

Од камене мотике до кружне пољопривреде

Ново Пржуљ, Ана Велимировић, Данијела Петровић, Предраг Илић,
Милан Миросављевић, Војислав Тркуља, Зоран Јововић

Сажетак: *Историја пољопривреде је дуг ланац, састављен од великог броја револуционарних иновативних карика које су се низале, и које се и даље нижу, пратећи индустријске револуције и резултате савремене науке; у XX и XXI много брже него раније. У историји људске цивилизације година оснивања пољопривреде не постоји, не може се одредити, јер то није био моменат дешавања него процес, који је трајао вијековима. Истраживачи су јединственог става да је *Homo sapiens* почео напуштати номадски начин живота и припитомљавати дивље животиње и сакупљати и сијати сјеме жита у раном неолиту („неолитска револуција“), када је дошло до наглог повлачења глечера на сјевер и отопљавања. Већина истраживача мишљења је да се то дешавало прије 10.000 година, док неки наводе прије 12.000 или чак 15.000 година. Једна од првих области у којој се човјек бавио пољопривредом била је област позната као Плодни полумјесец (*Ferile Crescent*), која се простире на подручју које данас заузимају Израел и Либан на западу и Ирак и Иран на истоку, око ријека Еуфрата и Тигра. Развој пољопривреде током неолитске револуције омогућио је раст људске популације, оснивање насеља и успон сложенијих друштава. Био је то период трансформације у људској историји, који је поставио темеље модерној пољопривреди и прехранбеним системима на које се данас људска популација ослања.*

Цитирање: Пржуљ Н, Велимировић А, Петровић Д, Илић П, Миросављевић М, Тркуља В, Јововић З (2024) Од камене мотике до кружне пољопривреде. У: Илић П, Пржуљ Н (уредници) Кружна економија. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LX:119–168

Cite as: Pržulj N, Velimirović A, Petrović D, Ilić P, Miroslavljević M, Trkulja V, Jovović Z (2024) From the Stone Hoe to Circular Agriculture. In: Ilić P, Pržulj N (eds) Circular economy. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LX:119–168

Развој привреде, укључујући и пољопривреду, од њеног самог настанка базиран је на коришћењу природних ресурса као једног од главних фактора индустријске производње. Искоришћавање ресурса у све већим количинама и интензитету намећу питања до када овај процес може трајати, с обзиром на то да се ради о необновљивим природним ресурсима. А процијењено је да ће до 2050. године становништво достићи девет милијарди, за које је потребно обезбиједити храну! Поред економских, не баш оптимистичних прогноза, може се рећи да се над природом надвио још један тамни облак који поприма све веће негативне размјере. Угрожавање животне средине као еколошки проблем постао је не само актуелан већ и животно важан. Примарни циљ производње веће количине хране без обзира на еколошке посљедице, одговоран је за забрињавајуће нарушавање животне средине.

Земљиште представља најважнији ресурс у производњи хране. Све интензивнија експлоатација земљишта и снажна индустријализација и урбанизација доводе до смањивања обрадивих површина и контаминације обрадивог земљишта, што угрожава производњу хране и биодиверзитет. Ови односи су у неким подручјима дошли испод црвене линије. На деградацију пољопривредног земљишта неповољно утичу многи фактори од којих су најагресивнији: ерозије (вјетра, воде, сунца), индустријски загађивачи, минерална ђубрива, пестициди, недостатак вјетрозаштитних појасева, загађивање илегалним одлагањем отпада, утицај саобраћаја, итд. Са фосфорним ђубривима уносе се тешки метали, прије свега кадмијум, који преко биљака и животиња долази у људски организам, гдје може изазвати тешка обољења. Пестициди, разни растварачи и амбалаже које се користе за чување и транспорт веома су опасне материје, које могу имати неповољан утицај на плодност земљишта. Осим тога, конвенционална пољопривреда снажно доприноси емисији гасова стаклене баште и климатским промјенама.

Индустријска производња, гдје се може сврстати и конвенционална пољопривреда, која се одвија по концепту линеарне економија, чији је принцип узми – изради – користи – баци, један од главних загађивача животне средине. Савремена наука предлаже нове концепте пољопривредне производње као што су прецизна, паметна, регенеративна и дигитална пољопривреда, који доприносе рационалности коришћења природних ресурса. У времену неразумне потрошње природних ресурса, деградације животне средине и глобалних климатских промјена, с једне стране, и све веће потражње за храном, с друге стране, нови модел кружне пољопривреде представља обећавајућу стратегију за подршку одрживој, рестауративној и регенеративној пољопривреди. Кружна пољопривреда, која послује по принципу узми – изради – користи – врати, настоји смањити отпад, повећати ефикасност ресурса и унаприједити одрживост. Она се фокусира на

оптимизацију коришћења ресурса, минимизирање отпада и подстицање одрживе производње хране.

У раду је дат кратак приказ утицаја четири индустријске револуције на развој пољопривреде, са детаљнијом анализом примјене достигнућа треће и четврте индустријске револуције. Приказани су негативни утицаји линеарне пољопривреде на животну средину и допринос кружне пољопривреде рационалном искоришћавању природних ресурса, смањењу деградације земљишта, ублажавању климатских промјена и стабилности производње. Представљене су праксе кружне економије и баријере за њену примјену.

Кључне ријечи: историја пољопривреде, индустријске револуције, линеарна пољопривреда, кружна пољопривреда, природни ресурси, еко-систем, одрживост

5.1. Увод

Историја пољопривреде почиње на древном Блиском истоку и југозападној Азији, прије око 10.000 година. Она се почела развијати након посљедњег леденог доба, када су се ледене насlage повукле натраг ка половима, и када је *Homo sapiens* почео мијењати своје навике у начину обезбјеђивања хране. Људи су напуштали номадски начин живота, почели развијати првобитне друштвене заједнице и живјети у насељима. Први кораци у историји пољопривреде били су прикупљање сјемена дивљих жита и њихово гајење, те припитомљавање дивљих животиња (Miller and Wetterstrom 2000).

Од тада је човјечанство не само чврсто окренуто према пољопривреди, већ му од ње зависи и опстанак. Пољопривредни системи су темељ људске цивилизације, обезбјеђујући храну, влакна и гориво (Sharma et al. 2022). Пољопривредне технике се од првог дана у свим регијама свијета константно усавршавају. То је већ непроцењиво богатство знања, традиције и производне дивергентности. Процват пољопривреде наступа током XX вијека, у периоду треће и четврте индустријске револуције, када се нагло мијења дотадашњи процес пољопривредног развоја. Оплемењивање, индустријализација, механизација, хемизација и многа друга научна достигнућа омогућила су огромно увећање приноса у односу на уложено.

Међутим, конвенционална пољопривреда има изразито негативан утицај на животну средину, а преко тога на цјелокупан живот на планети. Она доводи до ерозије земљишта, губитка земљишног покривача, загађења воде и

ваздуха (Müller-Böker 1990; Lampert et al. 2019; Huo and Peng 2023). Употреба синтетичких ђубрива, пестицида, интензивна сточарска производња, гајење генетички модификованих биљака и промјене у начину коришћења земљишта у конвенционалним пољопривредним системима доприносе повећању гасова стаклене баште, као што су угљен-диоксид, метан и азотни оксиди, који доприносе климатским промјенама (Ilić et al. 2020; Lynch et al. 2021; Malhi et al. 2021; Ilić et al. 2018a, 2019b; Ilić et al. 2019; Ilić et al. 2020; Ilić et al. 2021a, 2021b, 2021c, 2021d; Stojanović Bjelić et al. 2022; Ilić et al. 2022; Stojanović Bjelić et al. 2023; Farooqi et al. 2023; Тркуља и сар. 2023; Huntrieser et al. 2023; Ilić et al. 2024a; Ilić et al. 2024b; Kone et al. 2024). Поред тога, прекомјерна употреба воде за наводњавање у конвенционалној пољопривреди може исцрпити водоносне слојеве подземних вода и исушити ријеке и језера. Отпад са пољопривредних површина, контаминиран ђубривом и пестицидима, такође може контаминирати изворе воде, што доводи до еутрофикације и штете по водене еко-системе (Oluseun and Adebukola Adebisi 2021; Kumar et al. 2023). Прехрамбени системи одговорни су за 60% глобалног губитка биодиверзитета на копну, око 24% глобалних емисија гасова стаклене баште, 33% деградираних земљишта, 61% исцрпљивања „комерцијалне“ рибље популације и 20% прекомјерне експлоатације свјетских водоносних слојева (UNEP 2016). Очекује се да ће се ови притисци на базу природних ресурса значајно повећати са повећањем бројности хумане популације и повећањем њених захтјева, урбанизацијом и трендовима супермаркетизације, као и преласком на храну са интензивнијим ресурсима. До 2050. године, 40% очекиване свјетске популације живјеће у ријечним сливовима са великим притиском на животну средину, а предвиђа се да ће емисије гасова стаклене баште из пољопривреде порасти са 24% на 30% (UNEP 2016). Негативни утицаји конвенционалне пољопривреде на животну средину сами по себи наглашавају потребу њиховог мијењања и увођења одрживих пољопривредних пракси, које ће допринијети ублажавању ових деструктивних ефеката.

Данашња свјетска конвенционална пољопривредна производња у обиму од преко 90% одвија се по линеарном принципу узми – изради – користи – баци, који је оптерећен низом негативних посљедица, како за пословање фирми, тако и за животну средину. Линеарна економија произлази из пословних пракси које претпостављају константно трошење природних ресурса, без обзира на то да ли су обновљиви или необновљиви. Ова пракса заснива се на вађењу ресурса, производњи добара и услуга и одлагању отпада након потрошње. Она не узима у обзир потрошњу необновљивих природних ресурса, међу које спада и земљиште (Пржуљ и Тунгуз 2022). Међутим, овај приступ је под све већим притиском због својих еколошких и економских

недостатака. Еколошки недостатак линеарне економије је у томе што је производња добара на штету продуктивности наших еко-система. Прекомјерни притисак на еко-системе угрожава пружање основних услуга еко-система, као што су чишћење воде, ваздуха и земљишта (Michellini et al. 2017). Сва четири корака концепта узмим – изради – користи – баци утичу на услуге еко-система на различите начине. Прикупљање сировина доводи до велике потрошње енергије и воде, емисије токсичних материја и нарушавања природних ресурса, као што су земљиште, вода (Ilić et al. 2021a, 2021b; Стојановић Бјелић и сар. 2023) и ваздух (Илић и Максимовић 2021; Radović et al. 2022; Илић и сар. 2023a, 2023b, 2023c; Ćirišan et al. 2023). Формирање производа је такође често праћено великом потрошњом енергије и воде и токсичним емисијама. На крају, када се ови производи одбаце, природним подручјима се одузима простор и често се емитују токсичне супстанце.

Захваљујући напретку привредних грана, посебно информационих технологија, чије се услуге користе у пољопривреди и развоју свијести заједнице да се мора престати са линеарним коришћењем необновљивих природних ресурса, предложени су нови концепти пољопривредне производње као што су прецизна, паметна и дигитална пољопривреда. Сви ови концепти гајења биљака засновани су на софистицираним технологијама које омогућавају коришћење инпута према њиховом садржају у земљишту и захтјевима усјева. Посљедњих неколико деценија развио се модел кружне економије, генерално у свим производњама које користе природне ресурсе и специфично модел кружне пољопривреде, који својим принципима функционисања покушава замијенити модел линеарне економије. Примјеном модела кружне пољопривреде жели се спријечити даље погоршавање, не само у области експлоатације необновљивих природних ресурса већ и зауставити даље угрожавање животне средине (Velenturf and Purnel 2021; Ramakrishna and Jose 2022; Alivojvodic and Kokalj 2024). Зато се за овај појам користе још и термини „зелена пољопривреда (економија)“ и „еколошка пољопривреда (економија)“. Основни принцип овог модела је да се, колико је то технолошки данас могуће, отпадни материјали било из процеса производње, било из отпада готових производа прераде, рециклирају, односно подвргну третману и да у новом облику поново уђу у процес производње. На овај начин би се сузбило нерационално трошење природних ресурса, обезбиједила би се значајно боља заштита животне средине, а улазни фактори производње (материјали) били би знатно јефтинији. Економски и еколошки ефекти би у случају доминације циркуларне економије били значајни. Све већи број компанија у свијету почиње се уклапати у овај концепт.

Овај преглед има за циљ да анализом доступне литературе пружи свеобухватне информације о разлогу настанка и усвајања новог система примарне производње и прераде хране – кружне пољопривреде, те да укаже на њене предности и недостатке у односу на конвенционалну пољопривреду. Посебна пажња посвећена је принципима кружне пољопривреде, стратегији њеног успостављања и одржавања и циљевима који се постижу њеном примјеном.

5.2. Пољопривреда од неолита до прве индустријске револуције

Постоји велики број дефиниција пољопривреде, а све се у суштини односе на гајење биљака и животиња, чија је крајња сврха задовољавање потреба људи. Једна од дефиниција истиче да је „пољопривреда најсвеобухватнија ријеч која означава све начине узгоја гајених биљака и домаћих животиња које служе за исхрану људске популације и обезбјеђење других производа“, друга да је то „пракса обраде земљишта, гајења биљака или домаћих животиња за људске употребе, укључујући производњу хране, хране за животиње, влакана, горива или других корисних производа“ итд. Слична дефиниција може се наћи и у Оксфордском рјечнику енглеског језика (1971): „The science and art of cultivating the soil, including the allied pursuits of gathering in the crops and rearing live stock (sic); tillage, husbandry, farming (in the widest sense“ (Наука и умјетност обраде земљишта, укључујући удружене активности убирања/жетве усјева и узгоја стоке; обрада земљишта, гајење, пољопривреда у најширем смислу).

Под пољопривредом се подразумијева и тзв. домаћа прерада, односно прерада пољопривредних производа на властитом газдинству, у мањем обиму и без сложенијих средстава и опреме. Ако се прерада обавља на индустријски начин, онда је ријеч о пољопривредној индустрији – прехранбеној, текстилној, дуванској, индустрији коже итд. Пољопривредни производи могу се класификовати на основу различитих критеријума. У односу на гајене биљке, примијењену агротехнику и методе гајења (агротехничка подјела) разликују се: ратарство, воћарство, виноградарство, травњаштво и сточарство, а с обзиром на намјену (привредна подјела) производа дијеле се на: жита, индустријске биљке, поврће, воће, сточарске производе и сл. Број људи у свијету укључених у пољопривреду као основну економску активност, већи је него у било којој другој грани привреде.

Историја пољопривреде и њен утицај на еволуцију људског друштва подијељена је у три завршена велика периода и започети четврти период. Анализа преко 10.000 година историје и дефинисање најзначајнијих догађања у тако широком временском периоду је прилично тежак задатак. Пољопривредни изуми су оно што означава многе прекретнице у историји пољопривреде, јер су те прекретнице представљале напредак који је довео до веће производње или лакшег гајења биљака и домаћих животиња. Како су се технике и технологије усавршавале током времена, индустрије које су пратиле њихову израду такође су стварале нове ере у људском друштву.

