

# Izjava zaštite okoliša u građevinskom sektoru

---

**Sesar, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:778122>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-28**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mario Sesar

**IZJAVA ZAŠTITE OKOLIŠA U  
GRAĐEVINSKOM SEKTORU**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mario Sesar

**IZJAVA ZAŠTITE OKOLIŠA U  
GRAĐEVINSKOM SEKTORU**

ZAVRŠNI ISPIT

Mentor: prof. dr. sc. Nina Štirmer

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

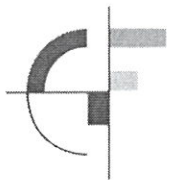
Mario Sesar

# ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION IN THE CONSTRUCTION SECTOR

FINAL EXAM

Supervisor: prof. dr. sc. Nina Štirmer

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Mario Sesar

(Ime i prezime)

0082067455

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Izjava zaštite okoliša u građevinskom sektoru

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Environmental product declaration in the construction sector

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

25.6.2024.

Mentor:

prof. dr. sc. Nina Štirmar

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja:

Mario Sesar, 0082067455

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

Izjava zaštite okoliša u građevinskom sektoru

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

18. 6. 2024.

Potpis:

Mario Sesar



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

Mario Sesar, 54818719279

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

Izjava zaštite okoliša u građevinskom sektoru

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

prof. dr. sc. Nina Štirmer

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

2. srpnja 2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

18. 6. 2024.

Potpis:

Mario Sesar

## SAŽETAK

Građevinska industrija je jedna od najvažnijih industrija u svijetu. Ona je odgovorna za izgradnju infrastrukture koja je neophodna za naše društvo, kao što su kuće, zgrade, ceste, mostovi i željeznice. Također, igra važnu ulogu u gospodarstvu, jer zapošljava milijune ljudi i stvara vrijednost. Međutim, građevinska industrija ima značajan utjecaj na okoliš. Proizvodnja građevnih materijala, izgradnja objekata i njihovo korištenje dovode do emisije stakleničkih plinova, onečišćenja zraka, vode i tla. U cilju održive gradnje i smanjenja negativnih utjecaja na okoliš, razvijeni su alati poput Izjave zaštite okoliša (*engl. Environmental product declaration, EPD*). EPD predstavlja rezultate analize ekološkog utjecaja proizvoda tijekom cijelog životnog ciklusa te potiče proizvođače na razvoj ekološki prihvatljivih proizvoda i procesa. Kroz EPD, potrošači i tvrtke mogu bolje razumjeti ekološke aspekte proizvoda i usporediti ih s drugim proizvodima na tržištu. To pomaže potaknuti održivu potrošnju i proizvodnju te potiče tvrtke da poboljšaju svoje ekološke performanse.

U radu su prikazane vrste, struktura i način izrade Izjave zaštite okoliša te su obrađeni EPD-ovi za dva građevna proizvoda koja su objavljena u međunarodnom EPD sustavu: agregat i čelična šipka za armiranje.

**Ključne riječi:** EPD, procjena životnog ciklusa, građevinski sektor, agregat, čelična šipka za armiranje



## SUMMARY

The construction industry is one of the most important industries in the world. It is responsible for building essential infrastructure for our society, such as houses, buildings, roads, bridges, and railways. Additionally, it plays a significant role in the economy by employing millions of people and generating value. However, the construction industry has a notable impact on the environment. The production of construction materials, construction of buildings, and their use lead to the emission of greenhouse gases and pollution of air, water, and soil. In pursuit of sustainable construction and reducing negative environmental impacts, tools like Environmental Product Declarations (EPD) have been developed. An EPD presents the results of the environmental impact analysis of a product throughout its entire life cycle, encouraging manufacturers to develop environmentally friendly products and processes. Through EPDs, consumers and businesses can better understand the environmental aspects of products and compare them to others on the market. This helps promote sustainable consumption and production and encourages companies to improve their environmental performance.

The paper discusses the types, structure, and the process of creating Environmental Product Declarations and examines EPDs for two construction products published in the international EPD system: aggregate and steel reinforcement bar.

