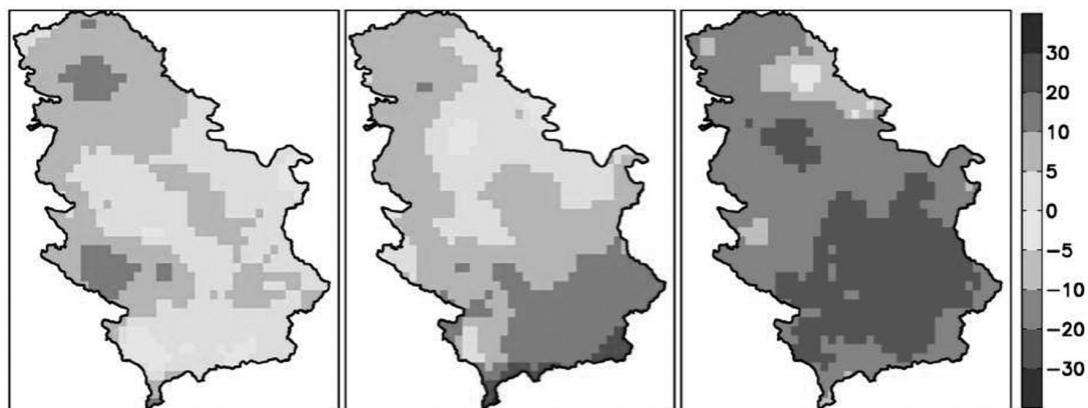
Промене климе у Србији су евидентне у последњих неколико деценија. У периоду 1960-2012. године дошло је до значајног пораста средње дневне температуре просечно од 0,3°C по декади на годишњем нивоу. Највеће повећање је забележено за дневну максималну температуру, 0,5°C по декади. У планинским областима преко 1000 m надморске висине карактеристично је веће повећање

средње дневне и максималне дневне температуре, него у низијским областима на мањим надморским висинама.

Од средине претходног века Србија је суочена са знатним повећањем температуре, нарочито у летњој и пролећној сезони. Лети су поменута повећања била најизраженија (МЗЖС РС, 2017). Такође је забележено је да се Србија суочава са бржим порастом температуре у односу на пораст средњих глобалних вредности. Само четири године су имале ниже просечне температуре од вишегодишњег просека после 1990. године, а осам од десет најтоплијих година је забележено после 2000. године. Најтоплија година је била 2000, са повећаном вредности од 1,86°C, а затим следе 2008., 2007., 1994., 2012. па 2018. година.

### Тренд температуре у Србији

Средња годишња температура ваздуха у Србији је била већа у распону од 0,5 до 1,5°C, посматрајући двадесетогодишњи период (1998-2017), док је одступање веће од 1°C у источним деловима централне Србије, као и на северу Војводине. Током последњих десет година вредности средње годишње температуре су биле веће од 1,5°C на највећем делу територије Србије у односу на референтни просек, док је у западним и источним деловима одступање веће од 2°C (Ђурђевић и сар., 2018). Нису промене температура биле исте нити су равномерно распоређене у свим годишњим добима. Највећи пораст температуре је забележен током лета у просеку за 2,5°C у највећем делу Србије



Слика 6. Промене падавина на територији Србије: одступање средње годишње суме падавина (%) за период 1998-2017 (лева слика) и 2008-2017 (средња слика) од вредности средње годишње суме падавина за период 1961-1990; одступање средње суме падавина (%) за летњу сезону (јун-август) за период 2008-2017 од вредности средње летње суме падавина за период 1961-1990 (десна слика) (Ђурђевић и сар., 2018).

у том посматраном периоду. Промена средњих минималних температура је за оба периода мања од промене максималних, осим у току последње деценије у току зимског периода. Неки од резултата ове анализе приказани су на Слици 4. Републички хидрометеоролошки завод Србије у јануару 2019. године званично је прогласио 2018. годину за најтоплију годину у Србији, од када постоје осматрања и мерења. На Слици 5 приказана су одступања средње годишње температуре за Београд од 1888. године, када су систематски почела мерења температура и праћења климатских параметара у Србији (Ђурђевић и сар., 2018).

Током будућих периода очекује се даље повећање температуре у Србији, због географског положаја и близине Медитеранске области, где су предвиђене највеће промене у односу на остатак Ев-

ропе. По неповољном сценарију са интензивним емисијама гасова стаклене баште (RCP8.5) предстоји нам значајан пораст средње годишње температуре за 1°C, просечно за целу територију Србије, у блиској будућности. Средином 21. века пораст ће достићи 2°C, а до краја века средња годишња температура ће бити виша чак за 4,3°C у односу на референтни период. Стабилизациони сценарио са мањим емисијама и преласком на коришћење обновљивих извора енергије, (RCP4.5), показује мањи пораст средње годишње температуре за око 0.5°C у односу на RCP8.5 током прва два анализирана периода. Емисије гасова стаклене баште би се на тај начин смањиле што може да утиче на равнотежу климатског система, а тиме се постиже и стабилизација температуре. До краја 21. века пораст средње годишње температуре на територији Србије ће достићи знатно

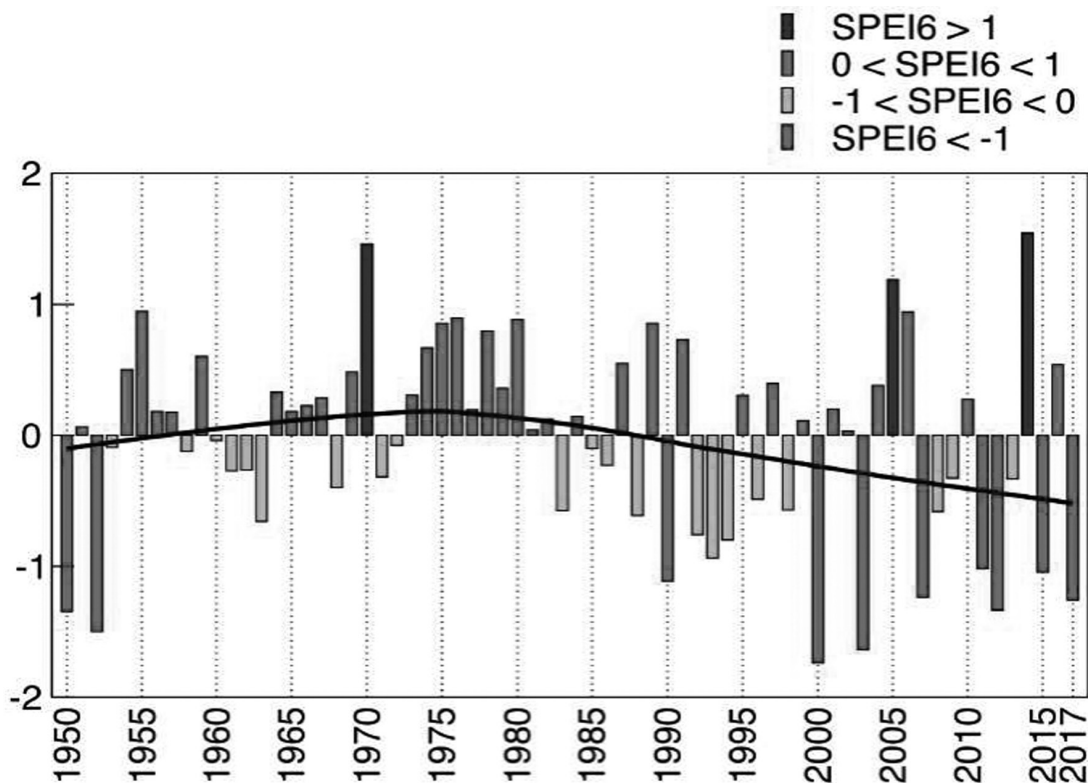
мању вредност од вредности добијене по сценарију RCP8.5, а то је вредност за 2°C виша од вредности референтног периода (Ruml et al. 2012).

### Тренд падавина у Србији

Падавине у Србији не показују сличан тренд као што је то случај са температурама. У односу на двадесетогодишњи и десетогодишњи просек, у Београду је било незнатно повећање суме падавина од 0,8% по декади (6 mm по декади), док просечан тренд за целу територију

Србије износи +1,1% по декади (7 mm по декади). Обе промене повећања суме падавина нису биле статистички значајне. Највећа сума падавина у току анализираних периода је забележена 2014. године са одступањем око +40%, а година са најмање падавина је 2000. са одступањем од приближно -40% у односу на референтни период 1961-1990.

Што се тиче просторног распореда суме падавина, за оба изабрана периода (1998-2017. и 2008-2017) анализа показује повећање у највећем делу Србије (0-10%) у



<sup>4</sup>Слика 7. SPEI6-август индекса за територију Србије (Ђурђевић и сар., 2018).

<sup>4</sup>SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) вредности мање од -1 указују на сушне периоде, вредности веће од 1 указују на влажне периоде.

Табела 2. Допринос пољопривреде емисији важнијих GHG.

Врста гаса GHG	Процењен допринос	Најважнији начин утицаја
CO <sub>2</sub>	21-25% од глобалног CO <sub>2</sub>	Фосилна горива која се користе на фармама; дефорестација; промена начина обраде земљишта
CH <sub>4</sub>	55-60% од глобалног CH <sub>4</sub>	Пиринчана поља; промена начина коришћења земљишта; спаљивање биомасе; ферментација у цревима домаћих животиња; отпад животињског порекла
N <sub>2</sub> O	55-60% од глобалног N <sub>2</sub> O	Већином азотна ђубрива; отпад животињског порекла

односу на референтни период, нарочито у току последњих 10 година на југу земље (преко 10%). Прерасподела падавина током године указује на смањење суме падавина током летње сезоне (јун-август). Током последњих 10 година лета су била доминантно са падавинама испод просека. Најмање падавина је било у централним и јужним деловима Србије, где је промена од -20% до -30% у односу на просек. Изабрани резултати анализе падавина приказани су на Слици 6.

Предвиђања промене годишњих сума падавина, за територију Србије, током будућих климатолошких периода неће имати тако изражен тренд као што је случај са температуром. Просечне годишње падавине би могле да се смањују у другој половини 21. века по RCP8.5 сценарију и тај тренд би се интензивирао крајем 21. века. Предвиђа се да ће централна, а нарочито јужна Србија доживети највеће смањење падавина, чак и преко 10% у односу на референтни пе-

риод 1986-2005. Северни предели Србије би имали чак благо повећање суме падавина, док идући ка југу овај тренд опада и прелази у дефицит падавина у јужним областима. Смањење падавина током летњег периода (јун-август) је већ забележено (Слика 6) и према оба сценарија ће се наставити и током будућих климатских периода.

По сценарију RCP8.5, просечно смањење падавина на територији Србије ће бити 20,5% са знатно већим смањењем у јужним пределима, од скоро 40% на крају 21. века.

### Анализа суше у Србији

Суша представља изванредан временски период који се манифестује недостатком падавина за нормалан раст и развиће усева уз истовремено високе температуре и ниску влажност ваздуха. Штете које изазива суша зависе од времена њеног трајања и њеног интензитета. Уколико је

то време дуже утолико су и штете веће, а понекад могу бити и катастрофалне.

Узроци суше су различити. Један од основних узрока је недостатак укупне количине падавина током године, њихов распоред за време вегетационог периода биљака и интензитет испаравања атмосферских талоба. Надаље, то су особине и стање земљишта у коме се налази, али исто тако и потребе биљака за водом.

У нашем поднебљу суша је повремена појава која се манифестује некад у блажем, а некад у изузетно оштром облику (Спасов, 2003; Секулић и сар., 2012).

Учесталост и интензитет суше се може представити на неколико начина. У овом случају изабран је индекс који указује на догађаје који по досадашњим анализама наносе највеће материјалне штете у Србији. Дефицит падавина и повишене температуре које подстичу повећање евапотранспирације, узрокују појаву сушног периода. SPEI (Standardised Precipitation Evapotranspiration Index) обухвата вредности и дефицита падавина и повишених температура па вредности мање од -1 указују на сушне периоде, док вредности веће од 1 указују на влажне периоде. SPEI6 је варијанта овог индекса која се односи на изабрани шестомесечни период. Смањење падавина током топлијег дела године, биће праћено и значајним позитивним променама температуре, па је стога израчунат SPEI6 за месец август (SPEI6-август=шестомесечни SPEI за период март-август), Слика 7. Добијени резултати указују на повећану угро-

женост пољопривреде, јер управо у овом периоду се дешавају фенолошке фазе као што су раст, развој цветање и сазревање биљака гајених на територији Србије.

На Слици 7 је приказан SPEI6-август индекс за сваку годину током периода 1950-2017. На територији Србије учесталост суша је постала већа нарочито после 2000. године. Године у којима је индекс био мањи од -1 су 2000, 2003, 2007, 2011, 2012, 2015. и 2017. Пре 2000. године само су три године имале индекс мањи од -1.

### **Глобалне климатске промене и пољопривреда**

Резултати истраживања о утицају човека на климатске промене, које се дешавају последњих деценија у Европи, а и целом свету, указују да ће доћи до сталног раста температуре, али ће варирање падавина зависити од дела континента за који се пројекције раде. Предвиђа се повећање падавина на северу Европе и смањење на југу и истоку (Olsen, Bindi, 2002). У многим земљама, па тако и у Србији евидентна је стагнација или опадање приноса жита, као и велика варијабилност у приносима гајених биљака у зависности од године. Узроци овог варирања су углавном због велике променљивости климатских фактора. Очекиване промене ће се највише одразити на пољопривреде земаља северне Европе, где ће промене бити позитивне и јужне Европе, нарочито Медитеранског дела, где ће доћи до негативних утицаја на укупну пољопривредну производњу, па тако и на при-

Табела 3. Губици БДП-а због смањења приноса жита (milrd. USD) (Извор: Божанић и Митровић, 2019.)

Пораст t за:	2020-2040	2040-2100	2020-2100
1°C	6,025 (0,47%)	115,355 (1,66%)	121,380 (1,48%)
2°C	12,050 (0,94%)	230,710 (3,32%)	242,760 (2,95%)
3°C	16,368 (1,38%)	324,683 (5,03%)	341,051 (4,46%)
4°C	27,305 (1,92%)	696,126 (6,74%)	723,430 (6,16%)

носе основних гајених биљака. Највише негативних утицаја у области континенталне климе ће бити у Панонској низији, која је једна од житница Европе. Ова област ће бити захваћена чешћим топлотним таласима и сушом, без већих могућности да се оне избегну померањем рокова гајења или другим агротехничким мерама (Olesen et al., 2011; Kovačević et al., 2012). Све чешће суше, олујне непогоде, топлотни таласи, шумски пожари, поплаве, бујице које изазивају ерозију су главни извори економске штете у Србији последњих деценија. Повећана учесталост и интензитет екстремних временских догађаја је евидентан доказ промене климе на овом подручју. Најинтензивније суше су се догађале у претходној декади и то 2011., 2012. и 2017. године, са све учесталијим појавама топлотних таласа од којих пет у 2012. години (Kovačević et al., 2012). Ако се овај тренд климатских промена настави, то би могло довести до великих проблема у свакодневном животу становништва

у водоснабдевању и утицају на здравље. Ублажавање негативног утицаја климатских промена на свакодневни живот људи постаје веома значајно. Као што се из наведеног може закључити промене климе имају велике последице по пољопривреду, али исто тако и сама пољопривреда даје велики допринос климатским променама. У Табели 2 су приказани најважнији путеви доприноса пољопривреде, емисији гасова који изазивају ефекат стаклене баште (GHG). Са глобалног аспекта, стајњак је значајан извор гасова с ефектом стаклене баште (GHG) (Chadwick et al., 2011). Стајњак садржи неоргански азот и микробиолошки доступан угљеник и воду, те самим тим садржи есенцијалне супstrate неопходне за производњу азот-субоксида ( $N_2O$ ) и метана ( $CH_4$ ) (Зорановић и сар., 2011). Стајњак нарочито доприноси емисијама  $CH_4$ , с обзиром на то да сточарство обухвата и узгајање и експлоатацију преживара чији је фецес богат анаеробним архејама које су метаногени микроорга-



Табела 4. Примери метода којима се постиже смањење утицаја на промену климе (Ољача и сар., 2019)

Методe директних утицаја	Примери
Смањење потреба за инпутима (оптимизација усвајања хранива)	Избор варијетета биљака које захтевају мање воде/хранива; усавршено управљање водом/земљиштем, смањује потребу за енергијом, која је повезана са наводњавањем и другим агро-инпутима
Смањење употребе механизације	Одабир no-till техника и технологија могу смањити употребу фосилних горива у пољопривреди
Енергетска ефикасност механизоване пољопривреде	Коришћење машина веће енергетске ефикасности
Енергетска ефикасност у процесима прераде	Коришћење машина и процеса веће енергетске ефикасности
Енергетска ефикасност у транспорту инпута и производа и у паковању производа	Системи технологија транспорта и паковања веће енергетске ефикасности
Енергетска ефикасност у чувању прехранбених производа	Коришћење ефикасније технологије хлађења
Коришћење обновљиве енергије	Широк дијапазон система обновљиве енергије у производњи заједно са технологијама веће енергетске ефикасности могу заменити употребу фосилних горива
Методe индиректних утицаја	Примери
Замена агрохемикалија са великом потрошњом енергије	Тотална или делимична замена минералних ђубрива смањује потребу за енергијом која је потребна у њиховој производњи
Интегрално управљање штеточинама	Резултира у смањењу употребе пестицида и тиме смањује потребу за енергијом која је потребна у њиховој производњи
Конзервацијска пољопривреда: Стална no-till обрада и покривеност земљишта Смањење потреба за енергијом у пољ. операцијама Смањена употреба пестицида и минералних ђубрива захваљујући бољој динамици система	Већа ефикасност коришћења инпута и већи биодиверзитет доводи до дугорочног смањења коришћења пестицида и минералних ђубрива у поређењу са конвенционалним нивоом производње

низми и управо произвођачи  $\text{CH}_4$ . Дигестивни тракт свиња и живине поседује метаногене микроорганизме у траговима, али се  $\text{CH}_4$  свакако формира током складиштења стајњака. Помињани производи нитрификације, нитрати, подложни су денитрификацији, анаеробном микробиолошком процесу редукције до елементарног азота. Приликом тог процеса денитрификације генерише се и  $\text{N}_2\text{O}$ . Према Међувладином панелу о промени климе, од укупних емисија, економски сектор којем припада пољопривредна производња, тзв. AFOLU (enl. *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) одговоран је за приближно четвртину свих глобалних емисија GHG. Посматрано глобално, само сточарство учествује са приближно једном четвртином емисија у оквиру AFOLU, а од тога, половина емисија је директна последица постојања и управљања стајњаком (IPCC, 2018).

### **Последице промене климе на пољопривреду Србије**

Климатске промене у Србији, захваљујући пре свега учесталој суши и топлим таласима, ће највише погодити приносе кукуруза и других пролећних усева. У условима сувог ратарења очекује се смањење приноса и до 58% до 2030. У истом периоду, очекује се смањење приноса пшенице и до 16%. Такође се предвиђа и смањење производње шећера по хектару шећерне репе, а до 2100. године и смањење производње соје и винове лозе (Ruml et al., 2012). Смањење приноса истовремено значи

смањење прихода, посебно у случају малих пољопривредних произвођача, али и сезонских радника. Због могућег пораста цена хране услед мањих приноса, овај негативан утицај ће се одразити на комплетно становништво, а посебно на сиромашнији део популације. Производња жита представља око 50% укупне пољопривредне производње у Србији и учествује са 6,3% у укупном БДП-у Србије, тако да свако смањење приноса видљиво утиче на БДП. Његове пројекције у будућности се могу видети у Табели 3 (Божанић, Митровић, 2019).

### **Могуће адаптације на климатске промене у пољопривреди**

Поред тога што је пољопривреда евидентно велики потрошач енергије, она се може сматрати и потеццијано великим произвођачем енергије.

То решење се нуди као одржива алтернатива у контексту спречавања глобалних промена климе. Овај сектор може да постане значајан извор чисте, обновљиве енергије, нарочито кроз биомасу жетвених остатака и гајење усева за добијање течних биогорива (биоетанола и биодизела). Смањење емисије угљеника се може постићи заменом фосилних горива одрживим алтернативама, која се могу користити у пољопривредној производњи.

Прилагођена пољопривредна пракса новим околностима и примена нових технологија прераде могу постићи овај циљ, ефикаснијим коришћењем енергије

или коришћењем обновљивих извора енергије.

Прилагођена пољопривредна пракса или примена иновативних технологија може помоћи у смањењу утицаја на промене климе кроз разне примере: рециклажом жетвених остатака заоравањем, правилним управљањем водним ресурсима кроз смањење потреба за наводњавањем, коришћењем ефикаснијих техника наводњавања које штеде воду, смањеним коришћењем минералних и већим коришћењем органских ђубрива, редуковањем обраде или увођењем гајења биљака без обраде, којим се смањује употреба механизације и штеде фосилна горива. Само изостављање основне обраде (орање) смањује утросак горива за 50%. Детаљније методе и поступци (директни и индиректни), који би довели до рационалније употребе енергије у пољопривреди су приказани у Табели 4 (Ољача и сар., 2019).

### **Климатске промене и органска пољопривреда**

Од самог почетка развоја органске пољопривреде, пољопривредно газдинство се посматрало као једна интегрисана целина. Свака промена једног елемента на газдинству се одражава на саму целину. Кључни принцип је узајамно деловање свих компонената које учествују у циклусу производње хране.

Одржавање и увећање дугорочне плодности земљишта основни је циљ про-

изводње на органским фармама. Основни принцип је деловање, колико је то могуће, у затвореном систему. Пошто се пестициди и минерална ђубрива изостављају из употребе, од примарне важности су одржање абиотичких компоненти овог система, нарочито плодности земљишта, које се дугорочно одржава применом интегралних мера: плодородом, коришћењем међуусева и покровних усева и органским ђубривима. Једно од најважнијих обележја органске производње је начело јединства биљне и сточарске производње. При организацији оваквог газдинства, настоји се да све има свој смисао и да се на складан начин прожима и допуњује. Тако газдинство постаје хармонична затворена целина, што доприноси његовој стабилности, а самим тим и отпорности на спољашње утицаје (Ољача и сар., 2005).

Истраживања у Великој Британији о емисијама  $\text{CO}_2$  показују различите резултате: на органским фармама емисија  $\text{CO}_2$   $\text{ha}^{-1}$  је мања за 20% у биљној производњи и 4% у сточарској производњи у односу на конвенционалне фарме (Smith et al. 2019). Процењено је да се у органском систему гајења постиже и до 4 пута већи садржај органске материје у земљишту од оног у конвенционалном систему гајења, па је то разлог мањим директним емисијама  $\text{CO}_2$  из земљишта. Емисије рачунате по јединици производа нешто су већа у органском систему гајења због мање продуктивности по јединици површине. Емисије  $\text{N}_2\text{O}$  на органским фармама су мање по јединици

обрадиве површине, док је та емисија по kg млека иста или чак мало и већа у односу на конвенционалне фарме. Слични подаци су добијени и код емисије  $\text{CH}_4$ , а то је да су количине емитованог метана мање по јединици обрадиве површине, али је по количини млека значајно већа у органском систему гајења, због ентеричне ферментације повећаног броја грла. Синтетички пестициди се значајно мање користе у органској пољопривреди, па је то узрок значајног смањења загађења ваздуха испарењима пестицида у односу на конвенционални систем (Ољача и сар., 2020).

### Закључак

Поред технолошких и економских промена, потребне су промене у већини аспеката друштва да би се превазишле границе прилагођавања, изградила отпорност, смањено климатски ризик на подношљиве нивое, гарантовао инклузиван, правичан и праведан развој и постигли друштвени циљеви.

Снажни и међузависни односи између климе, природе и људи су фундаментални за постизање ових циљева. Сада знамо да је здрава планета од суштинског значаја за обезбеђивање будућности за живот људи на Земљи и зато кажемо да потребе климе, природе и локалних заједница морају да се разматрају заједно и дају приоритет у доношењу одлука и планирању сваког дана и за сваки регион нашег света. Ризици и утицаји климатских промена могу се смањити, у границама, ако се

људи и природа прилагоде променљивим условима. Обим акција за смањење климатских ризика (адаптација) се повећао широм света. Појединци и домаћинства, заједно са заједницама, предузећима и друштвеним покретима, већ се прилагођавају климатским променама. Међутим, нова сазнања идентификују велике празнине између текућих напора и прилагођавања потребних за суочавање са тренутним нивоима загревања, при чему се обим изазова разликује у различитим регионима. Ефикасност доступних опција прилагођавања смањује са сваким повећањем загревања. Успешна адаптација захтева хитне, амбициозније и убрзане акције и у исто време, брзо и дубоко смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште. Што се емисије брже и даље смањују, то је већи простор за људе и природу да се прилагоде.

Измењени климатски услови и њихова већа променљивост утицаће у будућности на стање пољопривреде у Србији. Под измењеним климатским условима подразумевамо превасходно повећање просечне температуре и измене у количини падавина на територији Републике Србије. Већа променљивост подразумева чешће и интензивније екстремне временске догађаје попут топлотних таласа, суша и епизода обилних падавина. Екстремни временски догађаји, нарочито суша, односно повећан број сушних дана и дана са екстремним температурама, доминираће будућим климатским условима.

Прилагођена пољопривредна пракса или примена иновативних технологија, као што је органска пољопривреда, може помоћи у смањењу утицаја на промене климе кроз разне примере: рециклажом жетвених остатака заоравањем, правилним управљањем водним ресурсима кроз смањење потреба за наводњавањем, коришћењем

ефикаснијих техника наводњавања које штеде воду, смањеним коришћењем минералних и већим коришћењем органских ђубрива, правилним избором сортимената, редуковањем обраде или увођењем гајења биљака без обраде, којим се смањује употреба механизације, а тиме смањују емисије гасова са ефектом стаклене баште.

## Литература

- Божанић, Д., Митровић, Ђ. (2019). *Студија о социо-економским аспектима климатских промена у Републици Србији*. УНДП Програм Уједињених нација за развој.
- Ђурђевић, В. (2015). *Загревање усева – како одговорити? Утицаји промене климе на српску пољопривреду*. Програм Уједињених нација за развој (УНДП) у Србији.
- Ђурђевић, В., Вуковић, А., Вујадиновић Мандић, М. (2018). *Осмотрене промене климе у Србији и пројекције будуће климе на основу различитих сценарија будућих емисија*. Програм Уједињених нација за развој (УНДП) у Србији.
- Зорановић, М., Поткоњак, В., Јан, Т., Иванишевић, М. (2011). Проблеми аеробних и анаеробних емисија гасова из сточног стајњака. *Савремена пољопривредна техника*, 37(2): 119-224.
- IPCC (2014). *Fifth Assessment Report (AR5). Climate Change 2014*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Приступљено 04.02.2022. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)
- IPCC (2018). *Special report: Global. Intergovernmental Panel of Climate change warming of 1.5°C*. Приступљено 08.02.2022. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC (2022). *Sixth Assessment Report (AR6). Climate change 2022. Impacts, adaptation, vulnerability*. Intergovernmental Panel of Climate change. Приступљено 03.02.2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Ž., Milić, V. (2012). *Climate changes: ecological and agronomic options for mitigating the consequences of drought in Serbia*. In: Book of Proceedings, Third International Scientific Symposium "Agrosym 2012", Jahorina, 15-17. November 2012, 17-35.
- Ковачевић, Д., Ољача, С., Момировић, Н., Броћић, З., Долијановић, Ж., Милић, В. (2020). *Потенцијални утицај климатских промјена на производњу гајених биљака*. У: Јањић В., Пржуљ Н. (уредници) *Ограничења и изазови у биљној производњи*. Академија наука и умјетности републике Српске, Бања Лука, Монографија LXII: 45-87.
- Миљушковић, Д., Динић Братуша, Б. (2002). *Климатска променљивост и пољопривреда*. Зборник радова, Еко-конференција 2002, 63-68.
- МЗЖС РС (2017). *Други извештај Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе*. Министарство заштите животне средине Р. Србије, Програм Уједињених нација за развој (УНДП) у Србији. Приступљено 23.02.2022. [https://www.klimatskepromene.rs/wp-content/uploads/2017/12/Drugi-izvestaj-o-promeni-klime-SNC\\_Srbija.pdf](https://www.klimatskepromene.rs/wp-content/uploads/2017/12/Drugi-izvestaj-o-promeni-klime-SNC_Srbija.pdf)
- Olsen, E. J., Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16, 239-262.
- Olesen, E. J., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyr, J., Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34, 96-112.

Oljača, S., Cvetković, C., Kovačević, D., Vasić, G., Momirović, N. (2000). Effect of plant arrangement pattern and irrigation on efficiency of maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropping system. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 135, 261-270.

Ољача, С. (2005). *Агроеколошке основе органске пољопривреде*. У монографији Органска пољопривредна производња, (Ковачевић Д., Ољача С. (уредници). Пољопривредни факултет, Земун, 1-33.

Ољача, С. (2010). *Екологија и агроекосистеми*. Пољопривредни факултет, Земун, Србија.

Oljača, S., Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Milić, V. (2014). *Organic agriculture in terms of sustainable development of Serbia*. In: Book of Proceedings, V International Scientific Symposium "Agrosym 2014", Jahorina, 23-26. October 2014. 34-44.

Ољача, С., Ољача, М., Ковачевић, Д., Долијановић, Ж., (2019). *Чисте технологије и очување животне средине у пољопривреди*. Научно-стручни скуп „Обновљиво коришћење природних ресурса у сеоским подручјима Србије“, Одељење за пољопривреду САНУ-а, Београд. Књига CLXXIX, Одељење хемијских и биолошких наука, Књига 14. Зборник радова, 35-53.

Ољача, С., Симић, И., Ковачевић, Д., Долијановић, Ж. (2020). *Допринос органске пољопривреде заштити животне средине и безбедности хране*. У: Јањић В., Пржуљ Н. (уредници) Ограничења и изазови у биљној производњи. Академија наука и умјетности републике Српске, Бања Лука, Монографија LXII: 92-110.

РЗСПС (2021). *Статистички годишњак*. Републички завод за статистику Р. Србије. Приступљено 03.02.2012. <https://www.stat.gov.rs/sr-cyrl/publikacije/publication/?p=13253>

Ruml, M., Vuković, A., Vujadinović, M., Đurđević, V., Ranković Vasić, Z., Atanacković, Z., Sivčev, B., Marković, N., Matijašević, S., Petrović, N. (2012). On the use of regional climate models: Implications for climate change for viticulture in Serbia. *Agriculture and Forest Meteorology* 158, 53-62.

Секулић, Г. Димовић, Д., Калмар, З., Крнајски, Ј., Тодоровић, Н. (2012). *Процена рањивости на климатске промене – Србија*. WWF (Светски фонд за природу), Центар за унапређење животне средине.

Smith, L.G., Kirk, G.J.D., Jones, P.J., Williams, A.G. (2019). The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nature Communications*, 10, 4641.

Спасов, П. (2003). Појава суше у Србији, њено праћење и могућности прогнозе. *Водопривреда*, 35(1-2): 30-36.

Стричевић, Р., Продановић, С., Ђуровић, Н., Петровић Обрадовић, О., Ђуровић, Д. (2019). *Утицаји промене климе на српску пољопривреду*. Програм Уједињених нација за развој.

Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardena, S L., Amon, B., & Misselbrook, T. (2011). Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 514-531.

# ПОЉОПРИВРЕДА У ПРОМЕНЉИВОЈ КЛИМИ И ЊЕНА УЛОГА У СЕКВЕСТРАЦИЈИ УГЉЕНИКА

Елмира Саљников<sup>1</sup>, Владан Угреновић<sup>2</sup>

## Сажетак

Прехрањивање додатних милијарди људи у будућности захтеваће даље повећање пољопривредне производње хране, без преседана. Ово се углавном може постићи даљим интензивирањем пољопривреде и посебно биљне производње. Међутим, интензивна пољопривреда води даљој деградацији земљишта, односно доводи до губитака капацитета земљишта да обавља своје еколошке функције. Штавише, ако се показатељи плодности земљишта толико деградирају, да пређу линију без повратка, ресурс земљишта ће бити изгубљен. Потребни су миленијуми да се формира земљиште погодно за

пољопривреду. Осим тога, интензивна пољопривреда доводи и до интензивирања разградње органске материје земљишта, што подразумева повећање емисије угљен-диоксида из земљишта у атмосферу. Тренутно је уклањање гасова са ефектом стаклене баште путем везивања ограничено на директне промене коришћења земљишта изазване људским фактором.

Међутим, постоји много начина који уз одговарајуће управљање земљиштем, могу значајно смањити емисију гасова са ефектом стаклене баште у атмосферу и допринети одрживом коришћењу

---

<sup>1</sup> Др Елмира Саљников, научни саветник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: soils.saljnikov@gmail.com

<sup>2</sup> Др Владан Угреновић, виши научни сарадник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: soils.ugrenovic@gmail.com



земљишних ресурса. Органска пољопривреда, између осталог, подразумева смањено механичко ремећење земљишта, остављајући велике количине жетвених остатака на лицу места, контролу штеточина и корова плодородом, коришћење зеленишних ђубрива и покровних усева. Све ово доприноси очувању квалитета земљишта, смањењу ерозије земљишта, смањењу емисије угљен-диоксида, односно

секвестрацији угљеника, што директно доприноси ублажавању негативног утицаја климатских промена на животну средину.

**Кључне речи:**

Коришћење земљишта, угљен-диоксид, органска материја, деградација земљишта, земљишни микроорганизми, секвестрација угљеника

## Увод

Светска популација расте, а производња хране и других добара мора да иде у корак са тим, како би се спречило назадовање човечанства и смањење животог стандарда светске популације. Да би се успешно обезбедила храна за додатне милијарде људи у будућности, потребно је даље повећање производње хране без преседана, кроз пољопривреду (FAO, 2018). Откад су се људи почели бавити пољопривредом како би задовољили своје основне потребе за храном и побољшали егзистенцију, настојали су да остваре све веће приносе из земљишта, кроз његово интензивније коришћење. Проблеми еколошког функционисања земљишта за производњу хране потичу још из доба антике. Пад природне плодности земљишта услед пољопривреде и резултирајући пад приноса усева представљао је значајан проблем кроз историју (Montgomery, 2007), а овај проблем је и даље актуелан. Нажалост, еколошка свест људи заостаје за напретком науке и технологије (Kazakov, 2019). Упркос рапидном напретку у разумевању утицаја коришћења земљишта, његова плодност се смањује великом брзином (Eulenstein et al., 2022). Многи истраживачи и све информисанији грађани препознају пресудну важност земљишта као основе људског живота. Међутим, доносиоци одлука и фармери са ниским ресурсима, често занемарују значај земљишних ресурса због недостатка свести, и недостатка доступних информација или алата и ресурса (Packer et al., 2019).

Земљиште има капацитет и отпорност да обезбеди биомасу за храну, сточну храну и друге услуге екосистема за људе и да рециклира отпад (Mueller et al., 2010; Blum, Nortcliff, 2013). Ако статус земљишта неповратно падне испод граница капацитета и отпорности, оно се сматра деградираним (Saljnikov et al. 2022). Функције земљишта су подељене у два главна домена: еколошке функције (производња биомасе, заштита људи и животне средине и резервоар гена) и нееколошке функције (физичка основа људских активности, извор сировина и геогено и културно наслеђе), Blum (2005). Пошто се више од 99% светске хране производи преко земљишта, његова свака еколошка функција је директно или индиректно повезана са мрежом хране, енергије и воде (Hatfield et al., 2017; FAO, 2019), а повезана је и са физичким, хемијским и биолошким процесима који се одвијају у систему земљиште-вода-биљка-организам. Рачуна се да пољопривреда непосредно емитује око 9% од укупне количине GHG, од чега је 5% пореклом из земљишта, а око 4% из сточарства (преживари). Унутар екосистема земљишта, микробиолошки биодиверзитет и његова активност која је везана за конкретне праксе управљања је углавном слабо истражен. Ово захтева основна истраживања како би се побољшало разумевање функционисања земљишта уопште, пошто земљишни микроорганизми значајно утичу на све остале његове функције.

Савремени трендови у коришћењу земљишта и климатске промене довели су

до губитка органског угљеника (ОС) у земљишту, по стопи која је еквивалентна 10% укупних емисија фосилних горива за Европу у целини (Saljnikov et al., 2022). У климатски осетљивијим земљишним екосистемима у великој мери утичу агрономске праксе као што су: начин обраде земљишта (конвенционална, конзервацијска), интензитет производње (орање, плодород, примена агрохемикалија, итд.), управљање остацима усева (већа количина остатака усева помаже да се одржи ниво органске материје у земљишту, као и да га заштити од ерозије водом и ветром), губитак хранљивих материја (жетва, спаљивање, испирање ит.д.), e.g., Parihar et al. (2022). Губитак земљишног угљеника на производним

површинама достиже 27-90% у поређењу са природним травњацима (Loke et al., 2019). Стога, постоји хитна потреба за променом парадигме са интензивне на пољопривреду са ефикасном употребом ресурса, која се заснива на одрживим пољопривредним праксама.

Стратегије Европске комисије „За праведан, здрав и еколошки прихватљив прехранбени систем“ СОМ (2020) 381 (ЕС, 2020а) и „За биоразноликост до 2030. године“ СОМ (2020) 380 (ЕС, 2020b), треба да одговоре на изазове данашњих прехранбених система. Посебно се потенцира одрживо коришћење пољопривредног земљишта, применом пракси које за њега нису штетне. Уводиће се и подстицати

Табела 1. Методе за већу климатску неутралност пољопривредне производње (Извор: Угреновић, 2022)

Очекивани циљеви	Методе
Смањење емисије GHG	<p>Управљање инпутима:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- веће учешће легуминоза у плодороду,</li> <li>- шири плодород са укључивањем зеленишних ђубрива.</li> </ul> <p>Смањење утрошка енергије на фарми:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- примена редуковане, конзервацијске обраде земљишта,</li> </ul> <p>Управљање биљним остацима и органским ђубривима, компостирање</p> <p>Управљање усевима и оптимизација употребе ђубрива</p>
Подстицање секвестрације угљеника у земљишту	<p>Укључивање покровних усева, зеленог малча и зеленог угара у плодореде</p> <p>Увођење метода заштитних појасева</p> <p>Агрошумарство</p>

мере које смањују губитке хранљивих материја у земљишту за најмање 50%, што ће условити смањење употребе ђубрива за најмање 20% до 2030. године. Циљ је да се биљке хране преко еко-система земљишта, а мање применом растворљивих ђубрива која му се додају. Све то треба креирати на начин да не дође до смањивања плодности земљишта и његове продуктивности. Посебно се подстиче органска производња, а очекује се допринос у одржавању и повећању природне плодности земљишта, као и очувању и унапређењу биодиверзитета. За већу климатску неутралност пољопривреде предвиђено је двосмерно деловање: ка смањењу GHG и ка секвестрацији угљеника у земљишту (Табела 1). Нови зелени модел подстиче праксе у пољопривреди за секвестрацију угљеника, које складиште CO<sub>2</sub> у органској материји земљишта (ОМЗ), његовим везивањем у стабилну фракцију хумуса.

Данашња интезивна конвенционална пољопривреда обележена је као неодржив систем производње хране, неадаптиран на климатске промене. Са друге стране органска пољопривреда се у целости базира на очувању природних ресурса, еколошкој пракси и високом степену биодиверзитета (Ugrenović et al., 2020). Стандард органске производње прописује рационално коришћење пољопривредног земљишта, вода и органске материје. У том смислу органска пољопривреда треба да допринесе одржавању и повећању природне плодности земљишта, као и спречавању његове ерозије. Биолошка активност и плодност

земљишта одржава се и повећава практиковањем ширих плодореда, увођењем покровних усева, са већим учешћем махунарки и применом компостираних ђубрива пореклом из сточарства, или различитог отпада са фарме (Ugrenović, Filipović, 2017).

Искуства и методе органске производње могу да олакшају ублажавање штетног утицаја пољопривреде на климатске промене генерално и у конвенционалној производњи, као и на њено адаптирање на нове климатске услове.

### **Негативни ефекти прекомерне експлоатације земљишта**

У потрази за повећањем продуктивности земљишта, оно је изложено трајној прекомерној експлоатацији. То је довело до широког спектра последица као што су: 1. убрзани процеси ерозије земљишта, узроковани крчењем шума и прекомерном испашом, интезивном обрадом земљишта и неправилним наводњавањем, 2. губитак горњег слоја земљишта услед дефлације, 3. одношење горњег плодног слоја водном ерозијом, 4. губитак плодности услед изношења хранљивих материја и испирања, 5. контаминација услед прекомерне употребе пестицида, мелиораната, токсичних елемената у ваздуху, индустријских и урбаних депонија, 6. губитак биодиверзитета услед употребе агрохемикалија и интензивне обраде земљишта, 7. прекомерно збијање услед великих механичких оптерећења и 8. закисељавање услед злоупотребе ђу-

брива и киселих таложења из ваздуха. Даље, ови утицаји могу изазвати ефекте ван локације, као што су седиментација, замуљавање и еутрофикација водених тела или појачане поплаве, смањена функција слива река, промене у природним стаништима које доводе до губитка генетичког фонда и ерозије биодиверзитета. Други индиректан ефекат горе наведених утицаја је негативан утицај на климу, преко повећане емисије угљен-диоксида ( $\text{CO}_2$ ) услед убрзане минерализације органске материје земљишта (ОМЗ) и азотсубоксида ( $\text{N}_2\text{O}$ ), као резултат конверзије земљишта (UNDP, 2019). Све у свему, око половине светског земљишта које се користи за пољопривреду је умерено или јако деградирано (UN, 2015).

Пољопривреда, шумарство и коришћење земљишта директно учествују са 18,4% глобалних емисија гасова са ефектом стаклене баште. Међутим, ове количине не узимају у обзир да се око 20% емисија из пољопривреде, шумарства и коришћења земљишта поново усваја из атмосфере кроз биомасу, биљне остатке и земљиште (Ritchie et al., 2020). Пољопривреда је један од ретких сектора који могу да допринесу ублажавању и секвестрацији емисија угљеника (FAO, 2018; Ogle et al., 2019; Lal, 2020). Око 90% биљних остатака минерализује се на пољу у кратком временском периоду и тако доприноси емисији угљен-диоксида у атмосферу (Berthelin et al., 2022.) У том смислу, хитно су потребне стратегије управљања и прилагођавања у циљу

ублажавања климатских промена како би се осигурале стабилне глобалне жетве и безбедност хране (Ogle et al., 2019).

### Изазови за управљање земљиштем

Довољна производња хране захтева довољну површину обрадивог земљишта, док производња безбедне и квалитетне хране захтева здраво, плодно и биогено земљиште. Међутим како светска популација расте површина плодног земљишта се смањује, док се површина деградираног повећава. Осим тога, значајне површине плодног земљишта су неповратно изгубљене ширењем градова и друге инфраструктуре. Сви ови трендови представљају озбиљне изазове и велику одговорност за пољопривредну политику, да смањи људски утицај на земљиште и покрене одрживо управљање овим ресурсом. Научно-техничке иновације и алати за одлучивање су потребни да подрже овај процес.

Земљштима се још увек не управља одрживо, она нису довољно заштићена и подложна су широкој деградацији (Blum, 2013; Saljnikov et al., 2022). Отприлике једна петина глобалног земљишта је деградирана, а деградација земљишта се наставља по годишњој стопи од 5–10 милијарди хектара (Bateman, Muñoz-Rojas, 2019). Недостатак знања и података доприноси овом проблему. Бројне функције земљишта, као што су: однос између квалитета земљишта и здравља људи и животиња, квалитета животне средине, животног стандарда, утицаја на климатске промене или успоравање

стопе деградације земљишта, још увек нису добро проучене (Saljnikov et al., 2022). Подаци о ефектима деградације земљишта на глобалну продуктивност и друге функције и екосистемске услуге земљишта су у великој мери компатибилни (Sartori et al., 2019), али веома варирају између континената, земаља и региона.

### Улога органске материје земљишта

Резерве и динамика органске материје земљишта (ОМЗ) играју централну улогу за све биолошке циклусе на Земљи (Jensen et al., 2020). Више органског угљеника (ОС) у земљишту обично побољшава биљну приозводњу кроз обезбеђивање извора енергије за кружење микробних хранљивих материја и побољшање физичких и хемијских особина земљишта (Bünemann et al., 2018). Утврђено је да ако се садржај органске материје земљишта повећа за  $1\text{ g kg}^{-1}$ , принос усева се повећава за 10~20% (Yang et al., 2015).

Земљиште је медијум за раст, опстанак и развој надземних и подземних организама. Стога су и живи део земљишта и мртва органска супстанца (хумус, органска материја земљишта) важни фактори у одржавању структуре за следеће генерације биота земљишта и корена биљака (Hatfield et al., 2017). Генерално, биомаса копнених организама чини 99,87% укупне биомасе планете (Dobrovolskiy et al., 2012; Var-On et al., 2018). Микроорганизми у земљишту учествују са 1-6% у укупном садржају органског угљеника у земљишту,

у зависности од типа земљишта, начина његовог коришћења и климе (Saljnikov et al., 2013; Ugrenović et al., 2020, Koković et al., 2021; Koković et al., 2022).

Органски угљеник игра главну улогу у глобалном циклусу угљеника и секвестрацији угљеника у земљишту (Karbozova-Saljnikov et al., 2004; Lal, 2020). Пошто је највећи део ОМЗ концентрисан у горњем слоју земљишта и зато што је лакши од минералног дела земљишта, веома је изложен ерозивном деловању воде и ветра, као и антропогеном утицају. Међутим, директна веза између резерви ОМЗ и нивоа промена сродних атрибута екосистема још није утврђена (Thiele-Bruhn et al., 2020). Слично томе, недостатак разумевања функционисања различитих фракција органског угљеника ограничава предвиђање одговора органског угљеника на климатске промене.

У случају деградације земљишне биоте и односа између органске материје и органског угљеника, капацитет земљишних функција се смањује. Ако се земљиште претвара из природног стања у пољопривредно, без предузимања мера за очување органске материје земљишта, брзо разлагање ОМЗ доводи до деградације физичких, хемијских и биолошких особина земљишта (Parihar et al., 2022). Ово је повезано са другим притисцима као што је деградација структуре земљишта (Jensen et al., 2020; Keller et al., 2022), што резултира ослабљеном отпорношћу на ерозију и збијање, губитком азота (Treseder, 2008) и повећањем

емисије гасова са ефектом стаклене баште (GHG) који убрзавају климатске промене.

### **Функција земљишних миркоорганизама**

Микробиота земљишта је најдинамичнији и најреактивнији агенс, резервоар, одговоран за већину биогеохемијских процеса, кружење хранљивих материја и угљеника у екосистемима земљишта (Romanenkov et al., 2021). Микроорганизми земљишта формирају важну везу између аутотрофне производње (фотосинтезе) и разградње, повезујући надземне и подземне подсистеме, на пример, у зони ризосфере (Holz et al., 2017), стога они имају виталну улогу у секвестрацији угљеника.

Велики број животиња, макро и микрофауне, као и микроорганизама који су просторно распоређени у земљишту и слојевима стеље значајно доприносе трансформацији и дистрибуцији (укључујући мешање и биотурбацију) органске материје земљишта, а тиме и кружењу хранљивих материја, угљеника и воде (Briones 2018; Ramesh et al., 2019). Процеси земљишта посредовани биотом могу стога послужити као осетљиви индикатори промена у квалитету земљишта (Rasulić et al., 2021). Антропогени фактори као што су гајење, употреба агрохемикалија, механички поремећаји, уклањање биљне биомасе, крчење шума, наводњавање, примена гашеног креча, дренажа, као и урбанизација и индустријализација,

негативно утичу на разноврсност и бројност земљишне флоре и фауне (Jeffery, Gardi, 2010). Пошто је већина ових организама аеробна, физичке особине земљишта као што су степен порозности, расподела пора по величини, површина и ниво кисеоника су такође од пресудног значаја за њихов животни циклус и активности (Briones, 2018). Сви ови индикатори директно и индиректно зависе од начина коришћења и интензитета обраде земљишта.

Микробна биомаса, активност (нпр. дисање изазвано супстратом, односно респирација земљишта, као и ензиматска активност микроорганизама) или разноврсност (биодиверзитет) сматрају се поузданим показатељима суптилних промена у квалитету земљишта (Karbozova Saljnikov et al., 2004; Bünemann et al., 2018; Ugrenović et al., 2020). У исто време, због своје осетљивости, микробни резервоар је први који је изложен било каквом климатском стресу. У већини пољопривредног земљишта биодиверзитет и структура земљишних микроорганизама су осиромашени као одговор на екосистемске притиске, укључујући измењени таксономски састав и преваленцију патогена (Jeffery, Gardi, 2010). Наведено последично ремети остале функције земљишта, на пример: фиксацију азота и формирање хумуса, као и агрегацију честица земљишта, док се функције као што су разлагање, нитрификација и денитрификација могу убрзати (Selivanovskaya et al., 2014).

Микробне заједнице земљишта и функционални аспекти могу се окарактерисати њиховом величином. Најшире коришћени су процеси минерализације органског угљеника и азота, биолошка фиксација азота, активност појединих ензима земљишта и микробне биомасе у комбинацији са проценом величине њихове популације (Thiele-Bruhn et al., 2020). Ензимска активност, базално дисање (индуковано супстратом), метаболички коефицијент ( $qCO_2$ ), дефинисан као однос дисања према микробној биомаси и микробна (генетичка) разноликост се користе за процену деградације земљишта, не само због њихове осетљивости на промене, већ и због њихове улоге у кружењу хранљивих материја. Осим директног мерења микробног дисања и биомасе, њихов однос као метаболички коефицијент  $qCO_2$ , показао се као универзални показатељ равнотеже екосистема, који одражава способност микробне заједнице да превазиђе спољашње утицаје (Kuhwald et al., 2018).

### Осиромашење органске материје у земљишту

Смањење садржаја органске материје земљишта (ОМЗ), као последица оксидације и минерализације, настаје услед нарушавања земљишног екосистема, промена климатског режима, неадекватног коришћења земљишта, врсте вегетације, хидрологије, текстуре земљишта, структуре земљишта и др. У ужем смислу смањење ОМЗ је губитак органског угљеника у системима усева,

због примене неодрживих пракси управљања, као што су: изостанак ширих плодореда, интензивна конвенционална обрада земљишта, спаљивање и изношење биљних остатака, као и недовољна примена органских ђубрива.

Органска материја земљишта састоји се од многих саставних јединица које се веома разликују по времену синтезе и распадања, по осетљивости на спољашње утицаје, па се поједине фракције ОМЗ могу у великој мери разликовати у степену индикације деградације земљишта. На количину органског угљеника у земљишту утиче функција брзине таложења и разлагања стварне и потенцијалне ОМЗ (Ramesh et al., 2019). Лабилна фракција органске материје земљишта утиче на динамику хранљивих материја у једној вегетационој сезони и секвестрацију угљеника током дужег временског периода. Фракције ОМЗ које чине део његове лабилне фракције: лака фракција органске материје (LFOC), угљеник микробиолошког порекла (MBC), растворљиви угљеник (DOC), потенцијално минерализујући угљеник (PMC) и екстраховани угљеник у топлој води (HWOC) брже реагују на спољашње утицаје, па су тако осетљивији индикатори промена у земљишту (Karbozova-Saljniov et al., 2004; Saljniov et al., 2019; Koković et al., 2021; Шеремешкић et al., 2022). Haynes (2005) је пронашао да су пропорције РОС и LFOC у укупном органском угљенику у пољопривредним земљиштима биле 20~45% и 2~18%, респектабилно. Слично, Коковић et al., (2021) указују је да удео LFOC у



укупном ОС био од 3,08% у неђубреној контроли, до 6,73% у варијанти са примењеном највећом дозом азотног ђубрива. Генерално, количина лабилног органског угљеника у великој мери зависи од фактора везаних за недавна додавања органске материје у облику биљних остатака или стајњака (Karbozova-Saljniov et al., 2004; Vojnov et al., 2020, Koković et al., 2021; Угреновић и сар., 2021)

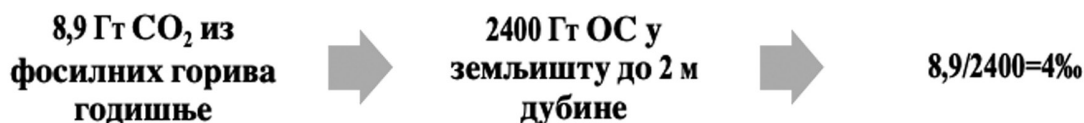
Интезивирање пољопривредне производње и коришћења пољопривредног земљишта, као и климатске промене довели су до губитка органског угљеника у земљишту по стопи која је еквивалентна 10% укупних емисија гасова са ефектом стаклене баште, насталих сагоревањем фосилних горива, на територији целе Европе (Loke et al., 2019).

### Секвестрација угљеника (везивање угљен диоксида из атмосфере)

Деградација једне трећине светског земљишта већ је допринела ослобађању 78 Gt органског угљеника (ОС) у атмосферу. Дугорочни циљ међународне заједнице зацртан на преговорима о клими у Паризу (UN, COP 21 2015) и потврђен у Глазгову (UN, COP 26, 2021) је да се значајним смањењем емисија гасова

са ефектом стаклене баште, ограничи пораст средње глобалне температуре до 2 °C изнад преиндустријског нивоа. Да би се то постигло потребно је ограничити годишњу емисију гасова са ефектом стаклене баште за 9,8 Gt (9,8×10<sup>15</sup> g), са вероватноћом од 64% (Meinshausen et al., 2009). Истиче се да би годишња стопа раста залиха угљеника у земљишту од 0,4% значајно смањила концентрацију угљен-диоксида (CO<sub>2</sub>) у атмосфери, повезано са људском активношћу.

Гасови са ефектом стаклене баште имају различите потенцијале глобалног загревања, стога научни радници који се баве климом користе еквиваленте угљен-диоксида за израчунавање универзалног мерења емисије гасова са ефектом стаклене баште. Угљен-диоксид улази у атмосферу сагоревањем фосилних горива (угаљ, нафта, природни гас), разлагањем чврстог отпада, дрвећа и других биолошких материјала, кроз процес ензиматских активности земљишних микроорганизама и коренова и као резултат различитих хемијских реакција (нпр. производња цемента). Угљен-диоксид се уклања из атмосфере (или „секвестрира“) када га биљке апсорбују кроз процес фотосинтезе, као део биолошког циклуса угљеника.



Слика 1. „4 per mille“ (2022).

Атмосферски угљен-диоксид и други гасови са ефектом стаклене баште задржавају топлоту која се емитује са површине земље, а акумулација те топлоте може довести до глобалног загревања. Кроз секвестрацију угљеника, ниво атмосферског угљен-диоксида се смањује, а ниво органске материје у земљишту се повећава, тако да органски угљеник као стабилна органска материја, може остати у земљишту дуги низ година. Претварање атмосферског угљеника у биљну биомасу у процесу фотосинтезе и његово дуготрајно складиштење у резервоару органске материје у земљишту, са минималним ризиком од поновног уласка у атмосферу, назива се „секвестрација угљеника у земљишту“.

Земљиште складишти два до три пута више угљеника од атмосфере, тако да би релативно мало повећање залиха могло имати значајну улогу у ублажавању емисија гасова са ефектом стаклене баште. Годишња емисија гасова са ефектом стаклене баште, пореклом из фосилног угљеника процењена је на 8,9 Gt C ( $8,9 \times 10^{15}$  g), а глобална процена залиха C до 2 m дубине земљишта је 2400 Gt ( $2400 \times 10^{15}$  g), Batjes, (1996). Узимајући у обзир однос глобалних антропогених емисија C и укупних залиха OC (8,9/2400), добија се вредност од 0,4% или 4‰ (4 промила), која представља износ повећања залиха C који је потребан да би се надокнадила његова емисија (Слика 1).

Ако узмемо да је копнена површина света 149 милиона km<sup>2</sup>, процена је да

у просеку има 161 t OC по ha, тако да је 4‰ овог износа једнако просечној стопи секвестрације за надокнађивање емисија од 0,6 t C по хектару годишње. Међутим, ова укупна вредност од 4‰ може се само условно применити јер складиштење угљеница у земљиште варира у зависности од различитих услова (пустиње, тресетишта, планине, итд.).

Пољопривредне активности служе и као донори (извори) и акцептори (резервоари) за гасове са ефектом стаклене баште. Највише емитованог угљен-диоксида из површинског слоја земљишта је продукт дисања микроорганизама - разлагача, што представља потенцијални утицај овог процеса на ефекат стаклене баште. Резервоари гасова са ефектом стаклене баште у оквиру пољопривреде су биљке и земљиште, тј. складишта угљеника који је усвојен из атмосфере кроз процес биолошке секвестрације угљеника (фотосинтеза). Међутим, акумулација органског угљеника у земљишту је спор и реверзибилан процес. У том смислу праксе за одрживо управљање земљиштем треба усвојити на дужи рок, а владе треба да пруже подршку корисницима земљишта за њихову дугорочну имплементацију.

Све већи број истраживача указује да пољопривредно земљиште има потенцијал да ублажи повећање атмосферских гасова са ефектом стаклене баште (FAO, 2018; Ogle et al., 2019; Lal 2020). Секвестрација угљеника у пољопривреди односи се на капацитет пољопривредног земљишта да уклони угљен-диоксид из

атмосфере. Дрвеће, биљке и усеви путем фотосинтезе апсорбују угљен-диоксид и складиште га као угљеник у биомаси, у стаблима, гранама, лишћу, корењу и земљишту (ЕРА, 2008). Шуме и травњаци су резервоари угљеника, јер могу да га складиште у великим количинама у својој вегетативној маси и кореновим системима, током дужег временског пе-

риода. Тиме земљишта представљају највећи копнени резервоар угљеника на планети. Способност пољопривредног земљишта да складишти, или секвестрира угљеник зависи од неколико фактора, укључујући: климу, тип земљишта, праксе управљања, и врсту усева или вегетационог покривача.



Слика 2. Конзервацијска обрада и покровни усев (фото: Угреновић 2016).

- Конзервацијска обрада земљишта минимизира губитке угљеника и азота због смањења брзине минерализације.
- Покровни усеви обезбеђују да је вегетација присутна скоро неприкидно, што доприноси већем везивању  $\text{CO}_2$  из атмосфере
- Биљни остаци покривају површину земљишта, формирајући малч и на тај начин регулишу топлотни и водни режим земљишта (смањена евапорација и оптимална температура)
- Агрегатно стање и структура земљишта није нарушено



Слика 3. Конвенционална обрада плугом (фото: Угреновић 2011).

- Повећана аерација
- Нарушена структура и архитектура земљишних честица и пора.
- Убрзана минерализација органског супстрата и повећана емисија  $\text{CO}_2$  у атмосферу.
- Водна и еолска ерозија
- Губитак бројности и диверзитета земљишних биота
- Голо земљиште је изложено негативним утицајима климе (ниске и високе температуре и др.)

Smith et al., (2008) су приказали да пољопривредно земљиште може имати потенцијал да секвестрира угљеника приближно 5500-6000 Mg CO<sub>2</sub>-eq. yr<sup>-1</sup> до 2030. Тренутно, на основу двоструког притиска кризе хране и глобалног загревања, постоји хитна потреба да се повећа секвестрација органског угљеника у пољопривредним земљиштима, и уз све то и обезбеђивање приноса. Секвестрација угљеника, односно смањење емисије угљен-диоксида могу се десити кроз различите пољопривредне праксе. Конзервацијска обрада земљишта, покровни усеви, шири плодореци и органска производња могу значајно повећати количину угљеника ускладиштеног у земљишту (Угреновић и сар., 2021). У истраживањима широм света измерене су стопе секвестрације угљеника у земљишту, а резултати указују да је након усвајања најбољих пракси управљања као што су: смањена обрада земљишта у комбинацији са покровним усевама махунарки, могућа годишња стопа од 0,2 до 0,5 t ускладиштеног C по хектару (Minasny et al., 2017). Увођењем ових пракси могуће је смањити емисију CO<sub>2</sub> за 20%, или више и значајно подстаћи секвестрацију угљеника у земљишту (OECD 2019). У одрживим системима биљне производње као што је органска производња, примењују се шири плодореци са учешћем покровних усева и конзервацијска обрада земљишта, чиме се оно мање ремети, а обезбеђује се дужи период његовог мировања (Ugrenović, Filipović, 2017). При обради земљишта превртање и мешање његових слојева своди се на нај-

мању могућу меру, а уношење биљних остатака је на дубину до 8 cm, где они могу да буду прерађени од стране живих земљишних организама (Молнар, 1999). Део тих остатака (најмање 30%) треба да буду остављени на површини да би се смањила могућност појаве ерозије. У том смислу конзервацијска обрада земљишта је потпуно прихватљива пракса јер омогућава одрживо коришћење земљишта у дужем временском периоду (Делић и сар., 2022).

На количину угљеника ускладиштеног у органској материји земљишта у великој мери утиче његово додавање из мртвог биљног материјала и губици угљеника услед дисања, процеса разлагања, као и природног и антропогеног нарушавања земљишта. Tosti et al. (2012) наводе да се биљни остаци са ужим односом C:N (*Fabaceae*) брже разграђују у земљишту од оних са ширим односом (*Poaceae*). Располагањем овим природним феноменима, процеси у земљишту могу се усмеравати у правцу постављеног циља: да ли је земљишту потребно додати органску материју или обезбедити приступачни азот за наредни усев (Ugrenović, Filipović, 2017). У том смислу располагање биљним остацима и увођење покровних усева у плодореци утиче повољно на повећање садржаја органске материје у земљишту (Clark, A., 2008; Santos et al., 2011; Ugrenović et al., 2019; Ugrenović et al., 2020). У вишегодишњем огледу Угреновића и сар. (2021) у органском систему гајења, применом здруженог покрвног усева беле слачице (*Sinapis alba* L.) и овса (*Avena sati-*

via L.) остварена је потпуна покривеност земљишта вегетацијом и додата значајна количина органске материје у облику зелене биомасе ( $9.8 \text{ t ha}^{-1}$ ). Након овог покривног усева интензитет респирације земљишта био је статистички значајно већи ( $1090.84 \mu\text{g/g CO}_2\text{-C / недељно}$ ) у поређењу са контролним земљиштем, без покровног усева ( $447,53 \mu\text{g/g CO}_2\text{-C / недељно}$ ). Садржај угљеника у микробној биомаси (МВС) био је такође статистички значајно већи ( $235,91 / 96,78 \mu\text{g/g}$ ). Коришћењем пољопривредних пракси које укључују минимално нарушавање земљишта и подстичу секвестрацију угљеника, фармери могу да успоре или чак преокрену губитак угљеника са својих поља (Слика 2 и 3).

