

# Od linearne ekonomije prema održivom graditeljstvu

---

**Bandalo, Lidija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:160710>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Lidija Bandalo**

**Od linearne ekonomije prema održivom graditeljstvu**

**Završni rad**

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

ZAVRŠNI RAD

# **Od linearne ekonomije prema održivom graditeljstvu**

JMBAG: 0114030890

Ime i prezime studenta:

**Lidija Bandalo**

Mentor:

**dr. sc. Boris Podobnik**

**Rijeka, rujan, 2021.**

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Prirodoslovlje

Znanstveno polje: Fizika

Znanstvena grana: Fizika

Tema završnog rada

**OD LINEARNE EKONOMIJE PREMA ODRŽIVOM GRADITELJSTVU  
FROM LINEAR ECONOMY TOWARDS SUSTAINABLE CIVIL ENGINEERING**

Kandidatkinja: **LIDIJA BANDALO**

Kolegij: **FIZIKA**

Završni rad broj: **21-P-28**

**Zadatak:**

Smatra se kako se građevinski sektor temelji na standardima produktivnosti koji se nisu bitnije mijenjali u posljednjih 25 godina. Linearni i zastarjeli procesi proizvodnje uzrokuju omjer proizvodnje i potrošnje lošiji od većine drugih industrija. Građevinarstvo je djelatnost koja ima neminovno velik i često loš utjecaj na okoliš. Poznavanjem problema štetu možemo minimalizirati koristeći se načelima održivog graditeljstva. Osnovni princip održivog graditeljstva je stvaranje što manje štetnog otpada. Rad bi se trebao na ovu temu osvrnuti.

**Tema rada je uručena:** 24. veljače 2021.

Mentor:

prof. dr. sc. Boris Podobnik  
dipl. ing. phys.

## ***IZJAVA***

Završni rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentorom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



---

Lidija Bandalo

U Rijeci, 16. rujna 2021.

# Od linearne ekonomije prema održivom graditeljstvu

## Sažetak

Priroda problema; građevinski sektor temelji se na standardima produktivnosti koji se nisu razvili u posljednjih 25 godina. Linearne i zastarjeli procesi proizvodnje i rušenja uzrokuju omjer proizvodnje i potrošnje gori od većine industrija. Ova neučinkovitost zajedno s ogromnim potrebama za resursima čini gradnju jednom od najštetnijih ljudskih aktivnosti. Građevinarstvo je djelatnost koja ima neminovno velik utjecaj na okoliš. Jedna je od vodećih djelatnosti u iskorištavanju prirodnih resursa i stvaranju masivnog otpada. Rapidnim porastom globalizacije i industrijalizacije osvještava se važnost smanjenja globalnog utjecaja na okoliš. Poznavanjem problema štetu možemo minimalizirati koristeći se načelima održivog graditeljstva i propisnog prostornog planiranja. Osnovni princip održivog graditeljstva je korištenje što manje prirodnih resursa i stvaranje što manje štetnog otpada.

**Ključne riječi:** linearna ekonomija, kružna ekonomija, održivost

# From linear economy to sustainable construction

## Abstract

Nature of the problem; the construction sector is based on standards of productivity that have not evolved over the past 25 years. Linear and outdated production and demolition processes cause the ratio of output to input worse than most industries. This inefficiency coupled with huge resource requirements make construction one of the most damaging human activities out there. Construction is an activity that has an inevitable impact on the environment. It is one of the leading industries in the exploitation of natural resources and the generation of massive waste. The rapid rise of globalization and industrialization is making the importance of reducing global environmental impact a reality. With proper knowledge of the problem the damage can be minimized by using the principles of sustainable construction and proper spatial planning. The basic principle of sustainable construction is to use as little natural resources as possible and create as little waste as possible.

**Key words:** linear economy, circular economy, sustainability

## Sadržaj

Popis slika.....	5
1. UVOD.....	6
2. PRIJELAZ IZ LINEARNOG U KRUŽNI EKONOMSKI MODEL.....	7
2.1. Linearna ekonomija.....	7
2.2. Kružna ekonomija.....	8
2.3. Kružna ekonomija u građevinarstvu.....	11
2.4. Društveno-ekonomski utjecaj građevinarstva.....	12
3. ODRŽIVA GRADNJA.....	13
3.1. Održivi razvoj.....	13
3.2. Životni ciklus ekološki prihvatljivih materijala.....	15
3.2.1. Procjena životnog ciklusa.....	15
3.2.2. Neki primjeri ekološki prihvatljivih materijala.....	17
3.3. Primjeri projekata gradnje povećane održivosti.....	20
3.4. Ekonomska isplativost korištenja zelenih krovova.....	21
4. ZAKLJUČAK .....	23
Literatura .....	24



## Popis slika

Slika 1: Linearna ekonomija; uzmi-napravi-odloži

(<https://www.researchgate.net/publication/323809440> Exploring the role of independent retailers in the circular economy a case study approach )

Slika 2: Prijelaz iz linearnog u kružni prikaz životnog ciklusa materijala

Slika 3: Kružna ekonomija – sustav koji je dizajniran kao obnovljiv (Source: isto kao slika 1)

Slika 4 Tradicionalna gradnja vs. održiva gradnja

(<https://www.researchgate.net/publication/335082298> The Importance of green roofs and Sustainable development/figures )

Slika 5: Procjena životnog ciklusa ( <https://www.engineeringsolutions.philips.com/news/life-cycle-assessment-finding-best-approach-company/> )

Slika 6: Tipična postava slojeva zelenog krova ( <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/> )

## 1. UVOD

Analizirajmo trenutno implementirani model uzimanja, stvaranja i odlaganja. Uzmemo: stalna potražnja za novim zgradama pretvara se u sve veće godišnje vađenje neobnovljivih prirodnih resursa koji zahtijevaju masovnu uporabu energije i izazivaju emisije stakleničkih plinova, povrh drugih šteta po okoliš poput krčenja šuma, dezertifikacije, zakiseljavanja i eutrofikacije, iscrpljivanja stratosferskog ozonskog omotača, zagađenje zraka i vode.

Stvaramo: izrada i korištenje zgrade također uzima veliki danak Zemlji u smislu korištenja velikih površina i potrošnje energije. Nadalje, moderne zgrade imaju prosječan životni vijek od 100 godina, a ipak se još uvijek grade bez načela održivosti. To znači da će oni biti doživotni izvor zagađenja, iznimno teško i dugotrajno saniranje.

Otpad: ne postoji odgovarajuće gospodarenje građevinskim otpadom ili otpadom od rušenja ili recikliranim materijalima. Često vrijedni resursi poput čelika, aluminija, kamena, betona, opeke, keramike i drva nisu pravilno identificirani, odvojeni i vrednovani.

Kružna ekonomija kao koncept napada linearnu paradigmu. Dizajn: napredne tehnologije ulaze u industriju pomažući inženjerima da planiraju prema načelima dugotrajnog, lakog održavanja, popravaka, ponovne uporabe, ponovne proizvodnje, obnove i reciklaže.

