

Tranzicija s linearne ekonomije na kružnu ekonomiju na području Europske unije

Slunjski, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:110:887050>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository -
Polytechnic of Međimurje Undergraduate and
Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

Marko Slunjski, 0160141304

**TRANZICIJA S LINEARNE EKONOMIJE NA KRUŽNU
EKONOMIJU NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE**

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, srpanj 2024.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

Marko Slunjski, 0160141304

**TRANZICIJA S LINEARNE EKONOMIJE NA KRUŽNU
EKONOMIJU NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE**

**TRANSITION FROM LINEAR ECONOMY TO
CIRCULAR ECONOMY IN THE TERRITORY OF THE
EUROPEAN UNION**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Goran Sabol, mag. ing. geoling., v. pred.

Čakovec, srpanj 2024.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 16. veljače 2023.

država: **Republika Hrvatska**
Predmet: **Održivo gospodarenje otpadom**
Grana: **2.16.01 inženjerstvo okoliša**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2022-OR-R-63

Pristupnik: **Marko Slunjski (0160141304)**
Studij: **Redoviti preddiplomski stručni studij Održivi razvoj**
Smjer: **Ekoinženjerstvo**

Zadatak: **Tranzicija s linearne ekonomije na kružnu ekonomiju na području Europske unije**

Opis zadatka:

Cilj rada je izvršiti analizu kružnog gospodarstva kao modela proizvodnje i potrošnje koji uključuje dijeljenje, posudbu, ponovno korištenje, popravljanje, obnavljanje i reciklažu postojećih proizvoda i materijala što je dulje moguće kako bi se stvorila dodatna - duža - vrijednost proizvoda.

Radom će se obuhvatiti što je kružno gospodarstvo te se navesti prednosti koje pruža tranzicija s linearne na kružnu ekonomiju i kakve će utjecaje imati. Za primjer će se uzeti modeli poslovanja kružnog gospodarstva s područja Europske unije pomoću kojeg će se objasniti kako kružno gospodarenje funkcionira i koje su potrebne radnje kako bi se način poslovanja prebacio s klasičnog linearnog na kružno gospodarstvo.

Zadatak uručen pristupniku: 22. prosinca 2022.
Rok za predaju rada: 20. rujna 2023.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



Goran Sabol, mag. ing. geoling. v. pred.

Naziv rada: **TRANZICIJA S LINEARNE EKONOMIJE NA KRUŽNU EKONOMIJU NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE**

Cilj rada je izvršiti analizu kružnog gospodarstva kao modela proizvodnje i potrošnje koji uključuje dijeljenje, posudbu, ponovno korištenje, popravljanje, obnavljanje i reciklažu postojećih proizvoda i materijala što je dulje moguće kako bi se stvorila dodatna - duža - vrijednost proizvoda. Radom će se obuhvatiti što je kružno gospodarstvo te se navesti prednosti koje pruža tranzicija s linearne na kružnu ekonomiju i kakve će utjecaje imati. Za primjer će se uzeti modeli poslovanja kružnog gospodarstva s područja Europske unije pomoću kojeg će se objasniti kako kružno gospodarenje funkcionira i koje su potrebne radnje kako bi se način poslovanja prebacio s klasičnog linearnog na kružno gospodarstvo.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. LINEARNA EKONOMIJA	2
3. KRUŽNA EKONOMIJA	3
3.1. Kružna ekonomija u današnje vrijeme	4
3.2. BUTTERFLY DIJAGRAM	6
3.3. KRUŽNA EKONOMIJA I OTPAD	8
4. KRUŽNO GOSPODARSTVO U PRAKSI.....	12
4.1. Javne ustanove	12
4.2. Privatne tvrtke	14
4.3. Industrijske simbioze	15
5. KRUŽNA EKONOMIJA U EU	18
6. KRUŽNA EKONOMIJA U GRADOVIMA.....	20
6.1. Potrošnja i proizvodnja.....	20
6.2. Kružni gradovi: Temeljni aspekti.....	22
6.3. Urbani sustavi i kružno gospodarstvo	24
6.3.1. Građevine.....	25
6.3.2. Mobilnost	26
6.3.3. Proizvodi	28
LITERATURA	32
POPIS SLIKA.....	39

Sažetak

Cilj ovog završnog rada je objasniti pojam kružne ekonomije i njezine implementacije u Europskoj uniji, na temelju primjera tvrtke koja koristi načela kružne ekonomije i grada koji nastoji kružnu ekonomiju čim više uklopiti u svoj sustav. Kružna ekonomija počinje dobivati sve veću pozornost u cijelom svijetu kao način prevladavanja trenutnog modela proizvodnje i potrošnje koji se temelji na kontinuiranom rastu i povećanju protoka resursa. Kružna ekonomija potiče na sustav koji zadržava vrijednost proizvoda što je više moguće i eliminiranje otpada. Kada proizvod završi svoj životni ciklus trebao bi biti zadržan unutar gospodarstva kao resurs koji se može ponovno iskoristiti i na taj način stvoriti daljnju vrijednost proizvoda. Brz prijelaz na kružno gospodarstvo, koje potiče smanjenu upotrebu sirovina, redizajniranje, ponovnu upotrebu, popravak, ponovnu proizvodnju i recikliranje na svakom koraku lanca vrijednosti mogao bi dramatično smanjiti upotrebu resursa, a zajedno s dekarbonizacijom, može donijeti niske razine ugljika i manji utjecaj u budućnosti. Postoji stvarna prilika za tvrtke da smanje troškove, izgrade otpornost u svojim opskrbnim lancima, usklade se s novonastalim politikama i ispune zahtjeve investitora i kupaca, kroz prelazak na kružniji pristup. Kako bi to postigle, tvrtke mogu koristiti pristup lancu vrijednosti kako bi odredile prioritete gdje mogu poduzeti radnje kako bi imale najveći utjecaj na emisije stakleničkih plinova i napravile 'transformacijske sprintove' prema kružnosti. Ove vrijednosne lance, koji uključuju sve aktivnosti koje pružaju ili primaju vrijednost od: dizajniranja, izrade, distribucije, maloprodaje i potrošnje proizvoda (ili pružanja usluge koju proizvod pruža), poduzeća moraju transformirati. Iako vidimo poboljšanja i inovacije u globalno upravljanje krutim otpadom složeno je pitanje koje nam je potrebno poduzeti hitne mjere. Gospodarenje krutim otpadom utječe na sve; međutim, oni koji su najviše pogođeni negativnim učincima loše gospodarenog otpada uglavnom su najveći društveni ranjivi - gube svoje živote i domove od klizišta odlagališta otpada, radeći u nesigurnim uvjetima skupljanja otpada i teškog zdravstvenog stanja reperkusije. Gradovi i države se brzo razvijaju bez odgovarajućih sustava za upravljanje promjenjivim otpadom. Prečesto i okoliš plaća visoku cijenu.

Ključne riječi: *Europska unija, gospodarenje otpadom, kružna ekonomija, lanci vrijednosti*

Summary

The aim of this final paper is to explain the concept of the circular economy and its implementation in the European Union, based on the example of a company that uses the principles of the circular economy and a city that tries to integrate the circular economy into its system as much as possible. Because the circular economy is starting to get more and more attention all over the world as a way to overcome the current production and consumption model based on continuous growth and increased flow of resources. The circular economy encourages a system that preserves the value of the product as much as possible and eliminates waste. When a product completes its life cycle it should be retained within the economy as a resource that can be reused and thus create further product value. A rapid transition to a circular economy, which encourages reduced use of raw materials, redesign, reuse, repair, remanufacturing and recycling at every step of the value chain, could dramatically reduce resource use and, together with decarbonisation, can bring low carbon levels and a lower impact in of the future. There is a real opportunity for companies to reduce costs, build resilience in their supply chains, align with emerging policies and meet the demands of investors and customers, by moving to a more circular approach. To achieve this, companies can use a value chain approach to prioritize where they can take action to have the greatest impact on greenhouse gas emissions and make 'transformational sprints towards circularity'. These value chains, which include all activities that provide or receive value from: designing, manufacturing, distributing, retailing and consuming a product (or providing a service that a product provides), companies must transform. Although we are seeing improvements and innovations in global solid waste management, it is a complex issue that we need to take urgent action on. Solid waste management affects everyone; however, those who are most affected by the negative effects of poorly managed waste are generally the most vulnerable in society - losing their lives and homes to landfill landslides, working in unsafe conditions for waste collection and the dire health repercussions. Cities and countries are developing rapidly without adequate systems for managing volatile waste. Too often, the environment also pays a high price.

Key words: *Circular economy, European union, value chains, waste management*

1. UVOD

Planet Zemlja samo je jedan, ali do 2050. godine ljudi će trošiti resurse kao za tri planeta [1]. Očekuje se da će se u sljedećih četrdeset godina globalna potrošnja materijala kao što su biomasa, fosilna goriva, metali i minerali udvostručiti [2], a godišnja proizvodnja otpada povećati za 70 % do 2050. godine [3]. Budući da polovina ukupnih emisija stakleničkih plinova te više od 90 % gubitka biološke raznolikosti i nestašice vode proizlaze iz ekstrakcije i prerade resursa, europskim zelenim planom pokrenuta je usklađena strategija za klimatski neutralno, resursno učinkovito i konkurentno gospodarstvo [4].

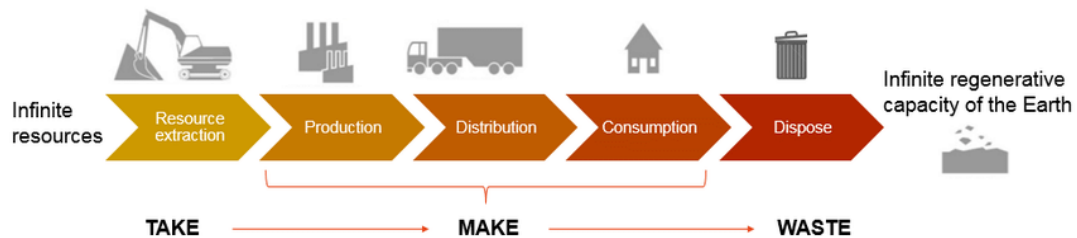
Kako bi se ispunile ambicije, Europska Unija (u daljnjem tekstu EU) treba ubrzati tranziciju na model regenerativnog rasta koji planetu vraća više nego što se uzima, napreduje prema zadržavanju potrošnje resursa unutar granica i stoga nastojati smanjiti svoj otisak potrošnje i udvostručiti stopu kruženja upotrebe materijala u nadolazećem desetljeću [5].

Tijekom posljednjeg desetljeća u cijelom svijetu sve je veća pozornost posvećena novom konceptu i razvojnog modelu kružne ekonomije s ciljem pružanja bolje alternative dominantnom modelu ekonomskog razvoja, takozvanom „uzmi, napravi i odbaci”. Negativni učinci uzrokovani spomenutim prijetnjama stabilnosti gospodarstava i cjelovitosti prirodnih ekosustava koji su ključni za opstanak čovječanstva [6].

Kružna ekonomija se najčešće smatra samo pristupom prikladnijem gospodarenju otpadom. Takvo vrlo ograničeno gledište može dovesti do neuspjeha kružne ekonomije, jer neke opcije recikliranja, ponovne uporabe ili obnove mogu biti neprikladne, dok umjesto toga odgovaraju drugim situacijama. Neke opcije pretvorbe temeljene na zelenoj kemiji i biotehnologiji mogu na kraju biti puno skuplje i utjecajnije od spomenute konvencionalne tehnologije, koja više zahtijeva prevenciju nego tretiranje. Sve u svemu, izazov koji je pred nama prema preventivnom i regenerativnom eko-industrijskom razvoju nije „više isti” pristup, koji poziva na povećanu implementaciju „zelenih” tehnologija. Umjesto toga zahtijeva širi i puno opsežniji pogled na dizajn radikalno alternativnih rješenja, tijekom cijelog životnog ciklusa bilo kojeg procesa, kao i na interakciju između procesa i okoliša i gospodarstva u koje je ugrađen. Na taj način regeneracija nije samo materijalna ili u obliku povrata energije, već predstavlja poboljšanje cjelokupnog životnog i ekonomskog modela u usporedbi s prijašnjim poslovanjem kao i običnom ekonomijom i upravljanjem resursima [6].

2. LINEARNA EKONOMIJA

Linearna ekonomija je sustav u kojem ljudi kupuju proizvod, koriste ga i zatim odbacuju. Izraz linearno odnosi se na pravocrtno napredovanje koje proizvod može slijediti, s početkom, sredinom i krajem u kojem nema razmišljanja o recikliranju ili ponovnoj uporabi [7].