Оптимални ниво органског угљеника у пољопривредним земљиштима може се постићи и у конвенционалној агрономској пракси, правилном применом ђубрива, укључујући и минерална, управљањем стоком и променом намене земљишта. Ђубрење је важна одредница количине органског угљеника у обрадивим земљиштима, јер може утицати на равнотежу између примарног уноса угљеника и његовог распадања. На пример, Xiang et al., (2022) су у двадесетчетворогодишњем експерименту открили да примењена умерена количина минералног ђубрива, заједно са стајњаком подстиче секвестрацију органског угљеника у земљишту, са стопом секвестрације од  $0,19\sim 1,29 \text{ Mg}$  по хектару годишње. У њиховом истраживању, примена већих количина минералног ђубрива довела је до

смањења количине лабилне фракције органског угљеника, док је комбинација умерене количине минералног ђубрива и стајњака резултирала већом секвестрацијом лабилног угљеника у земљишту, по стопи од  $0,04\sim 0,24 \text{ Mg}$  по хектару годишње. Koković et al. (2021) указују да програми ђубрења помажу да се атмосферски  $\text{CO}_2$  депонује (секвестрира) у земљишту, повећањем раста биљака и тиме повећаном акумулацијом органске материје у земљишту. Са друге стране у савременој пољопривреди тежиште се све више пребацује ка активирању и очувању природне плодности земљишта, а мање на непосредној исхрани биљке, како је то случај у интензивној конвенционалној производњи (Ugrenović et al., 2020). Примена стајског ђубрива и различитих компоста је такође једна од пракси управљања која може побољшати статус хранљивих материја у земљишту и повећати нивое органског угљеника у њему.

Утицај ђубрења на залихе органског угљеника је добро документован, али резултати веома варирају због многих фактора, као што су типови земљишта, системи усева, управљање биљним остацима и клима (Karbozova-Saljniov et al., 2004; Yang et al., 2015; Vojnov et al., 2020, Угреновић и сар., 2021). Због свега тога однос између уноса угљеника и секвестрације угљеника под различитим ђубрењем није јасан. Сложени процес секвестрације угљеника у земљишту може се проучавати само у дугорочним експериментима, јер је потребно много

времена да се различите фракције угљеника у земљишту избалансирају.

Постоји потреба за већим бројем студија о ефектима дуготрајног ђубрења на динамику органског угљеника и стопе секвестрације угљеника, које би помогле у разумевању ефикасности секвестрације угљеника у пољопривредним земљиштима.

Подаци о количини и динамици, као и практични модели секвестрације угљеника, још увек су врло оскудни у литератури. Кружење угљеника у пољопривредним системима одвија се углавном између лабилне фракције органске материје и атмосфере. Будући да је квалитет и количина лабилне фракције ОМЗ у великој зависности од сезонске променене биљних и жетвених остатака, динамика секвестрације угљеника је врло индивидуална. Због тога се ниво секвестрације угљеника мора мерити и предвидети на основу карактеристика усева, плодореда, начина гајења, типа земљишта, климатских услова и других специфичних фактора, појединачно.

Дугорочни теренски експерименти и студије праћења земљишта (Romanenko et al., 2021; Körschens, 2021; Koković et al., 2021), једина су права основа валидних и утемељених података о променама у органској материји и процени секвестрације угљеника у конкретном екосистему и начину коришћења земљишта. Резултати мониторинга угљеника у земљишту показују

да циљеви процењене потенцијалне секвестрације угљеника, кроз праксе управљања земљиштем захтевају спецификацију (Körschens, 2021).

## Перспектива

Упркос технолошком напретку у пољопривреди (побољшану сорти, примени биотехнологија и унапређењима у примени наводњавања), као и особинама земљишта и природних заједница, климатски фактори су и даље кључни за пољопривредну продуктивност. Утицај климе на пољопривреду је везан за варијабилност у локалној клими, а не у глобалним климатским сценаријима (Saljnikov, 2012). Трајање циклуса раста гајених биљних врста у усевима је пре свега повезано са температуром ваздуха. Зато ће повећање температуре, због повећања концентрације  $\text{CO}_2$ , убрзати развој биљака. Према прогнози CCWS пројекта (2012), температура ваздуха ће у Србији у наредних 100 година порастати за 3,3-4,1 °C, док ће количина падавина опадати. Предвиђени пораст глобалне температуре, заједно са свим његовим еколошким последицама углавном се приписује повећаном нивоу  $\text{CO}_2$  у атмосфери (Tuba, Kaligarić, 2009).

Повећање залиха угљеника у земљишту које предвиђа концепт „4 per mille“ (2022), за одржавање константне концентрације  $\text{CO}_2$  за период 2030-50. године, пољопривредно земљиште треба да обезбеди везивање од 1,4-1,8 G t угљеника годишње, што је у просеку 0,89 t ha<sup>-1</sup>, или приближно 2 t суве

биомасе. Тренутно је уклањање гасова са ефектом стаклене баште путем везивања, ограничено на директне промене коришћења земљишта изазване људским фактором, а шумске активности су ограничене на пошумљавање и смањење крчења шума. Међутим, постоји много начина на које одговарајуће управљање земљиштем може значајно смањити концентрацију гасова са ефектом стаклене баште у атмосфери. На пример, технике конзервацијске обраде земљишта значајно би смањиле емисију  $\text{CO}_2$ , док би шири плодороди са учешћем већег броја биљних врста, покровни усеви и правилно располагање биљним остацима, допринели већем везивању  $\text{CO}_2$  у земљишту (Угреновић и сар., 2021). Осим тога, све ове мере доприносе оптималном расту и развоју земљишне флоре и фауне, а

на крају побољшању плодности, квалитета и продуктивности земљишта.

Стварање система фарми са снажним подстицајима за „гајење“ угљеника у земљишту могло би бити у центру стабилизације климе. Дакле, нова „врста“ коју би фармери могли у будућности да гаје је угљеник. Као и за било коју другу производњу, пољопривредницима је и за овај производ потребно тржиште и цена која ће га учинити профитабилним за гајење. Из ширег друштвеног контекста, од приватног и јавног значаја су и питања: ко ће откупљивати овај нови усеви и шта је фер цена? Како вредновати угљеник из перспективе индивидуалног фармера, као и друштва у целини, срж је разумевања улоге коју пољопривреда може да игра у секвестрацији угљеника и стабилизацији климе.

## Литература

- Bar-On, Y.M., Phillips, R., Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. *PNAS*, 115 (25): 6506-6511.
- Bateman, A.M., Muñoz-Rojas, M. (2019). Chapter One - To whom the burden of soil degradation and management concerns. *Environmental Management and Protection*, 4, 1-22.
- Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eurasian Journal of Soil Science* 47, 151-163.
- Berthelin, J., Laba M., Lemaire G., Powlson D., Tessier D., Wander M., Baveye P.C., 2022. Soil carbon sequestration for climate change mitigation: mineralization kinetics of organic inputs as an overlooked limitation. *European Journal of Soil Science*, 73(1): e13221.
- Blum W.E.H., Nortcliff, S. (2013). *Soils and food security, in Soils and human health*, Editors: Brevik, E. C. and Burgess, L. C., Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 290-321
- Blum, W.E.H. (2005). Functions of Soil for Society and the Environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4(3): 75-79
- Blum, W.E.H. (2013). Soil and Land Resources for Agricultural Production: General Trends and Future Scenarios-A Worldwide Perspective. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(3): 1-14,
- Briones, M.J. (2018). The Serendipitous Value of Soil Fauna in Ecosystem Functioning: The Unexplained Explained. *Frontiers in Environmental Science*, 6(149). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00149>
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Zh., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuiper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W., Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Vojnov, B., Šeremešić, S., Ćupina, B., Krstić, Đ., Vujić, S., Živanov, M., Pavlović, S. (2020). Sadržaj labilne organske materije černoze u sistemu zaoravanja međuuseva i naknadne setve jarih useva. *Zemljiste i Biljka*, 69(2): 82-94.
- Делић, Д., Угреновић, В., Расулић Н., Бунтић, А., Кнежевић, М., Пивић, Р., Стајковић – Србинић, О. (2022). *Микроорганизми као биоиндикатори деградације земљишта*. У Процена деградације земљишта: методе и модели, уредник Белановић Симић Снежана, Тематски зборник, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Српско друштво за проучавање земљишта, Београд, Србија, 478-535.
- Dobrovolskiy, G.V., Kust, G.S., Sanaev, V.G. (eds) (2012). *Soils in biosphere and life of human*. Moscow, Publishing house of the Moscow State Forest University, 584.
- EPA (2008). *Carbon Sequestration in Agriculture and Forestry*. [www.epa.gov/sequestration/index.html](http://www.epa.gov/sequestration/index.html)



Eulenstein F., Saljnikov, E., Lukin, S., Sheudshen, A.K., Rukhovich, O., Schindler U., Saparov, G., Pachikin, K., Thielicke, M., Behrendt, A., Armin, W., Zivotić, Lj., Müller, L. (2022). Climate change as the driving force behind the intensification of agricultural land use. *Zemljiste i Biljka*, 71(1): 24-39.

EC, European Commission (2020a). A farm to fork strategy - for a fair, healthy and environmentally friendly food system: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 381 final.

EC, European Commission (2020b). EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 380 final.

Jeffery, S., Gardi, C. (2010). Soil biodiversity under threat – a review. *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 74, 7-12.

Jensen, J.L., Schjøning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T., Obour, P.B., Munkholm, L.J. (2020). Soil Degradation and recovery – Changes in organic matter fractions and structural stability. *Geoderma*, 364, 114181.

Kazakov, L.K. (2019). Landscape Ecology Culture and Some Principles of Sustainable Nature Use. In: Mueller L., Eulenstein F. (eds) *Current Trends in Landscape Research*. Innovations in Landscape Research. Springer, Cham, Switzerland.

Karbozova-Saljnikov, E., Funakawa, S., Akhmetov, K., Kosaki, T. (2004). Soil organic matter status of Mollisols soil in North Kazakhstan: effects of summer fallow, *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 1373-81.

Keller, T., Lamandé, M., Naderi-Boldaji, M., de Lima, R.P. (2022). Soil compaction due to agricultural field traffic: An overview of current knowledge and techniques for compaction quantification and mapping. In *Advances in Understanding Soil Degradation*; Saljnikov, E., Mueller, L., Lavrishchev, A., Eulenstein, F., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 287-312

Koković, N., Saljnikov, E., Eulenstein, F., Čakmak, D., Buntić, A., Sikirić, B., Ugrenović, V. (2021). Changes in Soil Labile Organic Matter as Affected by 50 Years of Fertilization with Increasing Amounts of Nitrogen. *Agronomy*, 11(10): 2026.

Koković, N., Jačimović, G., Sikirić, B., Čirić, V., Ugrenović, V., Zhapparova, A., Saljnikov, E. (2022). Changes in *Eutric Cambisol* due to long-term mineral fertilization: A case study in Serbia. *Italian Journal of Agronomy*, 17, 2029.

Körschens, M. (2021). Long-Term Field Experiments (LTEs) – Importance, Overview, Soil Organic Matter. In: Mueller L, Sychev VG, Dronin NM, Eulenstein F (2020) (eds) *Exploring and Optimizing Agricultural Landscapes*. Innovations in Landscape Research. Springer, Cham, Switzerland, 215-231.

Kuhwald, M., Thomas, C., Becker, J., Berger, A., Duttmann, R. (2018). Chapter I/32: A New Approach for Soil Respiration Measurements in Laboratory In: Sychev VG, Mueller L (Eds) *Novel methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia*. Vol. I Landscapes in the 21st Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts. © FSBI “VNII Agrochemistry”, 180-184.

Lal, R. (2020). Soil erosion and gaseous emissions. *Applied Sciences*, 10(8): 2784.

Loke, P.F., Kotze, E., du Preez, C.C., Twigge, L. (2019). Dynamics of Soil Carbon Concentrations and Quality Induced by Agricultural Land Use in Central South Africa. *SSSAJ Soil Chemistry* 83(2): 366-379.

Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper S.C.B., Frieler, F., Knutti, R., Frame, D.J., Allen, M.R. (2009). Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature*, 458, 1158-1162.

Minasny, B., Malone, B.P., Mcbratney, A.B., Angers, D.A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z-S., Cheng, K., Das, B.S., (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, 292(292); 59-86.

Molnar, I. (1999). *Plodoredi u ratarstvu*. Naučni institute za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija, 1-455.

Montgomery, D. (2007). *Soil erosion and agricultural sustainability*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104.

Mueller, L., Schindler, U., Mirschel, W., Shepherd, T.G., Ball, B., Helming, K., Rogasik, J., Eulenstein, F., Wiggering, H. (2010). Assessing the productivity function of soils: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3): 601-614.

Ogle, S.M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F.J., McConkey, B., Regina, K., Vazquez-Amabile, G.G. (2019). Climate and Soil Characteristics Determine Where No-Till Management Can Store Carbon in Soils and Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Sci. Rep*, 9, 11665.

OECD (2019). <https://doi.org/10.1787/e9a79226-en>

Packer, I.J., Chapman, G.A., Lawrie, J.W. (2019). On-Ground extension of soil information to improve land management. *Soil Use and Management*, 35(1): 75-84.

Parihar, C.M., Meena, B.R., Nayak H.S., Patra K., Sena D.R., Raj Singh, Jat S.L., Sharma D.K., Mahala D.M., Patra S., Rupesh, N.Rathi, Choudhary M., Jat M.L., Abdallah A.M. (2022). Co-implementation of precision nutrient management in long-term conservation agriculture-based systems: A step towards sustainable energy-water-food nexus. *Energy*, 254, Part B, 124243.

Ramesh, T., Bolan, N.S., Kirkham, M.B., Wijesekara, H., Kanchikerimath, M., Rao, C.S., Sandeep, S., Rinklebe, J., Ok, Y.S., Choudhury, B.U., Wang, H., Tang, C., Wang, X., Song, Z., Freeman, O.W. (2019). Soil organic carbon dynamics: Impact of land use changes and management practices: A review. *Advances in Agronomy*, 159.156, -107.

Rasulić N., Delić D., Stajković-Srbinić O., Buntić O., Kuzmanović, Knežević, M., Sikirić, B. (2021). Microbiological and basic agrochemical properties of Eutric Cambisols in western and southwestern Serbia. *Zemljiste i Biljka*, 70(2): 1-9.

Ritchie H., Roser M. Rosado P. (2020). "CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions". *Published online at OurWorldInData.org*. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions' [Online Resource]

Romanenkov, V.A., Rukhovich, O.V., Belichenko, M.V. (2021). Chapter 21: Geographical Network of Long-Term Experiments with Fertilizers in the Agroecological Monitoring System of Russia. In: Mueller L, Sychev VG, Dronin NM, Eulenstein F (2021) (eds) *Exploring and Optimizing Agricultural Landscapes*. Innovations in Landscape Research. Springer, Cham, in print ISBN 978-3-030-67448-9

Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgalieva S. (2013). Soil organic matter stability as affected by land management in steppe ecosystem. Pp. 269-310. Chapter10. In Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment, Ed. Maria C. Hernandez Soriano, Belgium, INTECH Open Access Publisher; ISBN 980-953-307-671-8. P, 434

Saljnikov, E. (2012). *Report on land use in Serbia and two test areas: Beljanica and Stara Planina*. CC-Waters. Transitional Cooperation Program SOUTHEAST EUROPE, 314-335.

Saljnikov, E., Eulenstein, F., Lavrishchev, A., Mirschel, W., Blum, W.E.H., et al. (2022a). Understanding Soils: Their Functions, Use and Degradation. In: Saljnikov E., Mueller L., Lavrishchev A., Eulenstein F. (eds) *Advances in Understanding Soil Degradation*. Innovations in Landscape Research. Springer, Cham, Switzerland, 1-42.

Saljnikov, E., Lavrishchev, A., Römbke, J., Rinklebe, J., Scherber, C., Wilke, B-M., Tóth, T., Blum, W.E.H., Behrendt, U., Eulenstein, F., Mirschel, W., Meyer, B., Schindler, U., Urazaliev, K., Mueller L. (2021). *Understanding and Monitoring Chemical and Biological Soil Degradation*. In: Saljnikov E., Mueller L., Lavrishchev A., Eulenstein F. (eds) *Advances in Understanding Soil Degradation*. Innovations in Landscape Research. Springer, Cham, 75-124.

Santos, N. Z. D., Dieckow, J., Bayer, C., Molin, R., Favaretto, N., Pauletti, V., & Piva, J. T. (2011). Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. *Soil & Tillage Research*, 111(2): 208-218.

Sartori, M., Philippidis, G., Ferrari, E., Borrelli, P., Lugatod, E., Montanarella, L., Panagos, P. (2019). A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*, 86, 299-312.

Selivanovskaya, S.Yu., Galitskaya, P.Yu., Hung, Y.T. (2014). Chapter 12: *The Use of Biological Methods for Toxicity Evaluation of Wastes and Waste-Amended Soils*. Handbook of Environment and Waste Management: Land and Groundwater Pollution Control, 737-779.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirokento, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G.X., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philos. T. R. Soc. B.*, 363, 789-813

Thiele-Bruhn, S., Schloter, M., Wilke, B-M., Beaudette, L.A., Martin-Laurent, F., Cheviron, N., Mougin, C., Römbke, J. (2020). Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment. *Soil*, 6, 17-34.

Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M. & Thorup-Kristensen, K. (2012). Green manuring effect of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *European Journal of Agronomy*, 43, 136-146.

Treseder, K.K. (2008). Nitrogen additions and microbial biomass: A meta-analysis of ecosystem studies. *Ecol. Lett.*, 11, 1111-1120.

Tuba Z., Kaligarić M. (2009). Grassland ecology in changing climate and land use. *Community Ecology*, 9, 3-12.

The International "4 per 1000" Initiative (2022). <https://4p1000.org/?lang=en>

UN (2015). Agenda 2030: Sustainable Development Goals. 17 Goals to Transform Our World. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> accessed on May 23, 2022.

UN COP 21 (2015). United Nations Climate Change Conference, COP 21, Paris; <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cop21/>

UN COP 26 (2021). United Nations Climate Action, COP 26, Glasgow ; <https://www.un.org/en/climatechange/cop26>

UNDP (2019). Combatting Land Degradation. Securing a Sustainable Future. [https://www.undp.org/content/dam/undp/library/planet/environment/Combatting\\_Land\\_Degradation%E2%80%93Securing\\_A\\_Sustainable\\_Future.pdf](https://www.undp.org/content/dam/undp/library/planet/environment/Combatting_Land_Degradation%E2%80%93Securing_A_Sustainable_Future.pdf), accessed on May 23, 2022.

Ugrenovic, V., Filipovic, V. (2017): *Cover Crops: Achievement of Sustainability in the Ecological Systems of Agriculture*. In: A. Jean-Vasile & D. Nicolò (Eds.), *Sustainable Entrepreneurship and Investments in the Green Economy*, IGI Global, USA, 255-278.

Ugrenović, V., Filipović, V., Delić, D., Popović, V., Stajković Srbinović, O., Buntić, A., Dozet, G. (2020). Maintenance of soil fertility on organic farm by modeling of crop rotation with participation alfalfa. *Matica Srpska J. Nat. Sci. Novi Sad, Srbija*, 138, 71-82.

Ugrenović, V., Filipović, V., Jevremović, S., Marjanović Jeromela, A., Popović, V., Buntić, A., Delić, D. (2019). Kupusnjače u pokrovnim usevima. *Selekcija i semenarstvo*, 15(2): 1-8.

Угреновић, В., Саљников, Е., Филиповић, В., Стајковић Србиновић, О., Угриновић, М., Станковић, С., Симић, Д., Марјановић Јеромела, А. (2021). Технолошки поступак заснивања покровног усева белом слачицом (*Sinapis alba* L.) у органској ратарској производњи. Ново техничко решење на националном нивоу, прихваћено на 50. редовној седници МНО МПНТР РС.

Угреновић, В., Саљников, Е., Пивић, Р., Коковић, Н., Грујућ, Т., Филиповић, В., Ољача, С., Симић, И., Субић, Ј., Јелочник, М. (2022). Климатска неутралност пољопривреде - развој иновативних метода органске ратарске производње. Институт за земљиште, Београд, брошура, 1-16. <https://serbiaorganica.info/wp-content/uploads/2022/03/KLIMATSKA-NEUTRALNOST-POLJOPRIVREDE.pdf>

FAO (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Belanger and D. Pilling (eds). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessment. Rome, 572. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>

FAO (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome, 224. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Hatfield, J.L., Sauer, T.J., Cruse, R.M. (2017). Soil: The Forgotten Piece of the Water, Food, Energy Nexus. *Advances in Agronomy*, 143, 1-46.

Haynes, R.J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Advances in Agronomy*, 85, 221-268.

Holz, M., Zarebanadkouki, M., Kuzyakov, Ya., Pausch, J., Carminati, A. (2017). Root hairs increase rhizosphere extension and carbon input to soil. *Annals of Botany*, 121(1): 61-69.

Clark, A. (2008): Managing cover crops profitably. DIANE Publishing (3rd ed.): 1-248.

Шеремешкић, С., Ђирић, В., Саљников, Е., Војнов, Б. (2022). Процена деградације земљишта и лабилна фракција угљеника у земљишту. У Процена деградације земљишта: методе и модели, уредник Белановић Симић Снежана, Тематски зборник, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Српско друштво за проучавање земљишта, Београд, Србија, 458-477.

Xiang, Y., Cheng, M., Wen, Y., Darboux, F. (2022). Soil Organic Carbon Sequestration under Long-Term Chemical and Manure Fertilization in a Cinnamon Soil, Northern China. *Sustainability*, 14, 5109.

Yang, Z.C., Zhao, N., Huang, F., Lv, Y.Z. (2015). Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain. *Soil Tillage Research*, 146, 47-52.

# АГРОШУМАРСТВО И ЊЕГОВА УЛОГА У ДОСТИЗАЊУ КЛИМАТСКЕ НЕУТРАЛНОСТИ ПОЉОПРИВРЕДЕ

Тара Грујић<sup>1</sup>, Радмила Пивић<sup>2</sup>

## Сажетак

Агрошумарство је одржив начин управљања земљиштем који интегрише и пољопривредну и шумарску праксу. Ови системи могу се користити као алат за достизање циљева одрживог развоја јер пружају многобројне екосистемске услуге и доприносе митигацији и адаптацији на климатске промене, пре свега кроз своју дрвену компоненту. Значај агрошумарства у Европи је препознат и доказан кроз многобројна

истраживања, због чега су ови системи инкорпорирани у политике и стратегије Европске Уније. У Републици Србији постоји мали број истраживања из ове области.

## Кључне речи:

Агрошумарство, агросилвикултурални системи, климатска неутралност, секвестрација угљеника, чување угљеника

---

<sup>1</sup> MSc Тара Грујић, истраживач приправник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: soils.grujic@gmail.com

<sup>2</sup> Др Радмила Пивић, научни саветник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000, Београд, email: drradmila@pivic.com

## Увод

Развој савременог друштва усмерен је на одрживост коју је Брутландова комисија дефинисала као „задовољавање тренутних људских потреба без угрожавања потреба будућих генерација“ (WCED, 1987). Имајући у виду да је од Брутландове комисије глобална популација увећана за скоро три милијарде људи и да тај број континуирано расте, јасно је да поштовање овог принципа данас представља много већи изазов. Са друге стране, велики број истраживања, глобална размена знања, технолошки напредак, међународна сарадња, као и многе друге предности савременог света створили су услове да се овом проблему приступи стратешки, системски, плански и економски исплативо на свим нивоима, од локалног до глобалног (Grujić et al., 2021). Међународна научна заједница дефинисала је принципе и циљеве одрживог развоја који су усвојени од стране свих држава чланица Уједињених нација (SDG, 2015) из којих су проистекле многобројне стратегије, политике и препоруке.

Дефинисано је 17 циљева одрживог развоја. Циљ 15 „Живот на земљи“ недвосмислено позиционира очување земљишта као ресурса међу водеће глобалне приоритете када је у питању одрживост. Животна средина и земљиште, који је њен базични елемент, представљају основ животана земљица као такви препознати су и у оквиру осталих циљева одрживог развоја. У децембру

2012. године формирано је Глобално партнерство за земљиште (Global Soil Partnership) под покровитељством FAO. Основна улога партнерства је промоција и имплементација одрживог управљања земљиштем на свим нивоима.

Земљиште представља сложен и специфичан површински слој Земље који је настао као резултат заједничког и узајамног деловања литосфере, атмосфере, хидросфере и биосфере. Састав земљишта је у директној зависности од геохемијског и минералношког састава стена на којем је оно настало. То је условно необновљиви ресурс, имајући у виду да нема адекватну замену и да је за формирање слоја земљишта, дебљине од 2-3 cm, потребан период од 200 - 1000 година (Манојловић, Пивић, 2020). Оно игра важну улогу у глобалном циклусу угљеника, азота и других елемената у природи и извор је три најчешћа гаса стаклене баште (GHG): азот субоксида ( $H_2O$ ), метана ( $CH_4$ ) и угљен-диоксида ( $CO_2$ ) (Pivić et al., 2022).

Истраживања Dželetović et al. (2011), показала су да се земљишта под листопадним шумским састојинама (Чернозем, Еутрични Камбисол, Камбисол и Флувисол) одликују високим интензитетом минерализације и високим индексима доступности азота. Резултати указују на снажну зависност расположивих залиха N у површинском минералном слоју шумског земљишта од укупног садржаја органског C, као и од укупног садржаја N, али не и од односа C/N.

Климатске промене које се дешавају као последица екстремних суша или поплава све су израженије и као такве имају велики утицај на деградацију земљишта. Ослобађање угљен диоксида као последица између осталог претварања шумског земљишта и пашњака у оранице свакако доприноси климатским променама. Стога, обнављање деградираних земљишта и усвајање праксе одрживог управљања земљиштем може бити део решења када је у питању смањење емисија гасова са ефектом стаклене баште у атмосферу и адаптација на измењене климатске услове.

Климатске промене довеле су до повећаних потреба за водом у пољопривредној производњи, чинећи развој различитих модела за очување влаге у земљишту и смањење потрошње воде у пољопривреди веома значајним (Ђуровић et al., 2012).

Основна особина земљишта је плодност која је у највећој мери одређена садржајем органске материје, по чему се земљиште и разликује од геолошког супстрата.

Поред садржаја органске материје и механички састав земљишта као процентуални однос фракција песка, праха и глине је веома важна карактеристика земљишта.

Истраживањем доприноса утицаја садржаја органске материје и глине у испитиваним узорцима појединих типова земљишта, на вредност максимално дозвољених концентрација (МДК) елемена-

та у траговима које су проучавали Pivić et al. (2020), утврђена је њихова корелациона зависност. Обрада података спроведена је на основу постојеће регулативе која је преузета из холандских извора који су унети у Правилник (Службени гласник РС, 88/2018).

Плодност је неопходна за производњу здравствено безбедне хране за све бројније становништво, што је један од највећих изазова данашњице (FAO, 2015). Осим ове основне, данас су познате и друге многобројне улоге, функције и екосистемске услуге које земљиште обезбеђује, као што су складиштење и филтрација воде, очување биодиверзитета, секвестрација и складиштење угљеника, адаптација и митигација климатских промена итд. У циљу потпуног откључавања потенцијала земљишта неопходно је окренути се одрживим системима управљања земљиштем.

Многе публикације доступне су као алати у достизању постављених циљева и које су доступне и слободне за коришћење. (Извор: FAO 2015). Добровољне смернице за одрживо управљање земљиштем (FAO, 2017), Ревидирана повеља о земљишту (FAO, 2015) и многе друге које се баве специфичним темама конзервације земљишта. Промовисани принципи и алати такође су укључени и у политике и стратегије као што су *Common Agricultural Policy: 2023-2027* (CAP, 2021), *EU Soil strategy for 2030*, *European Green Deal* и *Farm to Fork Strategy* које је дефинисала Европска комисија. Имплементација



предложених мера одрживог управљања земљиштем спроводи се у највећој мери кроз пољопривреду и кроз шумарство.

Конвенционална пољопривредна производња окарактерисана је као неодржива и неадекватна. Специјализација пољопривреде (монокултуре) довела је до поједностављавања агроекосистема, што има изразито негативан ефекат на биодиверзитет, чиме су овакви системи постали зависни од екстерних улаза (Rosati et al., 2021). Органска пољопривредна производња која подразумева управљање импутима доводи до позитивних промена које кроз одређени временски период могу довести до пораста биодиверзитета и побољшања квалитета земљишта (Hole et al., 2005; Mondelaers et al., 2009). Међутим, у развијеним државама највећи број пољопривредних система су високо специјализовани, укључујући и оне у органској производњи (USDA, 2015). У циљу повећања степена одрживости пољопривреде кроз побољшање агробiodиверзитета пожељно је спровести агробiodиверзитетске мере којима ће се спровести измена читавих система и његових компоненти, нпр. пројектовање и успостављање агрошумарских система (Rosati et al., 2021).

### Дефиниције агрошумарства

Агрошумарство је традиционална пракса заједничког гајења дрвећа и усева која је вековима уназад различито примењивана и заступљена у зависности од дела света на коме се примењује

(Wiersum et al., 2004). Аутори немају истовестан став када је у питању трајање агрошумарске праксе, па се у литератури могу пронаћи подаци да је у употреби од најмање 1300 година (Brookfield et al., 1994), до 4500 година (Nair et al., 2008). У тропима и суптропима је ова пракса широко рапрострањена (Nair et al., 2012), док је у Европи у великој мери замењена дугим пољопривредним системима. Агрошумарски системи у Европи данас су најзаступљенији на Медитерану (Rigueiro-Rodriguez et al., 2009), док у зони континенталне климе постоје само остаци традиционалних система коришћења земљишта. У умереним регионима, „модерно“ агрошумарство је имало спорију еволуцију него у тропима. Почело је са повећаном перцепцијом шире јавности о еколошким последицама монокултура и интензивне пољопривреде и шумарства на биолошку и генетску разноврсност. (Nair et al., 2010). Промене намене земљишта, уклањање и фрагментација прородне вегетације одговорни су за смањење биодиверзитета и промене у протоку хранљивих материја, енергије и воде што резултира ерозијом земљишта, погоршавањем квалитета воде и загађењем животне средине (Brown et al., 2004). Потреба за еколошком одговорношћу и применом еколошки компатибилних пракси управљања земљиштем порасла је када су ови проблеми схваћени на адекватан начин. Научна заједница, Светска банка и FAO препознали су значај агрошумарства седамдесетих година двадесетог века као интегрисане примењене науке која

има потенцијал за решавање многих проблема управљања земљиштем и животне средине (Nair et al., 1993), од тада су спроведена многобројна истраживања и дате су различите дефиниције.