Različite struke su uključene u građevinski projekt i svaka struka može, na svoj način, podržati prijelaz prema kružnosti kroz nadogradnju i kreativno razmišljanje. Arhitekti, dizajneri i inženjeri mogu projektirati zgrade kako bi osigurali totalno iskorištavanje resursa i energetske učinkovitost. Izvođači se zajedno s dobavljačima materijala i opreme mogu odlučiti za građevinske resurse i tehnologije bez otpada, kao i razviti prakse ponovne uporabe.

Regenerativni gradovi s neprekidnim proizvodnim ciklusima i procesima obnove bit će u središtu istinskog kružnog gospodarstva. Unutar te vizije građevinski sektor može imati vodeću ulogu, ali moraju se donijeti revolucionarne zakonodavne promjene koje će predvoditi transformaciju. Potičući ispravno rukovanje opasnim materijalima kao dio odgovarajućeg gospodarenja građevinskim otpadom i otpadom od rušenja. Promičući pogled na životni ciklus zgrada na koji se računa projektiranje, građevinske operacije, rušenja i tretman otpada podržavajući visokokvalitetne programe obnove te potičući kreativnost za povećanje ekonomske vrijednosti ponovno korištenih materijala.

## 2. PRIJELAZ IZ LINEARNOG U KRUŽNI EKONOMSKI MODEL

Ekonomija je područje proizvodnje, distribucije i trgovine, kao i potrošnje dobara i usluga od strane različitih agenata. Općenito, definirano je „kao društveno područje koje naglašava prakse, diskurse i materijalne izraze povezane s proizvodnjom, uporabom i upravljanjem resursima“. Dano gospodarstvo rezultat je niz procesa koji kao glavne čimbenike uključuju njegovu kulturu, vrijednosti, obrazovanje, tehnološku evoluciju, povijest, društvenu organizaciju, političku strukturu i pravne sustave, kao i geografiju, bogatost prirodnim resursima i ekologiju. . Ti čimbenici daju kontekst, sadržaj i postavljaju uvjete i parametre u kojima ekonomija funkcionira.

Drugim riječima, ekonomska domena je društvena domena međusobno povezanih ljudskih praksi i transakcija koja ne stoji sama. Ekonomski subjekti mogu biti pojedinci, poduzeća, organizacije ili vlade.

### 2.1. LINEARNA EKONOMIJA

Linearno gospodarstvo tradicionalno slijedi korak po korak plan "uzmi-napravi-odloži". To znači da se sirovine prikupljaju, zatim pretvaraju u proizvode koji se koriste dok se konačno ne odbace kao otpad. Vrijednost se u ovom ekonomskom sustavu stvara proizvodnjom i prodajom što više proizvoda. Gospodarski rast odvijao se uglavnom u rudarskoj, građevinskoj i prerađivačkoj industriji. Trgovina je postala značajnija zbog potrebe za poboljšanom razmjenom i distribucijom proizvoda u cijeloj zajednici.



Slika 1: Linearna ekonomija; uzmi-napravi-odloži

Potrošači resursa najviše se koncentriraju na najrazvijenije regije (tj. u zapadnim društvima), a materijalni doprinosi sve više se dobivaju s globalne skale. Industrijske nacije raspolažu s obiljem materijalnih resursa i energije. U ovom aranžmanu, materijali su jeftini u usporedbi s

utrošakom ljudskog rada. Kao rezultat toga, proizvođači su bili motivirani za usvajanjem poslovnog modela koji se oslanja na opsežniju uporabu materijala i štednju ljudskog rada. Prirodna posljedica jeftinog materijala / skupa radna snaga uobičajeno je zanemarivanje recikliranja, ponovne uporabe i stavljanja mnogo naglaska na otpad. Bit ovakve ekonomije općenito se sažima kao uzmi - napravi - odloži. Odnosno, uzmite resurse koji su vam potrebni, prodajte te resurse da se obrade, ostvarite profit i riješite se svega što vam ne treba - uključujući i proizvod na kraju svog životnog ciklusa.

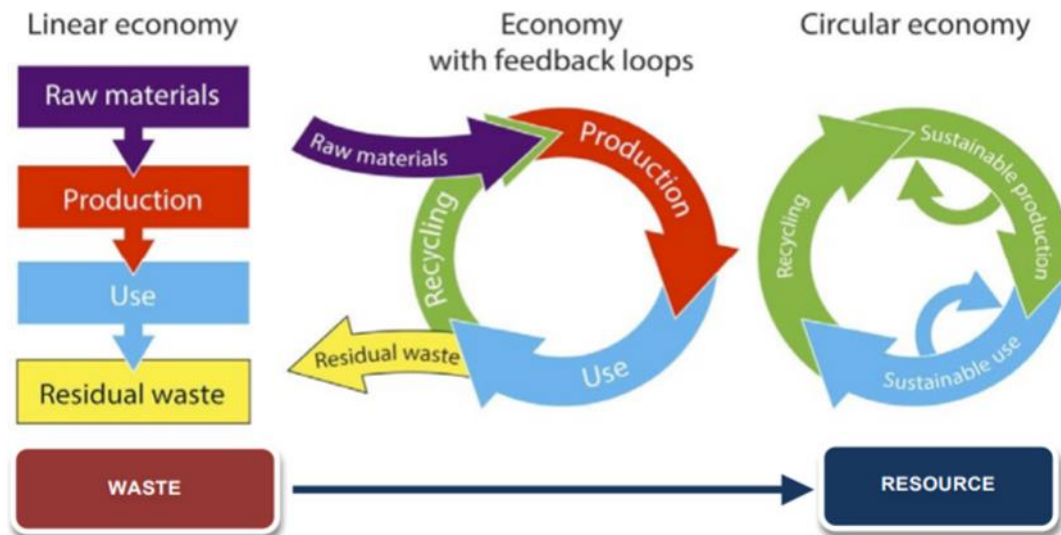
Industrijski i tehnološki razvoj u kombinaciji s globalnom trgovinom rezultirali su ogromnim gospodarskim rastom koji je potaknuo dobrobit ljudi. Međutim temeljne pretpostavke linearnog modela više nisu istinite u današnjem globalnom kontekstu, a nekoliko ključnih trendova ugrožava njegovu održivost, stvarajući potrebu za alternativnim ekonomskim modelom.

Temeljna potreba za alternativom tradicionalnom modelu rasta dovelo je do rasprave o kružnom gospodarstvu. Ovakav industrijski i gospodarski sustav nije se pokazao održivim i stoga se ponovno uspostavlja pozitivna interakcija s okolinom. U skladu s tim, gospodarstvo i društvo treba smatrati kao jedan od sastavnih dijelova ekosustava i kao dio okoliša.