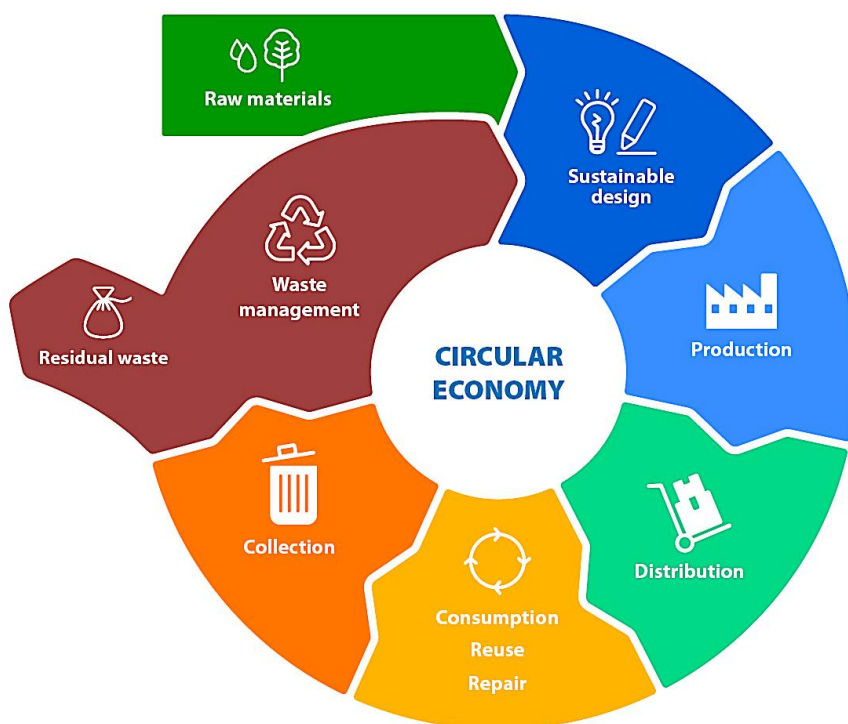


Slika 1: Proces proizvodnje u linearnoj ekonomiji [8]

Linearno ekonomsko razmišljanje postoji već stoljećima. Bio je to dominantan ekonomski model veći dio 20. stoljeća, koji se temelji na želji za proizvodnjom proizvoda i pružanjem usluga po najnižoj cijeni. Sirovine se izvlače iz prirode po najnižoj cijeni, pretvaraju u proizvode s najmanjom količinom rada i zatim prodaju po najvišoj cijeni. Linearna ekonomija, koji se ponekad naziva i ekonomija tipa „uzmi-proizvedi-odbaci“, je sustav u kojem se resursi izdvajaju za proizvodnju proizvoda koji na kraju završe kao otpad i bace se. Proizvodi i materijali općenito se ne iskorištavaju do svog punog potencijala u linearnom gospodarstvu i, kao što ime sugerira, uvijek se kreću u jednom smjeru – od sirovina do otpada. To je sustav koji degradira prirodne sustave i pokretač je globalnih izazova, uključujući klimatske promjene i gubitak bioraznolikosti. Industrijska revolucija postavila je okvir za ovu linearnu ekonomiju i donijela je mnoge prednosti. Po prvi put, roba se mogla masovno proizvoditi. Činilo se kao da su sirovine i energija zapravo beskonačne, a zahvaljujući ovoj ekonomskoj transformaciji, industrijalizirane zemlje postale su društva obilja, svjetska populacija je naglo porasla, a milijuni stanovnika su izvučeni iz siromaštva. Ovaj globalni razvoj bio je moguć samo vađenjem ograničenih resursa i degradacijom prirodnog kapitala radi stvaranja ekonomske vrijednosti. S vremenom su ljudi naučili to činiti na sve više načina kako bi se stvorili sve napredniji proizvodi, ali modeli poslovanja nisu se promijenili. Današnje modele predstavlja loše upravljanje resursima i zemljištem u industrijama diljem svijeta u različitim granama gospodarstva (uključujući poljoprivredu, građevinarstvo i promet). Način na koji današnje gospodarstvo funkcionira uništava prirodni kapital o kojem ovisi. To se vidi u tlu koje se degradira, oceanu koji je zagađen, bioraznolikosti koja se gubi, slatkoj vodi koja presuši i šumama koje se sijeku i polako nestaju [9].

3. KRUŽNA EKONOMIJA

Kružna ekonomija odnosi se na industrijsku ekonomiju koja je po svojoj namjeri regenerativna; ima za cilj oslanjanje na obnovljivu energiju; minimizira, prati i eliminira upotrebu otrovnih kemikalija; i brižljivim dizajnom iskorjenjuje otpad. Pojam nadilazi mehaniku proizvodnje i potrošnje dobara i usluga u područjima koja nastoji redefinirati (primjeri uključuju obnovu kapitala, uključujući društveni i prirodni, te prijelaz s potrošača na korisnika). Koncept kružnog gospodarstva temelji se na proučavanju nelinearnih sustava, posebice živih. Glavna posljedica uzimanja uvida iz živih sustava je pojam optimizacije sustava, a ne komponenti, što se također može nazvati "dizajnom po mjeri". Navedeno uključuje pažljivo upravljanje tokovima materijala koji, u kružnom gospodarstvu, postoje dvije vrste kako su opisali *McDonough* i *Braungart*: biološke hranjive tvari, osmišljene za siguran ponovni ulazak u biosferu i izgradnju prirodnog kapitala, i tehničke hranjive tvari, koje su osmišljene cirkulirati visokokvalitetno bez ulaska u biosferu [10].



Slika 2: Model Kružne ekonomije [11]

Posljedično, kružno gospodarstvo čini jasnu razliku između odabira, korištenja i potrošnje resursa. Trenutačno postoji skupina mišljenja o aditivnoj proizvodnji i 3D ispisu koja podržava dizajn omogućen tehnologijom koji je mobilan i globalan, s lokalnim izborom materijala. Proizvođači i trgovci sve više zadržavaju vlasništvo nad svojim proizvodima prema modelu

funkcionalne usluge koji ih pozicionira kao pružatelje usluga, reklamirajući korištenje stvari za namjeravanu svrhu, a ne stvarne proizvode [12].

Ova promjena ima izravne učinke na način na koji su roba i usluge dizajnirane, kao i na to kako se stvaraju uspješni programi povrata (odgovornost proizvođača i potrošača). Stoga ovi poslovni modeli proizvode robu s dužim rokom trajanja, olakšavaju rastavljanje i obnavljanje te promiču dematerijalizaciju od samog početka – sve unutar zakonodavnog okruženja koje potiče inovacije i nudi jasne signale tržištu. U prošlosti, ponovna uporaba i produženje životnog vijeka bili su česte strategije u situacijama oskudice ili siromaštva i dovela do proizvoda lošije kvalitete. Danas, to su znakovi dobrog gospodarenja resursima i pametnog upravljanja [12].

3.1. Kružna ekonomija u današnje vrijeme

Posljednjih nekoliko godina kružna ekonomija dobiva sve veću pozornost u cijelom svijetu kao način prevladavanja trenutnog modela proizvodnje i potrošnje koji se temelji na kontinuiranom rastu i povećanju protoka resursa. Promicanjem usvajanja proizvodnih obrazaca zatvorene petlje unutar gospodarskog sustava, kružna ekonomija ima za cilj povećati učinkovitost korištenja resursa, s posebnim fokusom na urbani i industrijski otpad, kako bi se postigla bolja ravnoteža i sklad između gospodarstva, okoliša i društva. Rezultati dokazuju da je podrijetlo kružne ekonomije uglavnom ukorijenjeno u ekološkoj ekonomiji i industrijskoj ekologiji. U Kini se kružna ekonomija promiče kao nacionalni politički cilj odozgo prema dolje, dok je u drugim područjima i zemljama kao što su Europska unija, Japan i SAD alat za dizajniranje politika zaštite okoliša i upravljanja otpadom odozdo prema gore [13]. Krajnji cilj promicanja kružne ekonomije je odvajanje pritiska na okoliš od gospodarskog rasta. Čini se da je implementacija kružne ekonomije u cijelom svijetu još uvijek u ranim fazama, uglavnom usmjerena na recikliranje, a ne na ponovnu upotrebu. Važni rezultati postignuti su u nekim sektorima djelatnosti (npr. u gospodarenju otpadom gdje se postižu velike stope recikliranja otpada u odabranim razvijenim zemljama). Kružna ekonomija podrazumijeva usvajanje obrazaca za čistije proizvodnje na razini poduzeća, povećanje odgovornosti i svijesti proizvođača i potrošača, korištenje obnovljivih tehnologija i materijala (gdje god je to moguće) kao i usvajanje prikladnih, jasnih i stabilnih politika i alata. Lekcija naučena iz uspješnih iskustava je da tranzicija prema kružnoj ekonomiji dolazi iz uključenosti svih aktera u društvu i njihove sposobnosti da se povežu i stvore odgovarajuće obrasce suradnje i razmjene. Uspješne priče također ističu potrebu za ekonomskim povratom ulaganja kako bi se tvrtkama i

investitorima pružila odgovarajuća motivacija. Ukratko, prijelaz na kružnu ekonomiju je upravo započeo. Štoviše, interdisciplinarni okvir koji podupire kružna ekonomija nudi dobre izgleda za postupno poboljšanje sadašnjih modela proizvodnje i potrošnje, koji više nisu primjereni zbog opterećenja okoliša i društvene nejednakosti, što je jasan pokazatelj neučinkovitosti korištenja resursa. Do sada je u svijetu objavljeno mnogo različitih studija o kružnoj ekonomiji (čiji se velik broj odnosi na implementaciju kružne ekonomije u Kini) [13]. Čini se da je ova zemlja snažno opredijeljena i privučena kružnom ekonomijom zbog ogromnih ekoloških, zdravstvenih i društvenih problema koje predstavlja njezin vrlo brz i kontinuirani obrazac ekonomskog razvoja. Kružno gospodarstvo se smatra novim poslovnim modelom za koji se očekuje da će dovesti do održivijeg razvoja i skladnog društva.

Kružnost je bitan dio šire transformacije industrije prema klimatskoj neutralnosti i dugoročnoj konkurentnosti. Može pružiti značajne materijalne uštede kroz vrijednosne lance i proizvodne procese, generirati dodatnu vrijednost i otključati ekonomske prilike, a sve u sinergiji s ciljevima navedenima u Industrijskoj strategiji [14].

Europska komisija će omogućiti veću cirkularnost u industriji na način da će:

- procijeniti opcije za daljnje promicanje kružnosti u industrijskim procesima u kontekstu revizije Direktive o industrijskim emisijama, uključujući integraciju praksi kružnog gospodarstva u nadolazeće referentne dokumente o najboljim dostupnim tehnikama;
- olakšati industrijske simbioze razvojem industrijskog sustava izvješćivanja i certificiranja te omogućavanje provedbe industrijske simbioze;
- podržati održivi i kružni bioekonomski sektor kroz provedbu Akcijskog plana za bioekonomiju;
- promicati upotrebe digitalnih tehnologija za praćenje i mapiranje izvora;
- promicati usvajanja zelenih tehnologija kroz sustav čvrste provjere registracijom EU *Environmental Technology Verification* sheme kao certifikacijske oznake EU.

Nova Strategija za mala i srednja poduzeća potiče kružnu industrijsku suradnju među malim i srednjim poduzećima koja se temelji na obuci, savjetima u okviru europske poduzetničke mreže o suradnji u klasterima i na prijenosu znanja putem Europskog centra znanja o učinkovitosti resursa [15].

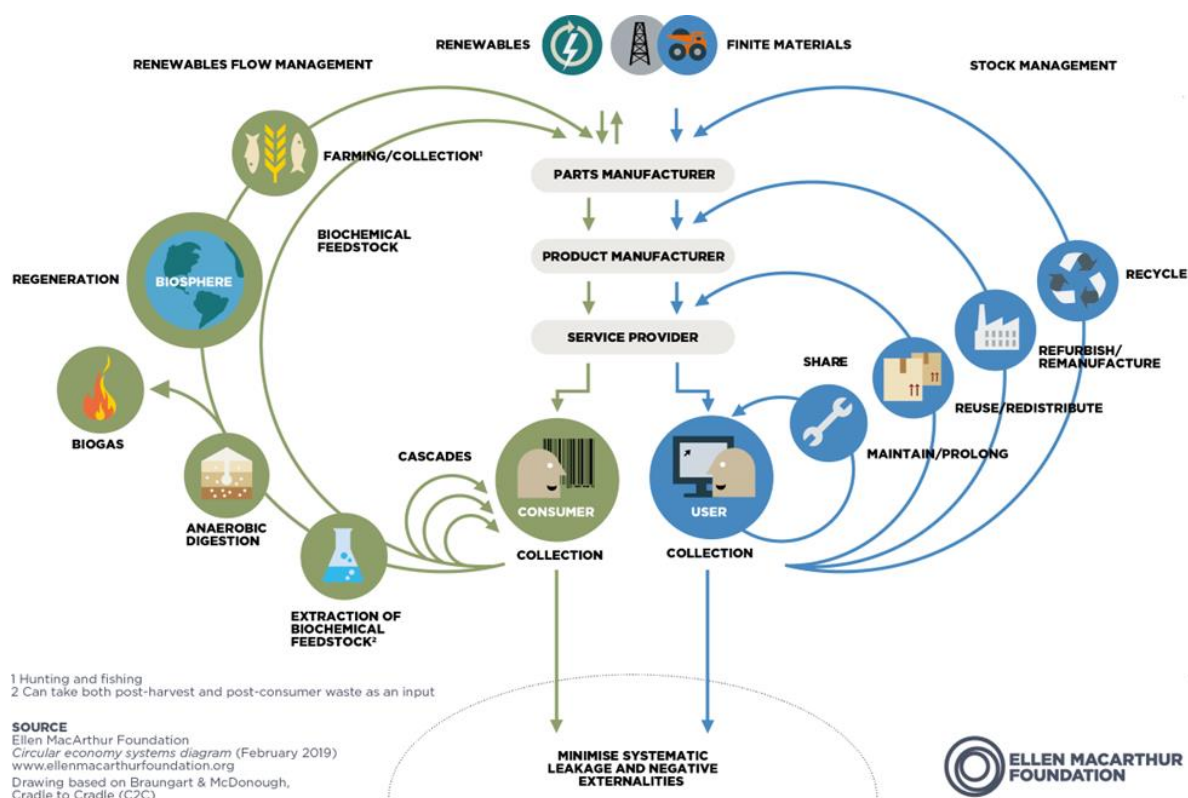
Održivi razvoj zahtijeva uravnoteženo i istovremeno razmatranje ekonomskih, ekoloških, tehnoloških i društvenih aspekata istraživog gospodarstva, sektora ili pojedinačnog industrijskog procesa kao i interakcije među svim tim aspektima [26]. Kružna ekonomija pozitivno pridonosi pomirenju svih elemenata, zahvaljujući svom temeljnom obrazloženju, uglavnom ukorijenjenom u ekološkim i političkim, kao i ekonomskim i poslovnim aspektima. Kružna ekonomija promiče prikladnije i ekološki prihvatljivije korištenje resursa s ciljem provedbe zelenije ekonomije, koju karakteriziraju novi poslovni model i inovativne mogućnosti zapošljavanja kao i poboljšana dobrobit te evidentni utjecaji na jednakost unutar i među generacijama u smislu korištenja i pristupa resursima: “Svijet u kojem je siromaštvo endemično uvijek će biti sklon ekološkim i drugim katastrofama” [16], [8].