**Key words:** EPD, life cycle assessment, construction sector, aggregate, steel reinforcement bar.

---

## SADRŽAJ

SAŽETAK.....	i
SUMMARY.....	ii
SADRŽAJ.....	iii
1. UVOD.....	1
2. IZJAVA ZAŠTITE OKOLIŠA (EPD).....	2
2.1. Postupak izrade EPD-a.....	2
2.1.1. Odabir relevantnog pravila kategorije proizvoda (PCR-a).....	3
2.1.2. Provođenje LCA prema PCR-u.....	5
2.1.3. Prijenos LCA u EPD format.....	6
2.1.4. LCA/EPD verifikacija.....	7
2.1.5. Registracija i objavljivanje EPD-a.....	8
2.2. Sadržaj EPD-a.....	9
2.3. Vrste EPD-a.....	10
2.3.1. Podjela EPD-a prema specifičnosti.....	10
2.3.2. Podjela EPD-a prema opsegu.....	12
3. PRIMJERI EPD-ova ZA GRAĐEVNE PROIZVODE: AGREGAT I ČELIČNA ŠIPKA ZA ARMIRANJE.....	15
3.1. Primjer EPD-a za čeličnu šipku za armiranje.....	15
3.1.1. Opis proizvodnje armaturnih čeličnih šipki.....	16
3.1.2. Opis modula za armaturnu čeličnu šipku.....	17
3.1.3. Pokazatelji utjecaja na okoliš.....	19
3.1.4. Pokazatelji korištenja resursa.....	20
3.1.5. Rezultati analize.....	21
3.1.6. Tumačenje rezultata.....	22

---

3.2. Primjer EPD-a za agregat.....	24
3.2.1. Postupak proizvodnje.....	24
3.2.2. Opis modula za agregate.....	25
3.2.3. Rezultati analize .....	26
3.2.4. Tumačenje rezultata.....	28
4. ZAKLJUČAK .....	29
POPIS LITERATURE .....	30
POPIS SLIKA.....	31
POPIS TABLICA .....	32

## 1. UVOD

Suvremeni svijet suočava se s brojnim ekološkim izazovima, a briga za okoliš postala je jedan od najvažnijih prioriteta društva. Građevinski sektor, kao jedan od ključnih stupova gospodarstva i urbanog razvoja, igra značajnu ulogu u oblikovanju okoliša i raspoloživih resursa na našem planetu. U kontekstu sveprisutnih ekoloških izazova, pitanja održivosti i zaštite okoliša dobivaju sve veći značaj u građevinskom sektoru. Jedan od ključnih alata koji omogućuje bolje razumijevanje i upravljanje ekološkim aspektima građevnih projekata je Izjava zaštite okoliša (*engl. Environmental product declaration, EPD*).

EPD je dokument koji pruža detaljne informacije o ekološkom utjecaju proizvoda ili usluga tijekom cijelog njihovog životnog ciklusa, uključujući proizvodnju, prijevoz, uporabu i odlaganje. Ovaj dokument pruža neophodne podatke o emisijama stakleničkih plinova, potrošnji energije, upotrebi resursa i drugim ključnim ekološkim parametrima.

Kroz naredne stranice ovog rada, istražuje se kako se EPD postupno pretvara u ključni instrument za poticanje održivih praksi u građevinskom sektoru. Otkriva se kako EPD omogućuje precizno mjerenje i ocjenu ekološkog utjecaja proizvoda i usluga kroz cijeli njihov životni ciklus, čime se postavljaju temelji za promicanje održivih izbora i smanjenje negativnog ekološkog otiska. U ovom pregledu, neće se zanemariti ni proces izrade EPD-a, koji često ostaje neprimijećen, ali je ključan za osiguranje valjanih i relevantnih informacija o proizvodima i uslugama. Kroz analizu, uvidjet će se kako pažljivo prikupljanje, analiza i verifikacija podataka postavljaju temelje za kvalitetne i pouzdane EPD-ove. Kroz pregled različitih podjela EPD-ova prema specifičnostima proizvoda i njihovim životnim ciklusima, kao i prema obimu informacija koje pružaju, postiže se bolje razumijevanje kako se različite kategorije EPD-ova prilagođavaju različitim potrebama u građevinskom sektoru i kako se koriste za donošenje ekološki osviještenih odluka.