Свој биолошки опстанак људски род у преисторијском развоју заснивао је на скупљању плодова дивљих биљака и на лову. Неолитска револуција представља најзначајнији и највећи заокрет који је довео до најважнијег напретка у људској историји. То је на неки начин било рађање цивилизације, када су се десиле веома битне промјене у људском начину живота, које су се оквирно почеле дешавати десетак хиљада година прије нове ере, а обухватале су нови начин обрађивања керамике и камена, прелазак на сједилачки начин живота, почетак гајења биљака као што су јечам, пшеница и сочиво, и припитомљавање животиња као што су краве, овце и козе, које су пружале поуздан извор хране, млијека и вуне. Ове четири основне промјене биле су основа свима осталима које су произашле из њих и које су створиле свијет какав га данас знамо. Први облици обраде земље вршени су мотиком. Око 3.000 година п. н. е. развила се плужна обрада земљишта, а први плуг, који је земљу уситњавање и окретао, почео се употребљавати око хиљаду година п. н. е. Једна од првих области у којој је пољопривреда завладала била је област позната као Плодни полумјесец (*Ferile Crescent*), која се простире на подручју које данас заузимају Израел и Либан на западу и Ирак и Иран на истоку. Развој пољопривреде током неолитске револуције омогућио је раст људске популације, оснивање насеља и успон сложенијих друштава. Био је то период трансформације у људској историји, који је поставио темеље модерној пољопривреди и прехрамбеним системима на које се данас ослањамо.

Пољопривреда у Месопотамији (данашњи Ирак) почела је око 4.000 г. п. н. е. У овом кључном периоду у историји пољопривреде дошло је до развоја сложених система за наводњавање и гајења усјева у већем обиму. Плодно земљиште у региону и поуздано снабдијевање водом из ријека Тигар и Еуфрат учинили су га идеалном локацијом за пољопривреду. Месопотамски фармери су користили системе за наводњавање да контролишу доток воде у своја поља, што им је омогућило да узгајају јечам, пшеницу, урме и смокве. Коришћење вучних животиња попут волова за вучу плугова повећало је продуктивност.

5.3. Пољопривреда у периоду индустријских револуција

Индустријска револуција је појам везан за нагли друштвени развој који се догодио у кратком временском распону. Период сваке индустријске револуције био је изузетно важан за читаву цивилизацију, јер су оне мијењале свијет из коријена и покретале га испочетка. Хиљадама година владало је мишљење да се економски напредак може остварити једино откривањем или освајањем других географских територија, те проналажењем нових материјала и извора енергије. Тек са појавом индустријских револуција постало је јасно да људи могу измислити нове материјале и нове изворе енергије, те да је знање трећи ресурс, поред сирових материјала и енергије. И, док се сирови материјали и енергија дуготрајном употребом троше, са знањем је управо супротно. Што се више користи, више га има. Када је дошло до прве индустријске револуције у Енглеској, кроз изум парне машине, она никада није престала да се даље развија. Свијет је константно трагао за новим изумима, те се послје прве десила друга, трећа и четврта индустријска револуција. Свака индустријска револуција у потпуности утиче на политичке, привредне и друштвене системе.

Основна одређења четири индустријске револуције и изуми који су их обиљежили су:

- Прва индустријска револуција – **парна машина**, друга половина XVIII вијека (Џејмс Ват, 1765. године);
- Друга индустријска револуција – **технолошка револуција**, око 1850. године;
- Трећа индустријска револуција – **дигитална револуција**, средина XX вијека;
- Четврта индустријска револуција – **аутоматизација производње, појава робота**, у току је.

5.3.1. Прва индустријска револуција

Индустријска револуција у другој половини XVIII и првој половини XIX вијека у Енглеској омогућила је и аграрну (индустријско-аграрну) револуцију. Према некима, ова прекретница у историји је одговорна за пораст становништва, повећање животног стандарда и појаву капиталистичке привреде. Послије Енглеске, почела се постепено ширити и развијати широм свијета, почевши од западне Европе па све до Сједињених Америчких Држава.

У периоду прве индустријске револуције долази до процвата технологије и науке (Crafts 2010; Haradhan 2019). Од 1700. до 1840. године регистрован је низ технолошких патената, што је била главна покретачка снага индустријске револуције. Пољопривредници су користили нове технологије, као што су сијачице, плуг који садржао жељезне дијелове и вршалицу. Први плугови били су израђени од дрвета, а за вучу су служиле домаће животиње (во, биво, дева, јако, коњ). Њима се могло орати већином само растресито, низинско земљиште. Премда су већ антички народи окивали плугове, тек су се у XVIII вијеку поједини дрвени дијелови замјењивали дијеловима од кованог жељеза. Године 1730. Џозеф Фољамбе (*Joseph Foljambe*) у Ротерхаму (*Rotherham*), Енглеска, конструисао је ротерхамски плуг (*Rotherham plough*), чије је рало било од жељеза. До 1770. био је најјефтинији и најбољи плуг који су користили фармери. Проширио се у Шкотску, Америку и Француску и био је то први плуг који се широко производио у фабрикама и први који је био комерцијално успјешан. До прве индустријске револуције, сјетва се обављала ручно, а сјеме дрљањем уносило у земљиште. Сијачица коју је 1701. патентирао Џетро Тал (*Jethro Tull*, 1674–1741), енглески пионир у пољопривреди, допринијела је великим промјенама – револуцији у ратарској производњи. За разлику од раније сјетве омашке, ручно, ова механичка сијачица је равномјерно распоређивала сјеме у редове и на исту дубину. Механичка вршалица, коју је 1785. године изумио Шкот Ендру Мајкл (*Andrew Meikle*, 1719–1811), имала је на себи сандук с претинцима, што се код њезине израде задржало до данашњих дана. Прву праву жетелицу конструисао је 1826. године Шкот Патрик Бел (*Patrick Bell*, 1799–1869). Енглески фармери примјењивали су плодоред и користили продуктивније сјеме и методе жетве у циљу добијања већих приноса (Broadberry et al. 2013). Сточари су унаприједили своје методе које омогућавају узгој најбољих раса говеда, што је допринијело већој производњи меса. Унапређење пољопривредних метода представљало је у ствари пољопривредну револуцију. Другу индустријску револуцију треба посматрати као дугогодишњи процес у којем су се мијењали начин и култура живота људи. Богати земљопосједници су откупљивали земљу од сеоских фармера и приморавали су мале фармери да постану фармери закупци или да одустану од пољопривреде и преселе се у градове да раде у индустрији.

5.3.2. Друга индустријска револуција

Док је прва индустријска револуција, од краја XVIII до друге половине XIX вијека, почела са проналаском парне машине, коришћењем угља и развојем

жељезнице, друга или технолошка индустријска револуција десила се у периоду између 1870. и 1914. године, а поред мотора са унутрашњим сагоријевањем и нафте, обиљежена је проналаском електричне енергије и њеном масовном производњом. Дошло до прекретнице у развоју индустрије, односно до нових индустријских револуција. Открића електромотора, далеководне мреже високог напона и трофазне струје омогућила су широку примјену електричне енергије у индустрији, а развој хемијске индустрије довео је до наглог развоја петрохемијске индустрије и друмског промета. Захваљујући изградњи жељезничких пруга покренут је нови талас глобализације, а „Форд Мотор“ је прва компанија у историји која је почела користити линијску производњу. У пољопривредну производњу уведене су нове машине за обраду земљишта и средства за исхрану биљака, те приносније сорте гајених биљака и продуктивније пасмине домаћих животиња.

Послије затишја на пољу технолошких иновација, послје 1860. године слиједио је низ макрооткрића, која су са своје стране покренула цијели низ микрооткрића, чије се трајање протеже све до шездесетих година XX вијека. Да би се схватио њихов значај, само ће се набројати области у којима су се догодиле највеће технолошке иновације и развој и откриле нове технологије: тешка индустрија (црна металургија, челична индустрија), промет (жељезнички промет, технологија градње путева, аутомобилски промет, технологија поморског превоза, изградња канала – Суецки, Киелски, Панамски), индустрија веза (комуникације), хемијска индустрија (вјештачке боје, минерална ђубрива и пестициди, нове молекуле, фармацевтска, грађевинска и војна индустрија), електроиндустрија, остале индустрије и пољопривреда и прехранбена индустрија.

Током друге индустријске револуције пољопривредна и прехранбена индустрија доживљавају велике промјене, гдје се могу дефинисати три правца развоја која су унаприједила пољопривредну производњу: производња минералних ђубрива и пестицида, производња пољопривредних машина и оплемењивање биљака и животиња. Од технолошких рјешења важних за пољопривреду издвојиће се само најважнија: производња суперфосфата из фосфатних стијена употребом сумпорне киселине (1835), откривање Либиговог закона (1840), производња азотних ђубрива (1870), синтетисање фунгицида Бордовске чорбе (1885), производња нитрата из амонијака (1908) итд.

У прехранбеној индустрији посебно је важно рјешавање проблема хлађења и замрзавања. Тај поступак споро се развијао, а у његовој историји важно је споменути неке развојне догађаје: производња леда (1834), прва кланица са замрзавањем говедине у Аустралији (1861), извоз говедине из Америке у

Енглеску, конструкција брода хладњаче и транспорт говедине из Буенос Ајреса у Француску (1876), увоз смрзнуте говедине, овчетине и друге хране у Европу из Аустралије, Новог Зеланда и Јужне Африке (1880).

Током друге индустријске револуције наставља се развој трактора. Први њихов погон била је парна машина (Сл. 5.1), а након тога мотор са унутрашњим сагоријевањем. Развој трактора омогућава механизовану и квалитетнију обраду земљишта и механизовано обављање осталих радова у пољопривреди, чиме се значајно повећава принос и повећава профит.



Сл. 5.1. Трактор на парни погон (Birćanić 2017)

Fig. 5.1. A steam powered tractor (Birćanić 2017)

5.3.3. Трећа индустријска револуција

Трећа индустријска револуција подразумева **период дигитализације**, због чега се ова револуција назива и **дигитална револуција**. Почела је да се одвија средином XX вијека. Трећа индустријска револуција означила је потпуно нову еру – **информационо доба**. Обиљежена је развојем технологије, која је унапредовала од аналогне електронике и механичких уређаја, до дигиталне технологије која се користи данас. Темељи се, између осталог, на компјутеризацији и роботизацији производних и комуникацијских процеса, мирнодопској примјени нуклеарне енергије, све широј употреби синтетичких, полимерних материјала, те на биотехнологији. Толико је била јака и утицајна да је у потпуности замијенила све традиционалне методе комуникације, пословања, школовања, са новим дигиталним методама у наведеним областима. Појавом интернета, компјутера, штампача, телефона и других

дигиталних уређаја, животи свих људи су се промијенили. Трећа индустријска револуција је економски пројекат који захтијева измјене не само у области производње енергије, већ и њеног коришћења, које ће захтијевати промјене у низу области: од транспорта и саобраћајних средстава, начина производње разних добара, до области просторног и градског планирања и грађења кућа. У Европи зграде користе око 40% укупне енергије и производе око 40% штетних гасова (гасови стаклене баште) који утичу на промјену климе – па се зато посебан акценат ставља на промјене у градњи кућа (Мохајан 2021).

Током 2007. године Европски парламент је усвојио транзициони пројекат за трећу индустријску револуцију, чији је главни креатор амерички економиста Јерему Рифкин (Jeremy Rifkin) (Мохајан 2021). Пројекат је усвојен као средњорочно-дугорочни инфраструктурни пројекат, који би требало да омогући европским земљама прелазак на нови облик снабдијевања енергијом и прелазак на бескарбонску економију (*Zero Carbon Economy*) до средине овог вијека. До 2020. године ЕУ је већ усвојила прелазни план познат као 3 x 20%, односно смањење употребе енергије за 20%, смањење испуштања гасова са ефектом стаклене баште за 20%, и обавезно укључивање 20% енергије добијене из обновљивих извора (сунце, вјетар, биомаса, геотермална енергија, хидропотенцијал и др.).

5.3.4. Четврта индустријска револуција

Четврта индустријска револуција (4ИР) промовисана је 2011. године у Њемачкој и она у први план ставља компјутеризацију и иновативни концепт производње (Sung 2014). Она не сугерише само како да се превазиђу претходни проблеми, већ обезбјеђује основу за развој производње усвајањем нових облика у оквиру радних апликација за паметну пољопривреду (Тоанализ 2018). Паметна пољопривреда (*Smart Farming*) је савремени термин за примјену података и комуникацијских технологија (*Information and Communication Technologies; ICT*) у пољопривреди, те се често назива трећа зелена револуција или пољопривреда 4.0 (Martinho and Guiné 2021). Да би се аутономно повезао компјутерски базиран алгоритам за пољопривреду на отвореном пољу, стварају се интелигентне мреже између машина, рада и система уопште кроз креирање читавог ланца вриједности уз помоћ IoT технологије (*Internet of Things*), који могу да контролишу себе и једни друге (Hofmann 2017). **IoT технологија**, у нашем језику позната и као „интернет паметних уређаја“ или „интернет ствари“, подразумијева читав систем различитих производа, односно уређаја, који користе интернет како би заједно испуњавали неке задатке. То практично значи увезивање

различитих уређаја (не мисли се на рачунаре) – од „паметних“ верзија већ познатих апарата, па све то аутоматизованих машина у индустријској производњи. Ови системи функционишу тако што **прикупљају и обрађују информације**, и у складу са њима обављају своје задатке. Подаци се прикупљају најчешће уз помоћ **сензора**, а када их уређај обради, они се складиште у облаку (cloud-у) и користе даље.

Дигитална технологија би могла да помогне у обнављању пољопривредног еко-система, укључујући пољопривредне услуге (осигурање, савјетовање), организацију ланаца вриједности и управљање пољопривредним површинама. Ланци вриједности се трансформишу деинтермедијацијом (искључивање финансијских посредника, нпр. банке, из процеса алоцирања новца), подстакнутом интернетом, и могућношћу транспарентности производа, која је данас све траженија међу потрошачима. Територијално управљање је још један аспект пољопривредног еко-система на који утиче дигитална технологија. Територијални ниво се односи и на агроекологију (екологија пејзажа, затварање циклуса кроз кружну економију) и на пољопривреду, која игра централну улогу на територијама и предмет је тензија повезаних са коришћењем ресурса (земља, вода). Дигитална технологија би могла да понуди алате за боље идентификовање материјалних токова и олакшавање посредовања и колективног одлучивања (модел поддршке, итд.).

5.3.4.1. Утицај четврте индустријске револуције на пољопривреду

Традиционални пољопривредни систем теже да обезбиједи потребну профитабилност на тржишту и потребне количине хране без подршке иновативне технолошке ефикасности. Промовишући ефекте 4ИР у пољопривреди, прије свега потребно је погодно окружење за изградњу безбједности у руралном животу и окружење коју пружа простор за сајбер технологију. Култура паметне пољопривреде је одређена кроз 4ИР и омогућава пољопривредном произвођачу да повећа продуктивност на конкурентан начин. 4ИР примјењује технологију пољопривредне роботике, која има користан резултат за промовисање напредног пољопривредног система, смањујући трошкове рада и повећавајући квалитет (Duckett et al. 2018). 4ИР у пољопривреди би требало да укључује вјештачку интелигенцију, роботичку технологију и људске раднике, а онда ће резултат паметне пољопривреде бити експоненцијално побољшан.