## **2.2. KRUŽNA EKONOMIJA**

Cilj kružnog gospodarstva je povećati upotrebu obnovljivih materijala u biološkim sustavima i produžiti vijek trajanja neobnovljivih materijala u tehničkim sustavima. Građevinski materijali kao skupina pripisuju se tehničkom ciklusu. U slučaju obrađenih, bioloških građevinskih materijala (npr. Drva), njihov se životni ciklus može produljiti projektiranjem proizvoda za višekratnu uporabu u tehničkom ciklusu prije nego što se konačno iskoriste za oporabu energije ili uđu u biološki ciklus. Ekonomski sustav treba oponašati (kao što se uči i oponaša) načine prirode kako bi se nosio sa industrijskim i komercijalnim izazovima. Osim toga treba mjeriti operativnu učinkovitost u odnosu na rješenja u prirodi. Kružna ekonomija također koristi znanstveni pristup industrijske ekologije koja se bavi protokom energije i materijala s ciljem stvaranja zatvorenih petlja procesa koji minimaliziraju otpad. Radi se primjenom interdisciplinarnih znanstvenih metodologija i s obzirom na lokalno i globalno, prirodno i društveno okruženje.

Kružno gospodarstvo ne može postići samo jedno poduzeće nego to zahtijeva suradnju između tradicionalnih i novih aktera u opskrbnom lancu kako bi ciklus mogao učinkovito cirkulirati.

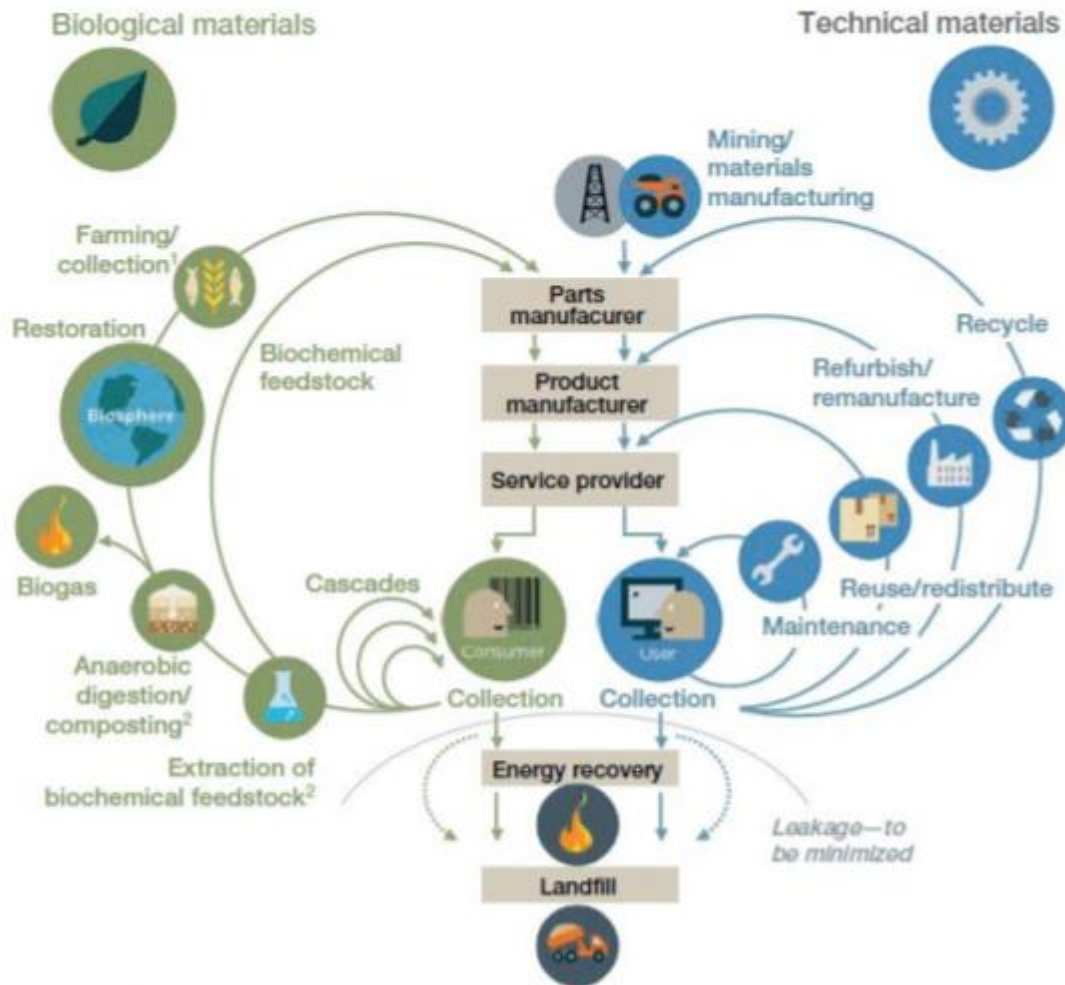


Slika 2: Prijelaz iz linearnog u kružni prikaz životnog ciklusa materijala

Proizvodi u tehničkom ciklusu trebaju biti dizajnirani za ponovnu uporabu, ponovnu proizvodnju i recikliranje kako bi materijali mogli cirkulirati. Ponovna uporaba znači da se proizvod koristi nekoliko puta bez promjena u dizajnu ili materijalu, za razliku od recikliranja gdje se proizvod uništava, a materijali se koriste za proizvodnju novih proizvoda. Ponovna proizvodnja znači da se rabljeni proizvod obnavlja prema istim standardima kao i novi proizvod. U tehničkom ciklusu manji krugovi imaju prednost nad većim krugovima, budući da manji krugovi zadržavaju veću vrijednost (npr. Održavanje ima prioritet nad recikliranjem).

Kružno gospodarstvo predstavlja razvojnu strategiju koja podrazumijeva gospodarski rast bez povećanja potrošnje resursa; duboko transformira proizvodne lance i navike potrošnje te redizajnira industrijski sustav.

Kružna ekonomija temelji se na nekoliko jednostavnih principa, koji se mogu prikazati u takozvanom dijagramu leptira:



Slika 3: Kružna ekonomija – sustav koji je dizajniran kao obnovljiv

Središnji okomiti dio dijagrama predstavlja glavne faze linearne ekonomije, dok petlje ilustriraju kako tehnološki i biološki proizvodi i materijali na bazi hranjivih tvari mogu kružiti kroz ekonomski sustav.

Proizvodi su dizajnirani i optimizirani za cikluse rastavljanja i ponovne uporabe. Štoviše, cirkularnost podrazumijeva strogu razliku između potrošnih i trajnih komponenti proizvoda, što omogućuje učinkovito zatvaranje materijal petlje. Potrošni materijal izrađen je od biološki hranjivih tvari, osmišljenih za siguran ulazak u biosferu, dok su trajni materijali izgrađeni na tehničkim hranjivim tvarima (npr. metal, plastika). Osim toga, potrebna energija za pogon ovih ciklusa materijala treba biti obnovljiv po prirodi kako bi se smanjili resursi ovisnosti i kako bi se povećala otpornost sustava u cjelini.

Time se naglašava temeljna važnost sistemskog / sustavnog razmišljanja u kružnoj ekonomiji. U skladu s tim, kružna ekonomija može se smatrati kao oblikovanje sustava čiji je cilj optimizirati korištenje naših prirodnih resursa u

cijelom gospodarskom sustavu. Stoga je razumijevanje cijelog lanca opskrbe ključno: kako dijelovi (tj. pojedinac, tvrtke) utječu jedno na drugo u cjelini i u kakvim su odnosima.