U ovom radu posebna pažnja posvećena je analizi dva konkretna EPD-a za građevne proizvode: čeličnu šipku za armiranje i agregat. Kroz ovu analizu dodatno je istraženo kako se primjenjuju EPD-ovi na konkretne proizvode u građevinskom sektoru, istražujući njihove ekološke karakteristike i doprinos održivom razvoju. Ova analiza pomoći će boljem razumijevanju praktične primjene EPD-a u građevinskom sektoru i njihove važnosti za ekološku održivost.

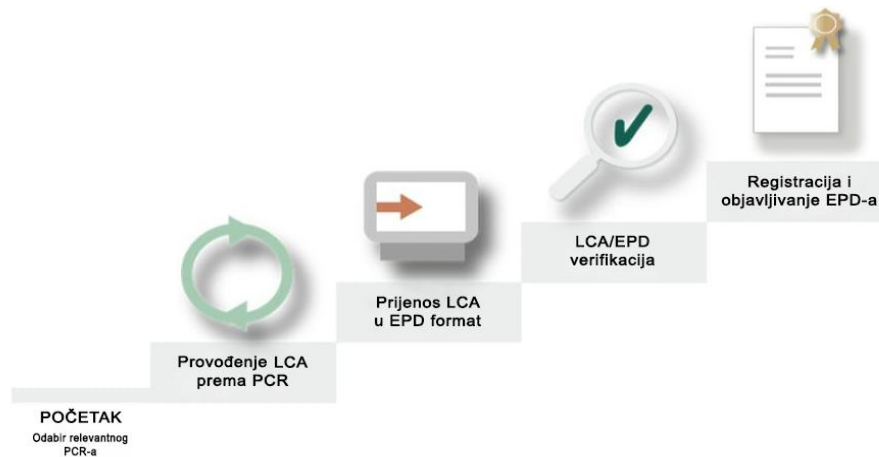
## 2. IZJAVA ZAŠTITE OKOLIŠA (EPD)

Izjava zaštite okoliša je deklaracija koja pruža kvantificirane podatke o utjecaju na okoliš određenog proizvoda, usluge ili sustava, koristeći unaprijed određene parametre i metodologije procjene. EPD-ovi su službeno priznati na međunarodnoj razini kao način za predstavljanje ekoloških učinaka proizvoda na okoliš, te omogućuju informirano biranje proizvoda s manjim ekološkim opterećenjem. Postupak izrade EPD-a kao jednu od temeljnih metoda uključuje ocjenjivanje životnog ciklusa (*engl. Life cycle assessment, LCA*). LCA omogućuje procjenu ekološke učinkovitosti proizvoda tijekom cijelog životnog ciklusa. Obično se uzima u obzir cijeli lanac vrijednosti, od ekstrakcije materijala do proizvedenog proizvoda, faze njegove uporabe i kraja životnog vijeka [1].

Izrada i uvrštavanje u popis EPD-ova zahtijeva strogo pridržavanje postupaka izrade EPD sheme. Ovaj pristup nosi brojne prednosti u odnosu na prihvaćanje različitih EPD-ova iz različitih zemalja te njihovu primjenu u modelima građenja i sustavima za procjenu utjecaja na razini građenja. Dodatno, važno je istaknuti inicijativu među izdavateljima EPD-a pod nazivom ECO Platforma. Cilj ove inicijative je promicanje uzajamnog priznavanja EPD-ova, a dosadašnji napredak vidljiv je u boljem prepoznavanju kvalitete EPD-a putem jasno definiranih postupaka provjere. Ovakav pristup standardizaciji i međusobnom priznavanju EPD-ova koristan je na globalnoj razini. Omogućava stvaranje okvira u kojem EPD-ovi postaju pouzdan i univerzalno prihvaćen alat za ocjenu ekološkog utjecaja proizvoda u građevinskom sektoru. Kako bi se osigurala dosljednost i pouzdanost objavljenih EPD-ova, moraju se slijediti odgovarajuće međunarodne norme, a jedna od tih normi je *HRN EN ISO 14025:2010 Ekološke oznake i deklaracije – deklaracije o okolišu Tipa III* [2]. Navedena norma osigurava usklađenost izračuna koji stoje iza LCA i EPD-a, što omogućava usporedivost krajnjih EPD-ova po sektorima. Uz to, za pravilnu kategorizaciju proizvoda, ključno je slijediti i normu *HRN EN 15804:2019 - Održivost građevina - Izjave o utjecaju proizvoda na okoliš - Osnovna pravila za kategorizaciju građevnih proizvoda* [3].