Коришћење разних савремених техника и иновација (сателитски снимци, дрони, сензори) доводи до брзих и незамисливих промјена у

пољопривредној производњи. Модернизација пољопривреде и коришћење дигиталних технологија довела је до појаве нових концепата производње, као што су прецизна пољопривреда, паметна пољопривреда и дигитална пољопривреда. Мада се сви односе на модерну пољопривреду, ови појмови нису синоними и имају своје специфичности.

Прецизна пољопривреда (*Precision Agriculture, PA*) представља технологију управљања биљном производњом, гдје се на основу мјерења дефинишу потребе појединих парцела и усјева (Pierce and Nowak 1999). Овај концепт управљања и доношења одлука користи дигиталне технике за праћење и оптимизацију пољопривредних производних процеса. Развој прецизне пољопривреде карактеришу двије активности: (1) телеметрија и роботика у снимању земљишта из ваздуха, примјена различитих сензора и софистициране локалне временске прогнозе и (2) обимни подаци и њихова напредна анализа. Телеметрија или телематика је технологија која омогућава даљинско мјерење и пренос информација са удаљене локације до оператора. Појам је настао од двије грчке ријечи: tele – далеко, удаљен и metron – мјерити. Оптимизација је суштина прецизне пољопривреде. На примјер, умјесто примјене исте количине ђубрива или средства за заштиту на цијелој парцели, на основу прикупљених података из ваздуха сваки дио парцеле добија потребну (различиту) количину ђубрива или средства за заштиту.

Паметна пољопривреда (*Smart Farming*) подразумијева примјену информацијских технологија за оптимизацију сложених пољопривредних система, паметну примјену свих података, а не само утврђивање варијабилности унутар нпр. парцеле или између појединих животиња (Streed and Kantar 2021). То значи да паметна пољопривреда анализира и укључује све операције на фарми. Пољопривредни произвођачи користите мобилне паметне телефоне или таблете за приступ подацима у стварном времену о стању земљишта и усјева, временским условима и клими, коришћењу ресурса и радне снаге, финансијских средстава и сл. Све прикупљене информације омогућавају пољопривредницима избјегавање субјективности и доношење најповољнијих одлука.

Дигитална пољопривреда (*Digital Farming*) користи податке уз помоћ вјештачке интелигенције (Abiri et al. 2023). То значи да дигитална пољопривреда интегрише прецизну пољопривреду и паметну пољопривреду помоћу интелигентних мрежних платформи и алата, те повезује пољопривредно имање са свим доступним информацијама како би се омогућила аутоматизација и извођење одрживих процеса у пољопривреди. За примјену дигиталне пољопривреде неопходно је да сви уређаји и машине имају могућност примања, слања, стварања и обрађивања

података, да су умрежене и да имају могућност међусобне размјене податка. Разумљиво је да резултат дигиталне пољопривреде (продуктивност, безбједност хране и сл.) зависи од доступних података.

5.4. Модел кружне vs. модел линеарне економије

Природни ресурси су главни и незамјенљив фактор индустријске производње. Са развојем друштва и повећањем људске популације искоришћавање природних ресурса је све обимније, и по количини и по интензитету, што нормално намеће питање до када овај процес може трајати, обзиром да се ради о необновљивим природним ресурсима (Huo and Peng 2023, Wang and Azam 2024). Све мања расположивост овог незамјенљивог фактора производње, имаће великог утицаја и на све оштрију борбу у циљу располагања природним ресурсима. На почетку трећег миленијума над природом и животном средином, може се рећи и над Земљом и људском врстом, надвио се таман облак који све више поприма разарајуће размјере. Угрожавање животне средине у ширем смислу, и посљедице тога са којим се суочава човјечанство, постао је не само актуелан већ алармантан и животно важан проблем.

5.4.1. Линеарна економија

Индустријска производња, гдје се сврстава и пољопривреда, данас се у углавном одвија по моделу *линеарне економије*, и очигледно је главни загађивач животне средине, било да се ради о све већим количинама различитих врста отпада, па и опасних материја као резултата процеса производње, било да се ради о искоришћеним готовим производима који као отпад завршавају на депонијама у све већим количинама (Maojun et al. 2011; Cherniwchan 2012; Yang et al. 2023; Нешковић Маркић и сар. 2023).

Садашња линеарна економија, која је у највећој мјери заступљена у свјетској привреди, показује доста негативних ефеката на животну средину и људе (Kouhhabibi 2022; Mahjoob et al. 2023; Rome business school 2023). Она доводи до деградације животне средине због пословне филозофије *узми – изради – користи – баци* (Сл. 5.2), смањује профитабилност и не успијева на адекватан начин задовољити растуће потребе глобалне популације (European investment bank 2023). У многим индустријама, линеарна економија резултира великом употребом воде и ресурса, хемијском контаминацијом, производњом отпада и стварањем микропластике, што значајно доприноси

контаминацији животне средине (Turner 2018). Штавише, у пољопривредном сектору модел линеарне економије ограничава ефикасну употребу пољопривредних производа и омета стварање одрживог производног циклуса (Devčić 2022). Поред тога, линеарна економија повећава негативне ефекте климатских промјена, утичући на количину и квалитет воде док емитује гасове стаклене баште (Tamirisa 2008).

Линеарна економија



Сл. 5.2. Модел линеарне економије (www.gmat.co.uk/waste-soils-and-the-circular-economy/)

Fig. 5.2. Linear economy model (www.gmat.co.uk/waste-soils-and-the-circular-economy/)

Линеарни модел заснован је на принципу производње робе, њеног коришћења и елиминације искоришћеног производа као отпада (European investment bank 2023). Многи природни ресурси који се користе за производњу по принципима линеарног модела економије су необновљиви, што намеће питање коначности периода њихове експлоатације и даљег одрживог развоја. Поред тога, штетни ефекти по природну средину постају све већи и налазе се у корелацији са повећањем обима производње и развоја индустрије. Штетност ефеката је већ сада веома уочљива, на шта указују озбиљне расправе и забринутост на стање животне средине, које није само локалног карактера већ и глобалног (Profolus 2021; Kouhhabibi 2022; Rome Business school 2023). Указивање на глобалне климатске промјене довољно говори о озбиљности ситуације у којој се налази животна средина на планетарном нивоу (Tamirisa 2008). Локални поремећаји у очувању животне средине достижу такође више него забрињавајуће размјере. Загађења земљишта, воде и ваздуха готово су свакодневна појава у свијету. Одлагање отпада након коришћења готовог производа на депоније већ у великој мјери заузима и загађује животни простор (Ilić i sar. 2007; Nešković Markić i sar. 2019; Ilić et al. 2020; Mehmood et al. 2024). Ова активност је често неорганизована и врши се на неадекватан начин. Понекада се то врши и илегално, посебно када су у питању опасне материје. Генерално, може се извести констатација да је линеарна економија, која подразумева индустријски развој у једном периоду развоја економије и друштва у цјелини, имала позитивну улогу.

Међутим, у савременим условима, оваква констатације није одржива, јер су штетни ефекти по животну средину и одрживи развој већ достигли ниво када овакав модел економије мора да се мијења. Природни ресурси нису вјечни, а угрожавање животне средине и здравља људи је већ на нивоу који захтијева брже промјене.

Недостаци линеарне економије могу се сумирати у сљедећих пет негативних посљедица (Sariatli 2017):

1. **Исцрпљивање природних ресурса:** линеарни модел ослања се на константну експлоатацију природних ресурса, што може довести до њиховог исцрпљивања и деградације животне средине.
2. **Акумулација отпада:** пошто није планирано да се производи поново користе или рециклирају, отпад се акумулира, оптерећује системе управљања отпадом и повећава загађење.
3. **Неодрживост:** линеарна економија је дугорочно неодржива јер не узима у обзир ограничене количине природних ресурса или капацитет животне средине да апсорбује отпад.
4. **Загађење животне средине:** процес вађења сировина, производње и одлагања отпада често доводи до загађења ваздуха, воде и земљишта.
5. **Друштвена неједнакост:** фокус на сталну потрошњу може погоршати друштвене неједнакости, јер само они који имају средства да у потпуности учествују у потрошњи могу имати користи од овог економског модела.

5.4.2. Кружна економија

Пољопривреда, као један од највећих корисника природних ресурса и утицаја на животну средину, има огроман потенцијал за кружне праксе. Кружна пољопривреда се фокусира на оптимизацију коришћења ресурса, минимизирање отпада и подстицање одрживе производње хране.

Прелазак на модел кружне (циркуларне) економије нуди рјешење промовисањем елиминације отпада, поштовања животне средине и пословног понашања са свијешћу о ресурсима, чиме се ефикасно рјешавају економски, еколошки и друштвени изазови (European investment bank 2023).

Кружна економија је супротност линеарној економији и представља најновији покушај стварања концепта интеграције економских активности и животне средине на одржив начин (Cvetanović i sar. 2017). У индустријској и еколошкој литератури све више се афирмише циркуларни модел економије, који помјера границе еколошке одрживости и наглашава принцип

трансформације производа на начин да се успоставља веза између еколошких система и економског раста (Geng and Doberstein 2008; de Man and Friege 2016; Vukadinović 2018; Nešković Markić i sar. 2021). Ова веза се успоставља тако што се стварају самоодрживи производни системи у којима се материјали користе изнова након искоришћености готовог производа (Genovese et al. 2017).

Кружни приступ има за циљ да дизајнира отпад и загађење, задржи производе и материјале у употреби и регенерише природне системе. Основна идеја је да се створи систем затворене петље (круга), који минимизира употребу ресурса инпута, смањује отпад и максимизира одрживу употребу материјала производа. У својој суштини, кружна економија је трансформативни концепт који редефинише наше разумијевање производње и потрошње. У потпуној супротности са традиционалном линеарном економијом, која прати модел *узми – изради – користи – баци*, кружна економија заступа одрживи приступ. Заснован је на идеји да се ресурси могу ефикасније и одрживије користити кроз принципе смањења, поновне употребе и рециклирања.

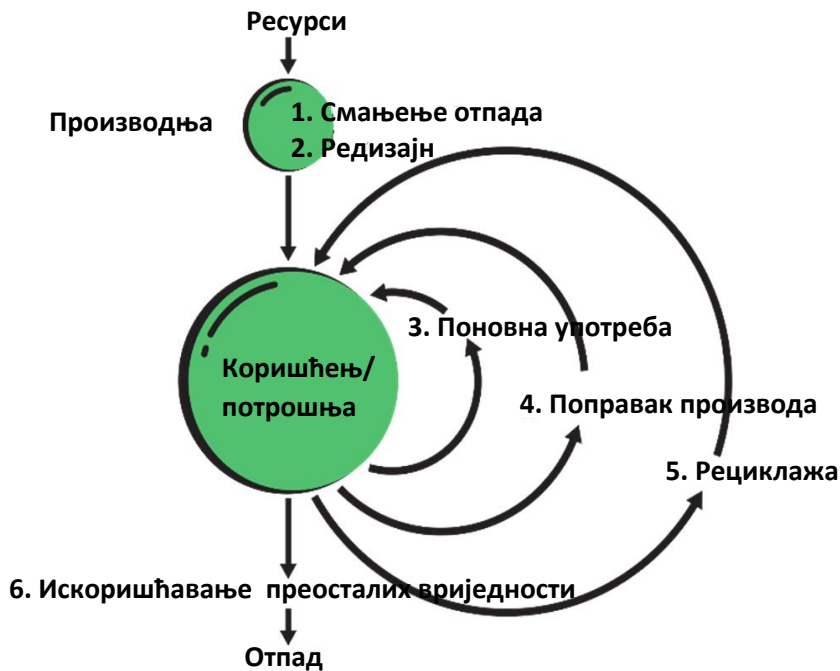
Кружна економија настоји да редефинише раст, фокусирајући се на позитивне користи за цијело друштво. То подразумева постепено одвајање економске активности од потрошње ограничених ресурса и пројектовање отпада из система. За разлику од линеарног модела, који исцрпљује ресурсе и често доводи до акумулације отпада, кружна економија је по дизајну обнављајућа и регенеративна. Она има за циљ да задржи производе, опрему и инфраструктуру у употреби дуже, чиме се побољшава продуктивност ових ресурса.

Овај иновативни економски модел иде даље од једноставног рециклирања материјала. Захтијева системску промјену у начину на који се производи дизајнирају, пласирају и конзумирају. Подстиче развој нових пословних модела који стварају одрживу економску вриједност и граде робусне, отпорне системе који су способни да издрже изазове животне средине. Као таква, кружна економија није само еколошки императив већ и стратешки приступ подстицању дугорочног економског и друштвеног благостања.

Данас је 8,6% свјетске привреде дефинисано као кружно (Circle Economy 2020). Тренутни циљ је да се крене ка кружној, одрживој и регенеративној биономији, која треба да узме у обзир директне и средњорочне и дугорочне факторе који утичу на животну средину.

5.4.2.1. Основни принципи кружне економије

Кружна економија је заснована на три основна принципа, опште позната као три R (*reduce* – смањи, *reuse* – поново употреби и *recycle* – рециклирај) (Сл. 5.3). Ови принципи служе као водећи оквир за трансформацију традиционалне линеарне економије, у којој се роба производи, користи и одлаже, у кружну, која је по дизајну обнављајућа и регенеративна. Интеграцијом ових принципа у процесе производње и потрошње, постаје могуће значајно смањити отпад и емисију гасова стаклене баште и сачувати природне ресурсе. Сваки од ових принципа игра јединствену, али комплементарну улогу у постизању циља одрживе, кружне економије. Дефиниције кружне економије обухватају економски раст, промовишу обновљиву енергију, укључују појам „рестаурације“ и „допуњавања“ ресурса. Овако формулисане дефиниције кружне економије, са обухватом наведених елемената, представљају поглед на овај концепт као шири програм затварања круга екстракције материјала, чиме се ублажава притисак на животну средину.



Сл. 5.3. Кружна економија (<https://nbs.net/what-is-a-circular-economy-and-how-does-it-work/>)

Fig. 5.3. Circular economy (<https://nbs.net/what-is-a-circular-economy-and-how-does-it-work/>)

Смањи – фокусира се на минимизирање потрошње ресурса и стварања отпада. Овај принцип се залаже за ефикасније коришћење ресурса, што би могло да подразумијева дизајнирање производа који захтијевају мање материјала или троше мање енергије. Такође се наглашава потреба за смањењем обима произведеног отпада. На примјер, практична примјена овог принципа се види у дизајну енергетски ефикасних уређаја који троше мање електричне енергије, или у паковању производа са биоразградивом или минималном амбалажом за смањење отпада.