### **2.3. KRUŽNA EKONOMIJA U GRAĐEVINARSTVU**

Pri gradnji svake konstrukcije uzimamo u obzir opterećenja ili kombinacije opterećenja kojima će ona biti izložena. Sposobnost građevine da preuzme projektna opterećenja uvelike ovisi o odabiru materijala. Zadatak građevinara je da nađe optimalnu kombinaciju materijala koja zadovoljava traženu funkciju i ujedno što manje narušava okolinu u kojoj se nalazi. Utjecaj na okoliš i zdravlje mogu se smanjiti kroz nekoliko pristupa.

Učinkovitost resursa postiže se korištenjem recikliranog sadržaja, iskorištavanjem prirodnih, obilnih i obnovljivih resursa i učinkovitom proizvodnjom. Ako je moguće, koristiti lokalno dostupni građevinski materijal kako bi se uštedila energija i resursi potrebni za prijevoz do mjesta projekta. Pri odabiru materijala traže se oni povoljni za višekratnu uporabu ili za recikliranje.

Uz učinkovitost materijala treba obratiti pozornost na njegovu trajnost i na utjecaj koji ima na kvalitetu zraka unutar građevine. Kvaliteta zraka poboljšava se korištenjem ne toksičnih materijala s minimalnom kemijskom emisijom za čije održavanje nisu potrebne štetne metode čišćenja.

#### AKCIJSKI PLAN KRUŽNE EKONOMIJE – EU

Europska komisija usvojila je novi akcijski plan za kružno gospodarstvo (CEAP) u ožujku 2020. To je jedan od glavnih sastavnih dijelova Europskog zelenog dogovora, novog europskog programa održivog rasta. Prijelaz EU-a na kružno gospodarstvo smanjit će pritisak na prirodne resurse te će stvoriti održivi rast i radna mjesta. Također je preduvjet za postizanje cilja klimatske neutralnosti EU -a do 2050. godine i zaustavljanje gubitka biološke raznolikosti.

Novi akcijski plan najavljuje inicijative tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda. Cilja na način na koji su proizvodi osmišljeni, promiče procese kružnog gospodarstva, potiče održivu potrošnju i nastoji osigurati sprječavanje otpada i što dulje zadržavanje korištenih resursa u gospodarstvu EU -a.

Uvodi zakonodavne i nezakonodavne mjere usmjerene na područja u kojima djelovanje na razini EU donosi stvarnu dodanu vrijednost.

Kako bi se većini aktera u građevinskom lancu vrijednosti omogućilo da se snađu u govoru ovim novim jezikom i započnu prelazak na industriju koja je učinkovitija i kružnija, EU želi stvoriti 'zajednički' jezik. To će se usredotočiti na smanjenje broja ključnih aspekata projektiranja zgrada, potaknuti na razmišljanje o utjecajima koji obuhvaćaju cijeli životni ciklus zgrade, od proizvodnje do rušenja i konačne ponovne uporabe.

Stvaranje takvog zajedničkog jezika omogućiti će lakše prenošenje informacija o održivosti građevinskim stručnjacima i nestručnjacima, pružiti podatke za lakše donošenje odluka tijekom životnog ciklusa građevinskih projekata i proširiti tržište održivih građevina. Stvaranje takvog jezika je nusproizvod raznih mjera i provedbi od strane EU gdje su onda države primorane proći kroz neke protokole i tako se upoznati s tim pojmovima.

#### **2.4. DRUŠTVENO-EKONOMSKI UTJECAJ GRAĐEVINARSTVA**

Građevinska industrija ima veliki gospodarski, društveni i okolišni utjecaj. Utječe na svakog člana društva, utječući na produktivnost i dobrobit kao kod kuće tako i na poslu. No, za većinu ljudi izvan industrije razumijevanje kako građevinska industrija funkcionira i njezin utjecaj na naše živote u najboljem je slučaju nejasan.

Ključni problem leži u tome da je građevinarstvo prirodno nestabilna industrija koja reagira na fluktuacije povjerenja potrošača i poduzeća. Održiv nizak gospodarski rast obično dovodi do recesije građevinarstva, a visok gospodarski rast dovodi do brzog ubrzanja građevinske aktivnosti. Građevinarstvo je ključni dio gospodarstva, pokretač radnih mjesta i samog rasta zajednice. Kvaliteta zgrada ima trajan utjecaj na pojedinca koji u njoj boravi. Ova grana industrije ima jedinstvenu ulogu u gospodarskom rastu i ima veliki utjecaj na gospodarstvo, a tako i na samo društvo. Uz slabu građevinsku industriju, nećemo uspjeti na odgovarajući način preoblikovati izgrađeno okruženje kako bismo odgovorili na brzo promjenjive izazove s kojima ćemo se suočavati u nadolazećim desetljećima. No, s jakim razvojem ove industrije možemo iskoristiti nove tehnologije i mogućnosti kako bi zadovoljili sve aspekte dobrog života za čovjeka. Kvaliteta života unutar građevine ovisi o više aspekata od same nabave materijala, izvedbe pa do kraja životnog vijeka građevine.



Produktivnost: mjerenje produktivnosti u građevinarstvu posebno je teško zbog prirode proizvodnje u industriji i ograničenja dostupnih podataka. Statistički gledano, postizanje produktivnosti u gradnji i produktivnije isporučivanje izgrađenog okoliša mogu biti vrlo različite stvari. Bolje zgrade i infrastruktura doprinose produktivnosti ne samo kroz svoju primarnu funkciju ili povećanjem ekonomske proizvodnje, već čineći ljude sretnijima, sigurnijima i zdravijima, a prednosti se često zanemaruju.

Primjena kružnog gospodarstva u smislu društveno-ekonomskog i ekološkog razvoja zahtijeva od svih ekonomskih aktera da prihvate kružno mišljenje. Na jednoj strani od vlade za provedbu koherentnih okvira politike, a s druge strane od tvrtaka da uvedu cirkularnost u svoje poslovne modele i dizajn proizvoda. Osim toga, podizanje svijesti o praksama kružnog gospodarstva navest će kućanstva da promijene svoju linijsku potrošnju i stvoriti potražnju na novim tržištima poput obnovljenih proizvoda i dobara za razmjenu. Konačno, financijske institucije mogu pridonijeti prijelazu na kružno gospodarstvo podržavajući financijske tvrtke u razvoju kružnog poslovnog modela te prilagođavanjem vlastitog poslovnog modela i prilagodbe ponude proizvoda novim potrebama.

Dok usvajanje recikliranja utječe samo na jedan dio lanca vrijednosti, prijelaz na kružno gospodarstvo zahtijeva promjenu kompletnog ekosustava. Osim toga, dok je koncept kružne ekonomije dobro poznat na institucionalnoj razini vlade i javnih organizacija, svijest među poduzećima i kućanstvima je još uvijek vrlo niska.

### **3. ODRŽIVA GRADNJA**

#### **3.1. ODRŽIVI RAZVOJ**

Održivi razvoj prije svega označava razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjih, a ne ugrožava sposobnost budućih generacija da zadovoljavaju svoje potrebe. Održivo graditeljstvo podrazumijeva korištenje prirodnih materijala za gradnju, brine o energetske učinkovitosti i koristi obnovljive izvore energije za pravilno funkcioniranje objekata.