Дефиниција којој ICRAF (World Agroforestry), као најрелевантнија институција у овој области, даје предност, описује агрошумарство као „збирни назив за све праксе и системе коришћења земљишта у којима су дрвенасте вишегодишње биљке намерно интегрисане са пољопривредним усевама и/или животињама на истој земљишној површини. Интеграција се може односити на просторни распоред или временски низ. Обично постоје и еколошке и економске интеракције дрвенастих и недрвенастих компоненти у агрошумарству“ (Leakey, 1996). FAO такође употребљава ову дефиницију уз допуну да се агрошумарски системи такође могу описати као „динамичан, еколошки заснован систем управљања природним ресурсима који, кроз интеграцију дрвећа на фармама и у пољопривредном пејзажу, диверзификује и одржава производњу ради повећања друштвених, економских и еколошких користи за кориснике земљишта на свим нивоима. Конкретно, агрошумарство је кључно за мале фармере и друге становнике села јер може побољшати њихово снабдевање храном, приходе и здравље. Системи агрошумарства су мултифункционални системи који могу пружити широк спектар економских, социокултурних и еколошких користи“ (FAO, 2015).

Једноставнија дефиниција агрошумарства га описује као одржив начин управљања земљиштем који интегрише и пољопривредну и шумарску праксу на истој основи управљања земљиштем (Mosquera-Losada et al., 2009).

### **Основни концепт агрошумарства**

Агрошумарство произилази из улоге производње дрвећа на фарми и ван фарме у подршци одрживом коришћењу земљишта и управљању природним ресурсима. Овај концепт се заснива на премиси да системи коришћења земљишта који су структурно и функционалносложенији од монокултура усева или дрвећа резултирају већом ефикасношћу коришћења ресурса (хранљивих материја, светлости и воде), као и већом структурном разноврсношћу која подржава кружење хранљивих материја. Док надземна и подземна разноликост обезбеђује већу стабилност и отпорност система на нивоу локације, системи обезбеђују повезаност са шумама и другим карактеристикама пејзажа на нивоу предела и слива (Nair et al., 2008). Интеграција дрвећа у пољопривредне системе подразумева интеракцију, посебно конкуренцију за водом, хранљивим материјама, светлошћу и CO<sub>2</sub>, стварајући тако сложенији агроекосистем (Rao et al., 1998). Ефекти могу бити позитивни (нпр. повећана продуктивност, кружење хранљивих материја, плодност земљишта и микроклима) и негативни (нпр. штетни вектори и вектори болести) (Gordon et al., 2009; Jose et al., 2009).

Дакле, основне одлике које агрошумарство издвајају од пољопривредних и шумских система су конкуренција и сложеност. Међутим, надомешћују их продуктивност и одрживост као главни бенефити ових система. Како би се искористили потпуни потенцијали у том смислу неопходно је познавање свих његових компоненти. Савремене агрошумарске праксе заснивају се на смањењу конкуренције између компоненти у смислу задовољавања потреба за светлошћу, нутријентима и водом (Dupraz et al, 2005) што подразумева планирање, газдовање и познавање биљних врста („хипотеза комплементарности нише“; Harper, 1977).

Дрвеће са густим крошњама није погодно за овакве системе јер негативно утиче на продукцију у нижим слојевима зато што ономогућава да светлост продре до њих, из истог разлога треба водити рачуна о густини садње и дистрибуцији стабала. Листопадне врсте су погодније од зимзелених због већег обогаћења земљишта нутријентима и јер омогућавају светлости да доспе у систем током јесени и зиме када је енергија зрачења ниска. Препоручљиве су и врсте са дубоким укорјењивањем како би се избегла конкуренција са пољопривредним усевима кроз земљишни профил (Mosquera-Losada et al., 2009).



Слика 1. Производна парцела оивичена храстовом шумом (фото: Угреновић, 2022)

## Класификације агрошумарства

У употреби су и различите класификације агрошумарства које су базиране на различитим критеријума. Основна подела која као критеријум користи компоненте агрошумарских система је:

1. *Агросилвикултурални системи* - комбинација усева и дрвећа
2. *Силвопасторални системи* - комбинују шумарство и испашу домаћих животиња
3. *Системи са три елемента (агросилвопасторални)* – комбинују дрвеће, усева и животиње.  
Извор: FAO (2015)

Битна је и подела која је проистекла из пројекта AGROFORWARD која препознаје пет најзаступљенијих агрошумарских система у Европи:

1. Силвопасторални системи – комбинација дрвећа и жбуња са сточарском производњом
2. Силвоарабни системи – комбинација дрвећа и жбуња са једногодишњим или вишегодишњим засадама
3. Шумско гајење – шумске површине које се користе за производњу или жетву специјалних природних усева за медицинске, декоративне или кулинарске сврхе

4. Живице, ветрозаштитни појасеви и приобалне буферне зоне – редови природне или засађене вишегодишње вегетације (дрвеће/жбуње) које се граниче са обрадивим површинама/пашњацима и изворима воде ради заштите стоке, усева и/или квалитета земљишта и воде
5. Кућне или кухињске баште – комбинавање дрвећа/жбуња са производњом поврћа.  
Извор: Burgess et al. (2018)

Пројекат је током четворогодишњих истраживања широм Европске Уније имао за циљ промоцију агрошумарства, као и испитивање доприноса у борби против климатских промена и његову улогу у оквиру Заједничке европске пољопривредне политике (Common agricultural policy, CAP).

Дакле, да би се систем категорисао као агрошумарски неопходно је да постоји биолошка интеракција између најмање две компоненте и да једна од компоненти буде дрвенаста (Sommariba et al., 1992). Подела се може извршити и према другим критеријума, међутим прва фаза класификације треба да буде заснована на компонентама (Nair et al., 1990) након чега се системи могу груписати према било ком критеријуму. Најчешће су то његова функција, просторни и временски распоред, социо-економски обим и ниво управљања и еколошка распрострањеност (Nair et al., 1985), које је објединио Мек Адам et al. (2005) као што је приказано у Табели 1.

Табела 1. Класификација агрошумарских система на основу његових компоненти, просторног и временског распореда, функције, агро-еколошке зоне и социо-економског аспекта (Nair et al., 1990, 1993; Young et al., 1997; McAdam et al., 2005)

Критеријум класификације	Категорије	Област примене
Компоненте	Агросилвикултурални Силвопасторални Агросилвопасторални Други	
Доминантна употреба земљишта	Примарно пољопривреда  Примарно шумарство	Администрација
Просторни и временски распоред	Просторни (мешовите густине, просторно мешовити, тракасти, гранични)	Посебно корисно истраживањима на тему управљања биљкама и оптимизацији интеракција
Агроеколошки	Временски (истовремени, засебни) Хумидни, аридни, планински	Планирање употребе земљишта
Социо-економски	Комерцијални, средњи, постојећи	Социо-економске анализе потенцијала агрошумарства
Функција	Продуктивна функција (храна, сточна храна, биогориво, дрво, други продукти)  Станишна функција (биодиверзитет)  Регулаторна функција (заштитни појасеви, конзервација земљишта и вода, сенка)  Културна функција (рекреација и пејзаж)	Развој пројеката за експлоатацију потенцијала агрошумарства

## Утицај дрвене компоненте у оквиру агрошумарства на климатске промене

Угљен-диоксид и други гасови стаклене баште су главни узрочници глобалног загревања, односно климатских промена. Улога вегетације, пре свега шуме, у везивању атмосферског угљен-диоксида кроз процес фотосинтезе одавно је позната и као таква је у фокусу међународне заједнице као јефтин начин ублажавања климатских промена деценијама уназад. Неке мере пољопривредне производње утичу на смањење концентрације  $\text{CO}_2$  не само везивањем, већ и акумулацијом органских угљеникових једињења у земљишту након одумирања биљака (Pivić et al., 2022).

Међутим фотосинтеза није једини биолошки процес који се одвија у екосистему у склопу кружења угљеника. Разлагање органске материје, као и биљно, животињско и микробно дисање којим се поново ослобађа угљендиоксид (или метан у анаеробним условима) такође су елементи овог циклуса. Секвестрирани угљеник је разлика између угљеника „добијеног“ фотосинтезом и угљеника „изгубљеног“ или „ослобођеног“ дисањем свих компоненти екосистема, а овај укупни добитак или губитак угљеника обично је представљен нето продуктивношћу екосистема (Montagini et al., 2004). Овај однос је често неповољан у системима интензивне пољопривредне производње, нарочито у условима у којима се земљишним ресурсима управља на начине који се категоришу

као неодрживи. Агрошумарство има потенцијал да повећа нето продуктивност кроз складиштење угљеника у биомаси и у земљишту, нарочито када се примењује у комбинацији са праксама које враћају већи део биљног материјала у земљиште и које се промовишу у органској производњи. Инкорпорирање дрвећа у пољопривредне системе, ако је изведено на прави начин, повећава количину секвестрираног угљеника док истовремено дозвољава производњу хране на истом земљишном простору (Kursten et al., 2000).

Индиректан утицај агрошумарства на секвестрацију угљеника је кроз смањење притиска на природне шуме. Већина угљеника улази у екосистем фотосинтезом након чега се део асимилваног угљеника транспортује у земљиште које је његов највећи резервоар. С тим у вези разликујемо надземну и подземну секвестрацију (Montagini et al., 2004). Надземно складиштење угљеника је уграђивање истог у биљну материју. Количина складиштеног угљеника директно је пропорционална величини биомасе и зависи од природе саме биљке и старости састојине, као и од својстава земљишта на коме расте, односно од садржаја органске материје, нутријената, структуре, карактеристика локације, начина управљања, итд (Nair et al., 2010). Надземна биомаса која остаје на локацији поново се инкорпорира у земљиште кроз биљне остатке. Процене надземног потенцијала секвестрације угљеника засноване су на претпоставци да 45–50% суве масе грана и 30% суве

месе лишћа чини угљеник (Schroth et al., 2002; Shepherd et al., 2001). Процене овог потенцијала у агрошумарским системима су веома варијабилне и крећу се у распону од 0.29-15.21 Mg/ha/god (Nair et al., 2009).

У смислу ублажавања климатских промена већи значај има подземна секвестрација угљеника. Земљишта имају виталну улогу у глобалном циклусу угљеника. Процењене земљишне резерве органског угљеника су 1550 Pg и неорганског око 750 Pg оба до дубине од једног метра (Batjes et al., 1996). Када је у питању садржај органског земљишног угљеника системи коришћења земљишта се рангирају редом: шуме > агрошуме > плантаже дрвећа > ратарске гајене врсте (Nair et al., 2009).

Врста и количина органске материје која се уноси у земљиште зависи од биљне врсте. Дрвенасте биљке са већом густином и дубином корена доприносе повећању органског угљеника земљишта, подстичу агрегацију и повољно утичу на активност микроорганизама унутар профила у поређењу са врстама са плитким кореном (Haunes et al., 1997; Jobbagy et al., 2000; Liao et al., 2006; Haile et al., 2008). Фиксација азота и микоризне асоцијације могу повећати доступност нутријената чиме подстичу микробиолошку активност која резултира вишим нивоима органског угљеника и стабилности агрегата што има пресудан утицај на задржавање угљеника у земљишту (Haines et al., 1997).

Осим кроз секвестрацију, управљање шумама - односно дрвеном компонентом у агрошумарским системима, утиче на смањење атмосферског угљеника кроз очување угљеника. Сматра се да очување угљеника има највећи потенцијал за ублажавање климатских промена. (Bass et al., 2000). Очување органске материје земљишта заснива се на три процеса: биохемијској инертности разлагања, хемијској стабилизацији и физичкој заштити (Christensen et al., 1996; von Lutetov et al., 2008).

Биохемијска инертност разлагања се јавља када органска материја земљишта укључује структуре које је тешко разбити микробиолошком активношћу (Christensen et al., 1996). Чест пример је лигнин, једна од главних компоненти дрвенастих биљака. Органска материја са високим садржајем лигнина и других великих молекула састављених од сложених ароматичних аморфних угљеничних структура теже је доступна микроорганизмима због чега дуже опстаје у земљишту (Six et al., 2000; Mikutta et al., 2006). Биохемијска инертност разлагања сама по себи није довољна, хемијска стабилизација и физичка заштита такође су неопходни за формирање органоминералних комплекса (Flessa et al., 2008; Marchner et al., 2008).

Физичка заштита је везивање органске материје у земљишне агрегате, одвајајући га од микробних популација и спречавајући његову деградацију (Six et al., 2000). Коренски ексудати подстичу везивање микроагрегата у

макроагрегате. Утврђено је да биљке са већом густином корена позитивно утичу на стабилност агрегата, садржај органског угљеника и микробну биомасу (Heines et al., 1997).

Органоминерална стабилизација је конверзија и везивање органске материје земљишта са минералима да би се формирали стабилни органоминерални комплекси. Она не би била могућа без физичке заштите и биохемијске инертности разлагања које омогућавају органској материји да дуже опстане у земљишту, обезбеђујући време које је неопходно да се формирају органоминерални комплекси који представљају највећи део стабилне фракције органске материје земљишта (Six et al., 2000). У шумским земљиштима чак до 86% органске материје земљишта инкорпорирана је у ове стабилне структуре (Mikkuta et al., 2006).

### Агрошумарство у Европи

Транзиција са традиционалне на модерну пољопривреду у Европи десила се шездесетих година двадесетог века и довела је до поједностављења и стандардизације пољопривредних система и до значајног губитка хетерогености пејзажа (Durgaz et al., 2005). На основу паневропске LUCAS (2012), базе података процењено је да се агрошумарство практикује на 15.4 милиона хектара у ЕУ и Швајцарској, што је 3.6% њихове укупне површине (den Harder et al., 2017). Истраживања у Европи последњих година указују да агрошумарски системи имају

велики потенцијал у погледу пружања екосистемских услуга. Процењено је да би увођење ових система на пољопривредним површинама високог ризика од ерозије водом могло смањити губитке земљишта на истим за 65% (Palma et al., 2007; Reisner et al., 2007). Позитиван ефекат шумских алеја у пољопривредној производњи доказан је и када је у питању баланс нутријената, истраживања су показала да је у овим системима управљања губитак хранљивих материја мањи за 40-70% (Nair et al., 2007; Jose et al., 2009). Такође, већа густина садње у дрворедима могла би смањити испирање азота до 28% (Palma et al., 2007). Дрвена компонента обезбеђује станиште за флору и фауну чиме подстиче биодиверзитет и има позитиван утицај на контролу штеточина (Sutter et al., 2017).

Соња Кај и сарадници (2019) су у свом истраживању проценили потенцијал за секвестрацију угљеника на најугроженијим површинама на којима се спроводи пољопривредна производња укључујући и пашњаке на територији ЕУ (осим Кипра и Хрватске) и Швајцарске. Како би одредили величину и распрострањеност најугроженијих локалитета прво су дефинисали девет најзначајнијих притисака животне средине и њихове граничне вредности и квантификовали њихов утицај у оквиру подручја истраживања које је обухватало око 92% укупног европског пољопривредног земљишта и 88% укупне површине под пашњацима у Европи. На пољопривредним површинама процењен



је утицај осам екосистемских притисака: ерозија водом, ерозија ветром, садржај органског угљеника у земљишту, наводњавање, загађење нитратима, осетљивост на климатске промене, биодиверзитет земљишта, опрашивање и контролу штеточина. На пашњацима су утврђени притисци били исти као и на пољопривредном земљишту, осим ерозије ветром. Као најугроженије, или приоритетне области, дефинисане су оне обрадиве површине код којих је пет или више типова притисака прелазило граничне вредности, односно четири или више код пашњака. На овај начин издвојено је приоритетних 10%, или 136 758 km<sup>2</sup>, што одговара око 8.9% укупног европског пољопривредног земљишта, након чега су аутори и локални експерти препоручили 64 различите агрошумарске праксе погодне за подручје проучавања. Идентификован је годишњи потенцијал складиштења угљеника дрвених елемената (укључујући корен) за сваки од предложених система и у оквиру сваког географског региона и он је износио 0,09–7,29 tC/ha/god. Процењено је да би кроз предложене агрошумарске праксе могло да се секвестрира 2,1 – 63,9 милиона тона угљеника годишње у зависности од изабраних система, што је еквивалентно 7,7 – 234,8 милиона тона CO<sub>2</sub> годишње шта представља 1,4 – 43,4% укупних годишњих емисија гасова стаклене баште од пољопривреде на територији ЕУ (осим Кипра и Хрватске) и Швајцарске. Највише истраживања и знања из области агрошумарства на простору Европе проистекло је из пројекта AGROFORWARD (AGroFOR-

estry that Will Advance Rural Development – Агрошумарство које ће унапредити рурални развој) који је финансиран кроз програм ЕУ за истраживање и технолошки развој и трајао је од јануара 2014. године до децембра 2017. године и укључивао је 40 група заинтересованих страна (са око 820 учесника у 13 земаља Европе (<http://www.agforward.eu>).

Пројекат је идентификовао четири категорије агрошумарства у смислу главног фокуса производње и управљања:

1. агрошумарство високе природне и културне вредности – традиционални системи или други облици управљања од значаја за биодиверзитет и културно наслеђе
  2. агрошумарство са фокусом на дрвеће високе вредности
  3. агрошумарство са фокусом на ратарски усев
  4. агрошумарство са фокусом на сточарство
- Извор: Burgess et al. (2015)

Испитиване су различите ситуације, шеме, утицаји, комбинације и односи између компоненти у оквиру категорије агрошумарства са фокусом на ратарски усев. У Француској су испитивани системи производње дурум пшенице у комбинацији са орахом, тополом и оскорушом и њихов утицај на селекцију сорти дурум пшенице и контролу корова; у Шпанији је анализирана производња

житарица испод ораха и гајење кукуруза или лековитих биљака између ораха и дивље трешње; у Грчкој су системи укључивали пасуљ и ароматичне биљке између ораха и трешње; у Италији су се топола и храст гајили дуж јаркова на ораницама; у Мађарској је комбинован узгој пауловније са луцерком и кукурузом; у Немачкој шећерна репа са тополом и црним багремом; у Швајцарској је фокус био на воћкама; у Великој Британији комбиновани широколисни дрвореди са органским поврћем, као и селекције сорти пшенице између лешника и врбе. Извор: Burgess et al. (2018).

На основу ових опсежних истраживања изведено је неколико значајних закључака:

- Ширина леја кретала се од 6 m – 96 m. На основу интеракције компоненти дефинисана су два типа алеја (а) уске алеје са фокусом на дрвеној компоненти где утицај сенке умањује вредност ратарског усева); (б) широке алеје са фокусом на компоненти усева где је механизована сетва могућа и када су стабла потпуно сазрела.
- Могућност континуиране употребе стандардних пољопривредних машина за сетву, третман и жетву ратарских усева је од великог значаја, са тим у вези неопходно је пројектовати праве и довољно широке дрвореде како би се омогућио несметан механизовани рад.
- Нису све комбинације једнако комплементарне, такође исте комбинације могу и не морају да имају исте ефекте када су примењене у различитим регионима и локацијским условима.
- Позитиван утицај заклона и сенке на усев је незахвалан за тумачење јер је тешко дизајнирати експерименте који би били упоредиви и валидни. Улога шумских појасева у заштити од еолске ерозије је позната, међутим постоје индиције да утицај сенке на микроклиму потенцијално повећава противерозиони ефекат ових појасева на основу истраживања у Немачкој и Мађарској. Са друге стране, умањени ратарски приноси у зони сенке измерени су у шест од десет експеримената.
- Нека од истраживања показала су да малч може имати позитиван утицај на сузбијање корова у дрворедима.
- Екосистемске услуге су многобројне и различите у зависности од комбинације компоненти и услова на локацији: позитиван ефекат на контролу штеточина, опрашивање и станиште забележен је у Француској, Великој Британији и Швајцарској; побољшање естетике пејзажа у Шпанији, Грчкој и Великој Британији; смањена ерозија земљишта и/или побољшана структура земљишта у Француској, Грчкој и Швајцарској; смањено испирање азота и побољшано кружење хран-

љивих материја у Шпанији; повећана секвестрација угљеника у Шпанији, Италији, Грчкој и Великој Британији; заклон за усеве и земљиште од екстремних временских појава изазваних климатским променама у Шпанији, Италији, Великој Британији и Немачкој. Извор: Burgess et al. (2018)

AGROFORWARD пројекат кроз своју класификацију, о којој је већ било речи, препознаје многе праксе заступљене на територији Републике Србије као агрошумарске, на пример приобалне буферне зоне које су већином природног порекла и претежно се могу видети на мањим нерегулисаним водотоцима, затим испаша домаћих животиња у воћњацима (силвопасторални системи) што је честа појава у мањим сеоским домаћинствима у руралним брдско-планинским пределима, заснивање ратарских усева на мањим парцелама оивиченим шумом, итд. Међутим најчешћи, ако не и једини, планирани и пројектовани агрошумарски системи у Републици Србији су ветрозаштитни појасеви претежно у Војводини. Очекује се да ће се услед климатских промена појачати интензитет еолске ерозије у овој покрајини, нарочито у ванвегетационом периоду када пољопривредно земљиште остаје голо и подложно разорним утицајима ветра, што истиче потребу за овом врстом појасева. Извор: Baumgertel et al. (2022).

Извршена су многобројна истраживања која испитују значај и погодност раз-

личитих дрвенастих врста у ветрозаштитним појасевима на територији Војводине. Доказан је позитиван ефекат ветрозаштитних појасева тополе, нарочито при већим долазним брзинама ветра (Lukić et al., 2006). Изведена је и компаративна анализа утицаја 20 година старих појасева сибирског бреста, тополе и црног багрема на складиштење угљеника на подручју Бачке Паланке. На основу резултата истраживања аутори закључују да је између три врсте најпогоднија топола, како због потенцијала за складиштење угљеника (који је исти као и код сибирског бреста, а већи него код црног багрема), тако и због прилагодљивости на услове животне средине, дуговечности и утицаја на усеве кроз квалитет биомасе и доприносу складиштењу угљеника у земљишту. Извор: Lukić et al. (2018)

### **Однос произвођача према агрошумарству и имплементација у политике и стратегије**

Иако су доказане многобројне предности агрошумарства, одлука о имплементацији ових система на крају је на произвођачима код којих је, на жалост, неоспоран општи недостатак прихватања (Rois-Diaz et al., 2018).

Студија у оквиру AGROFORWARD пројекта (Garcia de Jalon et al., 2017) проценила је како заинтересоване стране и кључни актери гледају на примену и ширење агрошумарства у Европи. Истраживање је обухватало 30 група заинтересованих страна и различите

системе агрошумства у 11 земаља Европске Уније (Данска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Италија, Холандија, Португал, Шпанија, Шведска и Уједињено Краљевство). Заинтересоване стране су рангирале позитивне и негативне аспекте имплементације ових система у свом региону. Препозната су четири бенефита који имају највећу улогу у прихватању агрошумарства од стране произвођача, то су: биодиверзитет и пејзажна естетика; очување земљишта; добробит и здравље животиња; разноликост производа и различитост прихода. Највећи мотив су они бенефити који су очигледни на нивоу фарме, пре свега разноликост производа и различитост прихода којима су произвођачи дали највећи значај. Када је очување земљишта у питању то су побољшана продуктивност и смањени трошкови управљања. Позитиван утицај очувања земљишта у агрошумарским системима на нивоу слива такође има велики еколошки и економски значај, на пример смањени ризик од поплава и побољшање квалитета воде.

Кроз студију су дефинисана и најизраженија ограничења за имплементацију агрошумарства. Закључак је да се ова ограничења углавном односе на питања управљања и администрације и то су: високи захтеви за радном снагом; сложеност посла; трошкови управљања; административна оптерећења. Управљање овим системима је само по себи компликованије него што је то случај у конвенционалној пољопривредној производњи зато што подразумева додатну

компоненту која захтева пројектовање, планирање и управљање. Сложеност последично повећава трошкове и потребу за радном снагом, што не мора бити негативно имајући у виду да је повећање броја радних места у руралним подручјима један од важних циљева политике Европске Уније. Неки од испитаника идентификовали су Заједничку пољопривредну политику (САР) као један од проблема, тврдећи да поставља агрошумарске системе у неповољан положај у односу на конвенционалне.

Закључак студије је да, иако је у оквиру САР-а осмишљено 25 мера са циљем унапређења агрошумарства, постоји висок ниво неусклађености између првог стуба (Pillar I – директна плаћања) и другог стуба (Pillar II – подршка руралном развоју), што у великој мери представља препреку прихватању ових система од стране произвођача. Аутори такође истичу потребу за едукацијом кроз школско и факултетско образовање, као и за добро обученим и независним пружаоцима саветодавних услуга.

Агрошумарство је први пут препознато на нивоу Европске Уније 2005. године кроз Уредбу Европског Савета бр. 1698/2005 о подршци руралном развоју, чиме је обезбеђена прва бесповратна финансијска подршка за успостављање агрошумарских система из Европског пољопривредног фонда за рурални развој.

У програмском периоду 2003-2007 агрошумарство је укључено у политику у склопу подржаних шумарских мера, али не у свом пуном обиму. У периоду 2014-2020 оно је препознато у оквиру CAP-а као одржива пракса која пружа многобројне еколошке услуге и може допринети достизању постављених циљева, пре свега: одрживој производњи хране, одрживом управљању ресурсима, достизању климатске неутралности и уравнотеженом територијалном развоју. Међутим, како је показала студија AGROFORWARD пројекта (Garcia de Jalón, 2017) због неусаглашености и административних потешкоћа није дошло до шире примене ових система. Са тим у вези Европски парламент донео је Уредбу 2017/2393 (Омнибус уредба) која је допринела побољшању подобности агрошумарства у оквиру CAP-а и дала нове дефиниције трајних травњака које су у складу са агрошумарством, чиме се омогућује већа подршка овим системима управљања путем директних плаћања у оквиру првог суба CAP-а (Pillar I). Упркос томе, Европска Комисија је у Извештају о напретку у спровођењу стратегије Европске Уније за шуме (2018) указала да није дошло до очекиваних резултата, посебно када је у питању имплементација агрошумарских пракси.

CAP 2023-2027 формално је прихваћен у децембру 2021 и у потпуности ће бити примењен 2023. Нови CAP поред девет специфичних циљева истиче додатна три циља: унапређење доприноса пољопривреде еколошким и климатским циљевима; пружање циљаније подршке

малим газдинствима; флексибилност у прилагођавању мера локалним условима државама чланицама. Агрошумарство се помиње осам пута у предложеној уредби и њеном анексу и као такво ће бити квалификовано за подршку у оквиру оба стуба са фокусом на еколошке и климатске бенефите које пружа. Пошто је нови модел испоруке CAP-а оријентисан на флексибилност на локалном нивоу, суштински се државама чланицама оставља да одлуче како и у којој мери желе да подрже агрошумарство кроз своје стратешке планове ([www.consilium.europa.eu](http://www.consilium.europa.eu)).

Агрошумарство је подржано кроз *Зелени договор (European Green Deal)* који наглашава да стратешки планови држава чланица треба да се базирају на одрживим праксама какво је, између осталог, и агрошумарство. Један од базичних елемената Зеленог договора је стратегија Од поља до стола (Farm to Fork, 2020a) која истиче да ће нове „еко-шеме“ подстицати одрживе праксе, као што су прецизна пољопривреда, агроекологија (укључујући органску пољопривреду), угљеничне фарме и агрошумарство. Још једна кључна стратегија у оквиру Зеленог договора је Стратегија Европске Уније о биодиверзитету до 2030. године (2020a) која наводи да је неопходно применити мере подршке агрошумарству у оквиру руралног развоја јер оно има велики потенцијал за побољшање биодиверзитета и митигацију и адаптацију на климатске промене.

Европски Парламент подржава агрошумарство кроз многа документа и резолуције, на пример резолуција Парламента од 27. октобра 2016. 2015/2226 (INI) истиче да „САР треба да обезбеди већу подршку обезбеђивању нових радних места у руралним подручјима и да треба да пружи ефикаснију подршку органској и биодинамичкој пољопривреди и свим осталим методама одрживе производње, укључујући интегрисану пољопривреду и агрошумарство у контексту агро-екологије, што ће подразумевати поједностављење постојећих прописа и доношење прописа који се могу спровести на једноставан и разумљив начин, без проблема”. Наведено би требало да се регулише кроз нови САР 2023-2027 када у потпуности ступи на снагу.

### **Закључци**

Агрошумарство је препознато као један од алата за достизање циљева одрживог развоја које пружа многобројне екосистемске услуге. Истраживања су доказала значајну улогу ових система, пре свега дрвене компоненте, у секве-

страцији и чувању угљеника чиме доприносе климатској неутралности пољопривреде.

Агрошумарство у Европи је у развоју и неопходна је даља промоција, едукација и подршка, пре свега финансијска, како би ова пракса била широко прихваћена и применљивана од стране произвођача.

У Србији се ови системи могу видети у малим руралним домаћинствима али, осим у случају појединих ветро-заштитних појасева у Војводини, они нису планирани, пројектовани ни одржавани на оптималан начин. Како би до тога дошло неопходан је већи број истраживања утицаја и применљивости агрошумарства на територији Републике Србије, затим промоција, едукација и подршка овим системима. Искуства произвођача, саветодаваца, законодаваца, истраживача и других заинтересованих страна у Европи могу послужити као позитиван / негативан пример или као модел приликом израде стратегија, планова и политика које ће подстаћи агрошумарство у Републици Србији.

## Литература

AGROFORWARD Project. <http://www.agforward.eu> Приступљено 23.06.2022.

Bass, S., Dubois, O., Mouracosta, P., Pinard, M., Tipper, R., Wilson, C. (2000). *Rural Livelihoods and Carbon Management*. IIED Natural Resource Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London.

Baumgertel, A., Lukić, S., Caković, M., Miljković, P. (2022). Spatiotemporal analysis of the future sensitivity to wind erosion using ensemble of the regional climate models: a case study. *Int. J. Global Warming*, 27, 3.

Brookfield, H., Padoch, C. (1994) Agrodiversity. *Environment*, 36(5): 7-11, 37-45.

Burgess, P., Rosati, A. (2018). Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforest Syst.*, 92, 801-810.

Burgess, P., Crous-Duran, J., den Herder, M., Dupraz, C., Fagerholm, N., Freese, D., Garnett, K., Graves, A., Hermansen, J., Liagre, F., Mirck, J., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Pantera, A., Plieninger, T., Upton, M. (2015). AGFORWARD project periodic report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD.

Burgess, P., den Herder, M., Dupraz, C., Garnett, K., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Hermansen, J., Kanzler, M., Liagre, F., Mirck, J., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Pantera, A., Plieninger, T. (2018). AGFORWARD PROJECT Final Report. Cranfield University: AGFORWARD, U.K.

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, M., Palma, J., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J., Crous-Duran, J., Paulo, J., Tome, M., Pantera, A., Papanastasis, V., Kostas Mantzanas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T., Burgess, P. (2017) Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agric Ecosyst Environ.*, 241, 121-132

Bass, S., Dubois, O., Mouracosta, P., Pinard, M., Tipper, R., Wilson, C. (2000). *Rural Livelihoods and Carbon Management*. IIED Natural Resource Issues Paper No. 1. International Institute for Environment and Development, London.

Batjes, N. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.*, 47, 151-163.

Brown, L. (2004). *Outgrowing the Earth: The Food Security Challenge in an Age of Falling Water Tables and Rising Temperatures*. W.W. Norton, New York.

von Luetzow, M., Kogel-Knabner, I., Ludwig, B., Matzner, E., Flessa, H., Ekschmitt, K., Guggenberger, G., Marschner, B., and Kalbitz, K. (2008). Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 111-124.