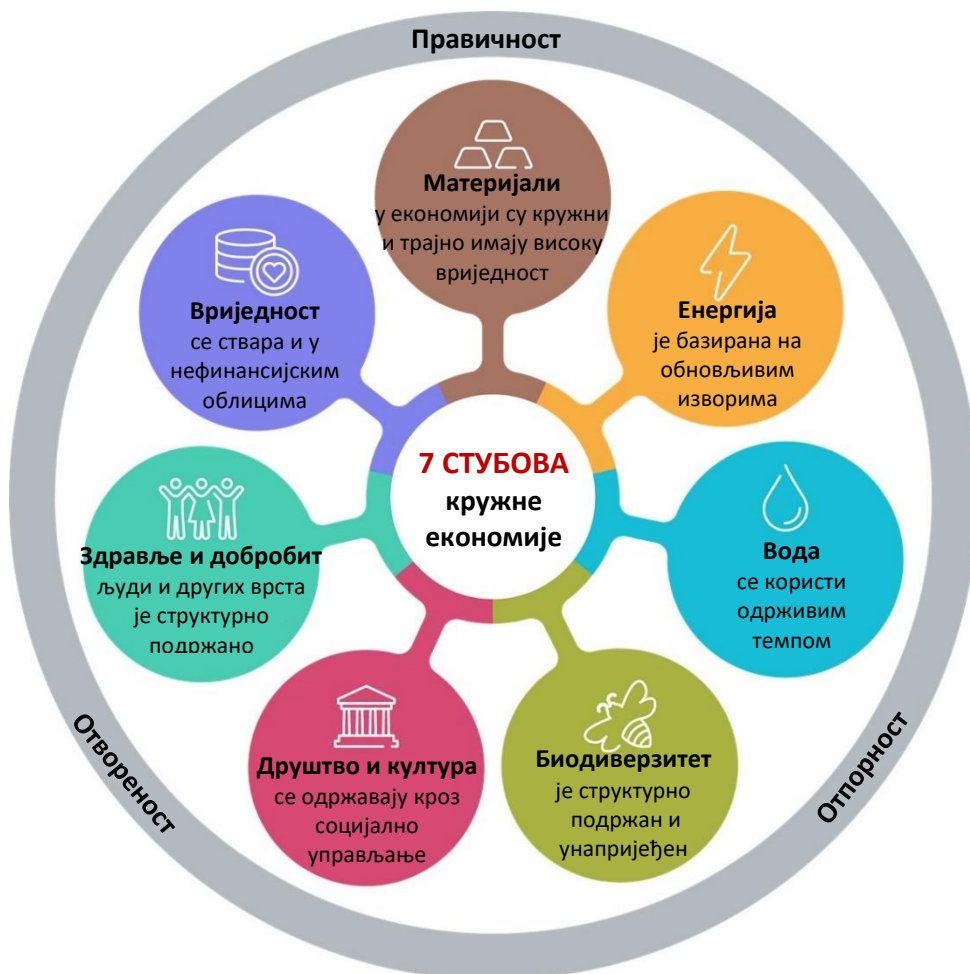
Поновна употреба је други основни принцип и фокусира се на продужење животног циклуса производа и материјала. Проналажењем нових употреба за постојеће производе, или пренамјеном материјала, може се избјећи потреба за новим ресурсима и смањити отпад. Свакодневни примјер овог принципа је реновирање и препродаја електронике. Умјесто одлагања старих телефона или рачунара, они се могу реновирати и продати, дајући им други живот. Слично томе, модне индустрије све више стару одјећу претварају у нову или друге производе.

Рециклирање укључује претварање отпадног материјала у нове производе или сировине за употребу у другим процесима. Овај принцип је кључан у смањењу потребе за изворним ресурсима и минимизирању отпада који одлази на депоније. На примјер, рециклирање папира смањује потражњу за новим дрветом, а рециклирање пластике значи да се производи мање нове пластике. Свакодневни примјер рециклаже је претварање коришћених стаклених боца у нове стаклене производе или коришћење рециклиране пластике за креирање спољног намјештаја или влакана одјеће.

5.4.2.2. Седам стубова кружне економије

Metabolic (2019) наводи да је кружна економија појам који је у посљедњих неколико година стекао велику популарност и међу предузећима и међу владама. Са порастом употребе, број начина на који се термин дефинише се увећао. Иако се развија одређени консензус међу различитим субјектима који раде на терену, остаје недостатак јасноће о томе шта „кружно“ заправо значи у пракси. У својој филозофији пословања Metabolic (2019) свој фокус у области кружне економије управља према материјалима и осигуравању да су циклуси ресурса затворени, на сличан начин који се дешава у природним еко-системима, гдје вода и хранљиви састојци непрекидно круже, на основу чега, по њему, у кружној економији, сви материјали треба да се користе на такав начин да могу да круже неограничено, баш као што теоретски могу у природи.

Ова филозофија односи се на временски период који је релевантан за људе. Материјали треба да круже на највишој могућој вриједности, по могућности као цијели производи, а затим као компоненте, и на крају се рециклирају назад до основних сировина, које могу бити изузетно енергетски интензивне. У тражењу потпуно затвореног кружног циклуса материјала наилази се на многе друге везе у цијелом економском систему које треба уредити на начин који подржава шире људске идеје. Резултат ове филозофије дефинише седам карактеристика/стубова које описују крајње стање кружне економије након што је истински постигнуто (Сл. 5.4).



Сл. 5.4. Седам стубова кружне економије (Metabolic 2019)

Fig. 5.4. The Seven Pillars of the Circular Economy (Metabolic 2019)

Ово су идеализоване карактеристике које можда никада неће бити могуће постићи, али оне пружају специфичан скуп циљева којима треба тежити. Штавише, сваки се може окарактерисати са већим, квантитативним детаљима, чинећи основу за индикаторе циркуларности, у многим различитим контекстима.

1. *Материјали* круже по континуирано високој вриједности. Сложеност материјала је очувана каскадним материјалима у њиховом могућем најсложенијем облику што је дуже могуће. Материјални циклуси су дизајнирани да буду одговарајуће дужине за људске временске скале и природне циклусе на које су повезани. Оскудни материјали круже у краћим интервалима како би се могли раније повратити за поновну употребу. Материјали се не мијешају на начине који онемогућавају раздвајање и регенерацију, осим ако не могу да наставе да круже бесконачно са високом вриједношћу у свом мјешовитом облику.
2. *Користи се енергија из обновљивих извора*. Материјали потребни за технологије производње и складиштења енергије дизајнирани су за враћање у систем. Енергија се чува и потрошња енергије је усклађена са локално доступном енергијом. Систем је дизајниран за максималну енергетску ефикасност без угрожавања перформанси и сервисног учинка система.
3. Пошто је један од основних принципа дјеловања у оквиру кружне економије, очување сложености *биодиверзитета* је главни приоритет. Људским активностима се не задире у станишта, посебно ријетка станишта, нити их структурално оштећује. Очување еколошке разноврсности је један од кључних извора отпорности биосфере. Материјални и енергетски губици се толеришу ради очувања биодиверзитета, који је много већи приоритет.
4. Као још један облик сложености и разноликости (а самим тим и отпорности), *људске културе и друштвена кохезија* су изузетно важне и морају бити очувани. У кружној економији, процеси и организације користе одговарајуће моделе управљања који осигуравају одржавање потребе заинтересованих страна на које се то односи. Активности које структурно нарушавају благостање или постојање јединствених људских култура избјегавају се чак и уз високу цијену.
5. *Здравље и добробит људи и других врста* су структурално подржани. Токсичне и опасне супстанце су сведене на минимум и држе се у строго контролисаним циклусима, и на крају их треба потпуно елиминисати. У кружној економији економске активности никада не угрожавају људско здравље или добробит.

6. Људске активности максимизирају стварање *друштвене вриједности*. Пошто материјали и енергија нису доступни у бесконачној количини, њихова употреба треба максимално смислено допринијети стварању друштвене вриједности. Осим финансијских, постоје и други облици вриједности – естетски, емоционални, еколошки итд., који се не могу свести на заједничку мјеру вриједносних судова и они се дефинишу као вриједносне категорије саме по себи. Избор коришћења ресурса максимизира стварање вриједности у што је могуће више категорија, а не максимизира само финансијске резултате.
7. *Вода* је један од најважнијих заједничких ресурса; довољна количина и квалитет воде је од суштинског значаја за економију и опстанак, због чега се водни ресурси црпе и круже на одржив начин. У циркуларној економији вриједност воде се одржава – настоји се користити у неограниченом броју циклуса, уз очување њене вриједности. Системи и технологије воде минимизирају употребу слатке воде и максимизирају поврат енергије и хранљивих материја из отпадних вода. Заштита сливова је приоритет, а штетне емисије у водене еко-системе се избјегавају као главни приоритет.

5.4.2.3. Основне карактеристике и предности кружне економије

Компанија која примјењује кружну економију слиједи сљедеће принципе у пословању (Velenturf and Purnell 2021):

- **Дизајн за дуговјечност.** Производи су дизајнирани да трају дуже, смањујући учесталост замјене, што доприноси чувању ресурса.
- **Одржавање и поправка.** Производи се лако одржавају и поправљају, чиме се продужава њихов животни циклус.
- **Поновна употреба и препродаја.** Када производи дођу до краја свог животног вијека за почетног корисника, они се поново користе, обнављају или препродају, умјесто да се одбацују.
- **Рециклажа.** Ако се производи не могу поново користити или поправити, материјали у њима се рециклирају да би се створила сировина за нове производе, чиме се избјегава отпад.
- **Биолошки циклус.** Органски материјали се безбједно враћају у земљу или се користе у регенеративним процесима као што је компостирање.
- **Иновација пословног модела.** Предузећа усвајају моделе који се фокусирају на пружање услуга (попут лизинга или дијелења), а не на власништво, како би максимизирали корисност сваког производа.

- **Енергетска ефикасност:** Фокус је на коришћењу обновљивих извора енергије и минимизирању расипања енергије током производног циклуса.

Прелазак на кружну економију нуди многе предности у оквиру еколошких, економских и друштвених димензија. Он представља одрживу алтернативу традиционалном линеарном моделу, у којој се економски раст постиже у складу са управљањем животном средином и друштвеним благостањем (Jablonski 2015; Lewandowski 2016; Lieder and Rashid 2016; Padilla-Rivera et al. 2020).

Еколошке предности. Усвајањем принципа смањења, поновне употребе и рециклирања, количина генерисаног отпада може се драстично смањити, што има позитиван утицај на животну средину (Stahel 2016; Korhonen et al. 2018). Ово смањење отпада ублажава притисак на депоније и системе управљања отпадом и доприноси смањењу загађења и емисије гасова стаклене баште. Кружна економија промовише очување ресурса задржавајући производе и материјале у употреби што је дуже могуће, чиме се смањује потреба за екстракцијом и прерадом сировина. Ово очување је кључно у очувању биодиверзитета и борби против исцрпљивања ресурса. Подстичући дизајн производа који су издржљивији и лакши за поправку, смањује се учесталост са којом се производи одбацују и замјењују, што на више поља и начина доприноси смањењу загађења животне средине и емисије угљеника. Фокусирањем на обновљиве изворе и енергију, кружна економија помаже у ублажавању утицаја климатских промена.

Економске користи. Овај модел пословања може довести до значајних уштеда и за предузећа и за потрошаче. За предузећа ефикасна употреба материјала и ресурса може смањити трошкове производње. Кружна економија отвара нове пословне могућности и тржишта и нова радна мјеста, посебно у областима рециклаже, реновирања и одрживог дизајна производа (Jablonski 2015).

Друштвене погодности. Од друштвених користи посебно се истиче аспект развоја заједнице – локалне иницијативе за рециклажу и реновирање могу ојачати везе у заједници и подстаћи осећај заједничке одговорности за животну средину (Padilla-Rivera et al. 2020). Ове иницијативе често укључују локална предузећа и групе у заједници, промовишући локални економски развој и социјалну кохезију. Потреба за одрживим дизајном производа, ефикасном употребом ресурса и ефективним управљањем отпадом покреће иновације у различитим секторима. Оне могу довести до развоја нових технологија и пословних модела, који не само да имају користи за животну средину, већ нуде побољшане производе и услуге потрошачима.

5.4.3. Кружна економија у пољопривреди

Почетак трећег миленијума сучава се са све важнијим и сложенијим изазовима као што су губитак биодиверзитета, климатске промјене, исцрпљивање ресурса, несташица воде, раст становништва и економска питања. Кружна економија доприноси превазилажењу ових изазова кроз економски и еколошки развој који чува и унапређује природне ресурсе и обновљиве токове (Lewandowski 2016). Предности модела кружне економије могу се приписати смањењу утицаја на животну средину кроз минимизирање отпада, повећање економских користи, редизајн производа, избор материјала (Lieder and Rashid 2016), смањење промјенљивости цијена и повећање броја радних мјеста (Jablonski 2015). То значи да кружна економија има за циљ да преобликује глобалне индустријске системе у складу са идеалним циљем економије без отпада (Stahel 2016).

Питања нуспроизвода пољопривредно-прехранбене индустрије и насталог отпада подстакли су Европску унију да промовише економију без отпада до 2025. године, укључујући у овај проблем све субјекте у ланцу – од истраживача, доносилаца одлука, индустрије до потрошача (European Commission 2020). Иницијатива названа „Зелени договор“ („*Green Deal*“), коју је Европска комисија промовисала у децембру 2019. године имала је за циљ стварања модела биономије са ефикаснијим доприносом у рјешавању климатских промјена и у еколошкој транзицији. Зелени договор представља важан оквир за убрзање транзиције ка циркуларној економији, који подстиче одрживу биономију. Европски циљ је да постане први климатски неутралан континент до 2050. године, јачајући конкурентност европске индустрије и осигуравајући транзицију која није само одржива за животну средину и привреду, већ и за друштво у цјелини.

Кружна економија је предмет интересовања како доносилаца одлука, тако и истраживача. Урађене су студије о теорији и концептуализацији кружне економије, развоју иновативних модела у пољопривредно-прехранбеном сектору (Esposito et al. 2020), предложене дефиниције отпада од хране (Corrado et al. 2017), стратегије за избјегавање губитака хране и отпада (*food losses and waste – FLW*) дуж ланца снабдијевања пољопривредно-прехранбеним производима (Dora et al. 2020), стратегије за валоризацију отпада од хране, те анализе функционалности технологија и управљање пољопривредно-прехранбеним отпадом у контексту кружне економије (Kyriakopoulos et al. 2019). Посљедњих година у научним часописима публикован је велики број радова у вези кружне економије (Geissdoerfer et al. 2017), и урађен велики број студија широм свијета (Feng and Yan 2007; Ellen

Macarthur Foundation 2012; Naustdalslid 2013; Su et al. 2013; Lett 2014; Prendeville et al. 2014).

5.4.3.1. Праксе кружне пољопривреде

Стратегија позната као циркуларност у пољопривреди покушава да затвори кругове ресурса унутар пољопривредног система, минимизирајући отпад и максимизирајући ефикасност ресурса. То подразумева развој пољопривредних метода и система који одражавају природне циклусе, смањују ослањање на ограничене ресурсе и подржавају одрживе и регенеративне праксе. Филозофија пословања линеарне економије *узми – изради – користи – баци* настоји се замијенити оном која затвара петљу, чувајући ресурсе што је дуже могуће.

У кружној пољопривреди сви кораци у ланцу исхране, од гајења, бербе, паковања, прераде, транспорта, маркетинга, конзумирања и одлагања хране, изводе се са циљем промовисања одрживог развоја. Интеграција сточарства и органске пољопривреде, агрошумарство и рециклажа воде и поновна употреба отпадних вода, основни је елемент кружног модела пољопривреде, који има за циљ смањење емисије CO₂, ефикасније коришћење природних ресурса и значајно смањење употребе инпута (Barros et al. 2020; Rosemarin et al. 2020). У пракси су позната три модела кружне пољопривреде: мјешовита пољопривреда, органска пољопривреда и агрошумарство.