Graditeljstvo je ljudska djelatnost koja se odvija direktno u prirodnom okolišu i samim time ima izniman utjecaj na cijeli okoliš, ekosustave i cijeli međuodnos živih i neživih bića koji je stvoren. Nadalje graditeljske tvorevine mogu biti neizmjerne velike i prostrane kao na primjer cjevovodi i prometnice koje mogu biti dugačke nekoliko stotina kilometara. Idući problem koji ulazi u sferu graditeljstva je trajnost građevina, smatramo ih dugotrajnim građevinama koje

mogu trajati i preko nekoliko tisuća godina. Sve su to problemi s kojima se prilikom gradnje susrećemo i na koje građevinski inženjeri moraju obratiti pozornost.

Za potrebe građenja koriste se i znatne količine energije i sirovina kao što su vapnenac, drvo, šljunak, pijesak... Nadalje to je grana industrije koja koristi izrazito puno metala i to može dovesti do smanjenja ukupnog metala na zemlji.

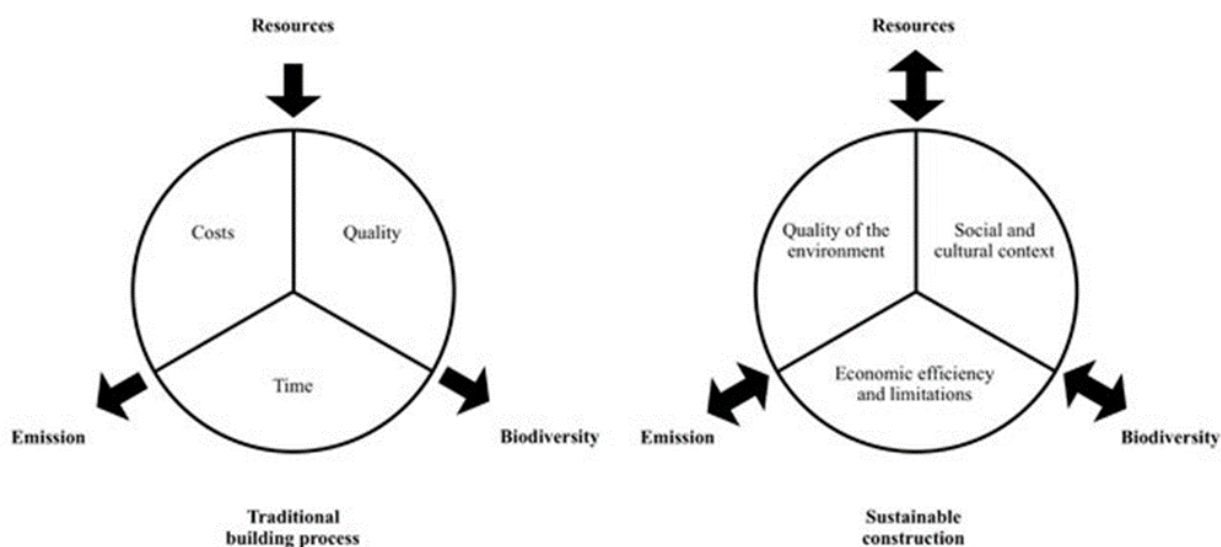
Očito je da su graditeljske djelatnosti dugotrajne, zbivaju se na velikim površinama i na taj način imaju veliki utjecaj na prirodne ekosustave. Narušavanje ekosustava zahtjeva velike napore i trud kako bi se greške ispravile, pa se nastoji greške ne stvarati. Kako bi se pronašlo adekvatno rješenje jedna od bitnih spoznaja je da ne postoji isključivost struke ili jednostavnost rješenja već se moraju provesti višekriterijske analize rješenja stručnjaka iz različitih područja.

#### Ekološki aspekti:

- Energija; cilj je povećati energetska učinkovitost izgradnje i korištenja zgrada.
- Materijali; cilj je učinkovitije koristiti materijalna sredstva.
- Emisije / otpad; cilj je smanjiti emisije i otpad.
- Voda; cilj je smanjiti potrošnju kvalitetne vode.
- Tlo; cilj je pridonijeti održivom razvoju naselja.

#### Ekonomski aspekti:

- Troškovi provedbe; cilj je optimizirati troškove implementacije zgrade uz osiguranje maksimalna funkcionalna kvaliteta i minimalan otpad iz okoliša tijekom životnog ciklusa.
- Operativni troškovi; cilj je optimizirati operativne troškove tijekom životnog ciklusa.
- Trajnost; cilj je osigurati dugoročnu trajnost zgrade.
- Lokalna ekonomija; cilj je podržati razvoj lokalnog gospodarstva i zapošljavanje.
- Socio-kulturni aspekti:
- Kvaliteta; cilj je poboljšati kvalitetu i funkcionalnost unutarnjeg i vanjskog okruženja zgrada.
- Sigurnost; cilj je osigurati sigurnost unutarnjeg okruženja i okolnih zgrada.
- Društvo; cilj je pozitivno utjecati na lokalnu društvenu klimu i zapošljavanje.
- Kultura; cilj je zaštita i održavanje kulturne baštine.



*Slika 4 Tradicionalna gradnja vs. održiva gradnja*

Put do održive gradnje nije traženje jednog ili više univerzalnih tehničkih rješenja već primjena novih načela projektiranja, novih materijala i tehnologija. Nove građevinske tehnologije, uključujući njezinu organizaciju, nove metode ocjenjivanja i vrednovanja građevine sve doprinose prelasku na novi ekonomski model. Pazi se na očuvanje arhitektonskih i strukturnih varijacija i varijabilnosti u dizajnu građevine. Takav pristup, međutim, zahtijeva prihvaćanje određenih promjena u konceptu arhitekture, ali i u konceptu dizajnerskog rješenja.

## **3.2. ŽIVOTNI CIKLUS EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH MATERIJALA**

### **3.2.1. Procjena životnog ciklusa**

Procjena životnog ciklusa pomaže u procjeni i mjerenju utjecaja proizvoda / procesa / usluge na okoliš procjenom njegova potpunog životnog ciklusa ili životnog vijeka od strane definiranih analitičkih protokola počevši od ekstrakcije, proizvodnje, razvojnog procesa, potrošnje i odlaganja. Konkretno, procjena životnog ciklusa će analizirati proizvod ili proces procjenjujući njegov utjecaj na okoliš, a time i pomažući industrijskom sektoru da restrukturira svoje tehnologije/ postupke za smanjenje odgovarajućih utjecaja na okoliš.



*Slika 5: Procjena životnog ciklusa*

Ekološki prihvatljivi građevinski materijali imaju minimalni utjecaj na okoliš i zdravlje čovjeka, dok se kod tradicionalnih materijala to ne uzima uvijek u obzir. Proizvodnja i obrada ekološki prihvatljivih materijala troši manje energije, smanjuje količinu zagađenja i pazi na iscrpljivanje prirodnih resursa. . Održivost prati razvoj ljudske zajednice zadovoljavajući njegove potrebe, ali pritom ne ugrožavajući sposobnost budućih generacija da čine isto. Odnosi se na ravnomjerni i racionalni razvoj uključujući ekonomske, ekološke, tehnološke i sociološke aspekte. Odluke se donose u skladu sa prirodnim zakonitostima , koristi se potencijal prirode, a da ju se pritom ne uništava.