Garcia de Jalon, S., Burgess, P., Graves, A., Moreno, G., McAdam, J., Pottier, E., Novak, S., Bondesan, V., Mosquera-Losada, R., Crous-Duran, J., Palma, J., Paulo, J., et al. (2017). *How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders*. *Agroforest Syst.* Springer.

Gordon, A., Thevathasan, N., Nair, P. (2009). *An agroecological foundation for temperate agroforestry*. In "Temperate Agroforestry: Science and Practice". American Society of Agronomy, Madison, WI, 25-44.

Grujić, T., Maksimović, J., Dinić, Z., Pivić, R., Stanojković-Sebić, A., Jovković, M. (2021). *Recognized values of the content of hazardous and harmful substances in the soil from the angle of science and legislation. Proceedings. XXV International Eco-Conference 2021. XIV Environmental Protection of Urban and Suburban Settlements. 22th–24th September, Novi Sad. Serbia, 105-113.*

Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., Graves, A., Herzog, F., Incoll, L., Jackson, N., Keesman, K., Lawson, G., Lecomte, I., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Palma, J., Papanastasis, V., Paris, P., Pilbeam, D., Reisner, Y., Van Noordwijk, M., Vincent, G., Van der Werf, W. (2005). *Synthesis of the silvoarable agroforestry for Europe (SAFE) project. INRA-UMR System Editions, Montpellier, 254.*

**Đurović, N., Pivić, R., Počuča, V. (2012). Effect of the application of a hydrogel in different soils. *Agriculture & Forestry*, 53(07)(1-4): 25-34.**

EC, European Commission (2020a). *A farm to fork strategy - for a fair, healthy and environmentally friendly food system: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 381 final.*

EC, European Commission (2020b). *EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 380 final.*

EC, European Commission. (2019). *Study on progress in implementing the EU Forest Strategy: final report. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Publications Office.*

EP, European Parliament. (2016). *How can the CAP improve job creation in rural areas? 2015/2226(INI)*

Jobbagy, E., Jackson, R. (2000). *The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.*, 10, 423-436.*

Jose, S. (2009). *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agrofor Syst*, 76:1.*

Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., Palma, J., Borek, R., Crous-Duran, J., Freese, D., Giannitsopoulos, M., Graves, A. Mareike Jäger, Lamersdorf, N., et al. (2019). *Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*, 83, 581-593.*

Kursten, E. (2000). *Fuelwood production in agroforestry systems for sustainable land use and CO<sub>2</sub> mitigation. *Ecol Eng.*, 16, S69-S72.*

Leakey, R. (1996). *Definition of agroforestry revisited. <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/JA21534.pdf>*



Liao, J., Boutton, T., Jastrow, J. (2006). Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland. *Soil Biol. Biogeochem.*, 38, 3184-3196.

Лукић, С., Дожић, С. (2006). Ефикасност тополе у ветрозаштити на неким локалитетима у Војводини. Гласник Шумарског факултета, Београд, 93, 121-128.

Lukić, S., Belanović-Simić, S., Pantić, D., Beloica, J. Baumgertel, A., Miljković, P., Borota, D., Kadović, R. (2018). Carbon storage in shelterbelts in the agroforestry systems of the Bačka Palanka area (Serbia). *AGROFOR International Journal*, 3, 2.

Манојловић, М., Пивић, Р. (2020). Улога земљишта у кружењу угљеника и ублажавању климатских промена. Студија, Иницијатива за шумарство и животну средину-ФЕА.

Marschner, B., Brodowski, S., Dreves, A., Gleixner, G., Gude, A., Grootes, P., Hamer, U., Heim, A., Jandl, G., Ji, R., Kaiser, K., Kalbitz, K. (2008). How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 91-110.

Mikutta, R., Kleber, M., Torn, M., Jahn, R. (2006). Stabilization of soil organic matter: Association with minerals or chemical recalcitrance? *Biogeochemistry*, 77, 25-56.

Mondelaers, K., Aertsens, J., van Huylenbroeck, G. (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111, 1098-1119.

Montagnini, F., Nair, P. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforest. Syst.*, 61-62, 281-295.

Mosquera-Losada, M., McAdam, J., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes, J., Rigueiro-Rodriguez, A. (2009). *Definitions and components of agroforestry practices in Europe*. In: *Agroforestry in Europe*. Springer, Dordrecht, 3-19.

McAdam, J. (2005). *Silvopastoral systems in North-west Europe*. In: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. CABI, Wallingford, UK.

Nair, P. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3, 97-128.

Nair, P. (1990). *Classification of agroforestry systems*. In *Agroforestry: Classification and Management*, Wiley, New York, 31-57.

Nair, P. (1993). *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Nair, V., Nair, P., Kalmbacher, R., Ezenwa, I. (2007). Reducing nutrient loss from farms through silvopastoral practices in coarse-textured soils of Florida (USA). *Ecol. Eng.*, 29, 192-199.

Nair, P., Gordon, A., and Mosquera-Losada, M. (2008). *Agroforestry*. In "Encyclopedia of Ecology" (S. E. Jorgensen and B. D. Faith, Eds.), Elsevier, Oxford, UK, 1, 101-110.

Nair, P., Kumar, B., Nair, V. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci*, 172:10-23.

Nair, P., Nair, V., Kumar, B., Showalter, J. (2010). *Carbon Sequestration in Agroforestry Systems*. In "Advances in Agronomy", Elsevier, Oxford, UK, 108, 237-307.

Nair, P., Garrity, D. (2012). *Agroforestry: The Future of Global Land-Use*. Berlin: Springer.

- Palma, J., Graves, A., Bunce, R., Burgess, P., de Filippi, R., Keesman, K., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., Herzog, F. (2007). Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 119, 320-334.
- Pivić, R., Dinić, Z., Maksimović, J., Poštić, D., Štrbanović, R., Stanojković – Sebić, A. (2020). Evaluation of trace elements MPC in agricultural soil using organic matter and clay content. *Зборник Матице српске за природне науке / Matica Srpska J. Net. Sci. Novi Sad*, 138, 97-108.
- Pivić, R., Dinić, Z., Maksimović, J., Grujić, T., Ugrenović, V., Stanojković-Sebić, A. (2022). Adaptation to climate change in agricultural sector - a proposal for rational management measures. *Zemljiste i biljka*, 71(1): 67-75.
- Regulation EU (2017) 2393 of the European Parliament and of the Council of 13 December 2017.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecol. Eng.*, 29, 401-418.
- Rao, M., Nair, P., Ong, C. (1998). Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforest. Syst.*, 38, 3-50.
- Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. (2009). *Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects*. New York: Springer.
- Rois-Díaz, M., Lovric, N., Lovric, M., Ferreira-Domínguez, N., Mosquera-Losada, M., Den Herder, M., Graves, A., Palma, J., Paulo, J., Pisanelli, A., Smith, J., Moreno, G., García, S., Varga, A., Pantera, A., Mirck, J., Burgess, P. (2018). Farmers' reasoning behind the uptake of agroforestry practices: evidence from multiple case-studies across Europe. *Agrofor. Syst.*, 92, 811-828.
- Rosati, A., Borek, R., Canali, S. (2021). Agroforestry and organic agriculture. *Agroforest Syst.*, 95, 805–821.
- Six, J., Elliott, E., Paustian, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 2099-2103.
- Службени гласник Републике Србије (2018). Уредба о програму систематско праћење квалитета земљишта, индикатори за процену ризика од деградације земљишта и методологија израде програма санације, 88/2018.
- Sommariba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, 19, 233-240
- Shepherd, D., Montagnini, F. (2001). Above ground carbon sequestration potential in mixed and pure tree plantations in the humid tropics. *J. Trop. For. Sci.*, 13, 450-459.
- Schroth, G., D'Angelo, S., Teixeira, W., Haag, D., Lieberei, R. (2002). Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: Consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *For. Ecol. Manage.*, 163, 131-150.
- USDA (2015). Introduction to organic practices. <https://www.ams.usda.gov/publications/content/introduction-organic-practices>. Приступљено 12.05.2022.
- FAO. (2015). Agroforestry definition.. <https://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>

Приступљено 24.05.2022.

FAO. (2015). Revised World Soil Charter. <https://www.fao.org/3/I4965E/i4965e.pdf> Приступљено 04.05.2022.

Flessa, H., Amelung, W., Helfrich, M., Wiesenberg, G., Gleixner, G., Brodowski, S., Rethemeyer, J., Kramer, C., and Grootes, P. (2008). Storage and stability of organic matter and fossil carbon in a Luvisol and Phaeozem with continuous maize cropping: A synthesis. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 36-51.

Harper, J. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press, New York.

Haile, S., Nair, P., Nair, V. (2008). Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems. *J. Environ. Qual.*, 37, 1789-1797.

Haynes, R., Beare, M. (1997). Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biol. Biochem.*, 29, 1647-1653.

Hole, D., Perkins, J., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P., Evans, A. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biol Conserv*, 122, 113-130.

CAP (2023-2027). <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/cap-introduction/cap-future-2020-common-agricultural-policy-2023-2027/> Приступљено 07.07.2022.

Council Regulation (EC) No 1698/2005 of 20 September 2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD)

Christensen, B. (1996). *Carbon in primary and secondary organomineral complexes*. In "Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils", CRC Press, Boca Raton, 97-165.

Dželetović, Ž., Pivić, R., Đurović, N. (2011). Available nitrogen in the surface mineral layer of Serbian forest soils. *Journal of Forest Science*, 57(4): 131-140.

Wiersum, K. (2004). Forest gardens as 'intermediate' land-use system in the nature - Culture continuum: Characteristics and future potential. *Agroforest. Syst.*, 61, 123-134.

WCED (1987). Our Common Future. Brundtland Report, United Nations.

Young, A. (1997). *Agroforestry for Soil Management*. CABI, Wallingford, UK

# МЕТОД БРЗОГ КОМПСТИРАЊА

Владимир Филиповић<sup>1</sup>, Никола Коковић<sup>2</sup>

## Сажетак

Једна од могућих метода која доприноси већој климатској неутралности ратарске производње јесте и компостирање биљног отпада насталог у производњи и преради различитих врста биља. Досадашњи (класични) метод компостирања је дуготрајан и као такав може бити потенцијалан „извор“ гасова са ефектом стаклене баште у атмосфери (GHG). Из тог разлога, у раду се разматрају могућности ефикаснијег компостирања, којим би се у што краћем временском периоду и под дејством одговарајућих микроорганизама, а у присуству довољне количине кисеоника и влаге, произвео квалитетан компост.

На овај начин се може у току производне године добити више компоста у краћим турнусима и на начин на који се боље штити животна средина. Примењен метод брзог или топлог компостирања се у појединим државама (углавном високоразвијеним) већ увелико користи у контролисаној производњи каква је органска производња. На тај начин би се у одређеној мери смањила емисија CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и других штетних гасова у атмосферу, .

**Кључне речи:** брзи метод, биљни отпад, компостирање, компост, ефекат стаклене баште (GHG), органска производња.

---

<sup>1</sup> Др Владимир Филиповић, виши научни сарадник, Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, Тадеуша Кошћушка 1, 11000 Београд, Србија, e-mail: vfilipovic@mocbilja.rs

<sup>2</sup> Мр Никола Коковић, стручни саветник, Институт за земљиште, Теодора Драјзера 7, 11000 Београд, Србија, e-mail: nkokovicml@yahoo.com

## Увод

Компостирање је једна од биоагротехничких метода која може утицати на већу климатску неутралност пољопривреде и на смањење GHG, а део је пројекта „Развој иновативних метода органске ратарске производње у циљу веће климатске неутралности пољопривреде“. Треба истаћи да је овај пројекат преко Програма за унапређење система креирања и преноса знања кроз развој техничко-технолошких, примењених, развојних и иновативних пројеката у пољопривреди и руралном развоју у 2021. години, финансиран од стране Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије.

Да је компостирање једна од актуелних метода којом се минимализује ефекат стаклене баште, потврђује већи број научних радова и студија. Компостирање може утицати на негативан тренд глобалних климатских промена тј. директним путем преко секвестрације угљеника и индиректним путем кроз побољшање квалитета и здравља земљишта (Brown and Subler, 2007). Према једној од дефиниција компостирање је биохемијски процес приликом кога уз помоћ аеробних микроорганизама у одређеном временском периоду долази до разградње органске материје. У току поменуте разградње добијају се компост, топлота, вода и  $\text{CO}_2$ . Један од највећих бенефита компостирања је избегавање производње метана ( $\text{CH}_4$ ), а угљен-диоксид ( $\text{CO}_2$ ) ослобођен током

компостирања се сматра биогеним, а не антропогеним, па се углавном не узима у обзир у прорачунима гасова стаклене баште (GHG). Уколико компост, примењујемо као оплемењивач земљишта, овом мером бисмо могли надокнадити приближно 16% нето емитованог  $\text{CO}_2$  у атмосферу (Ho et al., 2015). Добре праксе компостирања које балансирају однос C:N и обезбеђују адекватну аерацију и влагу ће минимализовати емисије GHG (Santos et al., 2021). С друге стране имајући у виду, да се широм света, дневно по особи у просеку створи око 0,74 kg отпада, тј. у широком распону од 0,11 до 4,54 kg, од којег државе са високим дохотком стварају релативно мање зеленог (биљног) отпада (око 32%), а државе са средњим и ниским приходима стварају 57% зеленог отпада, који је као такав погодан за компостирање. Уз одговарајућу едукацију и пропаганду, компостирање би, као мера управљања зеленим биљним отпадом, могла вишеструко користити различитим државама, нарочито оним државама са средњим и ниским приходима, у којима се рециклира само 20% ове врсте отпада (IBRD, 2022).

Горенаведени подаци, додатно се могу поткрепити и чињеницом да је индустријска пољопривреда један од кључних покретача генерисања гасова са ефектом стаклене баште (GHG). Према домаћем Закону о климатским променама под GHG подразумева се емисија следећих једињења: метан ( $\text{CH}_4$ ), угљендиоксид ( $\text{CO}_2$ ), азотсубоксид ( $\text{N}_2\text{O}$ ), флуороугљоводоници (HFCs), сумпор

хексафлуорид ( $\text{SF}_6$ ), перфлуороугљеници (PFCs) и азот трифлуорид ( $\text{NF}_3$ ). Синтетичка ђубрива, пестициди, употреба тешке механизације, гајење биљака у монокултури, промена намене земљишта, крчење шума, неадекватно складиштење отпада и загађења настала транспортом су само део система производње хране који генерише значајне емисије наведених једињења, али и значајно доприноси глобалним климатским променама. Индустријска, односно, интезивна пољопривреда, почев од конвенционалог гајења животиња, до монокултуре кукуруза и соје које се ђубре синтетичким ђубривима, а које су још поврх свега генетски модификоване, са великом толеранцијом великих количина (тоталних) хербицида, чиме не само да доприносе значајним количинама GHG, већ се такав приступ одражава и на промену, односно губитак биодиверзитета, али и неједнак и нездрав глобални систем исхране. Ипак, постоје помаци на том пољу: 2019. године Европска унија је усвојила „Европски зелени план“. Овај план садржи идеје, смернице и циљеве политике које ће у наредном периоду, бити основа трансформације ЕУ у једну модерну, ресурсно ефикасну и конкурентну, циркуларну економију (ЕС, 2022). У Плану је дефинисано да ЕУ 2050. године буде климатски неутрална тј. да до поменуте године не постоји нето емисија гасова са GHG ефектом односно ефектом стаклене баште. За постизање наведеног циља Европска комисија је усвојила Закон о клими, а у циљу једноставније имплементације смерница прописаних

Зеленим планом. На овај начин ће како све земље чланице, тако и остале, имати правно обавезујући норматив за непостојање нето емисије гасова са ефектом стаклене баште. С тим у вези и Република Србија је у марту 2021. године усвојила Закон о климатским променама („Сл. гласник РС“, бр. 26/2021 од 23.3.2021. године), чиме је испуњена обавеза према Оквирној конвенцији УН о промени климе и Париског споразума, као и усклађивање националног законодавства са прописима Европске уније.

Основу „Европског зеленог плана“ чине две стратегије. Прва, стратегија „Од њиве до трпезе - за праведан, здрав и еколошки прихватљив прехранбени систем“ COM 381 (2020) (ЕС, 2020a) и друга „За биоразноликост до 2030. године са циљем враћања природе у наш живот“ COM 380 (2020) (ЕС, 2020b). Ове две стратегије се међусобно допуњују и удружују природу, пољопривреднике, предузећа и потрошаче у потрази за конкурентно одрживом будућношћу. Обе стратегије било директно, било индиректно могу утицати на смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и фокусирају се на климатску неутралност. Стратегијом „Од њиве до трпезе“ од примарних произвођача – пољопривредника, рибара и произвођача у аквакултури се тражи брз прелазак на одрживе методе производње. У првом реду, нарочито се од пољопривредника потенцира усвајање новог зеленог пословног модела – секвестрација угљеника. Затим, Стратегијом се предлаже примена кружне биоекономије,

посебно наглашавајући бенефите од енергије из обновљивих извора, попут биогаса из стајског ђубрива, отпадних вода, канализације или комуналног отпада, или, пак, енергије из сунчеве светлости, постављањем соларних плоча на шталама и другим пољопривредним зградама (Stojanović, 2021). Такође, Европска комисија ће у оквиру програма и иницијатива који се ослањају на Стратегију, а тичу се чисте енергије предузети мере за што хитније увођење на тржиште тих и осталих погодних решења за одрживу енергетску ефикасност у сектору производње хране под условом да се таква улагања спроводе на уравнотежен начин и без ризика по сигурност хране или биолошке разноликости (биодиверзитета). У циљу смањивања појединих минералних хранива до 2030. године за најмање 20%, Комисија ЕУ ће у наредном периоду у сарадњи са државама чланицама припремити и усвојити акциони план за интегрално управљање хранљивим материјама, нарочито у подручјима интензивног сточарства, те третмана органског отпада у органска ђубрива и оплемењиваче земљишта и слично, чиме се ствара простор за све веће учешће органских ђубрива какав је компост (ЕС, 2020а).

Ипак, ситуација са одлагањем и рециклирањем како укупног, тако и биљног отпада у свету, али и у Србији и даље је неповољна и као таква алармира све субјекте друштва да ово, по много чему значајно питање, покушају на одређени начин да реше. Један од на-

чина на који би се задовољили различити критеријуми одрживости јесте тзв. брзи метод компостирања биљног отпада. Овај метод је почетком осамдесетих година прошлога века у праксу увео професор Robert D. Raabe са Калифорнијског универзитета у Берклију (САД). Поред поменутог често су за ову методу присутни и називи: Берклијев метод, брзо компостирање или вруће компостирање (Atchley, 2013).

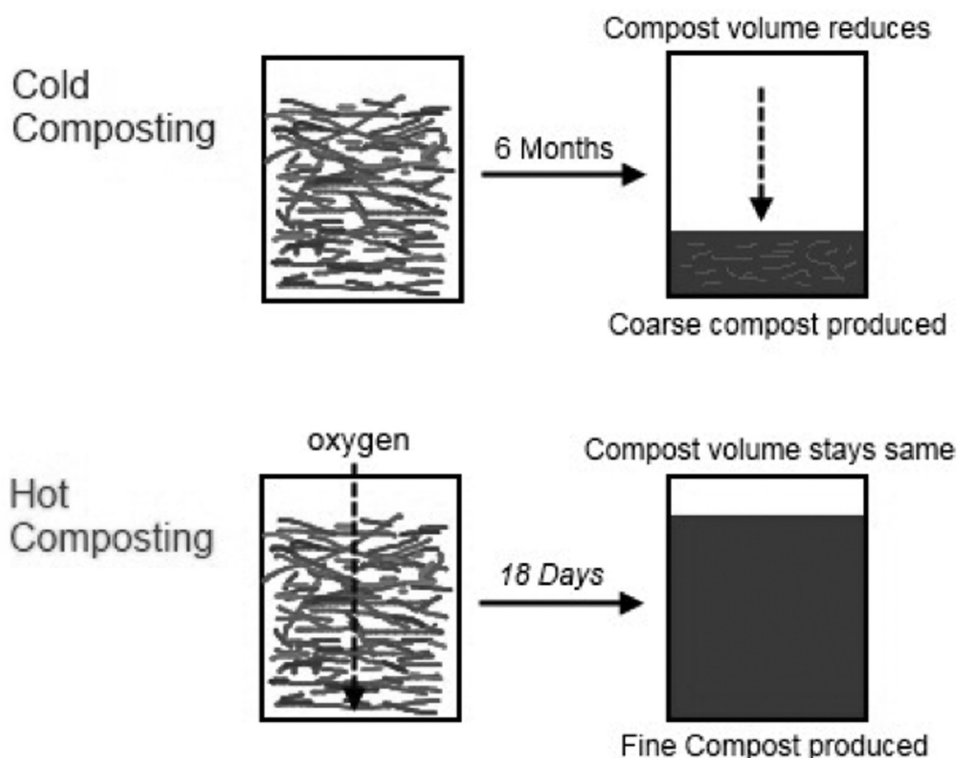
Ипак, треба рећи да поред методе брзог компостирања, постоји још неколико метода компостирања које се најчешће разликују по томе да ли се воде као топла или хладна метода, потом по времену компостирања, величини компостне гомиле, односу C:N и др. Поменућемо само неке од њих: *Indore method* (хладна метода = х.м.), *California method* (топла метода = т.м.), *Biodynamic composting* (т.м. и х.м.), *City people's method* (т.м.), *Compost tumblers* (т.м.), *Raised bins* (т.м. и х.м.), *Ogden's step-by-step composting* (т.м.), *Pit composting* (х.м.) и велики број осталих метода компостирања, које овога пута нећемо наводити. У наредном делу рада приказаћемо две најзаступљеније методе компостирања и то: класични метод компостирања и брзи метод компостирања, или Берклијеву методу.

**Класично или хладно компостирање** је уобичајен метод за компостирање биљног отпада. Отпад се постепено додаје у компостиште или у компостер (начињен углавном од пластике – није за препоруку – неповољни услови!). Ако је мања маса отпада, маса се меша

ручно вилом, уколико су пак веће компостне масе, маса се меша утоварном тракторском кашиком која поред мешања служи и за уношење (утовар) и изношење (истовар) произведеног компоста или компостног аератора (посебан тракторски прикључак у облику сврдла) сваких неколико недеља. Код овог метода компостирања, процес разлагања (минерализације) траје од 6 до 12 (24) месеци.

**Брзо или вруће компостирање** је много бржи процес, а „зрео“ компост

се добија у просеку од 14 до 21 дан, по већини извора за 18 дана. Сав отпад се додаје по заснивању компостне гомиле (масе) и као резултат тога долази до много бржег „рада“ микроорганизама који разграђују (минерализују) органску материју у гомили. Такав приступ чини гомилу врућом (топлом), одакле и долази назив „вруће компостирање“. Тако високе температуре (око 70 °С) утичу на стерилизацију компостне масе, тако да се на тај начин у великој мери смањује негативан утицај присуства клијавог семена корова, патогена и штеточина.



Слика 1. Приказ хладног (класичног) метода компостирања и топлог (брзог) метода компостирања (извор: Atchley, 2013)



Што се тиче запремине компоста код брзог компостирања она остаје иста, док код класичног компостирања, она на крају компостирања буде само 30% од првобитне запремине. Код брзог метода компостирања, у току тих 18 дана потребно је уложити више рада, ипак заузврат излазни производ – компост својим квалитетом задовољава све потребне техничке и тржишне захтеве (Слика 1).

Било да се компостирање врши на први и други начин на крају те контролисане биооксидативне разградње различитих смеша саста-вљених у првом реду од различитих биљних остатака, у неким случајевима помешаних са органским ђубривима и/или живо-тињским остацима, добија се компост, органско ђубриво и побољшивач земљишта. У процесу компостирања најчешће се користе биљни и животињски отпад пореклом из баште, врта, кухиње, ређе из индустрије, као што су остаци воћа, поврћа, стабљике, лишће, слама, покошена трава, гранчице, пепео, делови хране и др. Од наведеног отпада, лишће и зелени делови биљке су "богатији" минералним материјама него задрвенели делови. Повољан однос C:N треба бити 25:1, у случају да није тако, добија се неупотребљива маса која може бити тамножуте (више C) до зеленксте (већи удео N) боје. Приликом компостирања треба пазити да се у компостиште „не унесу“ болесне биљке, ризомски корови и други индустријски отпад из домаћинства. Такође, треба водити рачуна да се у компостиште

не лагерују корови који имају семе и/или они који имају патогене јер и једни и други могу поднети веома високе температуре у току биолошке разградње. Што се тиче квалитета односно садржаја активних материја зрео компост је по хемијском саставу сличан стајњаку, т.ј. садржи 0,3-0,5% азота, 0,2% фосфора, 0,2-0,3% калијума и око 0,6% калцијума.

Пре него га употребимо компост је потребно дезинфиковати, ова мера се најчешће обавља воденом стерилизацијом тј. стерилизацијом паром. Примена компоста је вишеструка, најчешће се користи као сировина за производњу супстрата у расадничарству, цвећарству, повртарству, гљиварству и сл. За ђубрење се употребљава непо-средно пре сетве или садње, у количинама 3 – 6 kg m<sup>-2</sup>, са дејством од три до пет година. Када га примењујемо компост не треба уносити дубоко у земљиште, већ то обавити да он буде при површни (идеално до 5 cm дубине). Количине компоста које се примењују зависе од гајене врсте, рока сетве/садње, типа производње и др. На пример, веће количине компоста се код поврћа примењују за тзв. главне врсте као што су: парадајз, кромпир, паприка, бостан, краставац и др., док се за остале повртарске врсте примењују мање количине овог органског ђубрива. Компост се због својих позитивних особина највише користи за производњу супстратних смеша, потом за побољшање особина сетвеног слоја, затим за пикирање расада, али и у самој сетви као „покривни слој“ семена (Filipović, 2012). Компостирање се препоручује у

органској пољопривреди као менаџмент алат за збрињавање насталог отпада, али и за контролу семена корова, штеточина и болести (Simić i sar., 2017).

### **Класични компост**

Ток процеса компостирања код производње класичног компоста се у компостној гомили врши на месту које је заштићено од ветра и јаког сунца са приступачним прилазом у различитим метеоролошким условима.

Приликом изградње компостишта не треба користити бетонске и/или камене плоче које спречавају „рад“ микро-организмима, глистама и другим корисним организмима који врше разградњу лагерованог отпада. Поред за ту намену специјално изграђених објеката (компостишта), компостирање се може вршити формирањем гомила отпада на отвореном.

Димензије компостне гомиле су различите, што у првом реду зависи од количине компостног материјала (отпада) и намене добијеног компоста. За мање количине отпада, димензије компостишта су најчешће 2,0 m ширине и 1,5 m висине. Површински слој земље се уклони (од 5 до 10 cm) и због обављања дренаже тај слој се напуни стабљикама или гранчицама, ради што боље дренаже. Уколико је могуће компостирање на отвореном треба као такво избегавати, пре свега због присуства различитих врста патогена које у великој мери могу смањити квалитет добијеног компоста, али и због неконтролисаних услова

спољашње средине, пре свега високих температура. Поред компостирања на отвореном компостирање коришћењем посебно дизајниране конструкције тј. компостишта које може бити различите величине, правоугаоног, квадратног или округластог облика и изграђено од различитих врста материјала (дрво, лим и жица). Један од предлога могућег изгледа компостишта јесте компостиште које је изграђено на локацији производних и прерађивачких јединица Института за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ у Панчеву. Компостиште је изграђено од дрвених летви и импрегнираних багремових стубова, капацитета пројектованог за годишње складиштење биљног отпада насталог у Институту (Filipovic et al., 2013). Пожељно је да приликом изградње компостишта, компостиште има отворе како би аеробни микроорганизми могли да дишу, односно да се несметано обавља процес разградње лагерованог отпада, у супротном врло брзо долази до пропадања масе и труљења. За једно просечно двориште или башту, димензије компостишта су реда величина од 2 m x 2 m x 2 m. Како би се убразао процес компостирања, пожељно је да се у свеж тек нанет отпад дода и одређена количина зрелог компоста који ће „иницирати“ бржу разградњу органске материје. Такође, приликом уношења отпада у компостиште поред горепоменутих препорука, треба бити обазрив са уношењем „споро – разградљивог“ отпада, као што су: лишће ораха, тополе, брезе, платана, иглице четинара и др. (Oljaca et al., 2020).

Пре него се отпочне са процесом компостирања пожељно је крупан отпад уситнити на величину не већу од 5,0 cm а ради брже разградње и сазревања. Након тога, уситњена маса се припреми на следећи начин: уколико је маса сувља потребно ју је залити или обратно, уколико је маса влажнија, потребно је засушити неким од доступних отпада. У току процеса разградње, услед биохемијских процеса, у средини масе температура може достићи 70 °C и више степени, што зависи од врсте унетог отпада, учесталости мешања и заливања, спољашње температуре и сл. У просеку за просечну компостну гомилу, овако високе температуре укупно трају од 2,0 до 4,5 месеца. По истеку тог периода масу је потребно промешати и поново покрити, а у циљу „обнављања“ активности рада микроорганизама. У том периоду од микроорганизама најактивније су гљиве, бактерије и *col-embole*, да би касније након „хлађења“ на температури од око 25 °C њихову „улогу“ преузеле кишне глисте и инсекти. У одређеним случајевима крај разградње може бити након пола године, ипак како је потврђено у истраживањима и пракси, најквалитетнији компост се добија након годину дана односно у моменту када маса потпуно „сазри“.

Препоручене мере неге приликом компостирања су: мешање, заливање (орошавање), прихрана и заштита компостним чајевима, контролисање здравственог стања и чување у току компостирања. Једна од две најзначајније мере неге у процесу компостирања

је мешање. То се чини пре свега због уједначеније разградње целокупне масе у компостишту. Мешање се обавља више пута у току компостирања, што зависи од унете врсте отпада, момента компостирања, временских услова који владају у току процеса компостирања и др. Мешање је значајно због „проветравања“ унете масе и обезбеђења довољно ваздуха (кисеоника) за нормалан рад микроорганизама. Целокупна маса се у процесу компостирања редовно преврће и меша. Мешање се изводи машински и/или ручно (лопатама, вилама, кукастим шипкама и сличним оруђима). Број и интензитет мешања зависе од отпада који се компостира, временских услова при којим се врши компостирање и сличног. Обично се меша 3 до 4 пута у току целокупног процеса компостирања. За мешање постоје специјалне машине чији учинак може да буде и до 100 m<sup>3</sup> на сат. У пракси се често користе и стандарне машине за поступак са чврстим стајњаком, свакако трактор са предњим утоваривачем или краном. Приликом сваког мешања температура масе ће се смањити а након неког времена поново повећати, јер се поново активирају биохемијски процеси разградње. Друга најзначајнија мера неге при компостирању је заливање. Заливање (орошавање) се изводи у моменту када се засуши компостна маса. Ако није превише хидратисана (сува) маса, могуће ју је поправити додавањем неког свежег органског ђубрива као што су: стајњак, глистењак и сл. Заливањем се обезбеђује вода за несметан рад микроорганизмима који у исушеној

компостној маси не могу дуго опстати. Повремено треба проверити здравствено стање компостне масе, које се најчешће може погоршати услед велике влажности, која ствара анаеробне услове и погодује развоју патогених гљива. Уколико је то случај додаје се камено брашно и неки структурни материјал који својим квалитативним својствима неутралишу неугодне мирисе изазване великом влажношћу и присуством патогена.