### 2.1. Postupak izrade EPD-a

U skladu s međunarodnim EPD sustavom, proces izrade Izjave zaštite okoliša sastoji se od pet ključnih koraka prikazanih na slici 1. U nastavku će biti detaljnije razmotren svaki od ovih koraka kako bi se bolje razumjela njihova važnost i uloga u stvaranju informacija o ekološkom utjecaju proizvoda.



Slika 1. Postupak izrade EPD-a [1]

### 2.1.1. Odabir relevantnog pravila kategorije proizvoda (PCR-a)

PCR (*engl. Product Category Rules*) osigurava pravila za razvoj EPD-a za određenu kategoriju proizvoda, uključujući upute za temeljno ocjenjivanje životnog ciklusa i drugi sadržaj EPD-a [1]. Već postoje PCR-ovi za mnoge grupe proizvoda, a kontinuirano se razvijaju i ažuriraju. U bazi podataka međunarodnog EPD sustava dostupni su gotovi PCR dokumenti, kao i oni koji su u fazi pripreme. Prilikom planiranja razvoja EPD-a, ključno je ocijeniti potrebu za stvaranjem novog PCR-a te analizirati već postojeće PCR-ove dostupne u drugim programima. Treba napomenuti da već postoji PCR biblioteka za građevne proizvode, a neki od PCR-ova su: c-PCR-001 (cement i građevinsko vapno), c-PCR-002 (keramičke pločice), c-PCR-003 (beton i betonski elementi), c-PCR-004 (elastične, tekstilne i laminatne podne obloge), c-PCR-005 (proizvodi za toplinsku izolaciju) te ostali c-PCR-006 do c-PCR-026.

Svaki PCR se razvija prema međunarodno prihvaćenim smjernicama, zasnivajući se na principima otvorenosti, transparentnosti i uključivanja relevantnih sudionika. U taj proces su uključeni:

- poduzeća i organizacije u suradnji s drugim relevantnim stranama, kao što su trgovačka udruženja i interesne organizacije
- institucije koje obuhvaćaju stručnjake za LCA i EPD, u bliskoj suradnji s poduzećima, trgovačkim udruženjima i interesnim organizacijama
- pojedinačna poduzeća ili organizacije, ukoliko posjeduju potrebne interne kompetencije ili odluče angažirati vanjske stručnjake za LCA i EPD.

Ukoliko je rok važenja PCR-a istekao, moguće ga je ponovno aktivirati i osvježiti, čime se obnavlja njegova važnost za određeni vremenski period. Istekli PCR ne može se primijeniti za stvaranje novog EPD-a niti za ažuriranje postojećeg EPD-a kako bi se produljilo njegovo razdoblje valjanosti. Da bi se koristio u tom kontekstu, istekli PCR mora prvo biti ažuriran ili mu mora biti produljeno trajanje.

Korištenjem PCR-a omogućuje se usporedba podataka koji su upotrijebljeni u LCA i kasnije izraženi u EPD-u sa sličnim proizvodima iste kategorije. PCR, kao temelj dokumentacije, precizno definira funkcionalnu jedinicu, obuhvaćeni opseg, jasno ograničava granice, strukturira inventar životnog ciklusa i kategorizira utjecaje – sve ključne komponente neophodne za LCA analizu. Razvoj PCR dokumenata sam po sebi predstavlja otvoren i iterativan proces koji iziskuje aktivno sudjelovanje institucija, iskusnih LCA stručnjaka, organizacija i pojedinačnih tvrtki. Detaljni sadržaj PCR dokumenta predstavljen je u tablici 1, pružajući strukturiran i koncizan pregled ključnih aspekata.