Мјешовита пољопривреда. Кружна пољопривреда уско је повезана са концептом мјешовитог ратарско-сточарског газдинства. Плодоред је једна од кружних пољопривредних пракси коју фармери користе за боље управљање штетним организмима и кружење хранљивих материја, одржавање здравља земљишта и смањење ризика. Овај модел промовише дугорочну одрживост, смањује зависност од хемијских инпута и подржава отпорне и ефикасне пољопривредне системе (Velasco-Muñoz et al. 2022). Диверзитет усјева је ефикасна пракса за смањење инпута и одржавање плодности земљишта (Pržulj and Momčilović 2006; Pržulj and Tunguz 2022; Pržulj et al. 2022a). Комбинована или здружена производња различитих гајених биљака из породице трава и махунарки може повећати приносе на одржив начин (Пржуљ и Тунгуз 2022; Pržulj et al. 2022b).

Мјешовита пољопривреда која комбинује ратарство и сточарство нуди додатне могућности за продубљивање кружне пољопривреде. Коришћење локално произведене хране за животиње, и стајњака, умјесто увозних и хемијских ђубрива, на примјер, може допринијети смањењу емисије CO₂ у

пољопривреди. Циљ је да се искористи синергија која постоји између гајених биљака и домаћих животиња, како би се створио кружни систем исхране (Joan et al. 2020). Међутим, мјешовите пољопривредне праксе, упркос многим предностима, у великој мјери замијењене су високо специјализованим пољопривредним системима, као што је нпр. монокултура. Заједничка пољопривредна политика Европске уније подстицала је фармере да прошире и специјализују своју пољопривредну производњу, иако су студије потврдиле потенцијалне еколошке и економске предности мјешовитих газдинстава у односу на специјализоване системе. Ратарско-сточарске фарме имају ниже трошкове, мање су осјетљиве на флукуације тржишта и цијена и мање загађују животну средину азотом.

Органска пољопривреда. Агрономске праксе које наглашавају производњу усјева и домаћих животиња без употребе синтетичких хемикалија, генетички модификованих организама (ГМО) или вјештачких додатака, познате су као органска пољопривреда (Lotter 2003). Ова пракса у пољопривреди је на идејама кружне економије – здраво земљиште, биодиверзитет, еколошка равнотежа и одрживо управљање ресурсима (Сл. 5.5). У ову групу пракси може се сврстати и регенеративна пољопривреда, која представља свеобухватан и системски заснован метод пољопривреде, са циљем регенерације услуга еко-система и природних ресурса неопходних за пољопривреду (Lal 2020; Пржуљ и Тунгуз 2022). Активно одржавање плодности земљишта и подстицање цикличних фаза раста и обнове спада у најефикасније одрживе праксе. Регенеративна пољопривреда нуди могућност за одрживе и регенеративне системе производње хране, стављајући приоритет на здравље земљишта, биодиверзитет и отпорност на климу (Rai et al. 2023).

Приноси у конвенционалној пољопривреди су историјски били већи него у органској, али се ова разлика посљедњих година смањује (Montgomery et al. 2022). Под одређеним условима и праксама управљања, приноси пиринча, соје, кукуруза и дјетелине у органској пољопривреди приближни су приносима у конвенционалним пољопривредним системима (Reganold and Wachter 2016). У односу на 1999. годину, када се у органској пољопривреди налазило 11 милиона хектара, у 2022. било је 96 милиона, које је обрађивало 4,5 милиона фармера у 188 земаља. Глобална продаја органске хране и пића достигла је скоро 135 милијарди евра у истој години (Willer et al. 2024). Из стечених интереса и постојећих политика, недостатка информација и знања, слабе инфраструктуре, као и погрешне представе и културне пристраности још увијек постоје многе препреке за шире усвајање органске пољопривреде. У односу на конвенционалну, у органској пољопривреди истраживања и инвестирања су минимална, посебно у земљама у развоју.



Сл. 5.5. Тренутно и потенцијално управљање органским отпадним производима (OWPs) (тј. остацима усјева, остацима урминих палми и сточним ђубривом) и њиховом потенцијалном примјеном на пољопривредном земљишту. Пољопривредници су главни актери који граде и одржавају овај кружни модел пољопривреде (El Janati et al. 2021)

Fig. 5.5. Framework highlighting current and potential management of organic waste products (OWPs) (i.e., associated crop residues, date palm residues, and livestock manure) and their potential application to agricultural soils. Farmers are the main actors who build and maintain this circular agriculture-based model (El Janati et al. 2021)

Неке земље су, ипак, већ поставиле амбициозне циљеве за развој органске пољопривреде. Бутан је поставио циљ да постане прва 100% органска нација на свијету (Willer et al. 2024). Сиким, држава у сјевероисточној Индији, успјела је 2016. да пређе на 100 посто органску производњу тако што је поступно избацила хемијска ђубрива и пестициде, и забранила продају и употребу хемијских пестицида (Willer et al. 2024). Данска је 2010. усвојила акциони

план за подстицање органске пољопривреде и потрошње и земља сада има највећи тржишни удио таквих производа на свијету од 10% (Willer et al. 2024). Осамдесет посто Данаца користи органску храну у исхрани.

Агрошумарство. Конвенционална пољопривреда је интензивна и веома продуктивна, али је цијена те продуктивности исцрпљено или еродирано земљиште, загађени и/или пресушени водотоци и производња 20–40% емисије гасова стаклене баште, што све има негативан утицај на здравље људи и животну средину (Robertson et al. 2000). Агрошумарство, као приступ производњи и коришћењу земљишта заснован на природи, играће важну улогу у трансформацији оваквог система коришћења природних ресурса. Агрошумарство се може дефинисати као начин коришћења земљишта у ком је дрвеће и жбуње са пољопривредним гајеним биљкама и сточарском производњом дио јединственог система (Leakey 1996). На подручју југоисточне Европе и западног Балкана постоје различите праксе агрошумарства; у Војводини, на сјеверу Србије, и у Бугарској доминантни су агросилвикултурни системи (шумски заштитни појасеви), у Славонији у Хрватској агросилвопасторални системи, док су за Далмацији (Хрватска) и Црну Гору карактеристични силвопасторални системи (Anonimus 2023).

Системи агрошумарства ублажавају негативне ефекте интензивне пољопривреде и по начину коришћења природних ресурса имају карактеристике кружне пољопривреде. Ови системи позитивно утичу на заштиту земљишта (смањење ерозије и витализација живота у земљишту), заштиту вода (већа ефикасност хранљивих материја, смањење губитака хранљивих материја, задржавање воде и потребе за наводњавањем), биодиверзитет (повећање разноврсности станишта), и климатске промјене (секвестрација угљеника) (Alam et al. 2014; Torralba et al. 2016; Hart et al. 2019).

Агрошумарство може учинити пољопривреду циркуларнијом смањењем зависности од хемијских ђубрива (Pavlidis et al. 2020). Комбиновањем шумарства, ратарства и сточарства ствара се кружна пољопривреда која је мање подложна негативним еколошким утицајима. Агрошумарство доприноси сталној покривености обрадивог земљишта, смањује потребу за пластичним малчом користећи лишће и друге биљке у ту сврху, као органску материју. Биљни остаци се компостирају, што представља ефикасну и одрживу кружну пољопривредну праксу која промовише смањење отпада, побољшање здравља земљишта и укупну одрживост пољопривредног система. Компостирање подстиче више техника у пољопривреди које штеде и регенеришу ресурсе и доприноси рециклирању хранљивих материја и смањује њихове негативне утицаје на животну средину.

Из економске перспективе, агрошумарство може осигурати разноврсније производе и поузданији ток прихода за пољопривреднике (Kassie 2018). Међутим, постоје политичке и технолошке препреке за усвајање агрошумарства упркос многим предностима. Питање власништва земљишта је централно за реализацију потенцијала агрошумарства, а многе иницијативе су пропале због ограничених агрошумарских површина. Истраживања су утврдила да се вјероватноћа да ће пољопривредници улагати у агрошумарство повећавају ако имају сигуран, дугорочан посјед на довољно великој земљишној површини (FAO and World Agroforestry 2019).

5.4.3.1. Користи од кружне пољопривреде

Иако је у претходном тексту детаљно образложен значај кружне пољопривреде, овдје ће се само таксативно сумирати њени позитивни ефекти (Fan et al. 2018; Dagevos and Lauwere 2021; El Janati et al. 2021).

Смањење отпада и загађења. Минимизирањем производње отпада, побољшањем коришћења ресурса и смањењем загађења кроз кружну пољопривреду омогућен је еколошки прихватљивији и одрживији пољопривредни систем. Овај модел пољопривреде доприноси очувању природних ресурса, смањењу негативних ефеката пољопривреде на еко-системе и промовисању општег добра, како за људе тако и животну средину.

Побољшање здравља земљишта. Кружне пољопривредне праксе побољшавају здравље и плодност земљишта и повећавају доступност хранљивих материја, задржавање воде и микробну активност. Одржива пољопривредна производња зависи од здравог земљишта, јер оно подстиче и подржава раст биљака и повећава отпорност усјева на штетне организме. Секвестрацијом угљеника и задржавањем угљен-диоксид из атмосфере, здраво земљиште помаже у ублажавању климатских промјена.

Повећање биодиверзитета. Чувањем биодиверзитета кружна пољопривреда повећава отпорност еко-система, контролише штетне организме и одржава укупну еколошку равнотежу. У пољопривредним срединама биодиверзитет осигурава опрашивање, здраво земљиште, чисту воду и дугорочну одрживост пољопривредних система. Биодиверзитет пружа подршку културним и рекреативним активностима и кроз различита станишта и врсте унапређује естетску вриједност пољопривредних предјела.

Повећање отпорност на климатске промене. Осигуравајући општу и дугорочну одрживост пољопривредних система, кружна пољопривреда помаже пољопривредницима да се прилагоде ефектима климатских промјена.

Повећање сигурности хране. Системи исхране могу постати продуктивнији, робуснији и одрживији примјеном идеја и пракси кружне пољопривреде, што ће на крају побољшати сигурност хране на локалном, националном и међународном нивоу. Кружна пољопривреда промовише доступност и приступачност здравствено безбједне хране, што доприноси побољшању општег благостања заједница широм свијета.

Економске користи за пољопривреднике. Уопштено говорећи, кружна пољопривреда подстиче економију повећањем ефикасности ресурса, смањењем трошкова инпута, повећањем производње, добијањем приступа специјализованим тржиштима и подстицањем одрживости. Примјеном кружних пракси мали пољопривредници могу повећати свој финансијски успјех, дугорочну одрживост и економску стабилност у промјенљивом пољопривредном окружењу.

5.4.3.1. Кружна економија у агропрехрамбеним системима

Кружна економија по намјени и дизајну представља „ресторативни или регенеративни индустријски систем“, који подразумева пословање које обезбјеђује прелазак са концепта „краја живота“ на „концепт од колијевке до колијевке“, од употребе необновљиве енергије до коришћења обновљиве енергије, од употребе токсичних хемикалија до њиховог елиминисања, и од производње великих количина отпада до његовог елиминисања кроз одговарајући дизајн материјала, производа, система и пословних модела (Ellen MacArthur Foundation 2015). Кружна економија нуди неколико алата за креирање вриједности који се не односе на потрошњу ограничених ресурса (Ellen MacArthur Foundation 2015). Prendeville et al. (2014) дефинишу кружну економију као регенеративну матрицу у којој се унос ресурса, отпад, нуспроизводи, губици енергије и емисије смањују успоравањем, затварањем и ограничавањем материјалних и енергетских кола кроз бољи и ефикаснији дизајн, одржавање, поправку, поновну употребу, трајну регенерацију, реновирање и рециклажу.

5.4.3.2. Изазови и баријере за усвајање праксе кружне економије у пољопривреди

Спровођење праксе одрживе пољопривреде значајно је отежано недостатком новца, инфраструктуре, едукације произвођача и протокола. Кружна пољопривреда, органска пољопривреда и регенеративна пољопривреда су

примјери пракси које може бити тешко примијенити и проширити због неадекватне инфраструктуре и финансијских ресурса.

Концепт кружне економије – смањења отпада и његовим ефектним и ефикасним управљањем – постао је изузетно важан у економијама у развоју. Глобални актери, као што су Програм Уједињених нација за животну средину (United Nations Environment Programme, UNEP), Организација за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) и Свјетски фонд за природу (World Wide Fund for Nature, WWF), кроз бројне извјештаје и догађаје, активно промовишу хитност примјене кружне економије материјала затвореног круга (OECD 2011). Кина и Јапан уводе политику кружне економије на националном нивоу, а пилот-програме спроводе Њемачка, Данска, Холандија и УК (European Commission 2014). Процијењено је да смањење отпада и његова поновна употреба може донијети нето уштеду до 600 милијарди евра за предузећа у ЕУ (Kalmykova et al. 2018). Насупрот томе, кружна економија може помоћи у стварању 50.000 радних мјеста и обезбиједити инвестиције од 12 милијарди евра у УК (European Commission 2014). У Холандији, процијењене потенцијалне користи од кружне економије су 7,3 милијарде евра годишње, уз стварање 54.000 нових радних мјеста (Bastein et al. 2013).

У пољопривредно-прехранбеном сектору кружна економија има значајан потенцијал у транзицији на економију са ниским емисијама угљеника и ублажавању негативних ефеката климатских промјена. Губици и отпад хране (*Food Loss and Waste, FLW*), у оквиру различитих процеса ланца снабдијевања храном, сматрају се важним факторима који доприноси укупној производњи отпада (Borrello et al. 2016). Према FAO (2022), око једна трећина (1,3 милијарде тона) укупно произведене хране у свијету губи се или баца на глобалном нивоу. Губици и отпад хране дешавају се у цијелом ланцу снабдијевања храном, од производње на фарми до финалне потрошње у домаћинствима (Gustavsson et al. 2013; Kummu et al. 2012; Parfitt et al. 2010).

Око 14% свјетске хране (у вриједности од 400 милијарди долара годишње) губи се након жетве и бербе и прије него што стигне у продавнице (FAO 2019), док UNEP Извјештај о индексу отпада од хране показује да додатних 17% хране на крају буде бачено у малопродаји и од стране потрошача, посебно у домаћинствима. Према процјенама FAO, храна која се изгуби и расипа може да прехрани 1,26 милијарди гладних људи сваке године. Поред тога, растућа популација и све већа урбанизација такође доприносе стварању органског отпада. Дакле, овај укупни отпад има значајан утицај на животну средину, привреду и друштво.

У обимној литератури дефинисане су и анализиране баријере кружне економије у ланцу снабдијевања пољопривредном храном.

Финансијске и економске баријере. Постојећа литература подржава примарну улогу трошкова и финансијских ограничења који ометају спровођење иницијативе кружне економије (Kirchherr et al. 2018). Заинтересовани учесници истичу високе трошкове у почетној фази имплементације кружне пољопривреде (Shi et al. 2008; Giunipero et al. 2012), уз додатни трошак агроотпада са тржишта. Високи трошкови ниске краткорочне економске и финансијске користи представљају значајну препреку за спровођење иницијатива кружне економије за предузећа. Ланци снабдијевања храном (*Agri-Food Supply Chain*, AFSC) већ су се суочили са разним финансијским и економским ризицима због сезонског циклуса производње, који утичу на цијену, квалитет, доступност и приступачност робе и услуга. Међу њима, ценовни ризици су најнепредвидивији, углавном на тржиштима робе гдје се услови понуде и потражње континуирано мијењају на националном и међународном нивоу. Ценовни ризици су директно повезани са квалитетом робе. Потребно је више финансирања и људског капитала за улагање у инпуте и прикупљање отпада у краћем времену због сезонског карактера. Ови директни и индиректни трошкови представљају критичну препреку у имплементацији иницијатива кружне економије у ланцу снабдијевања храном (Bressanelli et al. 2019; de Jesus et al. 2019; Farooque et al. 2019). Ниске цијене многих исходних материјала и скупи материјали за рециклажу ограничавају иницијативе кружне економије (Rizos et al. 2015).