Прихрана и заштита компостним чајевима, има за примарни циљ подизање нивоа азота у компостној маси, али и спречавање појаве појединих патогених врста гљива. Песак и камено брашно је потребно додавати због побољшања физичко-механичких карактеристика компоста. Често се ради повећања садржаја азота у компостној маси, додаје и неки од доступних згорелих стајњака. У последње време се често користе и приправци на бази лековитог биља, пре свега на бази коприве (*Urtica dioica* L.), гавеза (*Symphytum officinale* Wallwort), маслачка (*Taraxacum officinalis* Weber), белог лука (*Allium sativum* L.), раставића (*Equisetum arvense* L.), хајдучке траве (*Achillea millefolium* L.), невена (*Calendula officinalis* L.) и сл. Ови приправци се могу направити од већег броја биљака, али у пракси се најчешће користе монокомпонентни. У иностранству, а све више и код нас, се за ту намену могу купити као готови комерцијални производи најчешће преко интернета, потом у различитим маркетима мешане робе, као и у специјализованим радњама за органску производњу или

у пољопривредним апотекама. Да компостна маса при класичном методу компостирања не би била изложена великој инсолацији (осунчаности), падавинама и јаком ветру потребно је на врх исте нанети слој баштенске или ливадске земље или неки од доступних материјала (сено, слама и др.). Такође је пожељно на само компостиште посејати (посадити) неку од широколисних биљних врста (бундеве, тикве и сл.) а око компостишта неке од високорастућих биљних врста (сунцокрет, чичока, морач, кукуруз и др.). Ако је процес компостирања започет у јесен, да би се „задржала“ топлота и влага пожељно је компостну гомилу покрити слојем сламе, коју треба обазриво навлажити. На тај начин микроорганизми и њихово присуство и рад се „конзервирају“, чиме се спречава њихово напуштање компостне гомиле.

Изгледом технолошки зрео компост настао класичном методом компостирања, веома подсећа на добро згорели стајњак и/или на шумско земљиште листопадних шума, то пре свега због своје мрвичасте структуре, тамно – смеђе боје, уједначене масе и пријатног мириса на земљу. Карактеристике квалитетног класичног „хладног“ компоста су: технолошка зрелост, задовољавајући садржај органске материје, одсуство семена корова и патогених организама, чистоћа, рН вредност (од 6,0 до 7,8), величина честица (<1,3 cm), тамна боја, пријатан мирис земље и садржај влаге мањи од 50%, одсуство тешких метала и осталих токсичних материја.

Зрели компост углавном садржи различите врсте микроорганизама и бескичмењака, њихових скелета и осталих продуката разлагања, као и одређени део органских материја коју нису могле да се разграде. Према нашем искуству, по завршетку компостирања компостна гомила се смањи за трећину. У том моменту идеални однос угљеника и азота (C:N) треба буде око 8(10):1.

Према подацима Вергара и Силвер (2019) уколико се стајњаку дода само 9% зеленог отпада дневна емисија  $\text{CO}_2$  се дешава рано, већина емисија  $\text{CO}_2$ , са скоро 50% емитованог  $\text{CO}_2$ , у прве три недеље компостирања ( $19 \pm 3,7 \text{ g CO}_2 \text{ kg}^{-1}$  влажне сировине) слично као и када је у питању емитовање  $\text{CH}_4$ . Укупна директна емисија гасова стаклене баште из оваквог компостирања износи око  $57 \text{ g CO}_2 \text{ e kg}^{-1}$  ( $75\text{--}150 \text{ g CO}_2 \text{ e kg}^{-1}$  укључујући биогени  $\text{CO}_2$ ). Директне емисије су током компостирања, један важан и најнеизвеснији елемент емисије гасова стаклене баште. Друга два главна тока угљеника обухватају емисије које би се јавиле под „уобичајеним“ управљањем биљним отпадом и секвестрацију угљеника након примене компоста у земљиште. Нето емисије током животног циклуса од компостирања стајњака и зеленог отпада и примену компоста на травњаке су негативне ( $-690 \text{ g CO}_2 \text{ e kg}^{-1}$  искључујући биогени  $\text{CO}_2$ ; између  $-590$  и  $-670 \text{ g CO}_2 \text{ e kg}^{-1}$  укључујући директно измерене вредности биогеног  $\text{CO}_2$ ) што значи да се емисије избегавају на нето основи (Vergara, Silver, 2019). Једноставно речено, нето нула се односи на равнотежу

између количине произведеног гаса стаклене баште и количине уклоњене из атмосфере. Нето нулу достижемо када износ који додамо није већи од износа који смо одузели. Ипак, узимајући у обзир процењене емисије гасова стаклене баште, највећи утицај у процесу класичног компостирања, на укупну вредност емисије угљеника од  $67 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$ , има биљни отпад (87,4%), затим следе влага и мешање компостне масе (Diasono et al., 2019). По садржају активних материја компост добијен класичним компостирањем најсличнији је стајњаку, најчешће је односа N:P:K:Ca=0,6-0,8%:0,2-0,5%:0,4-1,3%:1,5-6,0% који се у зависности мења од врсте биљног отпада. Примера ради, како би испоштовали одредбе Закона о управљању отпадом („Сл. гласник РС”, бр. 36 од 15. маја 2009, 88 од 23. новембра 2010, 14 од 22. фебруара 2016, 95 од 8. децембра 2018 - др. Закон), а према смерницама из Елабората о квалитету компоста (дел. бр. 152 од 12.05.2015. године) и Плана управљања биолошким отпадом (дел. бр. 127 од 15.04.2015. године) који је донео и примењује Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“ из Београда биљни отпад који је настао у процесу производње и прераде лековитог биља између осталих параметара карактерише рН вредност од око 7,6, садржај укупног азота од око 2,3% и приступачног фосфора и калијума од око  $500 \text{ mg}/100\text{g}$  биљног отпада.

## **Брзи (топли) метод компостирања**

У односу на стару класичну методу компостирања, где процес компостирања траје минимално шест месеци, а оптимално годину дана, код „брзе (топле) методе компостирања“ или „Берклијеве методе“, компост се добија након 2 до 3 недеље. У највећем броју доступних извора, устаљен је термин „18-Day Fast Compost“ или „осамнаестодневни брзи компост“. Додатни напор оператера који врши компостирање јесте више уложеног људског рада у краћем временском периоду, што је укупно узевши далеко мање уложеног људског рада у поређењу са уложеним радом у процесу старог (класичног) компостирања.

Да би се „брзи метод компостирања“ спровео на најквалитетнији начин требало би се придржавати следећих правила:

**Прво, величина биљног отпада**, који се користи у овом методу, треба да је величине од 1,0 cm до 4,0 cm. Ово је значајно, пре свега из разлога директног утицаја на брже разлагање коришћене биомасе и брже покретање процеса њеног разлагања (минерализације). „Мекши“ биљни отпад се може уситнити на крупније комаде, док „сувљи“ и „дрвенастији“ отпад треба што више уситнити, ако постоји могућност и самлети, како би се што брже компостирао. За ову сврху најчешће се користе машине за сецкање (резање) дувана, лековитог и ароматичног биља које покреће електромоторни погон.

Њихова дебљина резања (уситњавања) је у интервалу од 0,01 до 1,0 mm. Машине за сецкање су различитих капацитета рада и зависе од присутних количина биљног отпада које су планиране за третман компостирања.

**Друго, однос угљеника и азота**, очекивани однос C:N у биљном отпаду треба бити 25(30):1. Како је наведено, у случају да није тако, добија се неупотребљива маса која може бити тамножуте (више C) до зеленксте (већи удео N) боје. У литературним изворима, најчешће се подела врши на „браон“ и „зелену“ фракцију биљног отпада, односно фракцију богату угљеником и фракцију богату азотом. У браон фракцију (богата угљеником) најчешће спадају: пиљевина, гранчице и гране добијене резидбом, осушена трава, осушено лишће, слама и слично. Зелену фракцију (богата азотом) најчешће чине: свежа покошена трава, свеже лишће, старо цвеће, коров, остаци воћа и поврћа и слично. Приликом формирања компостне гомиле адекватан однос се не може лако измерити, искуство је показало да мешање једнаких количина браон и зеленог биљног отпада даје приближно очекивани однос угљеника и азота (C/N) од 25(30):1.

**Треће, влага у компостној гомили.** У циљу да се брзо компостирање одвија на најквалитетнији начин потребно је да влага у компостној маси буде око 50%. Као и код класичног, тако и код брзог метода компостирања се примењује „брзи тест за оцену зрелости компоста“

на начин, да уколико масу коју стиснемо у шаџи, почне да капље вода значи да је маса влажнија од жељене, ако се маса распада значи да је маса сувља од жељене, а ако маса задржи облик добијен стиском и не „шушка“ значи да је влага око 50 – 60%.

**Четврто, топлота**, која је веома важна за метод брзог компостирања, настаје дисањем микроорганизама док разграђују биљни отпад. Један од начина у брзом методу компостирања је да се сачува топлота и акумулише потребна количина топлоте, јесте да компостиште има најмање могуће дозвољене димензије од око 90 x 90 x 90 cm. Ако је компостиште мање од ових димензија, метода брзог компостирања се неће десити. Унутар самог метода, постоје мишљења да се сам процес брзог компостирања одвија у кантама, због бољег „задржавања“ топлоте него у компостиштима. Поред тога, употребом канти сама метода је много практичнија и доступнија већем броју корисника. Ипак, неретко се дешава да се употребом канти за ову намену, врло често се аеробни услови замене анаеробним, где је присуство кисеоника сведено на минимум односно бележе се изузетно ниске концентрације кисеоника т.ј. у великом броју случајева и његовим потпуним одсуством. Код употреба канти, температура се брже повећава и микроорганизми брже разграђују третирани биљни отпад (просек температуре је око 70 °C), при чему се мора веома водити рачуна о присуству кисеоника и влажности масе. Већина произвођача компоста методом

брзог компостирања искусствено зна, колика је температура у унутрашњости гомиле, ипак пожељно је да се за потребе контроле температуре користи неки од убудних термометара.

**Пето, мешање компостне гомиле.** Ову меру неге спроводити у моменту уколико за њу постоји потреба. Уколико би се она често изводила, компостна маса би се хладила и процес разградње би трајао дуже од очекиваног. Ако температура компостне масе пређе предвиђених 70°C, масу обавезно промешати. Поред смањења температуре, мешањем се уноси кисеоник и мало смањује влажност (уколико је повишена!). Масу треба мешати тако да отпад који је био у средини дође споља, а онај споља у средину. На овај начин се брзо уједначи температура и процес разлагања биљног отпада се у компостној гомили наставља. Уколико се процес брзог компостирања одвија у кантама, пожељно је да се имају две канте тако да се маса може мешати и пребацивати из једне у другу. Уколико су канте пуне и само мешање отпада је проблематичније, касније како одмиче компостирање, компостна маса постаје мања и зато што канта више није пуна, нешто топлоте ће се изгубити на врху. Ово се може спречити коришћењем комада полиетиленске фолије, која је нешто већа са горње површине канте. Након што се компост окрене, постављена фолија директно на врху компоста је увучена око ивица. Ако се отпад у гомили окреће (меша) сваки дан, за то ће бити потребно 2 недеље или мало дуже. Ако се окреће сваки други дан, биће потребно око 3

недеље. Што је дужи интервал између окретања биће више времена потребно за компостирање.

**Од шестог до осмог правила**, дате су смернице да **се у компостну масу** након формирања ништа **не додаје** (шесто и седмо правило, осим ако је потребно додатно регулисати однос C:N који је описан у деветом правилу). Уколико се припрема и формирање компостне гомиле у компостишту ураде исправно, гомила ће се загрејати до високе температуре у року од 24 до 48 сати (осмо правило). Уколико то није адекватно урађено, ако је гомила превише влажна или пак нема довољно азота (недостатак зеленог отпада), треба додати сув и зелен отпад како би се успоставили услови за успешно брзо компостирање (или раширити масу да се просуши). Уколико је маса превише сува, маса се орошава до тражене влажности.

**Девето**, ако је однос C:N мањи од 30:1 органска материја ће се врло брзо разградити, али нажалост **ће се изгубити** и одређена **количина азота**. Најчешће се азот, губи у виду амонијака и препознаје се по карактеристичном мирису на амонијак. Губитак се може смањити уносом пиљевине, која је веома богата угљеником и која има мало азота (висок однос C:N) и стога неутралише непријатан мирис амонијака.

**Десето правило**, биљни отпад који не треба додавати у масу за компостирање: земља, пепео и измет од месоједа (пси, мачке и др.).

**Једанасто правило**, брзо разлагање биљног отпада може се открити помоћу непријатног мириса и појаве плесни, који су настали као последица повећане температуре (ово је најчешће видљиво у облику водене паре!).

У наредном тексту, гледано по данима, приказане су фазе које су у претходном делу биле описане:

**Први дан** – Формирање компостне гомиле, која се остави да стоји **4 дана**.

Мешање различитих врста биљног отпада се врши на тај начин што се наизменично слажу танки слојеви „зеленог“ и „браон“ отпада. Гомила се навлажи тако да задовољава тражену влажност од 60%. Кад се постави, гомила се остави да „мирује“ **4 дана** (први и наредна три дана).

Савет: Активатор компоста као што је гавез, коприва или хајдучка трава, животињски или рибљи материјал, стари („зрели“) компост, може се ставити у средину компостне гомиле како би се поспешео процес компостирања.

**Пети дан** – Мешање гомиле компоста, потом се остави да одстоји **један дан**.

Мешање компостне гомиле, се врши од споља ка унутра, односно од унутра ка споља. Приликом мешања компостне гомиле, помера се спољашњи део гомиле на место поред ње и наставља да се меша отпад помера материјал са спољашње стране на нову гомилу. Када је окретање



Табела 1. Различите врсте показатеља двају метода компостирања

Показатељи	Класични или хладни метод	Брзи или топли метод
Укупно произведена количина компоста по производној јединици (компостишту)	Производи се мање компоста.	Производи се више компоста.
Време компостирања	Од 6 месеци до 2 године.	Од 14 до 21 дан, најчешће 18 дана.
Формирање компостне гомиле	У више наврата.	Одједном.
Контрола влаге и односа C/N	Ниска контрола.	Висока контрола.
Емисија гасова	Уједначенија емисија гасова (CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> ) од почетка до краја процеса компостирања.	У последњој трећини процеса компостирања, смањује се емисија гасова у атмосферу (нпр. смањује се концентрација CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> ).
Чување азота	Чува више азота.	Чува мање азота.
Коришћење угљеника и азота	Приликом разлагања биљног отпада микроорганизми користе угљеник за енергију и азот за синтезу протеина.	Приликом разлагања биљног отпада микроорганизми користе угљеник за енергију и азот за синтезу протеина.
Биљне болести	Због одабране технологије компостирања, не успева да уништи значајан део патогена.	Оваквим компостирањем се уништава више значајних врста биљних патогена.
Штеточине	Један део штеточина не преживи.	Већина штеточина због високих температура не преживи.
Клијавост семена корова и осталих биљака	Због одабране технологије компостирања, тј. нижих температура већи проценат семена корова „преживи“.	У највећем броју случајева потпуно се „одузима“ клијавост семена корова.
Простор за компостирање (компостиште)	Спорије ослобађање простора где се вршило компостирање.	Брже ослобађање простора где се вршило компостирање = ефикасно се користи простор!
Губитак хранљивих материја	Мањи губитак хранљивих материја.	Значајно се смањује испирање (губитак) појединих хранљивих материја.
Величина улагања	Већа улагања, како људске радне снаге, тако и машина које се користе за утовар/ истовар и мешање масе, али и трошкова насталих заливањем масе и додавањем новог отпада на компостну гомилу.	Мања улагања, како људске радне снаге, тако и за опрему која се користи за мешање масе, али и трошкова насталих заливањем масе.

завршено, сав материјал који је био унутар гомиле биће напољу и обрнуто.

Да би се контролисала влага и да иста остане константна, користи се „брзи тест за оцену зрелости компоста“ на начин описан у трећем правилу „брзог метода компостирања“. Након тога, наредног дана се остави гомила компоста да одстоји и не окреће се.

Савет: Ако се гомила компоста превише навлажи, она се рашири или се отвори рупа ширине око 7-10 cm помоћу дршке виле или се ставе штапићи испод за дренажу.

**Седми и девети дан** – Мерење температуре, мешање компоста, потом се остави да одстоји један дан.

Измери се температура у језгру компостне гомиле. Компостна гомила би требало да достигне максималну температуру између седмог и деветог дана. Једноставна смерница, ако човек може да стави руку у компост до лакта, онда он није на 50°C и није довољно врућ. За ову сврху најбоље је користити термометар за компост или термометар за колаче. Процес врућег компостирања треба да достигне оптималну температуру од 55-65°C. Уколико су температуре веће од 65°C, често се на гомили уочава бела „бућ“ или плесан, коју стварају анаеробне термофилне бактерије, која се често погрешно назива „ватрена мрља“. Ова бактерија се појављује када се компост превише загреје, преко 65°C и у условима у којима нема довољно кисеоника, а нестају када температура

падне и аеробне бактерије за компост поново преузму своју функцију. Како је поменуто, температура достиже врхунац од седмог до деветог дана и постепено се хлади до осамнаестог дана. У овом периоду гомила се меша и седмог и деветог дана, да би се осмог и десетог дана будући компост оставио да мирује.

Савет: Ако гомила компоста почне брзо да се смањује, то значи да у компосту има превише азота. Такође, уколико је температура гомиле ниска, потребно је додати мало ђубрива (једна шака крвног или коштаног брашна) коју је потребно умешати у гомилу. Супротно горепоменутом, ако се гомила превише загреје, смрди и смањи масу, то значи да има превише азота, тада је потребно додати шаку пиљевине.

**Једанаести, тринаести, петнаести и седамнаести дан** – Мешање компоста, и потом наредног дана „мировање“ компостне гомиле.

Процес неге компостне гомиле се наставља, на начин што се сваког другог дана меша компостна гомила (11, 13, 15. и поново 17. дана). Након мешања будући компост се остави да један дан „мирује“.

**Осамнаести (последњи) дан** брзог компостирања – Готов „зreo“ компост, спреман за коришћење. Готов компост ће бити топао, тамно браон и добро мирише. У том моменту у гомили би требало да се налазе кишне глисте јер је то један од знакова да је он зreo, тј. технолошки спреман за употребу.

## Класични vs. брзи метод компостирања

У Табели 1 приказане су различите врсте показатеља који се односе на два посматрана начина компостирања и наводе се аргументи за и против коришћења односно некоришћења једног или другог метода компостирања. Како се из Табеле 1 примећује и један и други метод компостирања имају своје предности и недостатке. Ипак, укупно гледано већи број предности употребе једног од ова два метода компостирања је на страни брзог метода компостирања и као такав се намеће као препорука у даљем третману пре свега биљног, али и осталог органског отпада. Наиме, према Kanhai et al. (2021) уколико се биљни отпад компостира и то према неком од топлих метода компостирања, када је у питању енергетска потрошња, тако и емисија  $\text{CO}_2$  оне су веће код било које методе компостирања (503,99 kg) него код складиштења отпада на депонију (119,87 kg). Ипак компостирањем добијамо високовредно органско ђубриво, а лагровањем на депонију то остаје неискоришћени отпад. При брзом методу компостирања једанаестог дана компостирања емисија  $\text{CO}_2$  расте и достиже свој максимум  $22,5 \text{ mg } (\text{CO}_2) \text{ g}^{-1} \text{ dm dan}^{-1}$ , док петнаестог дана она износи  $12 \text{ mg } (\text{CO}_2) \text{ g}^{-1} \text{ dm dan}^{-1}$  и касније до краја компостирања она опада (Precioso De Oliveira et al, 2022).

Могућност уштеде у времену и простору приликом примене брзе методе компостирања, потврђено је на примеру истраживања три врсте компостирања, где су упоређивани традиционални систем компостирања, вермикомпостирање и Берклијева или брза (топла) метода компостирања. Брза метода је потврдила не само технолошку одрживост, него и економску и еколошку оправданост (Else, Du Plessis, 2018).

## Закључак

Како се из приложеног може видети, увођењем топлог (брзог) метода компостирања, осим економске користи, видљива је и еколошка корист која се огледа у производњи више компоста у краћем временском интервалу. Значајно за ову методу је и чињеница што се у последњој трећини оваквог начина компостирања смањује емисија  $\text{CO}_2$  и других штетних гасова насталих минерализацијом употребљеног биљног отпада.

Према доступним информацијама и оствареним резултатима применом топле (брзе) методе компостирања и применом овако насталог компоста у пољопривреди и осталим гранама привреде, на третираним земљиштима оваквим компостом би у одређеној мери могао да се смањи утицај емисије два најпроблематичнија гаса стаклене баште –  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ .

Радује чињеница да све већи број сертификованих органских произвођача користи брзи метод компостирања односно Берклијев метод, при чему се у појединим случајевима производи

сертификовани органски компост и на тај начин биљни отпад се прерађује и враћа на фарму или пак пакује и продаје, чиме се поштују принципи циркуларне биоекономије и штити животна средина.

## Литература

- Atchley, K. (2013). *Hot Composting with the Berkeley Method*. Kerr Center for Sustainable Agriculture. date retrieved: February 22, 2022, from: <http://www.kerrcenter.com>.
- Brown, A., Subler, S. (2007). Composting and greenhouse gas emissions: a producer's perspective. *Biocycle*, 37-41.
- Vergara, S. E., Silver, W. L. (2019). Greenhouse gas emissions from windrow composting of organic wastes: Patterns and emissions factors. *Environmental Research Letters*, 14(12): 124027.
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F., Ciaccia, C. (2019). Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. *Sustainability*, 11(14): 3824, 1-17.
- Else, M., Du Plessis, R. (2018). *The potential for composting in medium density urban households in South Africa*. Implementing the waste hierarchy - Assessing recycling potential of restaurant waste. Wastecon, 16-18 October, Johannesburg, South Africa, 1-14.
- EC, European Commission (2020a). A farm to fork strategy - for a fair, healthy and environmentally friendly food system: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 381 final.
- EC, European Commission (2020b). EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions. COM(2020), 380 final.
- EC, European Commission (2022). *A European Green Deal*. European Commission, date retrieved: February 26, 2022, from: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europeangreen-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europeangreen-deal_en) Accessed 22 Apr. 2021
- IBRD (2022). *Trends in Solid Waste Management*. The International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), Washington, D.C., U.S.A, date retrieved: February 22, 2022, from: [https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends\\_in\\_solid\\_waste\\_management.html](https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html).
- Kanhai, G., Fobil, J. N., Nartey, B. A., Spadaro, J. V., Mudu, P. (2021). Urban Municipal Solid Waste management: Modeling air pollution scenarios and health impacts in the case of Accra, Ghana. *Waste Management*, 123, 15-22.
- Mäder, L., Pfiffner, L., Niggli, U., Balzer, U., Balzer, F., Plochberger, A., Velimirov, A., Boltzmann, L., Besson, J. M. (1993). Effect of three farming systems (bio-dynamic, bio-organic, conventional) on yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Esculenta* L.) in a seven-year crop rotation. *Acta Horticulturae*, 339, 11-31.
- Oljaca, S., Ugrenovic, V., Filipovic, V., Ognjenovic, S., Bicikliski, O., Kolev, G., Jurjević, N., Kešelj, O. (2020). *Handbook on organic farming*. National Association for Organic Production Development "Serbia Organica", Serbia, Green Box Cultivation doo, North Macedonia, ProcertControl and Certification OKS, North Macedonia and NGO Eko-Zadar, Croatia.

Precioso De Oliveira, B. M., Leal, M. A., França De Oliveira, D., García, A. C. (2022). Chemical and spectroscopy characterization of a compost from food waste applying the hot composting Berkeley method. *International journal of recycling organic waste in agriculture*, 11(2): 153-164.

Santos, C., Fonseca, J., Coutinho, J., Trindade, H., Jensen, L. S. (2021). Chemical properties of agro-waste compost affect greenhouse gas emission from soils through changed C and N mineralisation. *Biology and Fertility of Soils*, 57(6): 781-792.

Simić, I., Filipović, V., Oljača, S., Ugrenović, V. (2017). *Uticao organske poljoprivrede na zaštitu životne sredine, biodiverzitet, očuvanje genetičkih resursa, klimatske promene i kvalitet zemljišta*. Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje "Serbia Organica", Beograd.

Stojanović, N. (2021). *Evropski zeleni dogovor i Strategija od „njive do trpeze“ za pravedan, zdrav i ekološki prihvatljiv prehrambeni sistem*. Zbornik radova IX Naučnog skupa „Izazovi pravnom sistemu“, Pravni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Istočno Sarajevo, 24.10.2021. Proceedings, 130-149.

Filipović, V. (2012). *Kompostiranje - od organskog otpada do korisne sirovine*. "Organic news" 19:6 - 7, ISSN 2217-9844 (Online).

Filipovic, V., Dimitrijevic, S., Markovic, T., Radanovic, D. (2013). *Construction of composter on production and processing unit of the institute for medicinal plant research "Dr Josif Pančić"*. XIII Congress of Serbian soil science society and first international "Soil – water – plant". Serbian Soil Science Society and Institute of Soil Science, Belgrade. Belgrade, 23-26 September. Proceedings, 373–382.

Ho, A., Reim, A., Kim, S., Meima-Franke, M., Termorshuizen, A., de Boer, W., van der Putten, W., Bodelier, P. (2015). Unexpected stimulation of soil methane uptake as emergent property of agricultural soils following bio-based residue application. *Global Change Biology*, 21(10): 3864-3879.



# КАРБОНСКИ КРЕДИТИ: *CAP AND TRADE* СИСТЕМ И КАРБОНСКИ КРЕДИТИ У ПОЉОПРИВРЕДИ

Јонел Субић<sup>1</sup>, Марко Јелочник<sup>2</sup>

## Сажетак

Карбонски кредит је општи термин за сваки сертификат или дозволу којом се може трговати, а која представља право на емитовање одређене количине угљен-диоксида или еквивалентне количине другог гаса са ефектом стаклене баште.

Карбонски кредити и тржишта угљеника су компонента националних и међународних покушаја да се ублажи загађење животне средине. У овом поглављу описани су карбонски кредити, и објашњене су теоријске основне карбонских кредита и *cap and trade* система, са посебним

освртом на предности и недостатке *cap and trade* система. Истовремено истакнуте су све специфичности Шеме трговања емисијама у Европској унији, као највећег и најразвијенијег система за трговање карбонским кредитима. Такође, тема овог поглавља је и употреба карбонских кредита у пољопривреди, која је још увек у почетној фази развоја, али поседује велик потенцијал.

**Кључне речи:** карбонски кредити, тржишта емисија, *cap and trade* систем, EU ETS, пољопривреда.

---

<sup>1</sup> Др Јонел Субић, научни саветник, Институт за економику пољопривреде, Волгина бр. 15, 11060 Београд, Србија, e.mail: jonel\_s@iep.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Др Марко Јелочник, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина бр. 15, 11060 Београд, Србија, e.mail: marko\_j@iep.bg.ac.rs



## Увод

У претходном периоду, а посебно током последње две деценије, стање светског екосистема се драматично погоршало. Инжењери животне средине и еколози непрекидно исказују забринутост због утицаја еколошких дисторзија и деградације животне средине на глобални екосистем. Стога, ова тема постаје фокус истраживања најширег спектра научних и стручних дисциплина, јер је велики број истраживача и креатора политика забринут због пораста различитих штетних емисија и њиховог утицаја на све аспекте природе и друштва. Поменута забринутост је оправдана, јер је већ дошло до конкретних еколошких катастрофа, као што су, на пример, екстремне временске појаве или пораст нивоа мора (Osuntuyi, Lean, 2022). Климатске промене и глобално загревање су несумњиво најозбиљније опасности за дугорочну одрживост целокупне планете, с обзиром на то да антропогене активности континуирано ослобађају огромне количине гасова са ефектом стаклене баште (GHGs), али и много других загађујућих једињења. Глобално, као резултат овога, државе су под притиском усмеравања на промптно решавање присутних еколошких проблема, али уз истовремено одржавање задовољавајућег нивоа економског раста (Munir et al., 2020).

Према извештају Међународног панела за климатске промене (IPCC) из 2021. године, глобално загревање би у блиској будућности могло достићи

1,5°C више температуре у односу на преиндустријски период, што би неизбежно изазвало вишеструко повећање климатских опасности и ризика по екосистеме и људе. Оно што се даље наводи у извештају је да је антропогени утицај загрејао атмосферу, копнене и водене површине, доводећи до врло распрострањених, брзих и непредвидивих промена у атмосфери, океану, криосфери или биосфери (IPCC, 2021). Свака од последње четири деценије била је сукцесивно топлија од било које деценије која јој је претходила почевши од 1850. године. Овај тренд илустрован је и на Графикону 1, који приказује просечну глобалну температуру аномалију у односу на просечну температуру из периода 1961-1990. година.

У линији са пројектованим глобалним климатским променама за регион јужне Европе (укључујући и Србију) очекиван је у блиској будућности израженији раст просечних годишњих и месечних температура (нарочито током вегетационе сезоне), пролонгирање топлотних таласа, генерално смањење падавина и интензификација сушних периода, који ће сумарно иницирати пад приноса гајених усева до чак 27% (Zubović et al., 2018). Овакве промене изазивају забринутост у вези са националном прехранбеном сигурношћу и угрожавањем извозног потенцијала пољопривреде (Jeločnik et al., 2019). Са друге стране, неке процене говоре да су штете (потенцијално изгубљени приноси) настале само под

утицајем суше у производњи базичних ратарских усева у Србији у периоду 2000-2015. година износили преко хиљаду милијарди РСД, односно преко 9 милијарди ЕУР (Jelošnik, 2017).

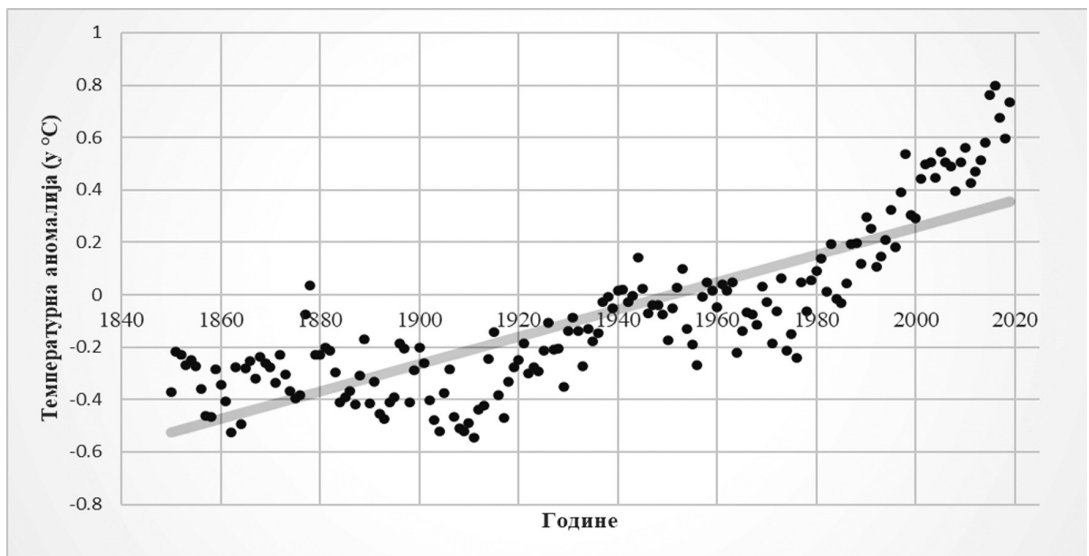
Климатске промене нису благодонеле ни према шумском комплексу у Србији. Примера ради континуирани раст температура је само у периоду 2003-2015. година довео до иницирања локалних шумских пожара којима је било угрожено преко 42% површина под буковим шумама (Milovanovic et al., 2017).