Tablica 1. Sadržaj PCR dokumenta [4]

1. Definicija i opis kategorije proizvoda
2. Cilj i opseg LCA <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Funkcionalna jedinica</li> <li>▸ Granica sustava</li> <li>▸ Opis podataka</li> <li>▸ Kriteriji za uključivanje ulaza i izlaza</li> <li>▸ Zahtjevi za kvalitetu podataka</li> <li>▸ Jedinice</li> </ul>
3. Analiza inventara <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Prikupljanje podataka</li> <li>▸ Postupci proračuna</li> <li>▸ Raspodjela tokova i ispuštanja materijala i energije</li> </ul>
4. Odabir kategorije utjecaja i pravila za izračun
5. Dodatne informacije o okolišu
6. Materijali i tvari za deklariranje
7. Upute za prikupljanje podataka potrebnih za izradu deklaracije
8. Upute o sadržaju i formatu EPD-a
9. Faze životnog ciklusa koje nisu uključene u EPD
10. Rok valjanosti

### 2.1.2. Provođenje LCA prema PCR-u

U procesu razvoja EPD-a, kada se odredi odgovarajući PCR dokument za kategorizaciju proizvoda, ključan korak je provođenje ocjenjivanja životnog ciklusa. Prije početka LCA, važno je jasno definirati njezin cilj i opseg. Prema *HRN EN ISO 14040:2008/A1:2020*, cilj istraživanja treba definirati:

- planiranu primjenu istraživanja i razlog provođenja studije
- ciljanu publiku, odnosno za koga su namijenjeni rezultati studije
- je li rezultat analize namijenjen usporedbi koja će biti iznesena u izjavi za javnost.

Definiranjem ovih faktora stvara se temeljna platforma za određivanje opsega istraživanja, koja treba obuhvatiti detalje i dubinu analize te istovremeno demonstrirati da ciljevi mogu biti postignuti unutar stvarnih ograničenja. Kod definiranja opsega istraživanja, važno je uzeti u obzir te detaljno opisati sljedeće aspekte: sustav proizvoda, funkcije sustava proizvoda, funkcionalne jedinice, granice sustava, utjecaj na okoliš, zahtjeve kvalitete podataka, pretpostavke i ograničenja, kritički osvrt te vrstu i format izvješća. Jedan od ključnih elemenata pri razvoju opsega jest određivanje funkcionalne jedinice koja predstavlja kvantitativnu mjeru funkcije koju promatrani sustav obavlja. Ova mjera pruža osnovu za razumijevanje povezanosti između ulaznih i izlaznih proizvoda unutar sustava. Njena svrha je olakšati usporedbu između dva različita sustava proizvoda. Granice sustava igraju ključnu ulogu u određivanju koje jedinice procesa trebaju biti uključene u sustav proizvoda, kao i koji ulazi i izlazi trebaju biti obuhvaćeni.

Kada su utvrđeni cilj, opseg, funkcionalna jedinica, granice sustava te ostali nužni parametri za analizu, započinje faza LCI (*engl. Life Cycle Inventory*). U ovoj fazi se usmjerenjem na svaku pojedinu komponentu unutar granica sustava prikupljaju i dokumentiraju kvalitativni i kvantitativni podaci potrebni za izradu inventara. Neovisno o načinu prikupljanja – bilo mjerenjem, proračunom ili procjenom – dobiveni podaci koriste se za kvantificiranje ulaznih i izlaznih varijabli pojedinačnih procesa. Nakon LCI faze, slijedi faza LCIA (*engl. Life Cycle Impact Assessment*) – faza procjene utjecaja životnog ciklusa. Njezin cilj je procijeniti potencijalne utjecaje proizvodnog sustava na okoliš. Sastoji se od obaveznih i izbornih elemenata. U obavezne elemente ubrajaj se: izbor kategorija utjecaja (kategorija pokazatelja i karakterizacija modela), klasifikacija tj. organizacija rezultata inventara u kategorije utjecaja i karakterizacija tj. proračunavanje rezultata pokazatelja kategorija. Izborni elementi obuhvaćaju: normalizaciju, grupiranje i razvrstavanje u određene skupine, vrednovanje i kvalitetu analize podataka. Posljednja faza LCA je interpretacija, čija je svrha donijeti zaključke i preporuke u skladu s definiranim ciljem i opsegom studije. Rezultati analize životnog ciklusa trebaju biti jasni i razumljivi za širu