Политичке и институционалне баријере. Глобално, ризици јавне политике и институционални ризици, директно и индиректно, утичу на имплементацију пракси кружне економије у смислу подстицаја и доношења одлука у ланцу снабдијевања храном (Ahmed et al. 2021). Постојећи закони о циркуларној економији нису посебно строги. Не постоји стандардни систем који може анализирати ефикасност предложених правила. Неефикасна институционална политика и недостатак законске регулативе о прикупљању и третману отпада ометају прелазак са линеарног на кружни модел. Такође, неадекватна подршка и охрабрење владиних агенција, са недостатком техничких капацитета за спровођење ефективног помјерања ка циркуларној економији, представљају значајно уско грло (Kirchherr et al. 2017; Zhu et al. 2019). Неадекватно удруживање за подршку предузећима такође изазива препреку у процесу транзиције (Mathiyazhagan et al. 2013). Постојећи порески систем не подржава парадигме кружне економије (Zabaniotou and Kamaterou 2019). Недостатак финансијских подстицаја такође је значајна препрека за кружну економију у ланцу снабдијевања храном (Stahel 2016). Транзиција са линеарне на кружну економију у сектору пољопривреде не може се

материјализовати без довољних капиталних улагања и јачања улоге владе у овој транзицији (Chen and Liu 2017; Mcdowall et al. 2017; Sharma et al. 2019).

Логистичке и инфраструктурне баријере. У обрнутим логистичким и инфраструктурним активностима ланац снабдијевања храном суочава се са бројним проблемима, а углавном са неизвјесношћу повратних токова која се односи на количину, квалитет, мјешавину, вријеме и мјесто враћања робе (Alfonso-Lizarazo et al. 2013). Ниска стопа сакупљања отпада и недостатак постројења за третман отпада додатно повећавају несигурност (Ranta et al. 2018). Ове неизвјесности смањују вјероватноћу постизања жељене економије обима и представљају значајне застоје за спровођење иницијатива кружне економије. Неуспјех у логистици преноси се на цијели ланац снабдијевања (Larson and Halldorsson 2004). Приступ поузданом и приступачном транспорту и комуникацијама су кључни фактори за предузећа која се крећу ка транзицији у циркуларној економији (Vernon et al. 2018; van Berkum et al. 2018).

Оперативне баријере. Оперативне баријере односе се на смањену способност предузећа да производи и испоручује робу и услуге због оштећења оперативних и производних способности (Koh et al. 2017; Bressanelli et al. 2019). У снабдијевању пољопривредно-прехранбеним производима, оперативни ризици укључују планирање фарме, управљање залихама кварљиве робе и дистрибуцију хране (Koh et al. 2017).

Препреке у знању и вјештинама. Имплементација иницијатива кружне економије у ланцу снабдијевања храном захтијева техничко знање и вјештине. Недостатак свијести и разумијевања о утицају кружне економије на побољшане робе и дизајна кружења производа за поновну употребу, производњу и рециклажу, сматра се једном од препрека пракси транзиције кружне економије. Већина заинтересованих субјеката познаје само појам „кружна економија“, али не разумије његово значење, посебно у сектору пољопривреде (Ahmed et al. 2021). С друге стране, вјештине могу олакшати предузећима да дизајнирају своје производе на основу принципа кружне економије у погледу поновне употребе и рециклирања (Mangla et al. 2018; Fedotkina et al. 2019; Rodriguez-Anton et al. 2019). Недостатак техничких вјештина и способности за обуку може бити значајна препрека у ефикасном усвајању иницијатива кружне економије (Gontard et al. 2018; Kirchherr et al. 2018).

Технолошке баријере. Пољопривреда се у великој мјери суочава са глобалним проблемима животне средине, исцрпљивањем природних ресурса и климатским промјенама (Tsolakis et al. 2014). Релевантна технологија је предуслов за имплементацију кружне економије у оваквим условима (Geng and

Doberstein 2008; Farooque et al. 2019). Међутим, према релевантним студијама, овај предуслов још није испуњен и представља једну од основних препрека за имплементацију иницијатива кружне економије (Ritzén and Sandström 2017; Govindan and Hasanagic 2018; Kirchherr et al. 2018; Silva et al. 2019). Прехрамбени производи који имају краћи животни вијек представљају додатни проблем са складиштењем и оштећењем квалитета. Неизвјесност на крају рока употребе и одржавање квалитета прехрамбених производа чини кружну економију у пракси упитнијом у одсуству релевантних технолошких иновација.

5.7. Закључак

Конвенционална пољопривреда један је од највећих загађивача животне средине, јер извођење различитих агротехничких операција и употреба инвазивних хемијских средстава на 1,38 милијарди хектара обрадивог земљишта на свијету уништава живи свијет у земљишту, води и ваздуху, те на тај начин доводи до поремећаја еко-система. Прекомјерна експлоатација необновљивих природних ресурса у циљу максимизирања приноса и профита може довести до еколошке неравнотеже, губитка биодиверзитета, деградације животне средине, па чак и друштвено-економских изазова као што су сукоби у циљу освајања подручја гдје се налазе природни ресурси.

Средином и крајем XX и почетком XXI вијека, у периоду треће и четврте индустријске револуције појавиле су се нове праксе у пољопривреди, као што је органска, прецизна, паметна, дигитална, регенеративна и кружна пољопривреда, које имају интегралан приступ у производњи хране, очувању здравља људи, природних ресурса и животне средине. У Европској унији посебна брига води се о заштити животне средине, односно притиску на животну средину, који долази од пољопривреде, због чега је производња регулисана посебним законима заштите животне средине, као што је Нитратна директива, Оквирна директива о водама, Директива о стаништима итд.

Владајући облик линеарне економије добија супарнички концепт у којем се, умјесто кретања материје и енергије у једном смјеру, заступа кружно кретање истих. Кружна пољопривреда је још на почетку развоја, а у пракси није постала доминантан модел. Данас је концепт линеарне економије доминирајући, али се све више корисност овог модела доводи у питање. Експлоатација природних необновљивих ресурса и негативни утицај на животну средину, који су посљедица примјене линеарне економије, истовремено су и аргументи за оправданост развоја новог модела који би требао замијенити традиционални линеарни модел. Досадашња искуства

примјене модела кружне пољопривреде недвосмислено доказује да је могуће смањити експлоатацију природних ресурса, као и негативне утицаје на животну средину, уз обезбјеђење произведених количина и остварење профита на нивоу линеарне пољопривреде. Одрживи развој непосредно је повезан са новим концептом економије, јер се базира на коришћењу већ коришћених материја из претходног процеса производње. Овај концепт омогућава смањење отпада и загађења животне средине, повећање здравља земљишта, биодиверзитета и отпорност на климатске промене и обезбјеђује економске користи за пољопривреднике. Чињеница да је један број великих свјетских компанија наклоњен овом концепту већ говори да су перспективе за његову даљу афирмацију отворене. Све више се предузетништво окреће процесима који омогућавају већу конкурентност али и чистију производњу. Једна од слабости овог концепта је недостатак универзалности у примјени. За разлику од линеарне економије која је универзалан модел, кружна економија још увијек није развила димензију универзалности, односно још увијек није могућа као општепримијењени модел. Иако постоје критике овог модела, прије свега у домену његове несавршености, неке од најразвијенијих држава свијета овај концепта афирмишу не само путем апела, сугестија, па и захтјева, него и доношењем одговарајућих закона којима се регулише област рециклаже и управљања отпадом, као и другим сегментима модела кружне економије.

Литература

- Abiri R, Rizan N, Balasundram SK, Shahbazi AB, Abdul-HamidH (2023) Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon* 9(12):e22601. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e22601
- Ahmed S, Viza E, Bogush A, Ayyub RM (2021) Drivers and barriers towards circular economy in agri-food supply chain: A review. *Bus. Strategy Dev.* 4(4):465–481. doi:10.1002/bsd2.171
- Alam M, Olivier A, Paquette A, Dupras J, Revéret J, Messier Ch (2014) A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforest Syst.* 88:679–69. doi:10.1007/s10457-014-9681-x
- Alfonso-Lizarazo EH, Montoya-Torres JR, Gutiérrez-Franco E (2013) Modeling reverse logistics process in the agro-industrial sector: The case of the palm oil supply chain. *Appl. Math. Model.* 37(23):9652–9664. doi:10.1016/j.apm.2013.05.015
- Alivojvodic V, Kokalj F (2024) Drivers and Barriers for the Adoption of Circular Economy Principles towards Efficient Resource Utilisation. *Sustainability* 16:1317. doi:10.3390/su16031317

- Anonimus (2023) Agrošumarstvo u praksi. Доступно на: <https://agforweb.org/wp-content/uploads/2023/04/Agroforestry-in-practice-Montenegro-montenegrin.pdf>, Приступљено: 18. јул 2024
- Barros MV, Salvador R, de Francisco AC, Piekarski CM (2020) Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 131:109958. doi:10.1016/j.rser.2020.109958
- Bastein T, Roelofs E, Rietveld E, Hoogendoorn A (2013) Opportunities for a circular economy in The Netherlands. Report commissioned by The Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment. Доступно на: www.tno.nl/media/8551/tno-circular-economy-for-ienm.pdf, Приступљено: 18. јул 2024
- Bernon M, Tjahjono B, Ripanti EF (2018) Aligning retail reverse logistics practice with circular economy values: An exploratory framework. *Prod. Plan. Control.* 29(6):483–497. doi:10.1080/09537287.2018.1449266
- Bircanić I (2017) Kraj dugog 19. stoljeća: Druga industrijska revolucija. Доступно на: <https://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/>, Приступљено: 25. јул 2024
- Borrello M, Lombardi A, Pascucci S, Cembalo L (2016) The seven challenges for transitioning into a bio-based circular economy in the agri-food sector. *Recent Pat. Food Nutr. Agric.* 8(1):39–47. doi:10.2174/221279840801160304143939
- Bressanelli G, Perona M, Saccani N (2019) Challenges in supply chain redesign for the circular economy: A literature review and a multiple case study. *Int. J. Prod. Res.* 57(23):7395–7422. doi:10.1080/00207543.2018.1542176
- Broadberry SN, Campbell BMS, van Leeuwen B (2013) When did Britain industrialise? The sectoral distribution of the labour force and labour productivity in Britain, 1381–1851. *Explor. Econ. Hist.* 50(1):16–27. doi:10.1016/j.eeh.2012.08.004
- Chen Q, Liu T (2017) Biogas system in rural China: Upgrading from decentralised to centralised? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78:933–944. doi:10.1016/j.rser.2017.04.113
- Cherniwchan J (2012) Economic growth, industrialization, and the environment. *Resour. Energy Econ.* 34(4):442–467. doi:10.1016/j.reseneeco.2012.04.004
- Circle Economy (2020) The Circularity Gap Report; Circle Economy. Ruparo, Amsterdam. Доступно на: www.circle-economy.com/resources/circularity-gap-report-2020, Приступљено: 26. јул 2024
- Corrado S, Ardente F, Sala S, Saouter E (2017) Modelling of food loss within life cycle assessment: From current practice towards a systematisation. *J. Clean Prod.* 140:847–859. doi:10.1016/j.jclepro.2016.06.050
- Crafts NFR (2010) Explaining the first Industrial Revolution: two views. Working Paper. Coventry: Department of Economics, University of Warwick. CAGE Online Working Paper Series 10
- Cvetanović S, Despotović D, Milićević S (2017) Privredni rast i загађење животне средине. *Ecologica* 24(86):225–230.

- Ćirišan A, Podračanin Z, Nikolić Bujanović LJ, Mrazovac Kurilić S, Ilić P (2023) Trend Analysis Application on Near Surface SO₂ Concentration Data from 2010 to 2020 in Serbia. *Water Air Soil Pollut.* 234:186. doi:10.1007/s11270-023-06111-3
- Dagevos H, Lauwere C (2021) Circular Business Models and Circular Agriculture: Perceptions and Practices of Dutch Farmers. *Sustainability* 13:1282. doi:10.3390/su13031282
- de Jesus A, Antunes P, Santos R, Mendonça S (2019) Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. *J. Clean. Prod.* 228:1494–1513. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.049
- de Man R, Friege H (2016) Circular economy: European policy on shaky ground. *Waste Manag. Res.* 34(2):93–95. doi:10.1177/0734242X15626015
- Devčić A (2022) Economic management of rural areas: on the way from linear to circular economy. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* 22(2):257–262. Доступно на: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.22_2/Art32.pdf, Приступљено 25. јул 2024
- Dora M, Biswas S, Choudhary S, Nayak R, Irani Z (2020) A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Ind. Mark. Manag.* 93:492–508. doi:10.1016/j.indmarman.2020.10.013
- Duckett T, Pearson S, Blackmore SS, Grieve B (2018) *Agricultural Robotics: The future of robotic agriculture, UK-RAS (Robotic and Autonomous System), ISSN 2398-4414*
- El Janati M, Akkal-Corfini N, Bouaziz A, Oukarroum A, Robin P, Sabri A, Chikhaoui M, Thomas Z (2021) Benefits of Circular Agriculture for Cropping Systems and Soil Fertility in Oases. *Sustainability* 13:4713. doi:10.3390/su13094713
- Ellen Macarthur Foundation (2012) *Towards the Circular Economy; EMF: Cowes, Island of Wight, UK, 2012; Vol 1*
- Ellen MacArthur Foundation (2015) *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition; EMF: Cowes, Island of Wight, UK*
- Esposito B, Sessa MR, Sica D, Malandrino O (2020) Towards circular economy in the agri-food sector. A Systematic literature review. *Sustainability* 12(18):1–2. doi:10.3390/su12187401
- European Commission (2014) *Communication from the commission – Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. European Commission 398:1–14*
- European Commission (2020) *A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe; European Commission: Brussels, Belgium*
- European investment bank (2023) *What is linear economy? Доступно на: www.eib.org/en/stories/linear-economy-recycling, Приступљено: 25. јул 2024, Посљедња измјена 2. август 2023*
- Fan W, Zhang P, Xu Z, Wei H, Lu N, Wang X, Weng B, Chen Z, Wu F, Dong X (2018) Life Cycle Environmental Impact Assessment of Circular Agriculture: A Case Study in Fuqing, China. *Sustainability* 10:1810. doi:10.3390/su10061810