Kružnost je bitan dio šire transformacije industrije prema klimatskoj neutralnosti i dugoročnoj konkurentnosti. Može pružiti značajne materijalne uštede kroz vrijednosne lance i proizvodne procese, generirati dodatnu vrijednost i otključati ekonomske prilike. U sinergiji s ciljevima navedenima u Industrijskoj strategiji Europske unije, Komisija će omogućiti veću cirkularnost u industriji [17].

Glavni cilj održivosti je fokusiranje na ispunjavanje sadašnjih potreba stanovništva sa sposobnošću proizvodnje resursa za zadovoljenje potreba u budućnosti. S rastućom brigom za okoliš, održivi razvoj postao je jedan od primarnih ciljeva svih nacija diljem svijeta. Na istom tragu, potreba za održivom procjenom javlja se sa sviješću o ublažavanju globalnih društvenih, ekonomskih i ekoloških problema. To se također može vidjeti u odgovoru globalnih politika koje se provode za rješavanje ovih problema [18].

3.2. *Butterfly* dijagram

Dijagram sustava kružnog gospodarstva, poznat kao *butterfly* dijagram, ilustrira kontinuirani protok materijala u kružnom gospodarstvu. Postoje dva glavna ciklusa - tehnički ciklus i biološki ciklus. U tehničkom ciklusu, procesi kroz koje teku proizvodi i materijali kako bi zadržali svoju najveću moguću vrijednost u svakom trenutku. Materijali prikladni za ove procese su oni koji se ne troše tijekom uporabe - poput metala, plastike i drva. S druge strane, u biološkom ciklusu, hranjive tvari iz biorazgradivih materijala vraćaju se na Zemlju kako bi regenerirale prirodu [19].



Slika 3: Butterfly dijagram [20]

Inspirirana paradigmom prirodnog sustava, kružna ekonomija usvaja više "metabolistički" pristup, za razliku od strategije protoka linearne ekonomije. Materijali teku i kaskadno se slijevaju kroz sustav, povećavajući njegovu ukupnu otpornost i pružajući vrijednost u svakoj fazi. Ključno je imati na umu da je sve napravljeno da odgovara sustavu; ovo nije reaktivan, nizvodni pristup, već uzvodni, dizajnom vođen poduhvat [17].

Nužnost održavanja odvojenosti ova dva ciklusa jedna je od njihovih ključnih komponenti. Biološki ciklus i tehnički materijali ne smiju doći u dodir jedan s drugim. To dovodi do brojnih problema. Na primjer, iako se plastika može u potpunosti reciklirati, velik dio nje ne može se reciklirati jer su je onečistile čestice hrane ili drugi ostaci biološkog ciklusa [17].

Ovaj dijagram često prikazuje međusobnu povezanost i ravnotežu svojstvenu kružnim ekonomskim sustavima. Elementi koji su obično uključeni u takav dijagram mogu se gledati na način da su u središtu dijagrama načela kružnog gospodarstva koja vode prijelaz s linearnog ekonomskog modela (koji se temelji na principu "uzmi-napravi-odloži") na kružni model (u kojem se resursi koriste što je dulje moguće). S druge strane, faze životnog ciklusa (poput strategije kružnog gospodarstva) često se fokusiraju na različite faze životnog ciklusa proizvoda, a te su faze obično prikazane u takvom tipu dijagrama.

Kružno gospodarstvo održava proizvode, materijale i komponente u upotrebi s ciljem zadržavanja njihove najviše vrijednosti u svakom trenutku, u konačnici nastojeći razdvojiti njihov gospodarski razvoj. Čini to na način da stvara veliku razliku između dvije vrste ciklusa. U tehničkim ciklusima, proizvedene komponente i materijali nastoje se zadržati u optjecaju u ekonomskom gospodarstvu što je dulje moguće. U biološkim ciklusima strategija je vratiti hranjive tvari u biosferu uz obnovu prirodnog kapitala. Tehnički ciklusi obično uključuju proizvode koji su izrađeni od materijala koji nemaju mogućnost biorazgradnje kao što su metali. Najučinkovitiji tehnički ciklusi uključuju održavanje i ponovnu upotrebu proizvoda i na taj način se čuva vrijednost proizvoda i produljuje se njihova mogućnost ponovnog korištenja. Kada se proizvod više ne može ponovno upotrijebiti takav kakav jest, većina njegove vrijednosti još uvijek se može zadržati obnavljanjem ili ponovnom proizvodnjom. Ako proizvod nije moguće ponovno upotrijebiti, obnoviti ili proizvesti, materijali od kojih je proizvod napravljen mogu se reciklirati. Kada se proizvod reciklira, sama vrijednost proizvoda je izgubljena, ali vrijednost materijala ostaje sačuvana [21].

3.3. Kružna ekonomija i otpad

Proizvodnja otpada na globalnoj razini raste. Samo ljudi i poduzeća u Europskoj uniji proizvode više od 2 milijarde tona otpada godišnje, odnosno 4,8 tona po stanovniku, prvenstveno iz građevinarstva, rudarstva i industrije [22]. U prosjeku svaka osoba u Europi godišnje proizvede pola tone komunalnog otpada, od čega se manje od polovice reciklira [23]. Ovaj otpad ima negativne učinke na naš okoliš, bioraznolikost i zdravlje, a upravljanje je skupo. Također pokazuje da ne koristimo Zemljine ograničene resurse učinkovito. Svjetsko stanovništvo potroši više od 100 milijardi tona materijala svake godine i više od 90% svih ekstrahiranih materijala, a koji su iskorišteni, se troše [24]. Kružno gospodarstvo ima za cilj popraviti to potpunim uklanjanjem otpada. To se može postići produljenjem vijeka trajanja i korištenja resursa, materijala i proizvoda, promišljanjem i redizajniranjem proizvoda i poslovnih procesa, razvojem inovativnih rješenja i modela usluga te poticanjem održivije potrošnje. Ako se to učini, smanjit će se potrošnja materijala i energije, stvaranje otpada i emisiju stakleničkih plinova. Europska investicijska banka (EIB) podupire prijelaz na kružno gospodarstvo s tri međusobno osnažujuće aktivnosti: financije, savjetodavna podrška i podizanje svijesti [27]. Od 2019. do 2023. godine EIB je osigurala 3,83 milijarde eura za sufinanciranje 132 projekata kružnog gospodarstva u različitim sektorima [25].

Projekti kružnog gospodarstva s višim profilom rizika financirani su putem instrumenata podjele rizika koji imaju koristi od jamstava EU [26].

Provođenje politike održivih proizvoda i njezino prevođenje u posebne zakone bit će ključno za postizanje napretka u prevenciji otpada. Osim toga, mora se nadograđivati, dodatno jačati i bolje provoditi zakone EU o otpadu. Zakoni EU o otpadu doveli su do velikih poboljšanja u gospodarenju otpadom od 1970-ih godina, uz potporu fondova EU. Međutim, potrebno ih je kontinuirano modernizirati kako bi bili prikladni za kružno gospodarstvo i digitalno doba. Predložit će se revizija zakonodavstva EU o baterijama, ambalaži, otpadnim vozilima i opasnim tvarima u elektroničkoj opremi s ciljem sprječavanja otpada, povećanja recikliranog sadržaja, promicanja sigurnijih i čistijih tokova otpada i osiguravanje visokokvalitetnog recikliranja. Osim toga, Komisija će iznijeti ciljeve smanjenja otpada za određene tokove kao dio šireg skupa mjera za sprječavanje otpada u kontekstu revizije Direktive 2008/98/EZ [26]. Komisija će također poboljšati provedbu usvojenih zahtjeva za programe proširene odgovornosti proizvođača, dati poticaje i potaknuti razmjenu informacija i dobrih praksi u recikliranju otpada. Sve to će služiti cilju da se do 2030. godine značajno smanji ukupna proizvodnja otpada i prepolovi količina preostalog (nerecikliranog) komunalnog otpada. Visokokvalitetno recikliranje oslanja se na učinkovito odvojeno prikupljanje otpada. Kako bi pomogla građanima, poduzećima i javnim tijelima da bolje odvajaju otpad, Komisija će predložiti usklađivanje sustava odvojenog prikupljanja otpada. Konkretno, ovaj će se prijedlog baviti najučinkovitijim kombinacijama modela odvojenog prikupljanja, gustoćom i dostupnošću točaka odvojenog prikupljanja, uključujući javne prostore, uzimajući u obzir regionalne i lokalne uvjete u rasponu od urbanih do najudaljenijih regija. Razmotrit će se i drugi aspekti koji olakšavaju uključivanje potrošača, kao što su uobičajene boje kanti, usklađeni simboli za ključne vrste otpada, oznake proizvoda, informativne kampanje i ekonomski instrumenti.

Epidemija COVID-19 iznijela je na vidjelo nedostatke u resursima i lancima vrijednosti, utječući na mala i srednja poduzeća, kao i na industriju. Ne samo da je implementacija kružnog gospodarstva u poslovanju imperativ za zaštitu i očuvanje resursa (sirovina) za potomstvo, već predstavlja i značajnu komercijalnu perspektivu. Promatrano kroz dulje vrijeme, kružno gospodarstvo trebalo bi ojačati konkurentnost i održivi rast gospodarstva EU. Europska komisija naglašava vrijednost doprinosa kružnog gospodarstva očuvanju resursa, posebno rijetkih ili nestabilnih sirovina, uštedi troškova za europsku industriju, otvaranju novih poslovnih prilika s fokusom na resursno učinkovito i inovativno poslovanje, stvaranju radnih mjesta i poticanje društvene kohezije [27].

Razvijanje kružnog poslovnog modela, odnosno odlučivanje o ciljevima i pristupu vlastite tvrtke u skladu s cirkularnošću, prvi je korak prema implementaciji cirkularnog gospodarstva. Postoji pet poslovnih modela koji se temelje na kružnom gospodarstvu [28]:

1. Kružni lanac opskrbe: Kako bi se uštedjeli troškovi i povećala predvidljivost i kontrola, ovaj model predlaže da tvrtka koristi potpuno bio-bazirane, reciklirajuće ili obnovljive materijale koji se mogu koristiti u novim životnim ciklusima.

Na primjer, globalna tvrtka Royal DSM, koja radi na području održivog života, prehrane i zdravlja, osmislila je proces proizvodnje bioetanola iz celuloze, poljoprivrednog ostatka (kao što su balirani klipovi kukuruza, ljuške, lišće i stabljike), kao obnovljivo gorivo. Royal DSM sada ima novi tok prihoda od celuloznog bioetanola, koji također smanjuje emisije stakleničkih plinova, povećava stopu zaposlenih i poboljšava energetska sigurnost zemlje [28].

2. Oporaba i recikliranje: Ovaj model potiče ponovnu uporabu otpada i nusproizvoda obnavljanjem proizvoda nakon isteka njegovog vijeka trajanja kako bi se regenerirali vrijedni elementi, uključujući energiju ili korištenjem otpada stvorenog u proizvodnom procesu kao sirovine.

3. Produljenje životnog vijeka proizvoda: Ovaj model nastoji održavati i poboljšati proizvode njihovim popravkom, nadogradnjom, obnavljanjem ili preprodajom. Na taj način tvrtka produljuje vijek trajanja proizvoda i produžuje njegovu ekonomsku iskoristivost, a istovremeno kupce preusmjerava s transakcija na odnose.

4. Platforma za dijeljenje: Kroz posuđivanje, dijeljenje, iznajmljivanje ili razmjenu dobara, ovaj model potiče nove veze i mogućnosti za kupce, tvrtke i mikro poduzetnike. Digitalna tehnologija znatno olakšava korištenje platforme za dijeljenje.

5. Proizvod kao usluga: Prema ovoj paradigmi, proizvođači i trgovine na malo su nositelji proizvoda, koji nakon toga prodaju uslugu klijentima. Proizvođači na ovaj način žele postići dugovječnost proizvoda, pouzdanost i mogućnost ponovne upotrebe [27].