publiku te nužno uključivati preporuke koje proizlaze iz samih analiza. U slučaju postojanja ključnih ograničenja ili pretpostavki koje bi mogle značajno utjecati na konačne rezultate, te informacije trebaju biti detaljno izložene. Kada su sve faze cjelovite analize životnog ciklusa uspješno provedene i kada su kvantitativni podaci o utjecaju na okoliš strukturirani i kategorizirani prema relevantnim kategorijama utjecaja, moguće je započeti fazu prijenosa LCA u EPD format.

### 2.1.3. Prijenos LCA u EPD format

Jedan od najkritičnijih koraka u razvoju EPD-a je prijenos LCA rezultata u format EPD izvješća. Samostalnu provedbu LCA analize može izvršiti organizacija ili se može angažirati konzultant. U međunarodnom EPD sustavu, zahtjevi za format EPD izvješća odnose se na sadržaj, dok se pruža određena fleksibilnost u oblikovanju i izgledu, pod uvjetom da EPD i dalje sadrži obvezne informacije. Izlazni format EPD-a oblikovan je kao PDF dokument koji obuhvaća nužne informacije prema smjernicama "Općih uputa programa" (*engl. General Programme Instructions, GPI*) i odgovarajućim PCR-om. Unutar ovog formata, EPD mora sadržavati sljedeće ključne dijelove:

- naslovnici
- informacije o proizvodu
- informacije o provedenom postupku
- informacije o utjecajima na okoliš
- dodatne informacije
- izvještaje
- sažetak na engleskom jeziku (u slučaju da je EPD objavljen na drugom jeziku).

Međunarodni EPD sustav nudi mogućnost tvrtkama da slične proizvode na temelju sličnih LCA prikažu istom EPD deklaracijom. Za to moraju biti ispunjeni sljedeći uvjeti:

- slični proizvodi s razlikama između obveznih pokazatelja utjecaja manjim od  $\pm 10\%$
- slični proizvodi s razlikama između obveznih pokazatelja utjecaja većim od  $\pm 10\%$ , ali uz korištenje zasebnih stupaca ili tablica u kojima su prikazane razlike
- „slični proizvodi“ znače da je njihova analiza provedena na temelju istih PCR pravila i da je provedena od iste tvrtke s istim osnovnim procesom [3].

Izjava zaštite okoliša pruža kvantitativne informacije o utjecaju proizvoda ili usluge na ekološki sustav. Da bi se održala dosljednost među različitim proizvođačima koji izdaju izjave o istom proizvodu, od ključne važnosti je usklađivanje sa smjernicama utvrđenim u PCR-u. Prema normi *HRN EN ISO 14025:2010*, postoje dva temeljna pristupa prikaza podataka: inventar životnog ciklusa koji predočuje ulazne i izlazne parametre poput

resursa i emisija, te procjena utjecaja tijekom životnog ciklusa koja koristi ekološke pokazatelje za različite kategorije utjecaja, poput globalnog zatopljenja ili eutrofikacije, ovisno o primijenjenoj metodologiji procjene utjecaja na životni ciklus (LCIA).