- FAO (2019) Food loss and waste. Доступно на: www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/, Приступљено: 27. јул 2024
- FAO (2022) Tackling food loss and waste: A triple win opportunity. Доступно на: www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/en, Приступљено: 27. јул 2024
- FAO and World Agroforestry (2019) Agroforestry and tenure. Forestry Working Paper, No 8, Rome
- Farooqi ZUR, Qadir AA, Ilić P, Zeeshan N, Tunguz V, Pržulj N (2023) Restoration and preservation of degraded soils for crop production. In: Ilić P, Govedar Z, Pržulj N (eds) Environment. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LV:243–283. doi:10.7251/EORU2309243F
- Farooque M, Zhang A, Liu Y (2019) Barriers to circular food supply chains in China. Supply Chain Management 24(5):677–696. doi:10.1108/SCM-10-2018-0345
- Fedotkina O, Gorbashko E, Vatolkina N (2019) Circular economy in Russia: Drivers and barriers for waste management development. Sustainability 11(20):11–18. doi:10.3390/su11205837
- Feng Z, Yan N (2007) Putting a circular economy into practice in China. Sustain Sci 2:95–101. doi:10.1007/s11625-006-0018-1
- Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP, Hultink EJ (2017) The Circular Economy—A new sustainability paradigm? J. Clean Prod. 143:757–768. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Geng Y, Doberstein B (2008) Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog' development. Int. J. Sustain. Dev. 15:231–239. doi:10.3843/SusDev.15.3:6
- Genovese A, Acquaye AA, Figueroa A, Koh SL (2017) Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. Omega 66:344–357. doi:10.1016/j.omega.2015.05.015
- Giunipero LC, Hooker RE, Denslow D (2012) Purchasing and supply management sustainability: Drivers and barriers. J. Purch. Supply Manag. 18(4):258–269. doi:10.1016/j.pursup.2012.06.003
- Gontard N, Sonesson U, Birkved M, Majone M, Bolzonella D, Celli A, Angellier-Cousy H, Jang GW, Verniquet A, Broeze J, Schaer B, Batista AP, Sebok A (2018) A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 48(6):614–654. doi:10.1080/10643389.2018.1471957
- Govindan K, Hasanagic M (2018) A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: A supply chain perspective. Int. J. Prod. Res. 7543:1–34. doi:10.1080/00207543.2017.1402141
- Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Emanuelsson A (2013) The methodology of the FAO study: Global Food Losses and Food Waste – extent, causes and prevention - FAO, 2011 (SIK Report No. 857). Доступно на: www.diva-portal.org/smash/get/diva2:944159/FULLTEXT01.pdf, Приступљено 25. јул 2024

- Haradhan M (2019) The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. Доступно на: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/96644/1/Mpra>, Приступљено: 20. јул 2024
- Hart K, Allen B, Keenleyside C, Nanni S, Maréchal A, Paquel K, Nesbit M, Ziemann J (2019) Research for agri committee - the consequences of climate change for EU agriculture Follow-Up To the COP21 - Un Paris Climate Change Conference. *In: Kay S, Jäger M (eds) Ressourcenschutz durch Agroforstsysteme – standortangepasste Lösungen, F Agrarforschung*
- Hofmann E, Rüschemann M (2017) Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *J. Com. Ind. 89:23–34. doi:10.1016/j.compind.2017.04.002*
- Huntrieser H, Klausner-Harlabl T, Aufmhoff H, Baumann R, Fiehn A, Gottschaldt K-D, Hedelt P, Lutz R, Mrazovac Kurilić S, Podračanin Z, Ilić P, Theys N, Jöckel P, Loyola D, Makroum I, Mertens M, Roiger A (2023) Emissions of sulphur dioxide (SO₂) from coal-fired power plants in Serbia and Bosnia-Herzegovina: First attempts for a validation of TROPOMI satellite products with airborne in situ measurements. *In: Ilić P, Govedar Z, Pržulj N (eds) Environment. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LV:169–201. doi:10.7251/EORU2309169H*
- Huo J, Peng C (2023) Depletion of natural resources and environmental quality: Prospects of energy use, energy imports, and economic growth hindrances. *Resour. Policy 86(A):104049. doi:10.1016/j.resourpol.2023.104049.*
- Ilić P, Ilić S, Mushtaq Z, Rashid A, Stojanović Bjelić Lj, Nešković Markić D, Mrazovac Kurilić S, Farooqi ZUR, Jat Baloch MY, Mehmood T, Ullah Z, Riaz S (2024a) Assessing the Ecological Risks and Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination at Solid Waste Dumpsites. *Eurasian Soil Sc. 7:1–22. doi:10.1134/S1064229324700303*
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Farooqi ZUR, Sole B, Adimalla N (2021a) Source Identification and Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Groundwater. *Ecol. Chem. Eng. S. 28(3):355–363. doi:10.2478/eces-2021-0024*
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Popović Z, Radović B, Mrazovac Kurilić S, Farooqi ZUR, Mehmood T, Mohamed MH, Kouadri S (2022) Ecological Risk of Toxic Metal Contamination in Soil around Coal Mine and Thermal Power Plant. *Pol. J. Environ. Stud. 31(5):4147–4156. doi:10.15244/pjoes/148071*
- Ilić P, Ilić S, Rashid A, Mushtaq Z, Mrazovac Kurilić S, Stojanović Bjelić Lj, Nešković Markić D, Farooqi ZUR, Jat Baloch MY, Mehmood T, Ullah Z, Riaz S (2024b) Exposure Levels, Health Risks, Spatially Distribution, Multivariate Statistics and Positive Matrix Factorization Model of Heavy Metals from Wild solid Waste Dumpsites. *Water Air Soil Pollut. 235:648. doi:10.1007/s11270-024-07441-6*
- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ (2018a) Variation concentration of sulfur dioxide and correlation with meteorological parameters. *Arch. Tech. Sci. 18(1):81–88. doi:10.7251/afts.2018.1018.0811*

- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ (2018a) Variation concentration of sulfur dioxide and correlation with meteorological parameters. Arch. Tech. Sci. 18(1):81–88. doi:10.7251/afts.2018.1018.0811
- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ, Farooqi, ZUR (2021b) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Different Layers of Soil and Groundwater– Evaluation of Levels of Pollution and Sources of Contamination. Pol. J. Environ. Stud. 30(2):1191–1201. doi:10.15244/pjoes/125565
- Ilić P, Nišić T, Farooqi ZUR (2021c) Occurrence of Specific Polychlorinated Biphenyls Congeners in an Industrial Zone. Pol. J. Environ. Stud. 30(1):635–643. doi:10.15244/pjoes/123607
- Ilić P, Nišić T, Farooqi ZUR (2021d) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Contamination of Soil in an Industrial Zone and Evaluation of Pollution Sources. Pol. J. Environ. Stud. 30(1):635–643. doi:10.15244/pjoes/119095
- Ilić P, Popović Z, Gotovac-Atlagić S (2019) Effects of meteorological variables on nitrogen dioxide variation. Arch. Tech. Sci. 20(1):65–72. doi:10.7251/afts.2019.1120.0651
- Ilić P, Popović Z, Nešković Markić D (2020) Assessment of meteorological effects and ozone variation in urban area. Ecol. Chem. Eng. S. 27(3):373–38. doi:10.2478/eces-2020-0024
- Ilić P, Tepić S, Erić Lj (2007) Deponija komunalnog otpada kao izvor zagađenja i uticaj na ljudsko zdravlje. Materija Socio Medica, Journal of the society of social medicine – Public health of V&H 19(1):50–52
- Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) (2023ц) Животна средина. У: Пржуљ Н, Говедар З (уредници) Одрживи развој и управљање природним ресурсима Републике Српске (едиција). Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, стр. 75
- Илић П, Говедар З, Трукуља В (2023а) Заштита животне средине између загађења, заштите и законске регулативе. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:1–42. doi:10.7251/EORU23090011
- Илић П, Максимовић Т (2021) Аерозагађење и биодиверзитет. Паневропски универзитет Апеирон, Бања Лука
- Илић П, Поповић З, Нешковић Маркић Д, Стојановић Бјелић Љ, Фаруки ЗУР (2023б) Вредновање квалитета амбијенталног ваздуха, као компоненте животне средине. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:133–167. doi:10.7251/EORU23091331
- Jablonski A (2015) Design and Operationalization of Technological Business Models. Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun. 63:927–935. doi:10.11118/actaun201563030927
- Jouan J, Ridier A, Carof M (2020) SYNERGY: A regional bio-economic model analyzing farm-to-farm exchanges and legume production to enhance agricultural sustainability. Ecol. Econ. 175:106688. doi:10.1016/j.ecolecon.2020.106688

- Kalmykova Y, Sadagopan M, Rosado L (2018) Circular economy - from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resour. Conserv. Recycl.* 135:190–201. doi:10.1016/j.resconrec.2017.10.034
- Kassie GW (2018) Agroforestry and farm income diversification: synergy or trade-off? The case of Ethiopia. *Environ. Syst. Res.* 6:8. doi:10.1186/s40068-017-0085-6
- Kirchherr J, Piscicelli L, Bour R, Kostense-Smit E, Muller J, Huibrechtse-Truijens A, Hekkert M (2018) Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecol. Econ.* 150:264–272. doi:10.1016/j.ecolecon.2018.04.028
- Kirchherr J, Reike D, Hekkert M (2017) Conceptualising the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.* 127:221–232. doi:10.1016/j.resconrec.2017.09.005
- Koh SCL, Gunasekaran A, Morris J, Obayi R, Ebrahimi SM (2017) Conceptualising a circular framework of supply chain resource sustainability. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 37(10):1520–1540. doi:10.1108/IJOPM-02-2016-0078
- Kone S, Balde A, Zahonogo P, Sanfo S (2024) A systematic review of recent estimations of climate change impact on agriculture and adaptation strategies perspectives in Africa. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 29:18. doi:10.1007/s11027-024-10115-7
- Korhonen J, Honkasalo A, Seppälä J (2018) Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecol. Econ.* 143:37–46. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
- Kouhhabibi M (2022) Linear Economy versus Circular Economy: New raw material. *J. Econ. Stud.* 4(3):227–246. doi:10.26677/TR1010.2022.1057
- Kumar M, Ambika S, Hassani A, Nidheesh PV (2023) Waste to catalyst: Role of agricultural waste in water and wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 858(1):159762. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.159762
- Kummu M, de Moel H, Porkka M, Siebert S, Varis O, Ward PJ (2012) Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Sci. Total Environ.* 438:477–489. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.08.092
- Kyriakopoulos GL, Kapsalis VC, Aravossis KG, Zamparas M, Mitsikas A (2019) Evaluating circular economy under a multi-parametric approach: A technological review. *Sustainability* 11:6139. doi:10.3390/su11216139
- Lal R (2020) Regenerative agriculture for food and climate. *J. Soil Water Conserv.* 75:123A-124A. doi:10.2489/jswc.2020.0620A
- Lampert A (2019) Over-exploitation of natural resources is followed by inevitable declines in economic growth and discount rate. *Nat. Commun.* 10(1419). doi:10.1038/s41467-019-09246-2
- Larson PD, Halldorsson A (2004) Logistics versus supply chain management: An international survey. *Int. J. Logist. Res. Appl.* 7(1):17–31. doi:10.1080/13675560310001619240
- Leakey RRB (1996) Definition of agroforestry revisited. *Agrofor. Today* 8(1):5–7

- Lett LA (2014) Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Rev. Argent. Microbiol.* 46:1–2
- Lewandowski M (2016) Designing the business models for circular economy— Towards the conceptual framework. *Sustainability* 8:43. doi:10.3390/su8010043
- Lieder M, Rashid A (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean Prod.* 115:36–51. doi:10.1016/j.jclepro.2015.12.042
- Lotter DW (2003) Organic Agriculture. *J. Sustain. Agric.* 21(4)59–128. doi:10.1300/J064v21n04_06
- Lynch J, Cain M, Frame D, Pierrehumbert R (2021) Agriculture’s Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO₂-Emitting Sectors. *Front. Sustain Food Syst* 4:518039. doi:10.3389/fsufs.2020.518039
- Mahjoob A, Alfadhli Y, Omachonu V (2023) Healthcare Waste and Sustainability: Implications for a Circular Economy. *Sustainability* 15:7788. doi:10.3390/su15107788
- Malhi GS, Kaur M, Kaushik P (2021) Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability* 13(1318). doi:10.3390/su13031318
- Mangla SK, Luthra S, Mishra N, Singh A, Rana NP, Dora M, Dwivedi Y (2018) Barriers to effective circular supply chain management in a developing country context. *Prod. Plan. Control.* 29(6):551–569. doi:10.1080/09537287.2018.1449265
- Maojun W, Jie X, Xuechun Y, Jin W (2011) The Research on the Relationship between Industrial Development and Environmental Pollutant Emission. *Energy Procedia* 5:555–561. doi:10.1016/j.egypro.2011.03.097
- Martinho VJPD, Guiné RdPF (2021) Integrated-Smart Agriculture: Contexts and Assumptions for a Broader Concept. *Agronomy* 11:1568. doi:10.3390/agronomy11081568
- Mathiyazhagan K, Govindan K, NoorulHaq A, Geng Y (2013) An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management. *J. Clean. Prod.* 47:283–297. doi:10.1016/j.jclepro.2012.10.042
- Mcdowall W, Geng Y, Huang B, Bartekova E, Bleischwitz E, Turkeli S, Kemp R, Domenech T (2017) Circular economy policies in China and Europe. *J. Ind. Ecol.* 21(3):651–661. doi:10.1111/jiec.12597
- Mehmood T, Bibi S, Shafqat M, Mustafa B, Peng L, Ilić P, Anwar-ul-Haq M, Sattar M, Faheem M (2024) Water Purification and Role of Nanobiotechnology. In: Faheem M, Ditta A, Du J (eds) *Nanomaterials in Industrial Chemistry*. CRC Press. Monograph 108-135.
- Metabolic (2019) The Seven Pillars of the Circular Economy. Доступно на: www.metabolic.nl/news/the-seven-pillars-of-the-circular-economy/, Приступљено: 21. јул 2024

- Michellini G, Moraes RN, Cunha RN, Costa JMH, Ometto AR (2017) From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Proc. CIRP* 64:2–6
doi:10.1016/j.procir.2017.03.012
- Miller NF, Wetterstrom W (2000) The Beginnings of Agriculture: The Ancient Near East and North Africa. *In*: Kiple KF, Ornelas KC (eds) *The Cambridge World History of Food* pp 1123–1239, University of Cambridge Press. Cambridge.
- Mohajan HK (2021) Third Industrial Revolution Brings Global Development. *J. Res. Soc. Sci. Humanit.* 7(4):239-251
- Montgomery DR, Biklé A, Archuleta R, Brown P, Jordan J (2022) Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. *Peer. J.* 10:e12848. doi:10.7717/peerj.12848
- Müller-Böcker U (1990) The overexploitation of natural resources in Gorkha: social and economic causes. *Mt. Res. Dev.* 17(1):75–80
- Naustdalslid J (2013). Circular economy in China—The environmental dimension of the harmonious society. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 21:303–313.
doi:10.1080/13504509.2014.914599
- Nešković Markić D, Stevanović Čarapina H, Bjelić D, Stojanović Bjelić LJ, Ilić P, Šobot Pešić Ž, Kikanovicz O (2019) Using Material Flow Analysis for Waste Management Planning. *Pol. J. Environ. Stud.* 28(1):255–265. doi:10.15244/pjoes/78621
- Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ, Ilić P (2021) *Održivo upravljanje otpadom. Panevropski univerzitet Apeiron, Banja Luka*
- Нешковић Маркић Д, Бјелић Д, Стојановић Бјелић Љ, Илић П (2023) Управљање комуналним отпадом у Републици Српској: садашњи и будући изазови. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) *Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:377–402.* doi:10.7251/EORU2309377M
- OECD (2011) *Resource productivity in the G8 and the OECD a report in the framework of the Kobe 3R.* Доступно на: <http://www.oecd.org/env/waste/47944428.pdf>, Приступљено: 29. јул 2024
- Oluseun Adejumo I, Adebukola Adebisi O (2021) *Agricultural Solid Wastes: Causes, Effects, and Effective Management.* Доступно на: <http://dx.doi:10.5772/intechopen.93601>, Приступљено: 20 јул 2024
- Padilla-Rivera A, Russo-Garrido S, Merveille N (2020) Addressing the Social Aspects of a Circular Economy: A Systematic Literature Review. *Sustainability* 12:7912. doi:10.3390/su12197912
- Parfitt J, Barthel M, MacNaughton S (2010) Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365(1554):3065–3081. doi:10.1098/rstb.2010.0126
- Pavlidis G, Karasali H, Tsihrintzis VA (2020) Pesticide and Fertilizer Pollution Reduction in Two Alley Cropping Agroforestry Cultivating Systems. *Water Air Soil Pollut.* 231:241. doi:10.1007/s11270-020-04590-2