Prirodne resurse možemo očuvati na mnogo načina:

- Izbjegavanje korištenja oskudnih (neobnovljivih) materijala.
- Stvaranje manje otpada.
- Korištenje manje; tako da manje specificiramo zahtjeve za performansama, projektiranjem struktura minimalne težine i usklađivanje potražnje s ponudom
- Korištenje recikliranih, a ne novih materijala.
- Korištenje obnovljivih materijala

Utjecaj korištenja građevinskih materijala na okoliš možemo smanjiti:

- Korištenjem materijala s nižom utjelovljenom energijom
- Smanjenjem transporta materijala i pripadajućeg goriva, emisija i zagušenja na cestama.
- Sprječavanjem i kontrolom odvoza otpada na odlagališta.
- Projektiranje i izrada u svrhu lakše ponovne uporabe i recikliranja na kraju vijeka trajanja konstrukcije (dizajn za dekonstrukciju).

### **3.2.2. Neki primjeri ekološki prihvatljivih materijala:**

Ytong (porobeton) - Tehnologija proizvodnje građevinskih elemenata bijele boje odlikuje se uštedom energije, visokom učinkovitošću te neškodljivošću za ljudsko zdravlje i prirodni okoliš. Osnovne sirovine za proizvodnju porastog betona Ytong su prirodne i zdrave, a to su kremeniti pijesak, vapno, prirodni gips, cement i voda.

U pozitivne karakteristike ytong materijala spadaju protupožarnost, zaštita od vlage, zvučna izolacija, mogućnost reciklaže, radioaktivnost i jednostavan sustav gradnje. Ytong je građevinski negorivi materijal klase A1 i u plinovitom stanju ne sadrži štetne tvari.

Naposljetku, zbog svog sastava porobeton ytong je sa stupnjem radioaktivnosti daleko ispod dozvoljenog, a i puno nižim od drugih materijala. Sustav gradnje ekonomično je rješenje, ytong blokovi najbolji su izbor za energetske učinkovite, niskoenergetske i pasivne gradnje objekata. Brzina i jednostavnost osnovne su prednosti ytong sustava gradnje. Brza priprema, veličina blokova i tanki nanos bijelog ytong morta te primjena specijaliziranih ytong alata omogućuju maksimalni radni učinak.

Bambus - Bambusi rastu u kolonijama što znači da mogu koristiti energiju iz postojeće biljke za proizvodnju mladica i na takav način proširuju rasprostranjenost korijena u zemlji. Drvene prstenaste stabljike rastu iz razgranatih grozdova iz podzemne stabljike. Bambus star od pet do devet godina je najprikladniji za industrijsku proizvodnju i preradu, a svojom strukturom i kemijskim sastavom se jako malo razlikuje od svojstava običnog drva.

Svojstva bambusa se mogu usporediti sa mehaničkim svojstvima betona, čelika i drveta. Drvo kao i mnogi drugi materijali imaju lošija mehanička svojstva od bambusa. Vlačna čvrstoća bambusa je viša od vlačne čvrstoće mekog čelika, nadalje tlačna čvrstoća bambusa je veća od nekih betonskih mješavina. Uz sve te karakteristike bambus postaje idealan građevni materijal za održive projekte.

Bambus se upotrebljava za gradnju skela, zgrada, za armiranje betonskih konstrukcija, čak i za izradu namještaja. Cjevasti oblik bambusa se može preoblikovati u pločasti i na takav se način u industriji od njega dobivaju parketi, podne podloge te letve od bambusa.

Balirana slama i eko paneli - Građevinama od slame promovira se manja potrošnja energije i materijala, te korištenje obnovljivih izvora energije i ekoloških sirovina. Troškovi prilikom izgradnje su znatno smanjeni jer je slama kao poljoprivredni nusproizvod relativno jeftina (3-10 kn po bali slame). Organski uzgojena slama predstavlja zdravu alternativu modernim materijalima, prirodna je i bezopasna. Zidovi od slame mogu poboljšati kvalitetu zraka jer iz nje ne isparavaju štetni spojevi, kao što je slučaj kod mnogih modernih materijala.

Različite vrste slame imaju i različite kemijske sastave i čvrstoće, no prilikom korištenja slame u gradnji micro svojstva pojedinih vlakana slame su nam skoro nebitna, bitna su nam makro svojstva pojedine bale (zbijenost, čvrstoća, očuvanost, sadržaj vlage, gustoća...). Ekopanel je čista prešana slama obložena recikliranim kartonom. Proizvode se na proizvodnoj liniji gdje se slama čvrsto preša u ploče, te se nakon prešanja jezgri ploče prekriva recikliranim kartonom. Prilikom proizvodnje koriste se samo obnovljivi materijali, te je proces njihove proizvodnje niskoenergetski i ne stvara dodatni otpad. Eko Paneli su samonosivi te se ugrađuju suhom montažom i posjeduju kvalitetna izolacijska svojstva.

Sabijena zemlja kao građevinski materijal - Nabijena zemlja ima neke odlične karakteristike kao što su: odličan toplinski kapacitet, lako je dostupna, ekološki je prihvatljiv materijal, ima dobru tlačnu čvrstoću.

Zemlja koja se koristi mora ispunjavati određene uvjete gleda svoga sastava, zemlja koja se koristi mora sadržavati visoki udio pijeska a mali udio gline , uobičajen omjer je 70:30 također se u novije vrijeme dodaje 10% vode. Zemlji se također mogu dodati cement i bitumen kako bi povećali njenu čvrstoću i otpornost. Kako bi se površina zidova zaštitila od vremenskih utjecaja zid se obično tretira: žbukom, bitumenom ili lanenim uljem. Danas se ovakvi zidovi grade na način: da se postavi oplata kao kod betona (debljina zida min. 30cm) te se nasipa zemlja u više slojeva koji se svaki nabijaju na preporučenu čvrstoću, proces se ponavlja sve dok ne postignemo željenu visinu zida.

Ovakav način gradnje također stvara slojevitost na zidovima. Zidovi građeni od nabijene zemlje ujedno pružaju dobru toplinsku izolaciju, dobru izolaciju od buke te su vatrootporni.

Industrijska konoplja u građevinarstvu - Konoplja je zeljasta kritosjemenjača koja se sastoji od visoke stapke s razdvojenim listovima. Pri njenoj primjeni u građevini, koristi se njen najčvršći dio, stapka. Drveni unutarnji dio stabljike konoplje slama se na komade i odvaja od vlakana kako bi se dobio agregat pogodan za izradu građevnog materijala.

Vezivo koje se najčešće koristi za ovu mješavinu je hidraulično vapno koje je slično cementu uz nedostatak nekih minerala. Zbog toga je pri obradi vapna potrebno manje utrošene energije nego li kod cementa. Cement je tvrdi i brže se stisne i upravo zato ne uspijeva apsorbirati CO<sub>2</sub> koji nastaje pri stvaranju veziva, čiji je primarni proces gorenje. U usporedbi s tim, vapno štetnost svoje proizvodnje kompenzira uzimajući CO<sub>2</sub> iz zraka.