Са Графикана 1 је видљиво да су глобалне температуре рапидно порасле последњих деценија, достижући приближно за 0,7°C више температуре од

просечне из периода 1961-1990. година. Посматрајући првих 50 година од 1850. године, примећује се да су температуре биле приближно за 0,4°C ниже у односу на базни период. Посматрајући целокупни тренд, на графикону се јасно уочава да се укупни пораст температуре у посматраном периоду креће у опсегу 1-1,2°C (Our World in Data, 2022a).

Надаље, иако је питање глобализације донекле отворено и о коме се може доста дебатовати, већина стручњака се слаже да је она допринела, а и данас доприноси бржем економском расту и развоју глобалног друштва. Отвореност трговине, стране директне инвестиције и процес индустријализације вођен финансијском интеграцијом су неке од предности пословања у условима

Графикон 1. Просечна глобална температурна аномалија у периоду од 1850. до 2019. године (Извор: Прилагођено према подацима из Hadley Centre (HadCRUT4) базе, преузете са Our World in Data, 2022a; Ritchie et al., 2020; Morice et al., 2012.)



глобализације (Chuah et al., 2022). Међутим, процес глобализације може значајније угрозити животну средину и њену одрживост (Shahbaz et al., 2017), јер брза економска експанзија носи штетне последице по животну средину, доводећи до енормног раста емисије GHGs гасова, посебно CO<sub>2</sub> (Zhang, 2011).

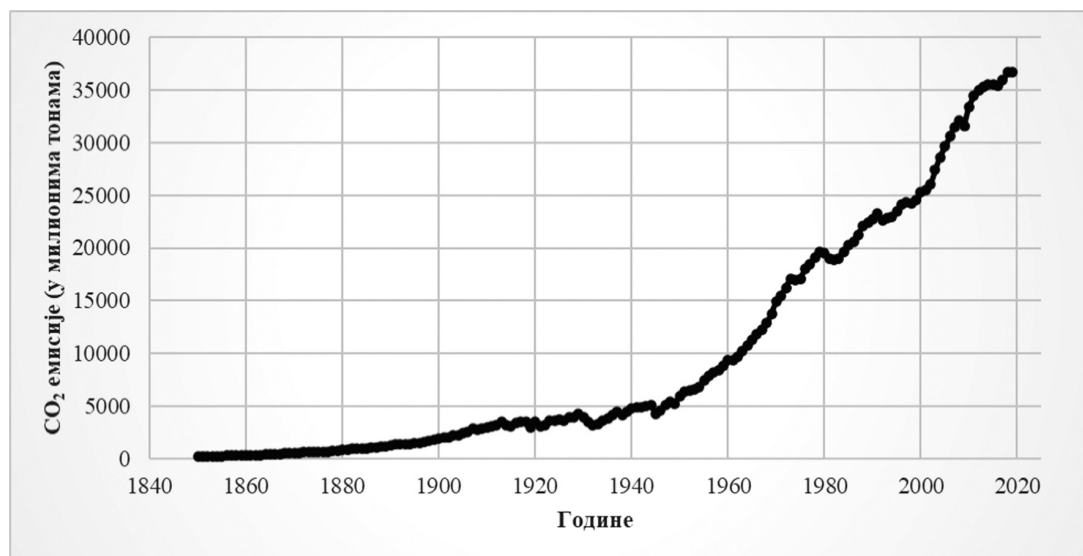
Глобалне емисије угљен-диоксида свакако су расле током времена. Растући тренд глобалних емисија угљен-диоксида проистеклих из сагоревања фосилних горива од средине XIX века до данас приказан је на Графикону 2.

Јасно је уочљиво да су емисије биле минималне у почетним деценијама периода посматрања, односно да је раст CO<sub>2</sub> емисија био прилично умерен све

до средине XX века. Међутим, до 1990. године оне су се скоро удвостручиле на више од 22 милијарде тона. Емисије су наставиле да расту израженим темпом, да би током 2019. године било забележено рекордних 36,7 милијарди тона емитованог угљен-диоксида.

Неопходно је напоменути да је немогуће избећи загађење животне средине у ситуацији када је економија заснована на трансформацији основних инпута у процесу креирања економских добара, попут земље, рада, капитала и сировина. Загађење, као неизбежан нуспроизвод привредне активности, сачињено је од различитих остатака производног процеса. Овај проблем је у економији познат под називом екстерналије, које Soubbotina (2004) дефинише као

Графикон 2. Глобалне емисије угљен-диоксида из сагоревања фосилних горива у периоду од 1850. до 2019. године (Извор: Прилагођено према подацима из Global Carbon Project базе, преузете са Our World in Data, 2022a; Ritchie et al., 2020.)



ефекте активности физичког лица или правног субјекта усмерене на треће лице који нису претходно економски компензовани. У конкретном случају фокусом на однос између економске активности и еколошких питања, можемо бити још прецизнији и говорити о концепту екстерналија животне средине, које представљају економски концепт некомпензованих еколошких ефеката у сфери производње и потрошње од утицаја на потрошачку корист и трошкове правних и физичких лица изван тржишног механизма (OECD SD, 2001). Овде су у питању негативне екстерналије, односно негативне последице економских активности које доживљава ма које неповезано (треће) лице. Најеклатантнији пример негативних екстерналија су различите врсте загађења животне средине, попут производних негативних екстерналија од утицаја на загађење ваздуха и расположивих водних ресурса.

Економисти и креатори јавних политика се већ дуже време баве ублажавањем штетног утицаја негативних екстерналија на ефикасност тржишта. Процес имплементације правила за ограничавање утицаја екстерналија на неповезана лица означава се као „интернализација“ екстерналија. Интернализација се обично постиже кроз државну интервенцију. Стога, једно од кључних питања је како пронаћи најадекватније и најефикасније методе интернализације екстерналија. Још пре више од пола века је истакнуто да је адекватан пут за успешно решавање

негативних екстерналија животне средине коришћење принудних метода (Hardin, 1968). Оне у савременом контексту, подразумевају ригорозно дефинисање имовинских права и увођење пореза и/или субвенција. У контексту интернализације негативних екстерналија животне средине, најчешће се помињу зелено опорезивање, еколошка легислатива и карбонски кредити (преносиве дозволе за GHGs емисије), (Mitić, 2020).

Ово поглавље се управо бави анализом стања и перспектива карбонских кредита. Након уводних разматрања, осврнућемо се на саме карбонске кредите и *cap and trade* систем. Потом ће се истаћи све специфичности Шеме трговања емисијама у Европској унији (EU ETS), односно, даће се приказ опште примене карбонских кредита у пољопривреди. Поглавље се завршава закључним разматрањима.

### **Карбонски кредити и „Cap and Trade“ систем**

Када говоримо о цени угљеника, односно о цени емисије угљеника, неопходно је напоменути да приближно 81% светске енергије настаје употребом фосилних горива (сирове нафте, угља и природног гаса), (IEA, 2021). Фосилна горива су богата садржајем угљоводоника и других једињења на бази угљеника, те су из тог разлога драгоцена као извори енергије. Угљоводоници су органска једињења која сачињавају само угљеник и водоник, и главне су компоненте сирове нафте и

природног гаса, а користе се као горива, мазива и сировине у производњи пластике, гуме, растварача, експлозива и многих синтетичких хемикалија (Cleveland, Morris, 2014). Својим обимом и учесталošћу, сагоревање фосилних горива изазива ако не и највеће утицаје на глобално загађење. Процене говоре да је њихово сагоревање заслужно за раст количине CO<sub>2</sub> у атмосфери за више од 25% (Casper, 2010), доводећи до бројних поремећаја у природи (климатске промене, загађење водотокова и мора, земљишног комплекса и друго) или болести код хумане популације (Kotcher et al., 2019; Armaroli, Balzani, 2011).

Трошкови коришћења једињења на бази угљеника као извора енергије морали би бити довољно високи како би иницирали неопходне промене у економском понашању људи и на тај начин ефикасно ограничили емисију гасова са ефектом стаклене баште (Nordhaus, 1992). У складу са деловањем слободног тржишта, висока цена економских активности које изазивају емитавање значајне количине загађења требала би да повећа и цену финалних производа на основу плаћања додатних трошкова везаних за емисију угљеника. Такође, повећањем цене која би се плаћала за емисију угљеника, потрошачи би постали свеснији који су то производи и услуге који интензивно емитују угљеник, како би их у наредном кораку користили значајно штедљивије. Цена емисије угљеника потпомаже и у процесу едукације произвођача из угла етикетирања извора енергије који интензивно продукују угљеник,

подстичући их на овај начин да користе нискоугљеничне алтернативе или обновљиве изворе енергије. Одређивање цене емисије угљеника подстиче и сектор истраживања и развоја, односно проналазаче и иноваторе у правцу развијања и имплементације производа и производних процеса које карактерише ниска емисија угљеника, а који би били адекватна алтернатива актуелним технологијама (Reichle, 2020). Управо на основу ове цене емисија угљеника установљени су карбонски кредити.

Према Corporate Finance Institute (CFI, 2022), карбонски кредити представљају тржишне механизме за минимизирање емисије GHGs. Другим речима, карбонски кредит је дозвола (сертификат) за емисију штетних гасова којом се може трговати, а која овлашћује имаоца исте да емитује једну тону угљен-диоксида или еквивалента неког другог гаса са ефектом стаклене баште. Карбонски кредити и тржишта угљеника су део националних, регионалних и светских напора да се успори пораст концентрације GHGs у атмосфери. Reichle (2020) наводи да је карбонски кредит новчана вредност која се приписује емисијама GHGs које су смањене или уклоњене из атмосфере као резултат пројекта или подухвата смањења њихове емисије. Користе их владе, индустрија или појединци у циљу компензације генерисаних емисија GHGs преко дозвољених граница.

Карбонски кредити су основна јединица којом се тргује на тржиштима угљеника.

Иако су често означени различитим називима, попут дозволе за емисију, додељене јединице, сертификованог смањења емисије или јединице смањења емисије, сви карбонски кредити су еквивалентни једној тони CO<sub>2</sub>. Čomić et al. (2017) наводе да званични документи Међународног панела за климатске промене (IPCC) не дефинишу појам „карбонски кредит“, већ дефинишу специфичне јединице које су у ствари карбонски кредити. Они наводе да је према анализи докумената USAID и IPCC појам карбонских кредита дефинисан на два начина. У контексту секвестрације, односно складиштења гасова са ефектом стаклене баште, један кредит за угљеник представља количину једне тоне CO<sub>2</sub> или CO<sub>2</sub> еквивалента (одређена маса другог GHGs претворена у еквивалент CO<sub>2</sub>, то јест у једну тону еквивалента угљен-диоксида - 1 tCO<sub>2e</sub>) који се уклања из система циркулације. Такође, у контексту испуњавања прихваћених обавеза (наметнутих или добровољних), карбонски кредит је термин за сваки тржишни сертификат или лиценцу која представља право на емисију једне tCO<sub>2e</sub>. Стога, према дефиницији Goldstein, Gonzales (2014), један карбонски кредит представља количину једне tCO<sub>2e</sub> која је смањена, елиминисана или ускладиштена, односно сертификат или дозволу да се емитује једна tCO<sub>2e</sub>.

Пре разматрања типова трговања на тржишту емисија GHGs, истиче се да опште посматрано, трансакције емисијама угљен-диоксида на тржишту

емисија GHGs могу обухватати (Šljukić, 2022; Stojanović, 2020; Munitlak Ivanović et al., 2014):

- Спот трговање: издавање и плаћање сертификата/дозвола врши се у временски врло ограниченом периоду, одмах по склапању договора;
- Форвард уговори: доспеће и плаћање сертификата/дозвола за емисију GHGs пролонгирано је за будуће време дефинисано у моменту трговине сертификатом;
- Опције: сертификати/уговори којима се и купцу и продавцу пружа могућност, али не и обавеза да изврши одређену трансакцију пре или на прецизиран датум. Стога, цена сертификата и датум извршења трансакције је претходно дефинисан, док купци подлежу трошковима флексибилности поменутих сертификата;
- Улагање у пројектне активности од стране купаца који ће резултирати смањењем емисија GHGs.

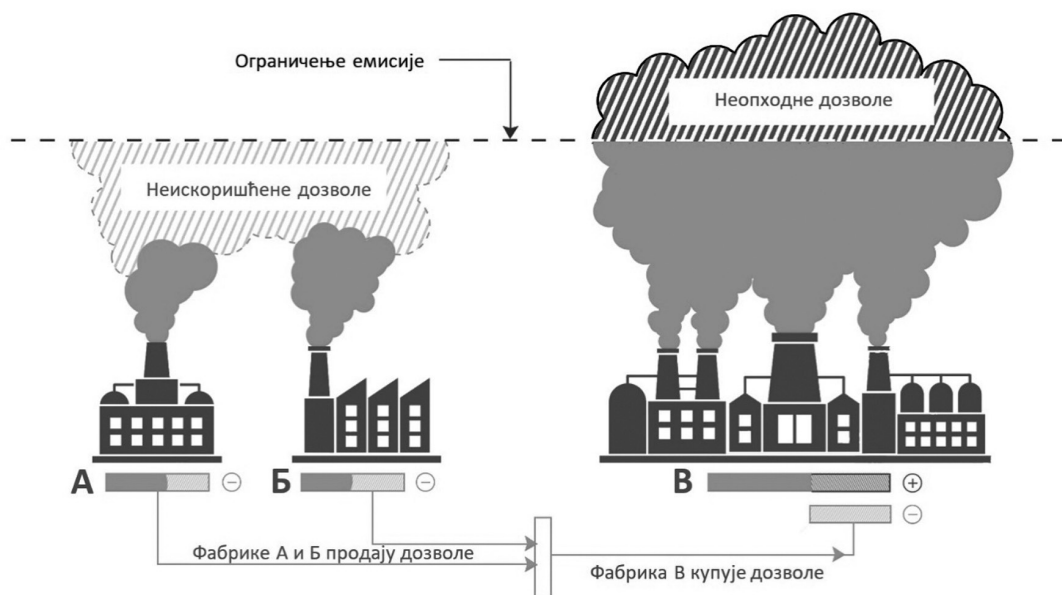
Системи трговања емисијама GHGs се деле у два основна типа: *Cap and Trade* и *Baseline and Credit*. Горња граница до које се сме вршити емисија гасова је постављена у оквиру *Cap and Trade* система, а дозволе за емисију GHGs се или продају на аукцији или се бесплатно деле на основу одређених критеријума (OECD, 2022). Другачије речено, *Cap and Trade* је механизам за контролу емисија

угљеника који поставља горњу границу укупних емисија, омогућавајући субјектима да тргују кредитима у складу са њиховом потребом. Постављање ограничења на емисије или смањење граница емисије током времена утиче на укупно смањење емисија свих GHGs (нарочито угљен-диоксида) да уђу у атмосферу (Smoot, 2022).

Са друге стране, не постоји фиксно ограничење емисија у оквиру *Baseline and Credit* система, али загађивачи који смање своју емисију више него што је захтевано могу да зараде кредите, које могу продати другима којима су потребни да би се придржавали

претходно установљених правила (OECD, 2022). *Baseline and Credit* систем поставља основну границу за укупне емисије GHGs, док субјекти који смањују своје емисије испод овог нивоа генеришу карбонске кредите које могу продати другим лицима. Стога, овај монетарни подстицај генерално може стимулисати смањење емисије GHGs (Smoot, 2022).

Како је у пракси заступљенији систем *Cap and Trade*, то ће се он детаљније представити, иако ће се у одређеним сегментима размотрити и елементи *Baseline and Credit* система. Поједностављени приказ система трговања емисијама GHGs приказан је на Слици 1.



Слика 1. Поједностављени приказ *Cap and Trade* система (Извор: Mitić, 2020.)

*Cap and Trade* систем је несумњиво најпознатији метод размене карбонских кредита (дозвола за емисије штетних гасова). То је тржишни приступ контроле загађења који пружа финансијске подстицаје за смањење емисија загађујућих материја (Stavins, 2003). Укупан износ карбонских кредита и процес расподеле њихове иницијалне вредности одређују државни органи. Из угла друштва, количину расположивих кредита треба обухватити узимајући у обзир и штете, али и настале трошкове контроле. Важно је имати на уму да је ефикасност система карбонских кредита као алата јавних политика за ограничавање деградације животне средине првенствено одређена укупним бројем издатих карбонских кредита (сертификата). Стога, иако одређена влада у сваком тренутку може променити количину издатих карбонских кредита ово не представља рационалну одлуку (Hussen, 2000). Привредни субјекти који загађују животну средину морају имати карбонске кредите једнаке својој емисији GHGs. Привредни субјекти који дефакто желе да подигну ниво своје емисије GHGs присиљени су купе/добију дозволе од других привредних субјеката спремних да их уступе (Jaffe et al., 2009). Премиса на којој почива употреба карбонских кредита је да сваки раст загађења GHGs из неког извора мора бити надокнађен смањењем загађења GHGs из другог извора (Munitlak Ivanović et al., 2014).

Након одређивања укупне количине карбонских кредита, изузетно је значајна

њихова иницијална дистрибуција. Не постоји универзално прихваћени метод или формула за дистрибуцију иницијалне суме карбонских кредита. Међутим, када се дефинише њихова укупна сума, даља расподела међу корисницима се у потпуности заснива на тржишним механизмима, што је један од битних квалитета карбонских кредита као инструмента јавне политике (Mitić, 2020).

Стога, примарна сврха карбонских кредита је смањење емисије CO<sub>2</sub> и осталих гасова са ефектом стаклене баште проистеклих из индустријских и пољопривредних активности, којим ће се ублажити ефекти и утицаји глобалног загревања. Владе или национална и интернационална регулаторна тела дефинишу лимите за емисију GHGs (CFI, 2022). Карбонски кредити се купују и/или продају преко међународних брокера, онлајн трговаца и трговачких платформи. Предузећа којима је тешко или немогуће да остану унутар свог лимита за емисију угљеника могу купити карбонске кредите на тржишту чиме би надокнадила своје емисије или улагања у програме попут развоја и имплементације обновљиве енергије и очувања шума. Пројекти везани за искоришћење ветра, сунца, геотермалне енергије или биомасе као супститута фосилном гориву припадају групи пројеката који нуде карбонске кредите (Reichle, 2020).

Такође, у светлу тренутних дешавања на глобалном тржишту енергије и



очекивања све фреквентнијих енергетских шокова и константног раста фосилних горива, поред бенефита из угла преласка на еколошки прихватљиву енергију, шира имплементација и значајније инвестиције у постројења за коришћење обновљивих извора енергије нуде и осетне економске предности (Subić, Jeločnik, 2018).

Трговина на тржишту емисија GHGs је врста виртуелне трговине дозволама за загађење. Сертификати везани за емисију штетних гасова (најчешће угљендиоксид) могу се продати, купити или ставити у банку емисија за неку будућу употребу (Šljukić, 2022). Систем је тако пројектован да се након сваке трансакције део слободних, односно неискоришћених кредита уклони са тржишта, резултирајући реалним смањењем укупне емисије GHGs. Тржиште карбонских кредита се разликује од других робних тржишта по томе што се они не могу сачувати или пренети у наредну годину, већ се морају искористити у врло кратком периоду (Munitlak Ivanović et al., 2014).

Предности и недостаци *Cap and Trade* система су врло испреплетени, како одређене специфичности овог система зависно од угла посматрања представљају истовремено и предности и недостатке. Боље разумевање *Cap and Trade* система постиже се по анализи свих предности и недостатака система. Предности *Cap and Trade* система су (Gaille, 2019; Wood, 2018; Du et al., 2016; Benoit, Cote, 2015; Flachsland et al., 2009):

1. Процес трговине карбонским кредитима утиче на смањење загађења, и тиме директно подржава борбу против климатских промена. *Cap and Trade* систем омогућава тржишту да изнађе најјефтинији метод за смањење емисија GHGs. Компаније које брже изврше редуkcију загађења испод дефинисаног нивоа, у ситуацији су да продају део својих дозвола за загађење компанијама које загађују изнад дозвољеног нивоа, и на тај начин остваре додатну економску добит.
2. Са применом *Cap and Trade* система долази до раста државних прихода. Владе купују на тржишту карбонске кредите када су доступни, продајући их по вишим ценама привредним лицима када је то потребно. Овако генерисани приходи се могу усмерити ка развоју коришћења обновљиве енергије или новим технологијама, а могу чак представљати и начин за краткорочно превазилажење буџетског дефицита.
3. Влада и националне агенције, и други учесници на тржишту могу куповати карбонске кредите са циљем да их повуку са тржишта, односно да их не искористе или не продају другим заинтересованим лицима. Овим потезом се смањује укупан број карбонских кредита у оптицају на некој територији, чиме се потенцијално утиче и на смањење количине штетних емисија.

4. Укупан ниво емисија у *Cap and Trade* систему се постепено смањује током дужег временског периода. Са будућим мањком карбонских кредита који дозвољавају загађење, привредне субјекте и остале актере на тржишту ће коштати више да наставе са производњом која генерише исте количине загађења, односно биће у ситуацији да расположива средства инвестирају у исплативије еколошке производне алтернативе.
5. *Cap and Trade* систем нуди потрошачима, корисницима система и њиховим пословним партнерима вишеструки избор. Систем креира нову базу знања, на пример за потрошаче, којима се нуди избор да ли да купују од компанија која ефикасно умањују емисију CO<sub>2</sub> или не. У случају да компанија одлучи да одустане од придржавања дефинисаним условима система, онда потрошачи, корисници услуга или пословни партнери могу изабрати да уђу у пословне односе са другим компанијама (конкурентима) које активно покушавају да смање ниво генерисаног загађења.
6. Систем трговине карбонским кредитима може да коегзистира са еколошким порезима. Оба инструмента се могу паралелно користити као адекватан начин за смањење нивоа емисије GHGs.
7. *Cap and Trade* систем може да смањи и друге штетне емисије, а не само угљен-диоксид. Лимитирање емисије угљен-диоксида може позитивно утицати и на смањење присуства осталих загађујућих супстанци попут чађи, олова, арсена и живе који настају као копродукт спаљивања фосилних горива, попут спаљивања угља у термоелектранама.

Као основни недостаци *Cap and Trade* система појављују се (Gaille, 2019; He et al., 2012; Trotignon, 2012; Hahn, Stavins, 2011; Kuik, Mulder, 2004):

1. *CAP and Trade* систем не подстиче све индустрије или компаније из гране да промене начин свог пословања у контексту смањења загађења. Један од најизраженијих проблема са системом трговине карбонским кредитима је тај што не подстиче довољно индустрије које су највише зависне од фосилних горива да промене своје понашање наспрам продукције загађења. Дешава се да овај систем омогућава куповину карбонских кредита који су прилично јефтинији од имплементације потенцијалних алтернативних решења удаљавања од употребе фосилних горива и стварања GHGs (примера ради они су доста јефтиније решење од конверзије извора енергије ка обновљивим нарочито за индустрија базираних на употреби фосилних горива). Карбонски кредити, па чак

и плаћање казни за прекорачење лимита загађења обично су јефтинији од преласка на нови извор енергије, тако да нема стварног подстицаја за ове индустрије да промене своју пословну праксу.

2. Неке од компанија или комплетних индустријских сектора који учествују у *Cap and Trade* систему могу бити пред искушењем да фалсификују и на тај начин манипулишу својим извештајима везаним за емисију GHGs. Већини индустрија и даље недостају адекватна технолошка решења за егзактно утврђивање, праћење и контролу генерисаног загађења. На овом нивоу друштвеног развоја, једини начин да се осигура потпуно поштовање спровођења *Cap and Trade* систем јесте успостављање адекватног и фер система праћења који би прецизно мерио продукцију GHGs на нивоу сваког појединачног пословног ентитета.
3. Да би *Cap and Trade* систем добро функционисао, ограничења морају бити ригидни и прецизно дефинисани, како није неубичајено да компаније траже додатне карбонске кредите у циљу одржања темпа својих пословних активности. Да би поменуто успело, владе и/или регулаторна тела морају бити доследна и упорна у дефинисању и примени ограничења. Стога, организације у *Cap and Trade* систему имају на располагању различите
- начине за прилазак вишем нивоу карбонских кредита од иницијално расподељених уколико су им преко потребни. У неким ситуацијама, владе могу одлучити да их понуде бесплатно одређеним компанијама. У тим случајевима попустљивост система гуши мотивацију компанија да прилагоде своје производне процесе, како знају да могу добити додатне дозволе за емисију GHGs.
4. *Cap and Trade* систем врло често доводи до експликације непредвидљивих шема трошкова. Коначни трошак карбонских кредита се утврђује кроз дефинисане лимите и ниво трговине карбонским кредитима на слободном тржишту. Услед непредвидљивости система, економске користи за веће произвођаче су доста ограничене с обзиром да у цене својих производа и услуга морају да укључе предвиђања из најгорих (најскупљих) сценарија цена карбонских кредита.
5. *Cap and Trade* систем не подстиче смањење загађења изнад циљаног нивоа. Када цена емисије GHGs постане јефтинија од очекиване, што је карактеристично за периоде економског пада привредне активности, порез на угљеник постаје опција са бољим економским резултом. Порез на угљеник подстиче континуирано смањење емисија GHGs, док ће *Cap and Trade* систем подстицати само смањење емисије до прописаних циљева и лимита.

Трговина карбонским кредитима ће увек бити ефикасна, али у фази нестабилних економских кретања, неће бити од довољног утицаја на смањење загађења.

6. Владе у крајњој инстанци одлучују колико ће карбонских кредита бити у оптицају (циркулацији). У систему *Cap and Trade*, владе или регулаторна тела имају моћ да повлаче карбонске кредите кад пожеље, односно кад процене да је то неопходно. Стога, владе могу куповати карбонске кредите у сврху њиховог уклањања из промета. Иако овај поступак директно смањује ниво емисија, он такође имплицира трошење државног новца на слабо искористиве алтернативе, које би могле имати негативне ефекте на индустријски (технолошки), али и економски напредак.
7. Како је *Cap and Trade* систем заснован на принципима слободне трговине, велики број пословних ентитета може одлучити да уђе у куповину карбонских кредита уколико има расположивих финансијских средстава за те намене. Ово омогућава свакоме од њих да их задржи у свом поседу, донекле гомила и накнадно не користи, иако постоје компаније којима карбонски кредити стварно требају како не би иступиле из регулаторног оквира дозвољене емисије загађења. Куповина и задржавање (некоришћење) карбонских

кредите на неодређено време може довести до вештачки изазваних високих цена карбонских кредита.

8. У *Cap and Trade* систему мањка кохерентности, јер различите државе могу дефинисати различита правила и границе максималног нивоа емисије загађења. Такође, емисиони лимити и количина расположивих карбонских кредита код неких држава могу бити врло флексибилни, док су код других доста стриктни и ригидни. *Cap and Trade* систем може функционисати на ширем територијалном обухвату или чак глобално само уколико све или велика већина држава са посматране територије учествује у њиховом програмирању сходно унифицираном контексту и обухвату.
9. Имплементација *Cap and Trade* система може бити доста скупа. Последице систем би могао приморати сектор енергетике да модификује или стави ван снаге многе производне капацитете, што би у крајњој инстанци довело до повећања нивоа цена већине роба и услуга. Имплементација обновљивих извора енергије је још увек у повоју, и најчешће је доста скупа. Процењује се да ће производи и услуге проистекли из сектора индустрије које мигрирају ка употреби обновљивих извора енергије и нижим нивоима емисије загађења, уз примену ограничења нивоа загађења, бити значајно скупљи у блиској будућности.

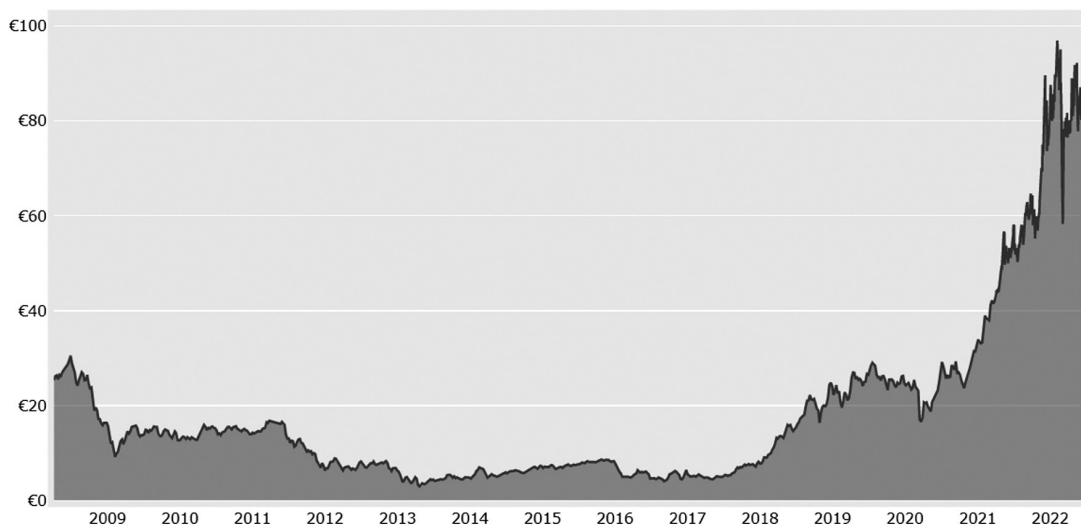
## Шема трговања емисијама Европске Уније (EU ETS)

Европска Унија је посвећена смањењу емисије GHGs и то до планиране редуције од 55% до 2030. године у поређењу са нивоом из 1990. године. Поред тога, циљ ЕУ је и да постане први климатски неутралан континент до 2050. године. Систем за трговину емисијама GHGs Европске Уније (EU ETS) је глобално највећа шема за трговину емисијама. Систем је основан 1992. године, када је 180 држава потписало Оквирну конвенцију УН о климатским променама (UN FCCC). Након тога, долази до усвајања Кјото протокола током 1997. године, којим су конкретизовани кораци за смањење глобалних емисија GHGs. Управо су кроз овај Протокол уведени основни елементи за успостављање EU ETS. За индустријализоване државе постављени су циљеви емисије и уграђен је скуп флексибилних процедура које омогућавају размену карбонских кредита између држава, који представља основу међународног система трговине емисијама (Climate Policy Info Hub, 2019). EU ETS је отпочео са радом 2005. године, представљајући први програм трговине карбонским кредитима. У својим почецима, с обзиром на различитост у временским роковима потребним одређеним државама чланицама ЕУ да обезбеде карбонске кредите и направе адекватне електронске регистре везане за њихову трговину и употребу, имплементација система трговине GHGs није била доследна (Ellerman, Buchner, 2007).