Poduzeća imaju izvrsne šanse za usvajanje kružnog gospodarstva zahvaljujući poslovnim modelima. Ali bez pomoći najsuvremenijih novih tehnologija, posebice digitalnih poput društvenih, mobilnih, analitičkih, oblaka (engl. *cloud*) i drugih tehnologija mnogi modeli – ako ne i većina njih – ne bi bili izvedivi. Značajna nova granica za digitalnu tehnologiju je dizajniranje vrijednosnih lanaca koji uključuju kružne poslovne modele sve do korisnika,

korištenja i povrata. Ovo će revolucionirati razine usluge i fleksibilnosti kada se fizički i digitalni svijet „sudare“ i proizvodi počnu „teći“ između korisnika, tržišta i životnih ciklusa s iznimno niskim transakcijskim troškovima. Tri su kategorije naprednih tehnologija [29]:

- DIGITALNE TEHNOLOGIJE: poput interneta stvari (engl. *Internet of Things*), *big data*, *blockchain* i sl. pomažu poduzećima u praćenju resursa i nadzoru kapaciteta resursa i otpada
- FIZIČKE TEHNOLOGIJE poput 3D tiskanja, robotike, skladištenje energije, tehnologija modularnog dizajna i nanotehnologije pomažu poduzećima smanjiti troškove proizvodnje i materijala i okolišni učinak
- BIOLOŠKE TEHNOLOGIJE poput bio-energije, bio-baziranih materijala, biokatalize, hidroponije i aeroponije pomažu poduzećima odmaknuti se od energetske izvora temeljenih na fosilnim gorivima

Proces razvoja kružnog poslovnog modela i postavljanje cilja za poduzeće prvi su koraci u tom procesu. Suradnja između funkcionalnih domena, uključujući marketing, proizvodnju, nabavu i istraživanje, ključna je za uspjeh kružne tvrtke. Suradnja je ključna ne samo unutar organizacije nego i s drugim poduzećima. surađujući putem lanaca vrijednosti s drugim poduzećima i dionicima kako bi zajednički uklonili potencijalne prepreke i otkrili rješenja koja bi podržala zajednički rast i razvoj. Financijski, ekološki i društveni pokazatelji mogu se koristiti za praćenje napretka u kružnim poslovnim praksama i promatranje promjena u industriji [27].

4. KRUŽNO GOSPODARSTVO U PRAKSI

4.1. Javne ustanove

Budući da 54% svjetskog stanovništva živi u urbanim područjima i gradovima koji proizvode 85% svjetskog BDP-a, gradovi su ključni za ubrzavanje globalne tranzicije jer su središta kreativnosti, inovacija i rasta. Štoviše, gradovi služe kao središta resursa i hranjivih tvari, proizvodeći 50% svjetskog otpada i doprinoseći između 60 i 80% svih emisija stakleničkih plinova. Također troše 75% prirodnih resursa [30]. Kao rezultat toga, osim što djeluje kao primarni gospodarski akter i glavni potrošač dobara i usluga, povezani javni sektor također služi kao regulator i kreator politike. S više od 55 milijuna radnika, ili 25% radne snage EU, javni sektor još je jedan značajan poslodavac. Javnim sektorom se mora upravljati zbog njegovih znatnih učinaka povezanih s održivošću na društvene, ekonomske i ekološke izazove. Posljedično, treba ga promatrati kao dinamičnog sudionika u financijskom sustavu, koji kupuje, koristi, nadzire i odbacuje znatnu količinu resursa. Vizija skorašnje budućnosti prema Europskom zelenom planu, obuhvaća gradove kao mjesta implementacije principa kružnog gospodarstva u sve svoje funkcije, uspostavljajući urbani sustav koji je regenerativan, pristupačan i bogat dizajnom. Gradovi preuzimaju za cilj eliminaciju koncepta otpada te zadržavaju lokalne resurse u kružnosti na najvišoj vrijednosti u svakom trenutku, a sve uz podršku digitalnih tehnologija. Još jedna bitna funkcija javnog sektora koja se ističe u tranziciji prema kružnom gospodarstvu i održivosti je njegova uloga kao uzora koji bi trebao služiti kao primjer dobre prakse.

Društvena i fiducijarna dužnost javnih institucija je očuvanje okoliša i unaprjeđenje socijalne pravde i blagostanja. U usporedbi s privatnim poduzećima, oni snose znatno veću odgovornost za unaprjeđenje koncepta održivog razvoja. Vizija kružnog gospodarstva je potpuno prevladavanje i transformacija raspoloživih gospodarskih aktivnosti u održive gospodarske aktivnosti:

- Iz ekonomije otpada u ekonomiju bez otpada.
- Iz gospodarstva koje se oslanja na energiju iz fosilnih izvora u gospodarstvo koje većinski koristi energiju iz obnovljivih izvora.

Javne organizacije gledaju na kružno gospodarstvo prvenstveno kao na inicijative za gospodarenje otpadom i doprinose tome u skladu s ograničenjima postavljenim zakonodavstvom. Lokalne inicijative ključne su za postizanje cilja pomaka prema kružnom gospodarstvu, iako su za definiranje cilja potrebni globalni propisi. Presudna mjera za

učinkovitu implementaciju kružnog gospodarstva u županiji ili gradu je precizna artikulacija razvojne putanje, mjerljivih ciljeva i vizije budućnosti.

Izrada i usvajanje ovakvog dokumenta najbolje utječe na definiranje budućih poslovnih aktivnosti nekog područja. Nekoliko europskih gradova izdalo je Strategiju/Manifest/Plan o prelasku na resursno učinkovito i održivo gospodarstvo kroz čiju izradu su uključivali sve dionike kroz javne rasprave, edukacije i tribine. Identifikacija i mapiranje trenutnih poslovnih aktivnosti javnog sektora u smjeru uspostave kružnog gospodarstva jedna je od prvih faza prema ostvarenju tako zacrtanih ciljeva. To može uključivati radnje kao što je korištenje samo 100% recikliranog papira, obostrani ispis papira samo kada je to potrebno, iznajmljivanje fotokopirnih i pisaćih strojeva, doniranje opreme koja više nije potrebna za rad itd. Usvajanjem ove strategije javne institucije preuzimaju ulogu tržišnih sudionika u kružnom gospodarstvu i postavljaju se kao pioniri u pomaku. Kako bi se iskoristile sve dostupne poluge za prelazak na kružno gospodarstvo, mora se razviti metodičan i planiran skup akcija koje će ojačati postojeće inicijative i potaknuti nove. To će dovesti do boljeg i uistinu pravog javnog obrazovanja i komunikacije. Javne institucije imaju izravan utjecaj na tempo i učinkovitost tranzicije educirajući lokalno stanovništvo o održivosti kroz nove aktivnosti, promičući umrežavanje i osnaživanje lokalnih dionika korištenjem zelene javne nabave te optimizirajući korištenje resursa. Poticanje javnosti da vidi mjerljive uštede kroz ekonomske i ekološke pokazatelje pomaže u jačanju sistemskog povjerenja. Plan mjera tako može primjerice obuhvatiti sljedeće:

- obnovu i prenamjenu napuštenog poslovnog prostora u edukacijski centar za osnaživanje civilnih udruga, obrta i nevladinih organizacija u svrhu unaprjeđenja inicijativa kružnosti,
- sveobuhvatnu energetske obnovu uz ugradnju sustava za korištenje obnovljivih izvora energije zgrada koje su u vlasništvu jedinice lokalne samouprave,
- modernizaciju voznog parka (kupnja korištenih ili električnih vozila),
- optimizaciju korištenja voznog parka,
- uspostavu e-punionica,
- promociju lokalno uzgojene hrane/namirnica na način da se prilikom organizacije edukacija, javnih tribina i radionica prednost daje lokalnim dobavljačima i njihovim proizvodima, itd.
- uvođenje sustava održivog gospodarenja vodama (vraćanje „sive vode“ u optjecaj kroz sanitarije, filtracijski tankovi za oborinsku odvodnju i sl.)

Moguće je financirati ta manje složena rješenja kroz inicijative EU za sufinanciranje poput programa *Interreg*. Nadalje, inicijative koje provode ove radnje koje štede novac i okoliš te unapređuju ciljeve kružnog gospodarstva imaju prioritet u okviru programa. Važno je istaknuti kako plan mjera proizlazi iz vizije i mjerljivih ciljeva grada/županije kao krovnog dokumenta. Također, ono što je na primjerima drugih gradova istaknuto jest činjenica da samo postavljanje ambicioznih ciljeva u pogledu gospodarenja otpadom vodi k inovativnom, resursno učinkovitom i održivom gospodarstvu.

Može se konstatirati da je već učinjeno dosta posla na postizanju cirkularnosti u području gospodarenja otpadom. Međutim, kružno upravljanje resursima, prakse i strategije trebale bi ići dalje od minimiziranja otpada i umjesto toga trebale bi se usredotočiti na transformaciju društvenog i ljudskog ponašanja, uključujući obrasce potrošnje, korištenjem aktivnosti inspiriranih ekonomijom dijeljenja koje podrazumijevaju različite vrste suradničke potrošnje.

Vjerodostojnost zelenih i kružnih inicijativa povećava se kada u njima sudjeluje javni sektor. Općenito, javne ustanove daleko bolje komuniciraju s javnošću i obrazovnim institucijama nego s privatnim sektorom [31, 32]. Kao rezultat toga, većina programa koje financiraju vladine agencije i općinske uprave usmjerena je na studente i širu javnost. Svi sektori moraju raditi zajedno kako bi se postigli ciljevi i na nacionalnoj i na razini EU. Primjeri suradnje javnog sektora s drugim sektorima i angažmana u kružnom gospodarstvu iz Europe navedeni su u nastavku.

4.2. Privatne tvrtke

Privatne tvrtke djeluju u raznim djelatnostima, od kojih neke mogu uključivati proizvodnju robe kao i pružanje raznih usluga. Odluke koje donose donositelji odluka, bilo lokalne, regionalne ili nacionalne, nedvojbeno utječu na funkcioniranje poduzeća u privatnom sektoru. Slijedom toga, svrha zakonodavstva trebala bi biti poticanje korištenja kružnog gospodarstva u korporativnim praksama, a istovremeno služiti olakšavanju i podršci poslovanju privatnih tvrtki. Bez obzira na zakonske odredbe i često nedovoljno ambiciozne i inspirativne ciljeve, privatna poduzeća moraju prepoznati prednosti kružnog poslovanja. Postizanje novih visina održivog gospodarskog rasta i implementacija kružnog gospodarstva zahtijevaju snažno i vizionarsko korporativno vodstvo.

U Akcijskom planu za kružno gospodarstvo priznaje se da prijelaz na kružno gospodarstvo treba započeti od samog početka životnog ciklusa proizvoda. U ovoj se točki donose odluke koje imaju značajan utjecaj na to kako se resursi koriste i kako se proizvodi otpad. Dizajn proizvoda koji uzima u obzir okoliš može rezultirati robom koja je robusnija i dugotrajnija, jednostavnija za održavanje, ažuriranje i prenamjenu ili jednostavnija za rastavljanje kako bi se njihovi dijelovi mogli reciklirati ili ponovno upotrijebiti. Kao rezultat toga, roba se proizvodi koristeći manje energije, kapitala i sirovina, proizvodi manje otpada i emisija na kraju svog vijeka trajanja, ne uključuje opasne materijale, otvara nova tržišta za sekundarne sirovine i otvara radna mjesta kroz nove poslovne izgledе. No, čak i s dobro dizajniranim proizvodom, rasipna i nedovoljna upotreba sirovih resursa tijekom proizvodnje može povećati vjerojatnost da će proizvod biti bačen čim istekne njegov vijek trajanja, što bi moglo rezultirati gubitkom prihoda za tvrtku. Za to su potrebne tehnologije koje učinkovito koriste resurse i proizvodna rješenja specifična za sektor. Akcijski plan za kružno gospodarstvo također naglašava važnost kreativnih industrijskih procesa za povećanje učinkovitosti resursa i provedbu industrijske simbioze [33].

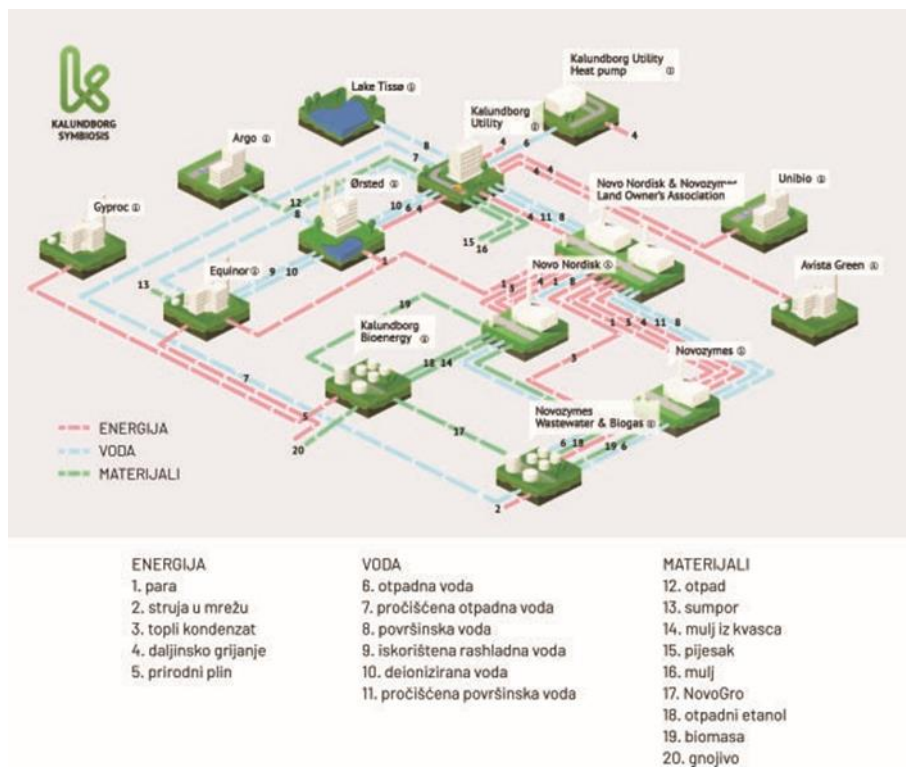
Korištenje raznih kreativnih rješenja u poslovanju ne samo da smanjuje emisije stakleničkih plinova, već i troškove povezane s prijevozom, odlaganjem otpada, proizvodnjom i troškovima sirovina.