Zidovi od konoplje i vapna mogu apsorbirati i do 15 kg CO<sub>2</sub> po metru kvadratnom, što je više nego što se zagadi tokom cijelog procesa nabave, dopreme, obrade i ugradnje materijala.

Građevine ovog tipa ne samo da doprinose kvaliteti života ljudi unutar njih, već su ugodne i za radnike koji je grade. Materijal nema neugodan miris, te mu priprema nije tehnološki zahtjevnija što ga čini izuzetno zahvalnim za rad. Nije strukturalan materijal, ali je dovoljno čvrst da izdrži svoju težinu, stoga se za nosivi dio građevine najčešće upotrebljavaju drvene gredne konstrukcije. Cijeli proces gradnje ne traje duže nego kao kod konvencionalnih građevina, ali ima različiti slijed i trajanje radnji i procesa što se mora uzeti u obzir pri projektiranju.

### **3.3. PRIMJERI PROJEKATA GRADNJE POVEĆANE ODRŽIVOSTI**

Smanjiti negativne učinke prirodnih katastrofa, osigurati svima pristup zelenim površinama i pozabaviti se utjecajem gradova na okoliš su neke od značajki kako bi se postigao cilj - Održivi gradovi i zajednice. World Economic Forum navodi nekoliko kreativnih rješenja koja su gradovi osmislili kako bi pripomogli u ostvarivanju cilja.

#### **Spužvasti gradovi**

Prvo takvo rješenje jesu tzv. spužvasti gradovi (eng. sponge cities). Prema znanstvenicima se smatra da su ekstremni vremenski događaji, poput poplava, sve češći kao rezultat globalnog zatopljenja. Međutim, neke zajednice uzvraćaju snage iskorištavanjem prirode kako bi smanjile opasnosti. Zelena mjesta koja mogu prirodno zadržavati i filtrirati vodu protkana su betonskim naseljima u Kini. Singapur, koji je zbog obilja zelenila nazvan "vrtnim gradom", koristi isti

princip. U Kini se betonske četvrti prepliću sa zelenim površinama koje prirodno mogu zadržavati i filtrirati vodu. Isti koncept primjenjuje se u Singapuru, koji je zbog obilja zelenila nazvan „vrtnim gradom“ (World Economic Forum, 2020).

### **Okomite šume**

Drugo rješenje pronalazimo u tzv. okomitim šumama. Pojam se odnosi na to da ljudi u gradovima kojima nedostaje prostora često su tražili da se prostor proširi. Arhitekti u Milanu u Italiji koristili su pokrov drveća za stvaranje „okomite šume“ na dva stambena bloka. Kad bi bila zasađena na zemlji, šuma bi zauzimala područje veličine tri i pol nogometna igrališta. Gradovi u Švicarskoj, Nizozemskoj i Kini također rade na sličnim programima (World Economic Forum, 2020).

### **20-minutno susjedstvo**

Treće rješenje pronalazimo u 20-minutnim susjedstvima. Zamislite da možete pronaći sve što vam je potrebno za sretan i zdrav život u roku od 20 minuta vožnje javnim prijevozom, vožnje biciklom ili pješice od kuće. Neki gradovi to pokušavaju ostvariti, a Melbourne predvodi. Grad želi da stanovnici u svakom trenutku mogu pristupiti stvarima poput kupovine, poslovnih usluga, obrazovanja i rekreacijskih sadržaja (World Economic Forum, 2020).

### **... i sve što mogu učiniti...**

Četvrto rješenje pronalazimo u Parizu gdje gradonačelnik Pariza koristi Rue de Rivoli kao model za buduću metropolu u kojoj niti jedan Parižanin ne bi trebao putovati dulje od 15 minuta na posao, u kupovinu ili na posao pješice ili biciklom (World Economic Forum, 2020).

### **Minijaturne urbane šume**

Peto rješenje pronalazimo u minijaturnim urbanim šumama koje niču na dijelovima zemlje u urbanim područjima širom svijeta metodom nadahnutom japanskim hramovima. Botaničar koji je došao na tu ideju je otkrio da zaštićena područja koja okružuju hramove, svetišta i groblja sadrže širok spektar autohtonih vrsta koje koegzistiraju kako bi stvorile robusne i raznolike ekosustave. Smatra se da male šume imaju sposobnost pomoći u borbi protiv klimatskih promjena (World Economic Forum, 2020).



## **Zelena željeznička pruga**

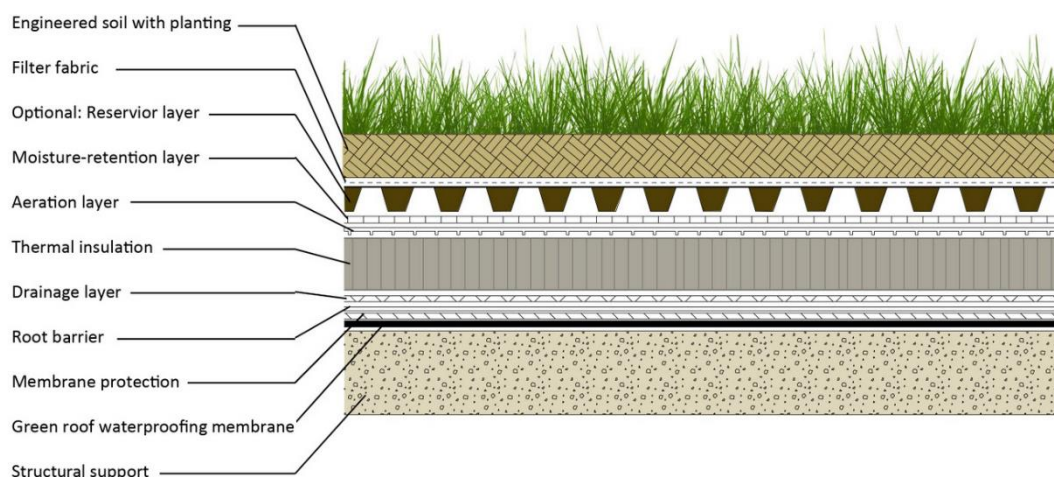
Projekti obnove također prednjače u održivim gradskim aktivnostima, a nedvojbeno su na dobrom putu u Bangkoku, gdje je kritiziran nedostatak zelenih površina. Iz stare povišene željezničke pruge stvoren je gradski park. Jedan od savjetnika za projekt izjavio je da to možda nije velik park, ali može promijeniti način na koji ljudi gledaju na javne površine (World Economic Forum, 2020).

## **Pametnije putovanje na posao**

Nova aplikacija u Izraelu mogla bi skrivati tajnu bržih, čistih i praktičnijih putovanja na posao. Korisnici unose početnu točku i odredište, a algoritam određuje najučinkovitiju rutu. Nakon toga se javni prijevoz preusmjerava u skladu s tim. Metoda je stvorena za pomoć u borbi protiv trenutne pandemije COVID-19, ali procjenjuje se da će, ako se koristi trajno, uštedjeti 25 milijuna dolara svake godine (World Economic Forum, 2020).