EU ETS је данас највећи систем за трговину емисијама GHGs, настао уз пуно неконзистентности, опреза и неодлучности (Mitić, 2020). На пример, током 90' година прошлог века, Европска комисија није успела да примени ефикасан порез на енергију и угљеник унутар ЕУ, при чему се противила интегрисању трговине карбонским кредитима као флексибилног инструмента у оквиру Кјото протокола (Converg, 2009). У ствари, САД су биле те које су уз доследно инсистирање укључиле системе за трговања емисијама у преговоре о Кјото протоколу, упркос значајном противљењу ЕУ. У каснијим фазама, САД су промениле свој став, те су се 2001. године повукле из Кјото протокола. Тек по повлачењу САД, европско противљење поменутом концепту почиње да слаби. По овој промени, EU ETS представља један агресиван инструмент унутар европске климатске политике и главни механизам помоћу којег ће државе чланице ЕУ испунити своје обавезе из Кјото протокола. Неопходно је нагласити да упркос чињеници да сам Кјото протокол подстиче креирање система попут EU ETS, он је увелико уграђен у правне оквире ЕУ на такав начин да је његово спровођење апсолутно независно од њега (Ellerman, Buchner, 2007).

EU ETS има за циљ да минимизира ниво загађења гасовима са ефектом стаклене баште проистекао из сектора енергетике, индустрије и ваздухопловства тако што поставља цену за одређен ниво емисије. Систем се фокусира на емисије које се

Графикон 3. Цене карбонских кредита у систему EU ETS, период 14.04.2008. - 08.06.2022. године (Извор: Sandbag, 2022.)



могу мерити, пријавити и прецизно верификовати. Из угла обухваћених сектора и гасова, EU ETS укључује угљендиоксид из производње електричне и топлотне енергије, енергетски интензивне секторе индустрије (рафинерије, челичане и производњу обојених метала, цемента, креча, стакла, керамике, целулозе, папира, киселина и органских хемикалија), као и комерцијално ваздухопловство унутар Европског економског простора. EU ETS такође обухвата азот-оксид ( $\text{NO}_2$ ) из производње азотне, адипинске и глиоксилне киселине, и глиоксала, као и перфлуороугљенике (PFC) из производње алуминијума (European Commission, 2022a). Међутим, EU ETS има за циљ не само да подстакне улагања у смањење

емисија GHGs поскупљујући енергетски интензивне пословне активности, већ и да пружи прилику да се преусмере финансијска средства из загађујућих активности на климатске акције, иновације и модернизацију енергетског сектора. EU ETS покрива око 10.400 индустријских постројења и електрана, односно око 350 авио-компанија активних у 27 држава чланица ЕУ, као и на Исланду, Норвешкој и Лихтенштајну, при чему постоји и одређена повезаност са швајцарским системом за трговину емисијама GHGs (Life ETX, 2022).

Цене карбонских кредита активних у систему EU ETS су дуго времена показивале стабилност. Међутим, са глобалном пандемијом Covid-19

и конфликтом на релацији Русија Украјина, долази до одређених ценовних осцилација, односно до наглог раста цена на овом тржишту. Тренд цена карбонских кредита у систему EU ETS приказане су на Графикону 3.

Цене карбонских кредита унутар EU ETS система су након релативно стабилног периода од преко једне деценије, од почетка 2021. године порасла за више од 200%. Међу главним узроцима овог повећања су поред горепомнутих и рапидан раст цене земног гаса који је подстакао неке произвођаче електричне енергије да пређу на употребу угља,

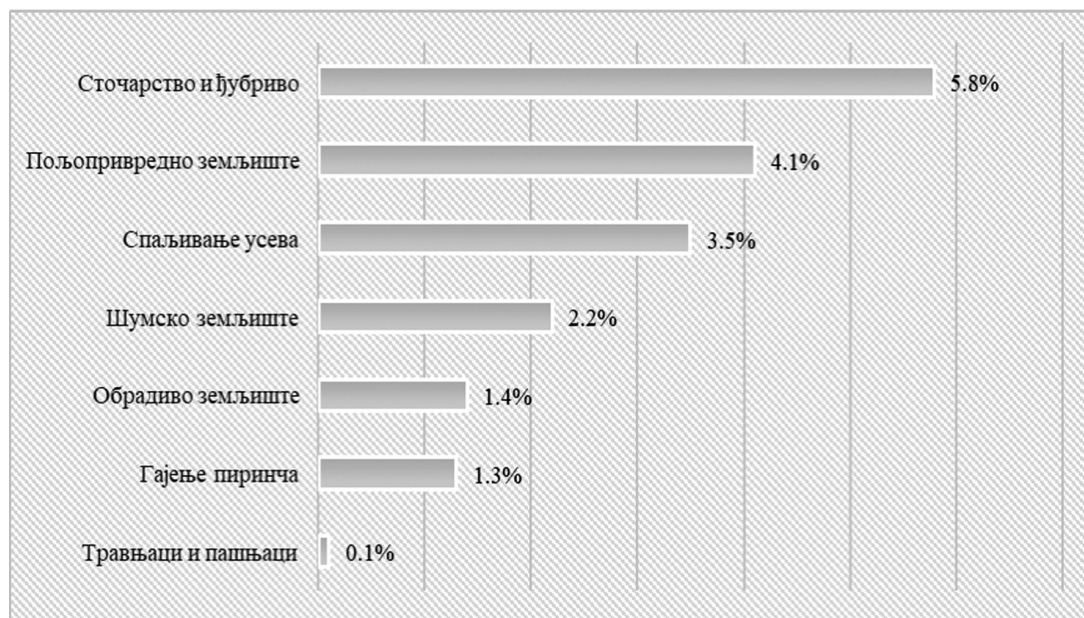
што је резултирало већом емисијом GHGs и растом тражње за карбонским кредитима. Максимална забележена вредност карбонског кредита је била 4. фебруара 2022. године, и износила је 97,50 ЕУР/ $\text{tCO}_2$ , што је и највиша цена од покретања EU ETS система у 2005. години.

*Треба напоменути и да је EU ETS током свог развоја прошао кроз четири фазе. Прва фаза је ограничена периодом 2005-2007. година, а позната је као „пилот“ фаза. Друга фаза је обухватила период 2008-2012. Година, током које долази до ширења покривености врста гасова у*

Графикон 4. Глобална емисија GHGs по секторима (Извор: Прилагођено према *Our World in Data, 2022b; Ritchie et al., 2020.*)



Графикон 5. Глобална емисија GHGs унутар подсектора пољопривреда, шумарство и коришћење земљишта (Извор: Прилагођено према *Our World in Data, 2022b; Ritchie et al., 2020.*)



трговини преко EU ETS. Претходно поменуте фазе биле су карактеристичне по великом броју бесплатних карбонских кредита дељеним различитим индустријским секторима на националном нивоу. Трећа фаза је покрила период 2013-2020. година. У овој фази су креирани централизованни регистар систем, као и јединствено ограничење дозвола на ЕУ нивоу. Такође, уведена је аукција као механизам доделе дозвола (дошло је до укидања бесплатне расподеле дозвола), укључено је више привредних сектора и проширена је база гасова дефинисаних системом, односно одређене су резерве за стабилност (Mitić, 2020). Данас је EU ETS у својој

четвртој фази развоја, која је започела са 2021. годином, а планирано је да траје до 2030. године. Капацитети и параметри EU ETS се константно подешавају чиме се он усклађује са свеобухватним циљевима климатске политике ЕУ. Законодавни оквир EU ETS који покрива четврту фазу развоја система ревидиран је 2018. године. Њиме је покушано да се осигура краткорочно смањење емисија као подршка генералном циљу смањења емисија GHGs унутар ЕУ до 2030. године за 40% у односу на ниво из 1990. године. Такође, он представља и део глобалног доприноса које је ЕУ преузела Париским споразумом (European Commission, 2022a).



## Употреба карбонских кредита у пољопривреди

Приближно 25% емисија GHGs се приписује систему глобалне производње хране, која укључује њено складиштење са хлађењем, прераду хране, њено паковање и транспорт. Међутим, пољопривреда, шумарство и употреба земљишног комплекса су директно одговорне за генерисање 18,4% глобалне емисије гасова са ефектом стаклене баште (Ritchie et al., 2020). Постоје чак и донекле смеле тврдње да је удео емисије GHGs коју узрокује пољопривреда око 33% (Gilbert, 2012). На Графикону 4. дат је приказ глобалне емисије GHGs по секторима.

Треба нагласити да је пољопривреда генерално један од значајних извора загађења свих природних медијума (воде, земљишта или ваздуха), зато што практиковање конвенционалне пољопривредне производње узрокује дугорочне еколошке проблеме примарно употребом агрохемије или фосилних горива (Subić et al., 2010).

Детаљнија анализа расподеле извора генерисаних гасова са ефектом стаклене баште (18,4%) унутар подсектора пољопривреде, шумарства и коришћења земљишта дата је Графиконом 5.

На Графикону 5. јасно се уочава да унутар сектора пољопривреда, шумарство и коришћење земљишта највећи удео у глобалној емисији GHGs има подсектор сточарства и употребе агрохемије, а

потом и управљање пољопривредним земљиштем, односно ефекти спаљивања жетвених остатака. Сегмент сектора са најмањом емисијом GHGs је управљање травњацима и пашњацима.

Сама пољопривреда и остали видови управљања земљиштем одговорни су за приближно 13% емисија CO<sub>2</sub>, односно 44% емисија CH<sub>4</sub> и 81% емисија NO<sub>2</sub> током периода 2007-2016. година (Sharma et al., 2021). Емисије CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и NO<sub>2</sub> потичу из широког спектра различитих активности у пољопривреди. Може се дати детаљно објашњење веза сваког од ових гасова са пољопривредом. CO<sub>2</sub> се највише емитује из употребе ђубрива и агрохемије, коришћења пољопривредне механизације и припреме, трансфера и употребе сточне хране. Такође, нето емисија CO<sub>2</sub> из пољопривредног земљишта односи се на равнотежни однос између уноса хумифициране органске материје и минерализације или испирања исте (Gingrich et al., 2007; Dyer et al., 2010; Ribeiro et al., 2016). Емисије CH<sub>4</sub> потичу углавном из сточарства, односно процеса управљања стајњаком и ентеричке ферментације (посебно код преживара), (Moss et al., 2000; Vermorel et al., 2008; Springmann et al., 2018). NO<sub>2</sub> се најчешће емитује микробним разлагањем азота у земљишту и стајњаку, или током апликације неорганских ђубрива и стајњака, или употребом неких других органских супстанци, попут урина или балеге депонованих од стране животиња на испаши (Aguilera et al., 2013; Balafoutis et al., 2017; Lokuge, Anders, 2022).

Смањене емисије GHGs, прилагођавање спровођених производних пракси променљивим климатским условима и задовољавање све веће глобалне потражње за храном су проблеми са којима се суочава модерна пољопривреда (Gregory et al., 2005; Frank et al., 2017). Овиме се наглашава значај прилагођавања пољопривредних политика, нарочито из угла одрживости пољопривредних активности у циљу осигурања прехранбене сигурности уз истовремено смањење или елиминацију емисија GHGs (Verschuuren, 2017). Велике пољопривредне компаније могу лакше утицати на смањење емисије и то по нижој цени у односу на велике емитере попут електрана. Примера ради, пољопривредници могу да минимизују емисију угљеника скраћењем складиштења производа или преласком на пољопривредне активности које подразумевају редуковану обраду или искључују обраду земљишта (Ribera, Mc-Carl, 2019).

Систем карбонских кредита је изазвао велико интересовање унутар сектора пољопривреде широм света (Shockley, Snell, 2021), као један од начина да се постигне климатска неутралност. Интересовање, међутим није пропраћено адекватном применом у пракси, тако да су ретки докази трговине карбонским кредитима у пољопривреди. Оно је још увек изузетак, а не устаљена пракса. Пример може бити холандски стартап „Agreena“ који издаје, верификује и продаје карбонске кредите пољопривредницима актив-

ним у сегменту регенеративне пољопривреде (Lokuge, Anders, 2022). Такође, позитиван пример су и компаније „Nori“ и „Indigo“ из САД, или „Soil Capital“ из УК и Француске које на добровољном тржишту угљеника нуде вертикално интегрисани приступ пољопривредних компензација везаних за емисије угљеника (Butcher, 2021).

Међутим, сектор пољопривреде још увек није заступљен у EU-ETS, из чега провејава закључак да подршка пољопривреди да смањи емисију GHGs није у потпуном фокусу климатске политике ЕУ (Verschuuren, 2017). Према European Commission (2022b), постоји потреба успостављања директне шеме подстицаја за усвајање климатски прихватљивих пракси у секторима пољопривреде и шумарства, чиме би оне биле подстакнуте да пруже адекватне климатске акције и допринесу реализацији Европског зеленог договора (European Green Deal). Као резултат тога, како је најављено у Стратегији пољопривреде ЕУ (Farm to Fork Strategy), Европска комисија је усвојила документ Комуникације о одрживим циклусима угљеника током 2021. године (Communication on Sustainable Carbon Cycles). Комуникација дефинише краткорочне и средњорочне активности, попут промовисања спровођења праксе нискоугљеничне пољопривреде кроз Заједничку пољопривредну политику (CAP) или друге програме ЕУ (LIFE или Horizon Europe). Такође, *Комуникација промовише и унапређење стандардизације методолошког приступа*

праћења, извештавања и верификације чиме би се обезбедио јасан и поуздан оквир за спровођење пољопривреде базиране на ниској емисији угљеника. Како су механизми карбонских кредита у сектору пољопривреде ЕУ још увек у повоју, до сада нема њихове шире примене.

Аустралија се издваја као генерално најактивнија држава на тржишту карбонских кредита у пољопривреди, омогућавајући својим актерима у агро сектору да зарађују карбонске кредите складиштењем угљеника или смањењем емисије GHGs (Hansen, 2022; Lokuge, Anders, 2022). Аустралија је једина држава која поседује свеобухватну методологију за покриће свих начина генерисања угљеника у пољопривреди сходно додели карбонских кредита активним произвођачима у овом сектору (Verschuuren, 2017).

### Закључак

Климатске промене су једно од пресудних питања садашњице и опстанка човечанства. Од промене климатских образаца који угрожавају одрживост производње хране, до отапања полова и ледника, и пораста нивоа светског мора чиме се повећавају ризици од поплава, утицаји климатских промена су глобално присутни и неоспориви. Без адекватне и комплексне акције у датом тренутку, прилагођавање овим утицајима у скорој будућности ће бити све теже, дуготрајније, и надасве скупље.

Свака држава треба да ради на креирању инструментаријума који ће јој омогућити испуњење својих специфичних климатских циљева. С друге стране, постоје међународни (билатерални, мултилатерални или глобални) инструменти који се заједнички користе од одређене групе држава, а чија је имплементација од ширег територијалног интереса. Зелено опорезивање или примена система трговања емисијама GHGs, односно карбонски кредити, представљају најважније инструменте глобалне климатске политике. Претходно поглавље се управо бавило карбонским кредитима, илуструјући њихов основни теоријски концепт. Такође, оно се фокусирао и на представљање *Cap and Trade* система трговине, истичући теоријске принципе и дефиницију овог крајње комплексног механизма трговине, уз приказ његових основних предности и недостатке. Поред свега, истакнуте су специфичности *EU ETS система трговине карбонским кредитима*, као највећег и најразвијенијег система за трговање. Затим, продискутована је и употреба карбонских кредита у пољопривреди, која се још увек налази у иницијалним фазама развоја, али носи велики тржишни потенцијал.

Карбонски кредити, или цена емитовања угљеника и осталих GHGs су инструменти који приморавају најчешће произвођаче енергије да плаћају право на одређену количину емисије примарно угљеника. Иако још увек нису присутни

на територији Србије, њихова појава је свакако све извеснији у блиској будућности. Приступање систему трговања унутар EU ETS извесно долази у Србију заједно са њеним чланством у ЕУ. Овај чин ће неминовно додатно повећати цену електричне енергије генерисане из фосилних горива, примарно угља, односно подстаћи ће Србију да више енергије производи из обновљивих извора. Национални систем за праћење, извештавање и верификацију

емисија GHGs ступио је на снагу током 2021. године, са усвајањем Закона о климатским променама. Поменуто представља камен темељац за имплементацију националног тржишта емисије угљеника. Међутим, у овом тренутку ни један други закон, или национална стратегија не помињу трговање емисијама угљеника, нити карбонске кредите. Из овог разлога, пред Србијом је још увек дуг пут, од успостављања законске регулативе до практичне примене поменутог система.

## Литература

Aguilera, E., Lassaletta, L., Sanz Cobena, A., Garnier, J., Vallejo, A. (2013). The potential of organic fertilizers and water management to reduce N<sub>2</sub>O emissions in Mediterranean climate cropping systems: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 32-52.

Armaroli, N., Balzani, V. (2011). The legacy of fossil fuels. *Chemistry: An Asian Journal*, 6(3): 768-784.

Balafoutis, A., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Wal, T., Soto, I., Gómez Barbero, M., Barnes, A., Eory, V. (2017). Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics. *Sustainability*, 9(8): 1339.

Benoit, J., Cote, C. (2015). Essay by the Québec government on its cap-and-trade system and the western climate initiative regional carbon market: Origins, strengths and advantages. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*, 33, 42-60.

Butcher, M. (2021). *Agreena, a regenerative farming carbon market, raises \$4.7M seed from Giant Ventures*. Website of TechCrunch, San Francisco, USA, retrieved at: <https://techcrunch.com/2021/10/14/agreena-a-regenerative-farming-carbon-market-raises-4-7m-seed-from-giant-vc/>, 10<sup>th</sup> June 2022.

Vermorel, M., Jouany, J., Eugène, M., Sauvant, D., Noblet, J., Dourmad, J. (2008). Quantitative assessment of enteric methane emissions by farm animals in 2007 in France. *Animal Productions*, 21(5): 403-418.

Verschuuren, J. (2017). Towards a Regulatory Design for Reducing Emissions from Agriculture: Lessons from Australia's Carbon Farming Initiative, *Climate Law*, 7(1): 1-51.

Gaille, L. (2019). *20 Cap and Trade System Pros and Cons*. Website of Vittana, Seattle, USA, retrieved at: <https://vittana.org/20-cap-and-trade-system-pros-and-cons>, 3<sup>rd</sup> June 2022.

Gilbert, N. (2012). One-third of our greenhouse gas emissions come from agriculture. *Nature*, 31(2012): 10-12.

Gingrich, S., Erb, K., Krausmann, F., Gaube, V., Haberl, H. (2007). Long-term dynamics of terrestrial carbon stocks in Austria: A comprehensive assessment of the time period from 1830 to 2000. *Regional Environmental Change*, 7(1): 37-47.

Goldstein, A., Gonzalez, G. (2014). *Turning over a New Leaf State of the Forest Carbon Markets 2014*. report, Forest Trends' Ecosystem Marketplace, Washington D.C., USA, retrieved at: [www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/sofcm-all-edits-112114-pdf](http://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/sofcm-all-edits-112114-pdf), 2<sup>nd</sup> June 2022.

Gregory, P., Ingram, J., Brklacich, M. (2005). Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463): 2139-2148.

Du, S., Hu, L., Song, M. (2016). Production optimization considering environmental performance and preference in the cap-and-trade system. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1600-1607.

Dyer, J., Kulshreshtha, S., McConkey, B., Desjardins, R. (2010). An assessment of fossil fuel energy use and CO<sub>2</sub> emissions from farm field operations using a regional level crop and land use database for Canada. *Energy*, 35(5): 2261-2269.

Ellerman, A., Buchner, B. (2007). The European Union emissions trading scheme: Origins, allocation, and early results. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1): 66-87.

European Commission (2022a). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Climate Action, European Commission, Brussels, Belgium, retrieved at: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en), 9<sup>th</sup> June 2022.

European Commission (2022b). *Carbon Farming*. European Commission, Brussels, Belgium, retrieved at: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/sustainable-carbon-cycles/carbon-farming\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/sustainable-carbon-cycles/carbon-farming_en), 11<sup>th</sup> June 2022.

Zubović, J., Jeločnik, M., Zdravković, A., Subić, J., Radovanović, S. (2018) Using Spatial and Seasonal Panel Model to Determine Impact of Climatic Factors on Maize Yields in Serbia. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(2): 13383-13393.

Zhang, Y. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China. *Energy Policy*, 39(4): 2197-2203.

IEA (2021). *Supply: Key World Energy Statistics 2021 - Analysis*. International Energy Agency (IEA), Paris, France, retrieved at: <https://prod.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/supply>, 1<sup>st</sup> June 2022.

IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the 6<sup>th</sup> Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, T. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou (eds.), (in press) Cambridge University Press, NY, USA,

Jaffe, J., Ranson, M., Stavins, R. (2009). Linking tradable permit systems: A key element of emerging international climate policy architecture. *Ecology LQ*, 36, 789.

Jeločnik, M. (2017). *Economic instruments for climate risks management in crop production in Republic of Serbia*. Doctoral thesis, University in Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia.

Jeločnik, M., Zubović, J., Zdravković, A. (2019). Estimating impact of weather factors on wheat yields by using panel model approach: The case of Serbia. *Agricultural water management*, 221, 493-501.

Kotcher, J., Maibach, E., Choi, W. (2019). Fossil fuels are harming our brains: Identifying key messages about the health effects of air pollution from fossil fuels. *BMC public health*, 19(1): 1-12.

Kuik, O., Mulder, M. (2004). Emissions trading and competitiveness: Pros and cons of relative and absolute schemes. *Energy Policy*, 32(6): 737-745.

Life ETX (2022). *EUETS 101: A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System*. Website of Carbon Market Watch, Brussels, Belgium, retrieved at: <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/>, 14<sup>th</sup> June 2022.

Lokuge, N., Anders, S. (2022). *Carbon-Credit Systems in Agriculture: A Review of Literature*. SPP technical paper 15:12, School of Public Policy Publications, University of Calgary, Canada.

Milovanovic, J., Ratknić, M., Šekularac, G., Subic, J., Jeločnik, M., Poduska, Z. (2017). Analysis of the profitability of the restitution of fire-affected beech forests in Serbia. *Applied ecology and environmental research*, 15(4): 1999-2010.

Mitić, P. (2020). *Međuzavisnost ekonomskog rasta i zagađenja životne sredine zemalja Jugoistočne Evrope*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Ekonomski Fakultet, Niš, Srbija.

Morice, C., Kennedy, J., Rayner, N., Jones, P. (2012). Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset, *Journal of Geophysical Research*, 117(D08101).

Moss, A., Jouany, J., Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Annales de zootechnie*, 49(3): 231-253.

Munir, Q., Lean, H., Smyth, R. (2020). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach. *Energy Economics*, 85, 104571,

Munitlak Ivanović, O., Raspopović, N., Mitić, P. (2014). Specifični oblici međunarodne trgovine „Cap and Trade“ sistem. *Poslovna ekonomija*, 15(2): 115-126.

Nordhaus, W. (1992). An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases. *Science*, 258(5086): 1315-1319.

OECD (2022). *Emission trading systems - OECD*. OECD, Paris, France, retrieved at: [www.oecd.org/env/tools-evaluation/emissiontradingsystems.htm](http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/emissiontradingsystems.htm), 29<sup>th</sup> May 2022.

OECD SD (2001). *Environmental Externalities*. OECD Statistics Directorate (OECD SD), Paris, France, retrieved at: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=824>, 29<sup>th</sup> May 2022.

Osuntuyi, B., Lean, H. (2022). Economic growth, energy consumption and environmental degradation nexus in heterogeneous countries: Does education matter?. *Environmental Sciences Europe*, 34(1): 48.

Our World in Data (2022a). *CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions*. Our World in Data – database, University of Oxford, Oxford, UK, retrieved at: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>, 26<sup>th</sup> May 2022.

Our World in Data (2022b). *Emissions by sector*. Our World in Data – database, University of Oxford, Oxford, UK, retrieved at: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>, 10<sup>th</sup> May 2022.

Reichle, D. (2020). *Carbon, climate change, and public policy*. In: The Global Carbon Cycle and Climate Change (ed.) Reichle, D., Elsevier Inc, Amsterdam, the Netherlands, 253-287.

Ribeiro, K., de Sousa Neto, E., de Carvalho Junior, J., de Sousa Lima, J., Menezes, R., Duarte Neto, P., Guerra, G., Ometto, J. (2016). Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. *Science of the Total Environment*, 571, 1048-1057.

Ribera, L., McCarl, B. (2019). *Carbon Markets: A Potential Source of Income for Farmers and Ranchers*. Texas A&M AgriLife Extension Service, College Station, USA, retrieved at: <https://agrillifeextension.tamu.edu/library/agricultural-business/carbon-markets-a-potential-source-of-income-for-farmers-and-ranchers/>, 6<sup>th</sup> June 2022.

Ritchie, H., Roser, M., Rosado, P. (2020). *CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions*. Published online at OurWorldInData.org, retrieved at: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Sandbag (2022). *Carbon Price Viewer*. Website of Sandbag Climate Campaign, Ixelles, Belgium, retrieved at: <https://sandbag.be/index.php/carbon-price-viewer/>, 10<sup>th</sup> June 2022.

Smoot, G. (2022). *Cap and Trade vs Baseline and Credit: What's the Difference?*. Website of Impactful Ninja, retrieved at: <https://impactful.ninja/cap-and-trade-vs-baseline-and-credit-differences/>, 7<sup>th</sup> June 2022.

Soubbotina, T. (2004). *Beyond economic growth: An introduction to sustainable development*. WBI learning resources series, report no. 24894, World Bank (WB), Washington DC, USA, retrieved at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/454041468780615049/Beyond-economic-growth-an-introduction-to-sustainable-development>, 26<sup>th</sup> May 2022

Springmann, M., Clark, M., Mason D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S., Herrero, M., Carlson, K., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, C., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728): 519-525.

Stavins, R. (2003). *Experience with market-based environmental policy instruments*. In: Handbook of environmental economics, Mäler, K., Vincent, J. (eds.), vol. 1, Elsevier Inc., Amsterdam, the Netherlands, 355-435.

Stojanović, D. (2020). *Razvoj terminskog tržišta i trgovanja zelenim proizvodima u funkciji rasta tržišne vrednosti kompanija*. Doktorska disertacija, Univerzitet Džon Nezbit, Fakultet za menadžment, Zaječar, Srbija.

Subić, J., Bekić, B., Jeločnik, M. (2010). Značaj organske poljoprivrede u zaštiti okoline i savremenoj proizvodnji hrane. *Škola biznisa*, 3, 50-56.

Subić, J., Jeločnik, M. (2018). *Economic-Energetic Parameters of Biomethane Production from the Agricultural Plant Biomass*. In: Sustainable Agriculture and Rural Development in Terms of the Republic of Serbia Strategic Goals Realization within the Danube Region: Support programs for the improvement of agricultural and rural development. Institute of Agricultural Economics, Belgrade, 300-317.

Shahbaz, M., Khan, S., Ali, A., Bhattacharya, M. (2017). The impact of globalization on CO<sub>2</sub> emissions in China. *The Singapore Economic Review*, 62(04): 929-957.

Sharma, G., Shah, M., Shahzad, U., Jain, M., Chopra, R. (2021). Exploring the nexus between agriculture and greenhouse gas emissions in BIMSTEC region: The role of renewable energy and human capital as moderators. *Journal of Environmental Management*, 297, 113316.

Shockley, J., Snell, W. (2021). Carbon markets 101. *Economic and Policy Update*, 21(4): 1-3.

Trotignon, R. (2012). Combining cap-and-trade with offsets: lessons from the EU-ETS. *Climate Policy*, 12(3): 273-287.

Flachsland, C., Marschinski, R., Edenhofer, O. (2009). To link or not to link: Benefits and disadvantages of linking cap-and-trade systems. *Climate Policy*, 9(4): 358-372.

Frank, S., Havlik, P., Soussana, J., Levesque, A., Valin, H., Wollenberg, E., Kleinwechter, U., Fricko, O., Gusti, M., Herrero, M., Smith, P., Hasegawa, T., Kraxner, F., Obersteiner, M. (2017). Reducing greenhouse gas emissions in agriculture without compromising food security?. *Environmental Research Letters*, 12(10): 105004.

Hansen, L. (2022). Australia well positioned to become a CCUS leader. *APPEA Journal*, 62(2):S25-S28.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859): 1243-1248.

Hahn, R. W., Stavins, R. (2011). The effect of allowance allocations on cap-and-trade system performance. *The Journal of Law and Economics*, 54(S4): S267-S294.



- He, Y., Wang, L., Wang, J. (2012). Cap-and-trade vs. carbon taxes: A quantitative comparison from a generation expansion planning perspective. *Computers & Industrial Engineering*, 63(3): 708-716.
- Hussen, A. (2000). *Principles of environmental economics: Economics, Ecology and Public Policy*. Routledge, London, UK.
- Casper, J. K. (2010). *Fossil fuels and pollution: The future of air quality*. Infobase Publishing, NY, USA.
- CFI (2022). *Carbon Credit*. Corporate Finance Institute (CFI), Vancouver, Canada, retrieved at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/carbon-credit/>, 1<sup>st</sup> June 2022.
- Cleveland, C., Morris, C. (2014). *Section 45: Climate Change*. In: Handbook of Energy (eds.) Cleveland, C. J., Morris, C., Elsevier Inc, Amsterdam, the Netherlands, 805-820.
- Climate Policy Info Hub (2019). *EU ETS: An instrument to reduce greenhouse gas emissions*. Website Climate Policy Info Hub, result of EU funded Polimp project, retrieved at: <https://climatepolicyinfohub.eu/node/30/pdf>, 1<sup>st</sup> June 2022.
- Convery, F. (2009). Origins and development of the EU ETS. *Environmental and Resource Economics*, 43(3): 391-412.
- Chuah, S., Cheam, C., Sulaiman, S. (2022). The Impact of Globalization on CO<sub>2</sub> Emissions in Malaysia. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 9(5): 295-303.
- Čomić, D., Glavonjić, B., Delić, S. (2017). Analiza tržišta i prodajnih cijena karbon kredita sa fokusom na sektor šumarstva. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 1(25): 61-85.
- Šljukić, S. (2022). Tržište emisija SO<sub>2</sub>: Istorijat i perspektive budućeg razvoja. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, 37(3): 369-372.
- Wood, J. (2018). *The pros and cons of carbon taxes and cap-and-trade systems*. SPP Briefing paper, vol. 11:30, School of Public Policy Publications, University of Calgary, Canada.

CIP - Каталогизacija у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

631:551.583(082)

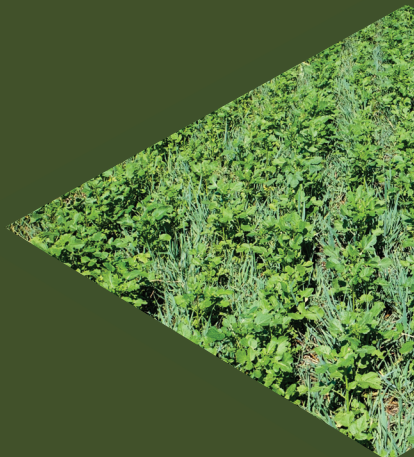
ИНОВАТИВНЕ методе органске производње за већу климатску неутралност пољопривреде : монографија / уредник Владан Угреновић. - Београд: Институт за земљиште, 2022 (Панчево : Артија). - 120 стр. : илустр. ; 24 cm

Тираж 300. - Стр. 3: Предговор / Владан Угреновић. - Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-911273-7-4

а) Пољопривреда -- Климатске промене -- Сузбијање -- Зборници

COBISS.SR-ID 73165577



ISBN 978-86-911273-7-4



9 788691 127374 >