- Pierce FJ, Nowak P (1999) Aspects of Precision Agriculture. *Adv. Agron.* 67:1-85. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60513-1
- Prendeville S, Sanders C, Sherry J, Costa F (2014) *Circular Economy: Is it Enough?* Ecodesign Centre (EDC): Cardiff, UK, pp 1–18
- Profolus (2021) *Linear Economy: Characteristics and Criticism*. Доступно на: www.profolus.com/business-and-markets/, Приступљено: 29 јул 2024
- Pržulj N, Grujić R, Trkulja V (2022b) Nutritional Advantages of Barley in Human Diet. *In: Brka M, Sarić Z, Oručević Žuljević S, Omanović-Miklićanin E, Taljić I, Biber L, Mujčinović A (eds) 10th Central European Congress on Food*, pp 379-388. CE-Food 2020. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-031-04797-8_35
- Pržulj N, Momčilović V (2006) Testing of pre-harvest sprouting tolerance in two-rowed winter barley. *In: Tajnšek A (ed) New challenges in field crop production 2006, Proceedings of Symposium*, pp 112–117, Slovenian Society for Agronomy, Rogaška Slatina, 7-8. decembar 2006
- Pržulj N, Tunguz V (2022) Significance of harvest residues in sustainable management of arable land I. Decomposition of harvest residues. *Arch Tech. Sci.* 26(1):61–70. doi:10.7251/afts.2022.1426.061P
- Pržulj N, Tunguz V, Jovović Z, Velimirović A (2022a) The significance of harvest residues in the sustainable management of arable land. II. Harvest residues management. *Arch. Tech. Sci.* 27(1):49–56. doi:10.7251/afts.2022.1427.049P
- Пржуљ Н, Тунгуз В (2022) Значај биомасе у одрживом коришћењу обрадивог земљишта. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, 377 стр
- Radović B, Ilić P, Popović Z, Vuković J, Smiljanić S (2022) Air Quality in the Town of Bijeljina –Trends and Levels of SO₂ and NO₂ Concentrations. *Qual. Life.* 22(1–2):46–57. doi:10.7251/QOL2201046R
- Rai AK, Sengupta S, Kundu M, Rani R (2023) Regenerative Agriculture - A new beginning for tomorrow. *Food Sci. Reports.* 4(7):89–94.
- Ramakrishna S, Jose R (2022) Principles of materials circular economy. *Matter* 5(12):4097-4099. doi:10.1016/j.matt.2022.11.009
- Ranta V, Aarikka-Stenroos L, Mäkinen SJ (2018) Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. *J. Clean. Prod.* 201:988–1000. doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.072
- Reganold JP, Wachter JM (2016) Organic agriculture in the twenty-first century. *Nat. Plants.* 2(2):1–8. doi:10.1038/nplants.2015.221
- Ritzén S, Sandström GÖ (2017) Barriers to the circular economy – Integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP* 64:7–12. doi:10.1016/j.procir.2017.03.005
- Rizos V, Behrens A, Kafyeye T, Hirschnitz-Garbera M, Ioannou A (2015) *The Circular Economy: Barriers and Opportunities for SMEs*. CEPS Working Documents No. 412/September 2015

- Robertson GP, Paul EA, Harwood RR (2000) Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere. *Science* 289:1922–1925. doi:10.1126/science.289.5486.1922
- Rodriguez-Anton JM, Rubio-Andrada L, Celemín-Pedroche MS, Alonso-Almeida MDM (2019) Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals. *Int. J. Sustain. Dev.* 26(8):708–720. doi:10.1080/13504509.2019.1666754
- Rome Business school (2023) Why Is the Linear Economic Model No Longer Sustainable? Доступно на: <https://romebusinessschool.com/blog/linear-economy/>, Приступљено: 29 јул 2024
- Rosemarin A, Macura B, Carolus J, Barquet K, Ek F, Järnberg L, Lorick D, Johannesdottir S, Pedersen SM, Koskiaho J, Haddaway NR, Okruszko T (2020) Circular nutrient solutions for agriculture and wastewater – a review of technologies and practices. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 45:78–91. doi:10.1016/j.cosust.2020.09.007
- Sariatli F (2017) Linear economy versus circular economy: a comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegr. J. Bioecon. Sustain. Dev.* 1:31–34. doi: 10.1515/vjbsd-2017-0005
- Sharma P, Bhardwaj DR, Singh MK, Nigam R, Pala NA, Kumar A, Verma K, Kumar D, Thakur P (2022) Geospatial technology in agroforestry: Status, prospects, and constraints. *Environ. Sci. Pollut. Res.* doi:10.1007/s11356-022-20305-y
- Sharma YK, Mangla SK, Patil PP, Liu S (2019) When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain. *Manag. Decis.* 57(4):995–1017. doi:10.1108/MD-09-2018-1056
- Shi H, Peng SZ, Liu Y, Zhong P (2008) Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: Government, industry and expert stakeholders' perspectives. *J. Clean. Prod.* 16(7):842–852. doi:10.1016/j.jclepro.2007.05.002
- Silva FC, Mackenzie UP, Paulo S, Shibao FY, Julho UND, Kruglianskas I, Vargas FG, Antonio, P, Sinisgalli A, Paulo UDS (2019) Circular economy: Analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. *Rev. Gest.* 26(1):39–60. doi:10.1108/REG-03-2018-0044
- Stahel WR (2016) The circular economy. *Nature* 531(7595):435–438. doi:10.1038/531435a
- Stojanović Bjelić LJ, Ilić P, Nešković Markić D, Ilić S, Popović Z, Mrazovac Kurilić S, Mihajlović D, Farooqi ZUR, Jat Baloch MY, Mohamed MH, Ahmed, M. (2023) Contamination in Water and Ecological Risk of Heavy Metals near a Coal Mine and a Thermal Power Plant (Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 21(5):3807–3822. doi:10.15666/aer/2105_38073822
- Stojanović Bjelić LJ, Nešković Markić D, Ilić P, Farooqi ZUR (2022) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils in Industrial Areas: Concentration and Risks to Humans Health. *Pol. J. Environ. Stud.* 31(1):595–608. doi:10.15244/pjoes/137785
- Стојановић Бјелић Љ, Нешковић Маркић Д, Илић П (2023) Квалитет и заштита вода. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) *Животна средина*.

- Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука,
Монографија LV:43–67. doi:10.7251/EORU2309043B
- Streed A, Kantar M (2021) How Sustainable is the Smart Farm? Доступно на:
<https://computingwithinlimits.org/2021/papers/limits21-streed.pdf>,
Приступљено: 28. август 2024
- Su B, Heshmati A, Geng Y, Yu X (2013) A review of the circular economy in China:
Moving from rethoric to implementation. *J. Clean Prod.* 42:215–277.
doi:10.1016/j.jclepro.2012.11.020
- Sung J (2014) The 4IR and Precision Agriculture. Доступно на:
www.intechopen.com/chapters/57703, Приступљено: 27. јул 2024.
doi:10.5772/intechopen.71582
- Tamirisa N (2008) Climate Change and the Economy. Доступно на:
www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2008/03/pdf/tamirisa.pdf,
Приступљено: 25. јул 2024
- Toanalyz O, Colangelo E, Steckel T (2018) Farming in the Era of Industry 4.0. 51st
CIRP Conference on Manufacturing Systems. doi:10.1016/j.procir.2018.03.176
- Torralba M, Fagerholm N, Burgess PJ, Moreno G, Plieninger T (2016) Do European
agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-
analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 230:50–161. doi:10.1016/j.agee.2016.06.002
- Тркуља В, Томић А, Пржуљ Н, Илић П (2023) Одржива употреба пестицида у
заштити животне средине. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници)
Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања
Лука, Монографија LV:643–696. doi:10.7251/EORU2309643T
- Tsolakis NK, Keramydas CA, Toka AK, Aidonis DA, Iakovou ET (2014) Agrifood supply
chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework
and a critical taxonomy. *Biosyst. Eng.* 120:47–64.
doi:10.1016/j.biosystemseng.2013.10.014
- Turner A (2018) Black plastics: Linear and circular economies, hazardous additives
and marine pollution. *Environ. Int.* 117:308–318.
doi:10.1016/j.envint.2018.04.036
- UNEP (2016) Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group
on Food Systems of the International Resource Panel. Westhoek H, Ingram J,
Van Berkum S, Özay L, Hajer M (eds) Job Number: DTI/1982/PA ISBN: 978-92-
807-3560-4
- van Berkum S, Dengerink J, Ruben R (2018) The food systems approach: Sustainable
solutions for a sufficient supply of healthy food. *Wageningen Economic
Research* 064:32. Доступно на: [http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/
538076](http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/538076), Приступљено: 21. јул 2024
- Velasco-Muñoz JF, Aznar-Sánchez JA, López-Felices B, Román-Sánchez IM (2022)
Circular economy in agriculture. An analysis of the state of research based on
the life cycle. *Sustain. Prod. Consum.* 34:257–270.
doi:10.1016/j.spc.2022.09.017

- Velenturf APM, Purnel P (2021) Principles for a sustainable circular economy. *Sustain. Prod. Consum.* 27:1437–1457. doi:10.1016/j.spc.2021.02.018
- Vukadinović P (2018) Ekologija između linearne i cirkularne ekonomije. *Ecologica* 24(90):231–236
- Wang J, Azam W (2024) Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. *Geosci. Front.* 15(2):101757. doi:10.1016/j.gsf.2023.101757
- Willer H, Schlatter B, Trávníček J (eds) (2024) *The World of Organic Agriculture 2024*. FIBL, IFOAM - Organics International, pp 352
- Yang M, Chen L, Wang J, Msigwa G, Osman AI, Fawzy S, Rooney DW, Yap P-S (2023) Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. *Environ. Chem. Lett.* 21:55–80. doi:10.1007/s10311-022-01499-6
- Zabaniotou A, Kamaterou P (2019) Food waste valorisation advocating circular bioeconomy – a critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery. *J. Clean. Prod.* 211:1553–1566. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.230
- Zhu Q, Jia R, Lin X (2019) Building sustainable circular agriculture in China: Economic viability and entrepreneurship. *Manag. Decis.* 57(4):1108–1122. doi:10.1108/MD-06-2018-0639

From the Stone Hoe to Circular Agriculture

Novo Pržulj, Ana Velimirović, Danijela Petrović, Predrag Ilić, Milan
Miroslavljević, Vojislav Trkulja, Zoran Jovović

Summary

The history of agriculture is a long chain composed of numerous revolutionary innovations that have occurred, and continue to occur, following industrial revolutions and the advancements of modern science; in the 20th and 21st centuries, this progress has been much faster than ever before. There is no specific year that marks the founding of agriculture in human civilization; it cannot be precisely determined, as it was not a singular event but rather a process that spanned centuries. Researchers agree that Homo sapiens began to abandon the nomadic way of life, domesticate wild animals, and gather and plant cereal seeds in the early Neolithic period (Neolithic Revolution), when there was a rapid retreat of glaciers to the north and a warming of the climate. Most researchers believe this occurred around 10,000 years ago, although some suggest it may have been 12,000 or even 15,000 years ago. One of the first regions where humans engaged in agriculture was the area known as the Fertile Crescent, which spans the region that today includes Israel and Lebanon in the west and Iraq and Iran in the east, around the Euphrates and Tigris rivers. The development of agriculture during the Neolithic Revolution enabled population growth, the establishment of settlements, and the rise of more complex societies. It was a period of transformation in human history that laid the foundations for modern agriculture and food systems on which today's global population relies.

The development of the economy, including agriculture, from its very beginnings has been based on the use of natural resources as one of the main factors of industrial production. The increasing exploitation of these resources raises questions about how long this process can continue, considering that many of these resources are non-renewable. It is estimated that by 2050, the population will reach 9 billion, for whom food must be provided! In addition to not very optimistic economic forecasts, another dark cloud, taking on increasingly negative proportions, looms over nature. Environmental degradation, as an ecological problem, has become not only relevant but also crucial for survival. The primary need to produce more food regardless of the ecological consequences, is responsible for the alarming degradation of the environment.

Soil is the most important resource in food production. The increasing exploitation of soil, combined with strong industrialization and urbanization, is leading to a reduction

in arable land and the contamination of cultivated land, threatening food production and biodiversity. In some areas, these relationships have reached critical levels. The degradation of agricultural land is adversely affected by many factors, with the most aggressive being: erosion (caused by wind, water, and sun), industrial pollutants, mineral fertilizers, pesticides, lack of windbreaks, illegal waste dumping, traffic impact, etc. Phosphorus fertilizers introduce heavy metals, primarily cadmium, into the soil, which then enters the human body through plants and animals, potentially causing serious diseases. Pesticides, various solvents, and packaging used for storage and transport are very dangerous substances that can negatively impact soil fertility. Additionally, conventional agriculture significantly contributes to greenhouse gas emissions and climate change.

Industrial production, including conventional agriculture, operates on a linear economy model, whose principle of "take-make-use-dispose" is one of the main polluters of the environment. Modern science proposes new agricultural production concepts, such as precision, smart, regenerative, and digital agriculture, which contribute to the rational use of natural resources. In a time of unreasonable natural resource consumption, environmental degradation, and global climate change on one hand, and increasing food demand on the other, a new model in agriculture—circular agriculture—represents a promising strategy to support sustainable, restorative, and regenerative agriculture. Circular agriculture, which operates on the principle of "take-make-use-return," aims to reduce waste, increase resource efficiency, and improve sustainability. Circular agriculture focuses on optimizing resource use, minimizing waste, and promoting sustainable food production.

This paper provides a brief overview of the impact of the four industrial revolutions on the development of agriculture, with a more detailed analysis of the application of achievements from the third and fourth industrial revolutions. The negative impacts of linear agriculture on the environment and the contribution of circular agriculture to the rational use of natural resources, reduction of soil degradation, mitigation of climate change, and production stability are presented. The practices of the circular economy and the barriers to its implementation are also discussed.

Keywords: History of Agriculture, Industrial Revolution, Linear Agriculture, Circular Agriculture, Natural Resources, Ecosystem, Sustainability