#### 2.1.4. LCA/EPD verifikacija

Prije nego što EPD bude objavljen, ključan korak u procesu je provjera od neovisne treće strane. Ovaj postupak osigurava potpunu točnost, pouzdanost i dosljednost EPD-a u skladu s relevantnim PCR-ovima. Verifikacija od strane neovisnih stručnjaka pridonosi integritetu EPD-a te osigurava da informacije o ekološkim karakteristikama proizvoda budu vjerodostojne i povjerljive. Izvješće o verifikaciji pažljivo ocjenjuje usklađenost deklaracije s normama i programskim zahtjevima, te provjerava sve navedene podatke u EPD-u. U slučaju da izvješće o verifikaciji identificira bilo kakve nedostatke ili neusklađenosti, EPD se neće smjeti objaviti. Proces verifikacije jamči visoku razinu vjerodostojnosti i kvalitete EPD-a prije nego što bude dostupan javnosti.

Izjave zaštite okoliša namijenjene su široj javnosti s ciljem osiguranja jasne i autentične platforme za usporedbu proizvoda, temeljene na analizi životnog ciklusa (LCA). U tu svrhu, EPD-ovi primjenjuju posebne smjernice koje olakšavaju potrošačima razumijevanje informacija te omogućuju informiranu procjenu i usporedbu različitih proizvoda. Ovisno o upotrebi, EPD može biti ili "business-to-business" (B-to-B) ili "business-to-consumer" (B-to-C) [5]. Većina EPD-ova svrstava se u kategoriju "business-to-business". Ovi EPD-ovi pružaju informacije o utjecaju na okoliš temeljenom na analizi životnog ciklusa, obuhvaćajući ulazne i izlazne parametre tijekom cijelog procesa proizvodnje. Važno je napomenuti da za takav EPD nije nužna potvrda od neovisne treće strane. No, kod B-to-C EPD-ova, pružaju se podaci o utjecaju na okoliš kroz sve faze životnog ciklusa proizvoda, uključujući proizvodnju, primjenu, korištenje te konačno odlaganje ili recikliranje. Za razliku od prethodno spomenutih, ovakav EPD mora proći potvrdu od neovisne treće strane.

U tablici 2 prikazane su različite razine verifikacije, usklađene s razinom na kojoj se provodi proces verifikacije te s aspektima koji su predmet provjere.

Tablica 2. Razine verifikacije

TIP	Općenito I: Tip III program	PCR pregled	Provjera podataka	Općenito II: Tip III EPD
USKLAĐENOST	ISO 14040 i ISO 14020	ISO 14040 i ISO 14020	Provjera pouzdanosti i potpunosti LCI podataka	Kompletnost LCA podataka i ostalih popratnih informacija o okolišu
RAZINA VERIFIKACIJE	Neovisna verifikacija (unutarnja ili vanjska)	Verificirano od treće strane	Neovisna verifikacija	B-B - neovisna verifikacija B-C - verifikacija od treće strane

### 2.1.5. Registracija i objavljivanje EPD-a

Nakon uspješno provedene verifikacije, EPD prolazi kroz postupak registracije te se zatim pohranjuje u bazu podataka EPD-ova. Uspješnom registracijom, dobivena je službena potvrda koja omogućuje objavljivanje EPD-a. Objava EPD-a znači da se informacije o proizvodu i njegovom utjecaju na okoliš dijele s javnošću. Kada se EPD objavi, organizacija će imati pravo koristiti ga tijekom cijelog razdoblja valjanosti ili dok ne bude poništen. Osim same deklaracije, organizacija će također moći istaknuti logotip Međunarodnog EPD sustava. Ovaj logotip služi kao prepoznatljiv znak koji označava da je proizvod ili usluga bila podvrgnuta detaljnoj analizi životnog ciklusa i da su njezine ekološke karakteristike transparentno prikazane u skladu s međunarodnim normama. Bez obzira na program, svaka Izjava zaštite okoliša (EPD) mora obuhvaćati tri osnovna segmenta informacija:

- Opis proizvoda i informacije o proizvođaču – detaljan opis proizvoda, informacije o proizvođaču ili organizaciji koja je izradila EPD te relevantne tehničke karakteristike proizvoda.
- Podaci o utjecaju na okoliš – informacije o utjecaju proizvoda na okoliš tijekom cijelog njegovog životnog ciklusa, uključujući proizvodnju, upotrebu i odlaganje. Ovi podaci uključuju emisije stakleničkih plinova, potrošnju resursa, otpad i druga okolišna opterećenja.
- Izvješća o provjeri – informacije o samoj provjeri EPD-a, kao i relevantne tehničke podatke i zaključke stručnjaka koji su obavili provjeru.