Smanjena uporaba izvornih sirovina, posebice neobnovljivih i ključnih sirovina, znak je resursno učinkovitog proizvoda. Reciklirane sirovine moraju biti što je više moguće obnovljive kako bi se smanjila količina izvornih i neobnovljivih sirovina u proizvodu. Učinkovito korištenje energije i vode mora se uzeti u obzir uz resursno učinkovito odlaganje sirovina.

4.3. Industrijske simbioze

Cilj industrijske simbioze je udruživanje različitih dionika u cilju kružnog poslovanja, čime se nastoje zatvoriti lokalne petlje u kruženju sirovina. Industrijska simbioza je alat u borbi protiv gomilanja otpada i klimatskih promjena, slično kao i kružno gospodarstvo. Jedan od najpoznatijih primjera je Kalundborg simbioza, koja povezuje 12 javnih i privatnih tvrtki i najstarija je industrijska simbioza na svijetu, sa sjedištem u Danskoj. Slika 4 prikazuje Kalundborg simbiozu, koja sažima recipročni tok materijala, energije i vode među obližnjim poduzećima. Glavna opskrba vodom je jezero Tissø, koja se preko 13-kilometarskog cjevovoda pumpa u Kalundborg Utility, komunalno poduzeće, a zatim se distribuira tvrtkama. Tvrtke kao

što su Novo Nordisk, Ørsted i Equinor koriste površinsku vodu kao vodu za hlađenje. Kalundborg Utility poduzeće tretira organske kemikalije koje je teško razgraditi ozonom (O_3) u jednom od najvećih i najsophisticiranijih postrojenja za pročišćavanje vode u sjevernoj Europi.



Slika 4: Kalundborg simbioza [28]

Nadalje, Kalundborg Utility priprema i distribuira pitku vodu i daljinsko grijanje kućama i poduzećima u općini Kalundborg, kao i prerađuje otpadnu vodu iz industrije, poduzeća i stanova. Za daljinsko grijanje, komunalno poduzeće koristi otpadnu vodu iz Novozymesa i Novo Nordiska kao i preostalu toplinu iz njihovih operacija. Kada su najveće potrebe za grijanjem, otpadna voda se koristi za daljinsko grijanje nakon što se filtrira i toplinskim pumpama zagrijava na temperaturu između 72 i 87 °C. Tvrtka Ørsted proizvodi toplinu, električnu energiju i paru. Para se šalje partnerima u Kalundborg simbiozi i koristi se za napajanje turbina unutar postrojenja, koje rade u tandemu s velikim generatorima za proizvodnju električne energije za električnu mrežu. Grad Kalundborg koristi preostalu toplinu iz ove proizvodnje za grijanje svojih poslovnih i stambenih objekata putem daljinskog grijanja. Također ima spremnik za kišnicu koji se koristi u postrojenju za čišćenje sumpornih para; gips, nusprodukt odsumporavanja, daje se Gyprocu, koji koristi 85% recikliranog materijala za izradu gipsanih ploča. U pogledu izmjene pojedinih frakcija vode, iskorištavanja površinske vode i preostale energije, blisko surađuje sa Statoilom. Preostali sumpor iz postrojenja za

odsumporavanje pretvara se u tekuće gnojivo u Equinoru, jedinoj rafineriji te vrste u svijetu i najvećoj u Danskoj. Equinor ima jednostavan pristup površinskoj vodi i drugim vrstama specijalizirane vode, kao i pari za potrebe procesa i hlađenja, zahvaljujući Kalundborg simbiozi. Četrdeset posto svjetskih potreba za inzulinom zadovoljava Novo Nordisk. Uz tokove biljnog otpada iz Novozymesa, otpadne frakcije kvasca koriste se u bioplinskom postrojenju Kalundborg Bioenergy za proizvodnju bioplina i gnojiva. U tvornici bioplina, bioplin se proizvodi i rafinira do kvalitete prirodnog plina uklanjanjem sumporovodika i ugljičnog dioksida iz konačnog proizvoda. Nacionalna plinska mreža distribuira prirodni plin krajnjim korisnicima i lokalnim tvrtkama kao što su Gyproc i Equinor. Preostala biomasa iz procesa rasplinjavanja kombinira se sa sumporom iz frakcije sumporovodika za stvaranje proizvoda gnojiva [28].

Najveći industrijski proizvođač enzima na svijetu, Novozymes, koristi pročišćenu površinsku vodu iz jezera Tissø i procesnu paru. Za proizvodnju Novozyma potrebno je mnogo energije, biomase i vode. Novozymes je ključan za Kalundborg simbiozu zbog značajnog volumena priljeva budući da stvara nove simbiotske mogućnosti i iskorištava već postojeće. Koristeći ostatke iz svog proizvodnog procesa i procesa Novo Nordisk, Novozymes ima svoje vlastito postrojenje za obradu otpadnih voda i proizvodnju bioplina, koje koristi za proizvodnju topline, energije i vrhunskog gnojiva poznatog kao NovoGro. Mali dio bioplinskog postrojenja otpinjen je procesna voda se prenosi u Kalundborg, gradsku tvornicu mikro algi. Ovo je postrojenje za testiranje u kojem mikroalge vežu CO₂ za proizvodnju robe visoke vrijednosti, a istovremeno čiste vodu. U simbiozi sudjeluje tvrtka Unibio koja razvija tehnologiju za proizvodnju proteina iz metana bilo kojeg izvora u izrazito koncentrirani organski protein koji se koristi kao sastojak hrane i stočne hrane. Bioplin proizveden Kalundborg simbiozom je prednost za Unibio. Rafinerija AVISTA Green, koja prerađuje istrošeno ulje iz autoservisa, industrijskih poduzeća i sakupljača otpada, još je jedan član zajednice Kalundborg. Korišteno ulje pretvara se u vrhunsko bazno ulje korištenjem ekološki prihvatljivih procesa, koje se zatim koristi u svježe proizvedenim mazivima. Ulja za podmazivanje vraćaju se u potrošeno ulje na kraju svog korisnog vijeka, gdje se dalje pročišćavaju i koriste u beskrajnom ciklusu. ARGO, tvrtka za odvoz smeća, posljednji je član simbioze. Koliko god je to moguće, otpad se ovdje razdvaja na komponente i reciklira. Toplina i električna energija se proizvode iz preostalog materijala [28].

5. KRUŽNA EKONOMIJA U EU

U listopadu 2018. godine Zaklada *Ellen MacArthur* u suradnji s Programom UN-a za okoliš (UNEP) i *Global Commitment* pokrenula je tvrtke, vlade, nevladine organizacije i investitore prema zajedničkoj viziji kružnog gospodarstva u kojem se eliminira plastika koja se ne može ponovno upotrijebiti; uvode se novi materijali i poslovni modeli; i sve što se koristi nastoji se zadržati u gospodarstvu i izvan okoliša u kružnim procesima. Kako bi se ta vizija pretvorila u stvarnost, svi poslovni i državni potpisnici *Global Commitment*-a postavili su ambiciozne ciljeve za 2025. godinu specifične za svaki korak lanca vrijednosti i svake godine javno su iznosili izvješća o svom napretku. U 2023. godini bilo je pet godina od pokretanja *Global Commitment*-a. Zaklada *Ellen MacArthur* i UNEP sastavili su zaseban rad pod naslovom *The Global Commitment Five Years In: Learnings To Accelerate Towards A Future Without Plastic Waste Or Pollution* da se ubrza put prema budućnosti bez plastičnog otpada ili zagađenja koje se odražava na temelju postignuća, naučenih lekcija i ključnih prepreka koje tek treba savladati. U petogodišnjem izvješću o napretku dao se pregled potpisnika napretka, na temelju tada najnovijih prijavljenih podataka koji su prikupljeni 2022. godine. Kao priznanje za opsežnu perspektivu napretka pruženu u *The Global Commitment Five Years In: Learnings To Accelerate Towards A Future Without Plastic Waste Or Pollution*, izvješće o napretku izneseno 2023. godine to ne čini te uključuje zasebnu godišnji pregled napretka zaklade *Ellen MacArthur* i UNEP-a. Međutim, svako od poglavlja je duboko poniranje u uvide i podatke za ključna područja napretka: isticanje glavnih trendova, potrebne akcije i uvid u politiku. Podaci koji su prikupljeni 2022. godine a isto tako i podaci prikupljeni od osnutka *Global Commitment*-a 2018. godine, *Global Commitment* pokazao je da se može ostvariti značajan napredak u borbi protiv plastičnog otpada i onečišćenja. Da svijet ostane na putu prema kružnosti ključno je da se koriste podaci koji su se prikupili i iskustva koja su se stekla proteklih godina [34].

Glavni cilj *Global Commitment*-a je pružiti transparentnu sliku (u kojoj se žele prikazati i ostvareni i neostvareni ciljevi) u pogledu obećanja potpisnika kao i koraka koji se poduzimaju i napretka u ispunjavanju istih. Postizanje transparentnosti uključuje više od objavljivanja ciljeva i napretka na stranicama. To podrazumijeva korištenje standardnih definicija i volje da se podaci prezentiraju na razumljiv i jedinstven način [34].

U 2022. godini transparentnost je i dalje bila u središtu *Global Commitment*-a:

- Velika većina (88%) izvornih potpisnika (od 2019. godine) dosljedno je izvještavalo o napretku prema ciljevima tijekom pet godina, donoseći veću transparentnost ukupnim trendovima.
- Nakon uvođenja obveznih ciljeva smanjenja u 2021. godini svi potpisnici brendovi i trgovci otkrivaju svoj ukupni iznos težina plastične ambalaže. Iako nisu vezani obveznim zahtjevom, proizvođači ambalaže značajno su povećali svoje dobrovoljno javno objavljivanje ukupne težine plastike.
- Kod svih potpisnika značajan napredak u provjeri treće strane podaci su izrađeni tijekom 2021. i 2022. godine, a 2023. godine gotovo polovica (45%) je imala postojeće mjere provjere podataka treće strane.
- Broj potpisnika koji javno objavljuju svoje portfelje (ključna metrika za poticanje transparentnosti) nastavila se lagano povećavati, na 84% brendova, trgovaca i proizvođača ambalaže koji pružaju javne pojedinosti o tome koje su kategorije plastike prisutne u njihovim portfeljima. Javni podaci koje dostavljaju ovi potpisnici nude vrijedne informacije o vrstama ambalaže koje se i danas koriste, što pomaže u rasvjetljavanju naučenih lekcija i ključnih prepreka koje treba prevladati i potencijalna rješenja koja kao potpisnici su voljni činiti prema zajedničkoj viziji *Global Commitment*-a koja zaustavlja pretvaranje plastike u otpad.

Rješavanje plastičnog otpada i onečišćenja zahtijeva određivanje prioriteta uzvodnih akcija koje rješavaju problem izvora (na primjer, uklanjanjem plastika koja nam nije potrebna) i bitne akcije smanjenja (kao što je ponovno korištenje), paralelno s nizvodnim akcijama (kao što je recikliranje) koje će pomoći da sva plastika koja se koristi ostane u gospodarstvu i izvan okoliša. Transparentnost, koja se nalazi u srce *Global Commitment*-a, podupire svaku od ovih akcija koje preuzimaju potpisnici i njihov napredak prema postizanju zadanih ciljeva [34].

6. KRUŽNA EKONOMIJA U GRADOVIMA

Odgovor na pitanje što je kružni grad bio bi taj da je to grad koji je ugradio načela kružnog gospodarstva na cijelom svojem urbanom području. Koji se zalaže da sve funkcionira kao dio mreže međusobno povezanih sustava koji su namijenjeni smanjenju otpada i onečišćenja, premještanju materijala i proizvoda i obnavljanju okoliša. U kojem vladine agencije, korporacije i istraživački centri rade zajedno. Osim toga, cijeli grad pokreće obnovljiva energija [35].

U stvarnom smislu, to implicira da su lokalno proizvedeni, dugotrajni, fleksibilni, modularni, laki za održavanje i ponovno korištenje predmeti, usluge, zgrade i automobili koji su stvoreni imajući na umu te kvalitete. Sve se može reciklirati, ponovno koristiti i kompostirati. Priroda je bogata te služi kao inspiracija za dizajn. Krajnji cilj je stvoriti snažno lokalno gospodarstvo koje ulaže u živahan, podesan za život i otporan način života [35].

Ključna prednost koju gradovi daju kružnoj ekonomiji je ta da su gradovi središta inovacija jer sadrže visoku koncentraciju talenata, kapitala, resursa i podataka ograničenih unutar zbijene geografske regije. Zbog ove koncentracije gradovi su također u jedinstvenoj poziciji da podrže specifične kružne poslovne modele, poput modela proizvoda kao usluge, ponovne upotrebe i dijeljenja. Do 2050. godine dvije trećine ljudi živjet će u gradovima. Iako čine samo 2% svjetskog teritorija, urbana središta apsorbiraju više od 75% prirodnih resursa, proizvode više od 50% krutog otpada i ispuštaju do 60% stakleničkih plinova, a sve to doprinosi zagađenju, klimatskim promjenama i izumiranju biološke raznolikosti. Urbana područja već prednjače u inovacijama u kružnoj proizvodnji, modi, prijevozu, hrani i nabavi. Došlo je vrijeme da se u potpunosti iskoristi obilje mogućnosti koje se nalaze u gradovima kako bi se uspostavio sustav koji će biti dugoročno održiv za okoliš, društvo i gospodarstvo [35].