### **3.4. EKONOMSKA ISPLATIVOST KORIŠTENJA ZELENIH KROVOVA**

Sistem zelenog krova je produžetak postojećeg krova koji uključuje visokokvalitetne slojeve za vodootpornost, sistem drenaže, filter sloj, lagani medij za sadnji i odgovarajuće biljke. Zelene krovne tehnologije, ne samo da osiguravaju vlasnicima zgrade povrat investicije, nego predstavljaju priliku za značajne društvene, ekonomske i okolišne prednosti, posebno u urbanim područjima. Postoji mnogo razloga za stvaranje zelenog krova. Jedan od bitnih razloga je sama štednja energije pri troškovima grijanja/hlađenja objekta. Istraživanje je pokazalo da jednokatna zgrada s travnatim krovom i slojem zemlje 10 cm smanjuje potrebu za hlađenjem zgrade za 25% a i da se za skoro isto toliko smanjuju troškovi grijanja istog objekta - svake godine, jer vam to ne treba - i imati toliko veći raspoloživi prihod. Zvučna izolacija je još jedan bitan razlog za konstrukciju zelenog krova jer zemlja i biljke mogu biti jaka zvučna izolacija.



*Slika 6: Tipična postava slojeva zelenog krova*

To znači da ima manju potražnju za energijom, niže su emisije ugljičnog dioksida iz elektrane (zbog manje grijanja i hlađenja) pa vlada ima manje kredita za kupnju ugljika; a također znači i manje nestanke struje koji uzrokuju ogroman gubitak zarade svaki put kad se to dogodi.

Kvalitetna izolacija – dugoročna ušteda → Energetski učinkovito graditeljstvo podrazumijeva i pasivnu solarnu arhitekturu, koja se ne odnosi toliko na materijale koji se koriste u gradnji već na dizajn. Bit te arhitekture je dobro planiranje, maksimalno iskorištavanje sunčeva grijanja, a rezultat smanjenje potrebe za drugim gorivima za grijanje čak i do 90%.

Loša izolacija – stalno curenje novca → Energetska efikasnost u zgradarstvu u razvijenim zemljama prepoznata je kao područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije, čime se direktno utječe na financijske uštede, ugodniji i kvalitetniji boravak u zgradi i dulji životni vijek zgrade te pridonosi zaštiti okoliša i smanjenju emisija stakleničkih plinova.

#### 4. ZAKLJUČAK:

Vjerujem da moraju postojati bolje mjere izgradnje kako bi se podržala produktivnost industrije, kao i bolja baza dokaza o širom utjecaju gradnje. To bi se moglo postići preciznijim prikupljanjem podataka od strane vlade te redefiniranjem onoga što podrazumijevamo pod isplativom vrijednošću. Rješavanju problema održive gradnje uveliko bi pomoglo da se i politički sektor osvrne na politike koje pomažu stabilizaciji građevinskih aktivnosti.

Problema kojih građevina ostavlja za sobom je svakako puno, ali nisu nerješivi. U skoro svim fazama pri izvođenju građevinskog projekta nalazimo niz stvari koje imaju utjecaj na okoliš. Lociranjem „krivca“ možemo aktivno početi tražiti bolje alternative ili poboljšati stare metode. Treba pristupiti problemu u cijelosti, odnosno u svim njegovim aspektima i svakom se pojedinačno posvetiti ako želimo vidjeti pomak na bolje. Bitno je biti u toku sa najnovijim istraživanjima u vezi ekološki prihvatljive gradnje jer se količine novih informacija neprestano filtriraju.

Ne treba pratiti samo konvencionalne načine gradnje, već tražiti nove, manje štetne pristupe. Danas su težnje prema održivoj gradnji sve su veće i sada se pokušava nadoknaditi ono vrijeme kada nismo dovoljno razmišljali o budućim generacijama. Održiva gradnja čuva naše vodne resurse, smanjuje otpad, povećava potrebu za recikliranjem, održava krajolik zelenim i prirodnim te razmatra sve faze vijeka trajanja zgrade. Stoga težnja takvom načinu gradnje kroz pristup kružne ekonomije postaje primarni zadatak građevinskog sektora.

Na konceptualnoj razini postoje različite potencijalne koristi od prijelaza na kružnu ekonomičnost uključujući uštedu troškova materijala, smanjenje nestabilnosti cijena, poboljšanu sigurnost ponude, otvaranje novih radnih mjesta kao i smanjeni pritisci i utjecaji na okoliš. Za vladu kružna ekonomija predstavlja obećavajuću alternativu dosadašnjem linearnom ekonomskom modelu koji omogućuje odvajanje gospodarskog rasta od prirodnih resursa potrošnje te potiče inovacije i otvaranje novih radnih mjesta.

## Literatura:

- [1] <https://www.ciob.org/industry/policy-research/policy-positions/socio-economic-impact-construction>
- [2] <https://www.researchgate.net/publication/318183876> Linear Economy Versus Circular Economy A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability
- [3] <https://www.worldgbc.org/news-media/when-building-circular>
- [4] [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_hr](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_hr)
- [5] Biobased Products and Life Cycle Assessment in the Context of Circular Economy and Sustainability 2020  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42824-020-00007-x>
- [6] <https://www.researchgate.net/publication/323809440> Exploring the role of independent retailers in the circular economy a case study approach
- [7] <https://www.researchgate.net/publication/323620867> Economic Benefits and Costs of Green Roofs
- [8] <https://www.researchgate.net/publication/335082298> The Importance of green roofs and Sustainable development/figures
- [9] World Economic Forum. (2020.) 7 innovative projects making cities more sustainable. Preuzeto s  
<https://www.weforum.org/agenda/2020/09/cities-sustainability-innovation-global-goals/>
- [10] Bjegović, D.; ... (et al.). Održiva gradnja i odabir materijala // Građevinarstvo - nauka i praksa / urednik D. Lučić. Žabljak: Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, 2010. Str. 1289-1294.  
[https://www.bib.irb.hr/445808/download/445808.T12\\_0003\\_Bjegovic\\_Stirmer\\_Serdar\\_-\\_GNP2010.pdf](https://www.bib.irb.hr/445808/download/445808.T12_0003_Bjegovic_Stirmer_Serdar_-_GNP2010.pdf)
- [11] Bistorvić, M.; završni rad Održiva gradnja u kontekstu održivog razvoja – Međimursko veleučilište u Čakovcu  
<https://repozitorij.mev.hr/islandora/object/mev:394>
- [12] <https://www.ytong.hr/ytong.php>
- [13] <https://drvotehnika.info/clanci/bambus-u-arhitekturi-savremenog-doba>
- [14] <https://www.fkit.unizg.hr/news/31890/Tehnoeko%20-%20Slama.pdf>

- [15] <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/3120/820/gradnja-nabijenom-zemljom>
- [16] [https://bib.irb.hr/datoteka/804783.Paneli od slame -  
ekoloki i odrivi materijal za primjenu u pasivnoj gradnji.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/804783.Paneli_od_slame_-_ekoloki_i_odrivi_materijal_za_primjenu_u_pasivnoj_gradnji.pdf)