6.1. Potrošnja i proizvodnja

Istraživanje prirodnih resursa neke regije i njihovo održivo korištenje za vađenje i korištenje prvi je bitan korak u kružnom gospodarstvu. Vađenje i prerada sirovina može započeti nakon što se procijene dostupni prirodni resursi. Kako bi se procijenile potrebe potrošača, u sljedećoj fazi treba provesti istraživanje tržišta. Proces dizajna počinje nakon što su ispitane potrebe potrošača. Inovacija se događa tijekom faze dizajna kada programeri i inženjeri proizvode trajnu, ekološki prihvatljivu robu koja zadovoljava zahtjeve kupaca. Budući da prisiljava

proizvođače da promijene svoju perspektivu s linearnog procesa na kružni, ovaj pristup može biti vrlo zastrašujući. Kako bi se zajamčilo da se predmeti mogu reciklirati, moraju odrediti koji su održivi resursi potrebni. Također moraju procijeniti ekološki najprihvatljiviju proizvodnu metodu koja proizvodi najmanju količinu otpada i onečišćenja [36].

Koristeći reciklirane i prenamijenjene materijale koji uglavnom potječu iz obližnjih, održivih prirodnih resursa, proizvodni proces se provodi u tvornicama koje pokreću čista, obnovljiva energija. Sve faze jednog proizvodnog procesa potrebno je razmotriti s kružnog i održivog stajališta kako bi se smanjio otpad i zagađenje. Ništa ne treba gubiti tijekom bilo koje faze procesa, od energije utrošene za proizvodnju konačnog proizvoda do korištenih materijala [37].

Jednostavnije je koristiti i prenamijeniti te proizvode jer su od samog početka dizajnirani imajući na umu recikliranje i ponovnu upotrebu. Ali kupci također moraju promijeniti način na koji koriste predmete u svakodnevnom životu. Na primjer, trebali bi razmišljati o drugim mogućnostima umjesto da samo jednom iskoriste nešto i odbace ga. Među tim alternativama je davanje njihovih proizvoda kao dar ljudima kojima bi mogli zatrebati, njihova ponovna uporaba ili recikliranje ako više nisu potrebni [36].

Kupci mogu prenamijeniti svoje odbačene proizvode na razne načine. Ti se predmeti mogu reciklirati na različite načine, poput pretvaranja starog spremnika u vrtlarsku posudu ili zamjene istrošenih gumenih guma smrskanim gumama kako bi se stvorila travna površina na igralištu kako bi se smanjile ozljede od padova. Kako bi dodatno podržali održivost kružnog gospodarstva, diljem svijeta aktivne su brojne grupe i projekti koji prikupljaju rabljenu robu s ciljem njezine prenamjene kao poklona ili za financijsku dobit [36].

U kružnom gospodarstvu, recikliranje proizvoda bilo bi zadnje utočište za potrošače kada se više ne bi mogao koristiti ili prenamijeniti. Činjenica da su proizvodi od samog početka osmišljeni tako da ih je moguće reciklirati, čini ovaj korak još lakšim. Ali puno toga također ovisi o kupcu da prakticira ekološki prihvatljivo i o lokalnim vlastima da postave učinkovite objekte za recikliranje i spremnike za prikupljanje materijala koji se može reciklirati, tako da se predmeti tamo mogu učinkovito prenamijeniti [36].

Među mnogim drugim stvarima, kružno gospodarstvo zahtijeva bolje prikupljanje i preradu recikliranja, ulaganja u infrastrukturu, trendove održivog dizajna i optimizaciju životnog ciklusa proizvoda. Također zahtijeva razvoj ekološkog tržišta, uključivanje javnosti, poticanje potrošača, održivo obrazovanje i promicanje ponovne uporabe i prenamjene. Kao rezultat toga, kružno gospodarstvo ovisi o odlukama i aktivnostima cijelog društva, a ne samo jedne osobe

ili skupine. U suprotnom, ciljevi kružnog gospodarstva lako se pobijaju i nedostaje mu sustavna valjanost i relevantnost [38].

6.2. Kružni gradovi: Temeljni aspekti

S obzirom na to da se predviđa da će u gradovima živjeti 66% globalne populacije do 2050. godine, kreatori politika izravno se bave održivošću, a kružno gospodarstvo postaje jedan od najpopularnijih modela [39]. U ovom trenutku, veći je izazov shvatiti kružno gospodarstvo kada se promatra u njegovoj cjelovitosti i još je izazovnije zamisliti kako ga uspostaviti kada se gleda iz ovog kuta. Da bi kružno gospodarstvo bilo učinkovito nužna je suradnja širokog spektra dionika. Na mikro, mezo i makro razinama gospodarstva (mikro se odnosi na procese u tvornici, mezo se odnosi na industrijske parkove ili razinu grada, makro se odnosi na regionalnu, nacionalnu ili kontinentalnu razinu), kružne ekonomske metode mogu se primijeniti na svaki aspekt funkcionalnog gospodarstva. Većina gradova u svijetu trenutno posluje koristeći konvencionalnu, linearnu ekonomsku paradigmu. Njihova ekonomska nastojanja koncentrirana su na komercijalne proizvode koji su dizajnirani za jednokratnu upotrebu i služe jednoj svrsi za trenutnu praktičnost [40]. Osim toga, gradovi funkcioniraju na lošim mrežama za prijenos podataka, nedostaju im pametni i učinkoviti sustavi vode i energije, što pridonosi raznim problemima onečišćenja, iscrpljenosti resursa i većoj potrebi za financijskim sredstvima [41]. Nadalje, budući da je potrebno više rada za prelazak s konvencionalnih na pametnije i kružne gradove, ljudski rad i vrijeme se troše i nastaviti će se trošiti [42]. Borba poput ove otvara mogućnosti da se preispita trenutni sustav i učini ga manje osjetljivim, konkurentnijim i održivijim u smislu upravljanja otpadom, učinkovitosti resursa i proizvodnih obrazaca u različitim razmjerima.

Kružno gospodarstvo može osigurati dugoročnu održivost, konkurentnost, autonomiju i višesektorsku otpornost u suočavanju s nadolazećim urbanim ekološkim i ekonomskim poteškoćama. Inherentna i vanjska vrijednost svih resursa se čuva, povećava i ponovno koristi kako bi se to postiglo. Kružno i razumno gospodarenje svim resursima (zemljom, vodom, energijom, infrastrukturom, robom itd.) preduvjet je kružnog gospodarstva. Nadalje, očuvanjem minimalne količine potrošnje sirovina, ublažavanjem učinaka klimatskih promjena i obnavljanjem prirodnih sustava, usvajanje kružnog gospodarstva može promicati održivi rast i ekonomski oporavak unutar planetarnih granica. Kao rezultat toga, kružno gospodarstvo može poslužiti kao središte za snažne kružne ekosustave i integrirana komponenta razvojnih planova

za gradove i regije usmjerenih na zatvaranje materijalnih petlji. Sve strane uključene u prelazak na kružno gospodarstvo u gradovima moraju intenzivno surađivati; to uključuje industrijske parkove kao proizvođače, potrošače, zakonodavce i građane [36].

Nadalje, budući da gradska područja služe kao središta podataka iz svakodnevnih aktivnosti i stvarnih dobara i materijala, kružnost je sastavni dio današnjeg digitaliziranog okruženja [43]. Gradovi moraju proći proces redizajna i preuređenja u smislu infrastrukture, rasporeda i obrazaca ponašanja, svaki u potpunosti prilagođen potrebama svakog pojedinca, kako bi se pravilno uzeli u obzir ti čimbenici. Urbana područja imaju potencijal poslužiti kao temelj suradnje za mapiranje sinergija koje će olakšati linearni prijelaz na kružno gospodarstvo [36].

Kružno gospodarstvo prvo je uvedeno u Kini i Japanu, no od tada je i nekoliko europskih gradova prihvatilo taj model. Industrijske luke poput Kalundborga u Danskoj i Dunkerquea u Francuskoj implementirale su japanski model (koji za cilj ima odvojiti gospodarsku aktivnost od vađenja resursa i proizvodnje stakleničkih plinova) [44]. Almere, Amsterdam, Birmingham, Dusseldorf, Genova, Gent, Ljubljana, London, Utrecht i drugi gradovi također su izveli razne eksperimente kružnih gradova kroz sustave gospodarenja otpadom, lokalne prehrambene sustave, eksperimente industrijske simbioze, recikliranje materijala ili razne strateške strategije. planovi za poduzeća i institucije uključene u kružno gospodarstvo. Mnogi su gradovi trenutno prihvatili ideje kružnog gospodarstva i kreirali vlastite kružne strategije [44].

Što se tiče proizvodnje i potrošnje, kružno gospodarstvo djeluje na općinskoj razini recikliranjem i minimiziranjem otpada, za razliku od linearnog gospodarstva koje se koncentrira na korištenje ograničenih prirodnih resursa za proizvodnju neobnovljivih proizvoda. Na primjer, dok se urbana i industrijska simbioza oslanjaju na sinergijsku mogućnost stvorenu prijenosom fizičkih resursa koji proizlazi iz geografske blizine, obje su ključne inicijative za uspjeh kružne ekonomije u urbanim područjima [45]. Ti su instrumenti sve važniji sada kada sektor mora preispitati svoje rasipno korištenje resursa [46]. Fizička blizina urbanih sredina mogla bi promicati dijeljenje nusproizvoda među mnogim dionicima, čime bi se smanjio ukupni otpad [44]. Osim toga, to bi otvorilo vrata mogućnostima za prelijevanje tehnologije i učinkovite transportne mreže, kao i dijeljenje rada, kapitala i infrastrukture. Osim toga, okoliš i opća dobrobit stanovništva bili bi poboljšani štedljivim i učinkovitim korištenjem sirovih resursa, raspodjelom resursa, domaćom konkurentnošću i pravednom raspodjelom [47, 48].

Kada se otpad uključi u sustav kao resurs, pametno recikliranje postaje otporno i pristupačno. Jedna od primarnih prednosti je značajno smanjenje emisija CO₂ do kojih dolazi zamjenom

izvora fosilnih goriva. Sustav recikliranja je robusniji jer se kao gorivo koristi manje krutog organskog otpada nego što je to u početku bio slučaj s fosilnim resursima. To je zato što količina proizvedenog otpada i potražnja za recikliranim otpadom ne utječu na sustav. Nadalje, može biti potrebno manje spalionica za tradicionalnu obradu otpada ako znatan dio otpada ima potencijal za recikliranje [49].

U stvarnosti se pojmovi "pametani grad" i "kružni" često koriste kao sinonimi, ali to nije slučaj. Za razliku od kružnih gradova, pametni gradovi više ovise o tehnologiji i resurse ne koriste uvijek na održiv način. Razvoj pametnih rješenja za učinkovitije funkcioniranje grada obično dobiva znatno više pozornosti u pametnom gradu. Ipak, grad ne mora djelovati održivo da bi se kvalificirao kao "pametni". Umjesto toga, naglasak je na inteligentnom dizajnu gospodarenja otpadom, javnog prijevoza, energetske i vodne sustave, infrastrukture, zdravstvene zaštite i obrazovanja korištenjem najsuvremenijih tehnologija i brzog prijenosa podataka. Internet stvari (IoT), intenzivno se koristi u pametnim gradovima za povezivanje svake operativne komponente grada. Po definiciji, pametni gradovi ne moraju funkcionirati na održiv način, nego mogu učinkovito funkcionirati kroz tehnološke inovacije. Međutim, implementacijom temeljnih ideja kružnog gospodarstva, oni mogu funkcionirati na način koji je i učinkovit i obnovljiv. Ovi gradovi mogu djelovati na učinkovit način korištenjem temeljnih ideja kružnog gospodarstva [36].

6.3. Urbani sustavi i kružno gospodarstvo

Kružno gospodarstvo oblikovano je tako da sliči biološkim sustavima. Ljudsko tijelo jedan je specifičan živi sustav kojeg bi moglo biti korisno uzeti u obzir kada se razmišlja o gradovima. Brojni podsustavi čine ljudsko tijelo, uključujući probavni, dišni i krvožilni sustav. Svi ovi sustavi moraju dobro funkcionirati zajedno kako bi tijelo bilo zdravo. Oni su dinamični, međuovisni sustavi koji uvijek reagiraju i mijenjaju se s okolinom. Razlog zašto tijela funkcioniraju je taj što tvari poput krvi i kisika prolaze kroz njih. Isto vrijedi i za gradove. Urbani sustavi, uključujući hranu, prijevoz, arhitekturu te dobra i usluge, svi zajedno moraju dobro funkcionirati u zdravom gradu. Osim toga, stvari poput energije, resursa, novca, stručnosti i podataka moraju se kretati. Ponovno promišljanje gradova kao živih sustava koji ovise o zdravom protoku resursa korisna je perspektiva koja je u skladu sa strategijom kružnog gospodarstva. Svaki urbani sustav podržan je zbirkom ponavljajućih tema koje su ključne za

kružno gospodarstvo. To uključuje, ali nije ograničeno na, korištenje digitalne tehnologije, nove poslovne modele i pristupne točke te ulogu dizajna [50].

6.3.1. Građevine

Uspješna zajednica mora osigurati dostupno, zdravo stanovanje i mogućnosti zapošljavanja. Međutim, zadovoljenje ove potražnje koštati će ukupno između 9 i 11 trilijuna USD i imati velike negativne učinke na okoliš, poput učinaka vađenja sirovina koji se osjećaju i lokalno i diljem svijeta. To je uzrokovano linearnim načinom gradnje i načina stanovanja koji prevladavaju u svijetu.

Gradnja s novim vrstama materijala uključuje nabavku obnovljivih, netoksičnih materijala koji će povećati mogućnost ponovne upotrebe/recikliranja, i u konačnici omogućiti da se materijali sigurno vrate u biosferu na kraju života, djelujući tako kao "hranjive tvari" za rast novih materijala.

Dok se ostaje unutar planetarnih granica, moguće je zadovoljiti urbane zahtjeve za fizičkim prostorom uključivanjem ideja kružnog gospodarstva u svaku fazu ciklusa izgradnje [51]. Potencijal za smanjenje potrebe za novom izgradnjom, poboljšanje korištenja urbanog zemljišta, niži troškovi izgradnje i rada, povećanje učinkovitosti resursa i podrška lokalnom gospodarstvu među glavnim su prednostima razvoja kružnog gospodarstva za gradove. Kompaktne zajednice mogu spriječiti širenje dopuštanjem većeg zgušnjavanja u blizini koridora masovnog prijevoza. Na taj način poboljšava se urbana povezanost uz uštedu novca i resursa na brojne načine, kao što je smanjena potrošnja energije prijevozom iz bližih udaljenosti, energetske učinkovitije grijanje zgrada i ekonomičnija javna infrastruktura i usluge. Osim skraćivanja vremena putovanja, planiranje razvoja mješovite namjene ko-lokacija poslovnog, stambenog i rekreacijskog prostora također promiče korištenje zajedničke zgrade i parkirališta, ujednačava prometne obrasce i revitalizira susjedstva. Novi urbani razvoj kao i inicijative za regeneraciju ili ispunjavanje koje prenamjenjuju zapušteno, napušteno ili neiskorišteno zemljište u grad mogu imati koristi od kompaktnog planiranja.

Zgrade, stambene i komercijalne, postaju sve fleksibilnije i učinkovitije u pogledu resursa zahvaljujući novim idejama i metodama poput pomičnih unutarnjih zidova i modularnih jedinica. Ove tehnike, koje uključuju pretvaranje komercijalne zgrade u stambenu, korištenje modularnosti za smanjenje veličine doma ili ureda, te promicanje dijeljenja i mješovite uporabe,

pomažu osigurati da se zgrada koristi učinkovito i djelotvorno tijekom cijelog životnog vijeka. Povišeno i participativno stanovanje također je podržano fleksibilnim dizajnom; u početku su završene samo najosnovnije komponente zgrade, omogućujući stanarima da dodaju i modificiraju strukturu kako žele. To promiče dugovječnost strukture i ljudima s niskim primanjima daje pristup domovima bolje kvalitete. Potražnja za netaknutim resursima može se smanjiti odabirom građevinskih materijala koji se mogu nabaviti lokalno, uključujući nusproizvode i držati u stalnoj uporabi. Nakon dekonstrukcije, otkriveni materijali mogli bi se upotrijebiti u nove svrhe. Osim toga, odabir obnovljivih materijala kada je to prikladno pomaže smanjiti oslanjanje na resurse koji su i onako ograničeni.

Sve veća popularnost novih tehnika industrijske gradnje može se pripisati njihovim brojnim prednostima, poput manjeg stvaranja otpada i veće ekonomske isplativosti. Lakoća s kojom se montažne građevinske komponente - poput zidova ili zidnih dijelova - mogu sastaviti na gradilištu skraćuje vrijeme potrebno za izgradnju. Korištenje aditivne proizvodnje ili 3D ispisa za izgradnju građevinskih jedinica na gradilištu ili izvan njega, od komponenti do cjelovitih struktura, može smanjiti potrošnju resursa i proizvodnju otpada koji potom završava na odlagalištima. To je zbog činjenice da 3D ispis može proizvesti geometrije koje zahtijevaju manje materijala i nemoguće ih je izraditi tradicionalnim metodama, a sve dok se eliminiraju ostaci. Na primjer, Kina uvodi industrijske građevinske tehnike u skladu s vladinim ciljem da 30% novih građevina u zemlji bude montažno do 2026. godine [52].

6.3.2. Mobilnost

Zdravo urbano gospodarstvo ovisi o mobilnosti, no rješenja mobilnosti koja zanemaruju učinke na gospodarstvo, okoliš i društvo potencijalno mogu biti štetna za urbani život. Metode urbane mobilnosti koje su trenutno linearne, kao što je velika ovisnost o fosilnim gorivima i osobno vlasništvo automobila, rezultirale su visokim razinama prometnih zagušenja, što ne samo da gubi vrijeme i produktivnost, već također uzrokuje zagađenje, buku, efekte toplinskih otoka i iscrpljivanje ograničenih resursa. Ovisnost o osobnim vozilima u gradskim područjima također može opteretiti financije kućanstva i rezultirati korištenjem velike količine prostora za parkiranje. Učinkovitija rješenja za urbanu mobilnost očajnički su potrebna, jer urbanizacija i zahtjevi za gradskim prijevozom tereta ali i ljudi rastu velikom brzinom. Prije nego što se pružaju principi dizajna kružnog gospodarstva koji eliminiraju otpad i onečišćenje, održavaju materijale u upotrebi i na njihovoj vrijednosti te obnavljaju prirodne sustave.

Cilj kružnog sustava urbane mobilnosti je diversifikacija načina prijevoza kako bi se adekvatno zadovoljile potrebe mobilnosti korisnika. Smanjenje količine sirovih materijala koji se koriste u prometnom sektoru, uklanjanje otpada i onečišćenja, maksimalno korištenje postojeće infrastrukture i vozila te smanjenje troškova uporabe i poslovanja neke su od glavnih prednosti razvojne rute kružnog gospodarstva.

Kako bi se u potpunosti iskoristile prednosti, elektrifikacija gradskih voznih parkova i prelazak na obnovljive izvore energije trebali bi se dogoditi istovremeno. Druga komponenta transformacije infrastrukture mogla bi biti infrastruktura od vozila do mreže, često poznata kao dvosmjerni punjači, koja omogućuje energiju vozila za napajanje lokalnih mreža. Dodatni čimbenik koji treba uzeti u obzir je recikliranje i ponovna uporaba EV baterija, čime se baterije zadržavaju u upotrebi i maksimizira njihova vrijednost dok se istovremeno sprječava zagađenje [53].

Dostupnost podataka i sofisticiranih tehnologija za obradu podataka jedna je od primarnih prednosti planiranja urbane mobilnosti danas. Administracija, planiranje i rad gradskih prometnih mreža mogu se s vremenom poboljšati korištenjem obilja podataka dostupnih agencijama i operaterima za promet (kao što su obrasci putovanja ili učinci događaja na prijevoz). Osim toga, podatkovna rješenja u stvarnom vremenu mogu se koristiti za planiranje ruta, dodjelu parkirnih mjesta te praćenje i trenutnu kontrolu tokova prometa [54].

Potreba za izvornim materijalima može se smanjiti, a tržište za reciklirane, alternativne i obnovljive resurse može rasti ako se oni koriste u izgradnji. Odabir materijala za višekratnu upotrebu pomaže uštedjeti troškove odlaganja otpada. Korištenje materijalnih inputa druge generacije uobičajeno je u infrastrukturnim projektima. Dokazano je da uporaba recikliranog asfalta i građevinskog otpada i otpada od rušenja u infrastrukturi može smanjiti troškove izgradnje bez žrtvovanja standarda kvalitete [55]. Također se provode istraživanja o korištenju obnovljivih resursa, kao što su bioasfaltna veziva; to uključuje otpad iz svinjskih farmi i komunalne organske nusproizvode kao alternativu bitumenu, koji je tradicionalno i skuplje asfaltno vezivo na bazi fosilnih goriva [56].

Ponovna proizvodnja automobila može smanjiti proizvodne troškove, dovršiti materijalne petlje, minimizirati potrebu za energijom i sirovinama i stvoriti radna mjesta na lokalnoj razini [57]. Kombinacija modela vozila kao usluge s ponovnom proizvodnjom može biti posebno korisna jer daje poticaje za produljenje korisnog vijeka imovine [58]. Sredstva mobilnosti proizvedena aditivnom proizvodnjom i modularnom montažom mogu se više prilagoditi

zahtjevima korisnika, trebaju manje sirovina materijala i poticati lokalnu proizvodnju, što može skratiti opskrbeni lanac. Ove tehnike smanjuju količinu resursa koji se koriste tijekom proizvodnog procesa.

Slično zgradama, nove metode gradnje koje minimiziraju otpad i olakšavaju održavanje i popravke također se mogu koristiti za poboljšanje izgradnje cesta i mostova. Informacijsko modeliranje zgrada (BIM), industrijska gradnja i aditivna proizvodnja samo su neki od njih. Na primjer, u usporedbi s tradicionalnom gradnjom, 3D ispis mostova omogućuje manje ometajuću, bržu i resursno učinkovitiju fazu izgradnje. Buduća poboljšanja u ponovnoj uporabi materijala/komponenti, suradnji u lancu vrijednosti i praćenju materijala mogu se olakšati tehnologijom poput BIM-a [59].

6.3.3. Proizvodi

Važna roba široke potrošnje lako je dostupna tvrtkama i građanima u gradu u usponu, omogućujući im da rade, stvaraju, komuniciraju i vode ispunjen život. Nažalost, linearne metode proizvodnje i potrošnje koje su trenutno u uporabi rezultiraju nedovoljno iskorištenjem proizvoda i materijala, iscrpljivanjem ograničenih resursa, prekomjernom proizvodnjom otpada, štetnim učincima na okoliš i društvo u cijelom opskrbnom lancu te isključenjem skupine s niskim primanjima. Učinkovitost se povećava kao rezultat napretka industrije, posebno onih koji se odnose na digitalne tehnologije kao što su veliki podaci i digitalna proizvodnja (ponekad se naziva Četvrta industrijska revolucija). Ove nove tehnologije dat će nam samo malo više vremena, ali sve dok problemi s trenutnim sustavom proizvodnje i potrošnje proizvoda ostaju neriješeni.

Brojne prednosti mogu proizaći iz uključivanja koncepata kružnog gospodarstva u svaku fazu sustava urbanih proizvoda. To podrazumijeva smanjenje upotrebe netaknutih materijala, uklanjanje otpada i toksina, maksimalno korištenje proizvoda, poboljšanje njihovog dizajna i usluga, olakšavanje tvrtkama ulaska na nova tržišta i pružanje boljeg pristupa robi.

Ako se ništa ne promijeni, 1,8 milijardi ljudi više će biti dio globalne potrošačke klase do 2025. godine, što bi potaknulo stalnu linearnu potražnju za resursima [60]. Kružni ekonomski pristup koji se fokusira na upravljanje resursima, poslovne modele i dizajn mogao bi dovesti do digitalne revolucije u sustav urbanih proizvoda koji bi poboljšao postojeće negativne učinke potrošnje, a istovremeno dugoročno promicao bogatstvo.

Smanjenje otpada i nedovoljna upotreba artikala zahtijeva inovativne poslovne strukture i izbor dizajna proizvoda. Na primjer, dizajn proizvoda može olakšati popravke, omogućujući da se koristi umjesto da se baci. Ove strategije mogu biti potaknute gradskom poslovnom potporom i politikama i inicijativama gospodarskog razvoja. Dostupnost znanja o digitalnoj proizvodnji, ponovnoj proizvodnji i popravcima također se može osigurati podrškom za vještine i obuku [61].

Omogućavanje lokalnih materijalnih petlji zahtijeva ne samo pravilan dizajn proizvoda, već i implementaciju odgovarajućeg sustava upravljanja resursima. To uključuje lokalna postrojenja za sortiranje i obradu koja mogu oporaviti i redistribuirati materijale i proizvode za buduću upotrebu, kao i standardizirane sustave prikupljanja i sortiranja i obrnute logističke usluge. Napredak robotike i umjetne inteligencije može pomoći u infrastrukturi sortiranja povećanjem uporabe sekundarnog materijala i stope čistoće [62].

Pojava poslovnih modela temeljenih na učinku, u kojima proizvod nije proizvod, već korisnikova naknada Postoji jasnija motivacija za stvaranje dugotrajnijih i kvalitetnijih predmeta. To znači da stvaranjem proizvoda koji se lako rastavlja i bez elemenata koji mogu uzrokovati probleme pri daljnjoj uporabi, dizajneri žele olakšati popravak, nadogradnju, ponovnu upotrebu komponenti, sortiranje materijala i recikliranje. Produljena upotreba također se može postići bezvremenskim dizajnom. Načela modularnog dizajna koja olakšavaju nadogradnje ili popravke (na primjer, kada se razvije bolja komponenta) mogu smanjiti vrijeme zastoja i povećati ukupnu učinkovitost resursa proizvoda.

7. ZAKLJUČAK

Tijekom posljednjih 150 godina industrijskim gospodarstvom dominira jednosmjerni model proizvodnje i potrošnje u kojem se roba proizvodi od sirovina, prodaje, koristi, a zatim spaljuje ili odbacuje na odlagališta. Ovakav pristup je neodrživ po svojoj prirodi. Ova linearna struktura temelji se na dvije velike pretpostavke: bezgraničnoj dostupnosti resursa (energije i sirovina) i neograničenom regenerativnom kapacitetu Zemlje. Do 2050. godine broj stanovnika na Zemlji doseći će otprilike 9 milijardi ljudi, a osim ako ne možemo pronaći način da odvojimo gospodarski rast od stope potrošnje prirodnih resursa, gospodarstvo će zahtijevati oko tri puta više resursa koje trenutno koristimo. Ovaj trend će povećati emisije CO₂ i proizvodnju otpada i gurnuti nas izvan Zemljinog regenerativnog kapaciteta. Suočeni s globalnim socioekonomskim i ekološkim izazovima, postoji temeljna potreba za alternativom našem trenutnom linearnom gospodarskom načinu. Potrebno je prihvatiti „Kružno gospodarstvo“. EU treba ubrzati tranziciju na sistem kojim bi se omogućila barem mala regeneracija stanja planeta. Stanje u kojem je sad nastalo je zbog prekomjernih eksploatacija resursa i nastanka otpada nakon iskorištavanja istih za dobivanje proizvoda koji se na kraju samo odbace. Najbolji sistem koji bi vratio planetu na put kojim bi se regenerirala trenutno je kružni sistem koji radi na principu proizvedi, iskoristi i ponovno upotrijebi. Kružno gospodarstvo u Europi zahtijeva implementaciju i širenje kružnih poslovnih modela na širokoj razini. Ispunjavanje ciljeva kružnog gospodarstva (npr. ponovna uporaba, popravak, recikliranje) zahtijeva inovacije u vrsti poslovnog modela koji se koristi (npr. prelazak s prodaje na leasing), tehnološke inovacije (nove tehnologije) i društvene inovacije (novi načini interakcije ili povezivanja poduzeća i ljudi). Tranzicija na kružno gospodarstvo bit će sustavna, duboka i korjenita, i u Europskoj uniji i izvan nje. Promjene koje donese mjestimično će biti disruptivne, pa mora biti pravedna. Od sudionika na svim razinama – na razini EU-a te na nacionalnoj, regionalnoj, lokalnoj i međunarodnoj razini – zahtijevat će se usklađivanje i suradnja.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

Bana Josipa Jelačića 22/a, Čakovec

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, internetskih i drugih izvora) bez pravilnog citiranja. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom i nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARKO SLUNJSKI (ime i

prezime studenta) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću,

izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom

TRANZICIJA S LINEARNE EKONOMIJE NA KRUŽNU EKONOMIJU NA PODRUČJU EUROPSKE UNIJE

te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi

tuđih radova.

Student/ica:


_____ (vlastoručni potpis)

LITERATURA

[1] United Nations, Ensure sustainable consumption and production patterns

Dostupno na:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
(20.08.2023.)

[2] OECD (2019), Global Material Resources Outlook to 2060, Economics Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris

Dostupno na:

https://read.oecd-ilibrary.org/environment/global-material-resources-outlook-to-2060_9789264307452-en#page4 (20.08.2023.)

[3] The European Council (2019), The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions, The European Green Deal

Dostupno na:

<https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vl4cnhyp1ort> (20.08.2023)

[4] Cambridge Econometrics, Trinomics, and ICF (2018): Impacts of circular economy policies on the labour market

Dostupno na:

https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/ec_2018_-_impacts_of_circular_economy_policies_on_the_labour_market.pdf (20.08.2023)

[5] European Commission (2020): A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe

Dostupno na

<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
(Datum pristupa 20.08.2023.)

[6] European Investment Bank (2023.): What is linear economy (Datum pristupa 20.08.2023.)

Dostupno na:

<https://www.eib.org/en/stories/linear-economy-recycling> (Datum pristupa 20.08.2023.)

[7] Ellen Macarthur Fondation (2018): What is linear economy (Datum pristupa 05.03.2024.)

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/what-is-the-linear-economy> (Datum pristupa 20.08.2023.)

[8] Science direct (2016): Journal of cleaner production (Datum pristupa 05.03.2024.)

Dostupno na:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615012287>

[9] Wautelet T., (2019.): Exploring the role of independent retailers in the circular economy: a case study approach

[10] Braungart M., McDonough W. (2002), Cradle to cradle: Remaking the way we make things

Dostupno na:

<https://cushman.host.dartmouth.edu/courses/engs44/Cradle-to-Cradle-Chapter1.pdf> (Datum pristupa 05.03.2024.)

[11] European Parliament (2023): Circular economy: definition, importance and benefits (Datum pristupa 05.03.2024.)

Dostupno na:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

[12] European Commission (2020): A New Industrial Strategy for Europe (Datum pristupa 29.04.2024.)

Dostupno na:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0102>

[13] R. Chen (2023): China's Circular Economy Policies: Review and Reflection (Datum pristupa 15.04.2024.)

Dostupno na:

https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2023-08/China's%20Circular%20Economy%20Policies_%20Review%20and%20Reflection.pdf

[14] European Investment Bank (2024): Circular economy Overview 2024 (Datum pristupa 29.04.2024.)

Dostupno na:

https://www.eib.org/attachments/lucalli/20240104_circular_economy_overview_2024_en.pdf

[15] Europska Unija (2020): Strategija za MSP-ove i održivu i digitalnu Europu

Dostupno na

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0103> (Datum pristupa 15.04.2024.)

[16] Svjetska komisija za okoliš: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future

Dostupno na:

<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (Datum pristupa 15.04.2024.)

[17] Future learn, Understanding the butterfly diagram

Dostupno na:

<https://www.futurelearn.com/info/courses/circular-economy-the-big-idea/0/steps/345422>

(Datum pristupa 15.04.2024.)

[18] Science direct (2023): Chapter 3 - Sustainability assessment: Metrics and methods.)

Dostupno na:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128239872000179>

(Datum pristupa 05.03.2024.)

[19] Ellen Macarthur Fondation: The biological cycle of the butterfly diagram

Dostupno na:

[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-biological-cycle-of-the-butterfly-](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-biological-cycle-of-the-butterfly-diagram)

diagram (Datum pristupa 25.03.2024.)

[20] Ellen Macarthur Fondation; Circular economy diagram

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram> (Datum pristupa

25.03.2024.)

[21] Ellen Macarthur Fondation: The technical cycle of the butterfly diagram

Dostupno na:

[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-technical-cycle-of-the-butterfly-](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-technical-cycle-of-the-butterfly-diagram)

diagram (Datum pristupa 25.03.2024.)

[22] Eurostat (2023): Waste statistic

Dostupno na:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation

(Datum pristupa 25.03.2024.)

[23] Eurostat (2023): Municipal waste

Dostupno na:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_wa

(Datum pristupa 25.03.2024.)

[24] Circle economy fondation (2023): The circularity gap report

Dostupno na:

<https://www.circularity-gap.world> (Datum pristupa 25.03.2024.)

[25] EUR-Lex (2008): Direktiva 2008/98/Ez Europskog Parlamenta I Vijeća

Dostupno na:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>

(Datum pristupa 29.04.2024.)

[26] Ellen Macarthur Fondation (2023): The Global Commitment Progress Report

Dostupno na:

<https://emf.thirdlight.com/file/24/K6L0nIrK6TiV5CaK63uPKX6taWr/The%20Global%20Commitment%202023%20Progress%20Report.pdf> (Datum pristupa 15.04.2024.)

[27] Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj (WBCSD) (2017), MENADŽERSKI VODIČ ZA KRUŽNO GOSPODARSTVO

[28] Smjernice za uvođenje kružnog gospodarstva u poslovanje, Javna ustanova za razvoj Međimurske županije REDEA, Energetski institut Hrvoje Požar, prosinac 2021.

[29] Ellen MacArthur Foundation (2017): Cities in the circular economy: An initial exploration, 2017.

[30] N. Klein, T. Ramos i P. Deutz (2020):, »Circular economy practices and strategies in public sector organizations: An integrative review,« Sustainability, svez. 12, br. 10, str. 1-24

[31] J. Bruneckienė, L. Dagilienė, V. Varaniūtė (2021): Local governments' perspective on implementing the circular economy: A framework for future solutions, Journal of Cleaner Production, svez. 310

[32] MZOE(2019): Program LIFE i kružno gospodarstvo

[33] Charnley F., Polard S., Turney A., Webster K.: The circular economy – a reappraisal of the 'stuff' we love

Dostupno na

https://www.researchgate.net/publication/303749092_The_circular_economy_-_a_reappraisal_of_the_'stuff'_we_love (Datum pristupa 29.04.2024.)

[34] Ellen Macarthur Fondation, The Global Commitment 2023

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2023/overview>

[35] Ellen Macarthur Fondation, Circular cities: thriving, liveable, resilient

Dostupno na

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/cities/overview> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[36] Clinica D.S., Georgescu L., Iticescu C., Lakatos E.S., Lioca L.L., Yong G. (2021): Conceptualizing Core Aspects on Circular Economy in Cities

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7549> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[37] United Nations, World Urbanization Prospects (2002): The 2001 Revision.

Dostupno na:

<http://www.megacities.uni-koeln.de/documentation/megacity/statistic/wup2001dh.pdf> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[38] Friant M.C., Salomone R., Vermulen W.J. (2002): A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm. *Resour. Conserv. Recycl.*, 161

[39] United Nations, World Urbanization Prospects (2002): The 2001 Revision

Dostupno na:

<http://www.megacities.uni-koeln.de/documentation/megacity/statistic/wup2001dh.pdf> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[40] Boix, A.P., Leipold S. Circular economy in cities (2018): Reviewing how environmental research aligns with local practices. *J. Clean. Prod.*, 195, str. 1270–1281

[41] Cohen, B., Munoz, P. (2016): Sharing cities and sustainable consumption and production: Towards an integrated framework. *J. Clean. Prod.*, 134, str. 87–97

[42] De Meulder B., Marin J. (2018): Interpreting Circularity. *Circular City Representations Concealing Transition Drivers. Sustainability*, 10, 1310.

[43] Angelopoulos C.M. (2019): Ideal-cities—A trustworthy and sustainable framework for circular smart cities, *IEEE: New York, USA*, str. 443–450.

[44] Angrisano M., Gravagnuolo A., Girard L.F. (2019): Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Cities: Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework. *Sustainability*

[45] Chen X.D., Fujita, T., Geng, Y. (2010): Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: A case study of Kawasaki. *J. Clean. Prod.*, 18, str. 993–1000

[46] Bleischwitz R., Geng Y., Sarkis J. (2019): Globalize the circular economy, 565, str. 153–155.

[47] Geng, Y., Heshmati A., Su B., Yu X. (2013): A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.*, 42, str. 215–227

[4] Andersen M.S. (2007): An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustain. Sci.*, 2, 133–140.

[49] Fujii, M.; Fujita, T., Ohnishi, S., Yamaguchi N., Yong, G., Park, H.S. (2014): Regional and temporal simulation of a smart recycling system for municipal organic solid wastes. *J. Clean. Prod.*, 78, str. 208–215.

[50] Ellen MacArthur Foundation, Cities and the circular economy – deep dive

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/cities-and-the-circular-economy-deep-dive> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[51] Stockholm University (2023), Planetary boundaries

Dostupno na:

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[52] Arup, Additive Manufacturing (2015): Design method for critical structural steel elements

Dostupno na:

<https://www.arup.com/projects/additive-manufacturing> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[53] Ellen MacArthur Foundation (2018): The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/urban-and-industrial-innovation-in-china> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[54] Deloitte (2017): Assessing the value of TfL's open data and digital partnerships

Dostupno na:

<https://content.tfl.gov.uk/deloitte-report-tfl-open-data.pdf> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[55] European Commission (2013), GPP in practice: recycled asphalt used for road resurfacing

Dostupno na:

https://green-business.ec.europa.eu/green-public-procurement/gpp-criteria-and-requirements_en (Datum pristupa 29.04.2024.)

[56] Aston University (2018), Aston scientists pave way for greener roads made of domestic waste: E. Fini et al., Chemical characterization of biobinder from swine manure: sustainable modifier for asphalt binder

[57] Ellen MacArthur Foundation (2021): News: the circular economy applied to the automotive industry

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/groupe-renault> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[58] Ellen MacArthur Foundation (2018): The circular economy opportunity for urban and industrial innovation in China, str. 64

Ellen MacArthur Foundation (2016): Circular economy in India: rethinking growth for long-term prosperity, str. 54

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/urban-and-industrial-innovation-in-china>

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-in-india>(Datum pristupa 29.04.2024.)

[59] The Guardian (2017): World's first 3D-printed bridge opens to cyclists in Netherlands

Dostupno na:

<https://www.theguardian.com/technology/2017/oct/18/world-first-3d-printed-bridge-cyclists-netherlands> (Datum pristupa 29.04.2024.)

[60] D. Moore, Growing middle class sees increase in global resource consumption (2002):

Chartered Institution of Wastes Management

[61] Ovam & Summa Circular Economy Policy Research Centre (2018): Employment impact of the transition to a circular economy, str. 23

[62] Ellen MacArthur Foundation (2019): Artificial intelligence and the circular economy str. 14–15

Dostupno na:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/artificial-intelligence-and-the-circular-economy> (Datum pristupa 29.04.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1: Proces proizvodnje u linearnoj ekonomiji.....	2
Slika 2: Model Kružne ekonomije.....	3
Slika 3: <i>Butterfly</i> dijagram.....	7
Slika 4: Kalundburg simbioza.....	16