## 2.2. Sadržaj EPD-a

Izjava zaštite okoliša osmišljena je kao temeljni dokument za transparentno pružanje informacija o ekološkim karakteristikama proizvoda. Njezina struktura i sadržaj pažljivo su oblikovani s ciljem omogućavanja korisnicima da lakše razumiju utjecaj proizvoda na okoliš. Ova dokumentacija pruža cjelovitu analizu ekološkog otiska proizvoda, olakšavajući povećanje svijesti o održivom potrošačkom izboru. Tablica 3 prikazuje komponente koje moraju biti sadržane u Izjavi zaštite okoliša, pružajući opći pregled obrasca EPD-a. Ova tablica pruža pregled općeg izgleda i strukture EPD obrasca, čime se jasno definiraju elementi koji moraju biti prisutni kako bi deklaracija bila cjelovita i informativna.

Tablica 3. Sadržaj i struktura EPD obrasca

1. Ime i adresa proizvođača
2. Opis proizvoda i deklarirana jedinica proizvoda
3. Datum izdavanja EPD-a i rok valjanosti
4. Naziv EPD programa i podaci o operateru programa
5. Reference na PCR, uključujući datum objave PCR-a i razdoblje valjanosti
6. Podaci temeljeni na ocjenjivanju životnog ciklusa (LCI i LCIA podaci): <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Podaci o LCI – ulazni podaci (energija, sirovine, itd.) i izlazni podaci (emisije vode, zraka i tla)</li> <li>▸ Podaci o LCIA – globalno zatopljenje, kisele kiše, eutrofikacija, oštećenje ozonskog omotača, fotokemijska oksidacija, abiotsko iscrpljivanje i ostale kategorije utjecaja</li> </ul>
7. Dodatne informacije o okolišu
8. Standardni komentari o usporedivosti
9. Detalji o procesu verifikacije i tijelu zaduženom za verifikaciju
10. Reference na daljnje informacije

Sve navedene stavke u tablici zajedno doprinose transparentnosti, vjerodostojnosti i pouzdanosti EPD-a kao ključnog izvora ekoloških informacija za širu javnost i relevantne sudionike.

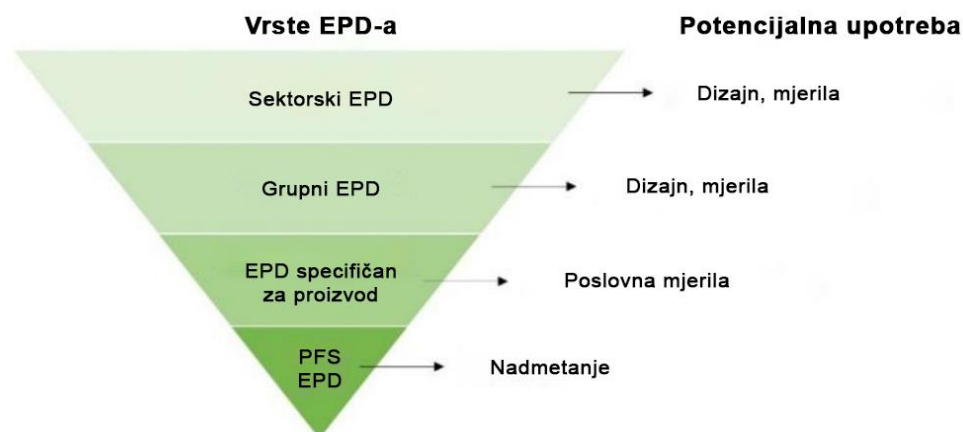
## 2.3. Vrste EPD-a

U današnjem svijetu gdje je održivost postala ključni element u donošenju informiranih odluka, Izjava zaštite okoliša (EPD) igra značajnu ulogu u pružanju pouzdanih informacija o ekološkim karakteristikama proizvoda. U svrhu omogućavanja dubljeg razumijevanja i detaljnije usporedbe ekoloških karakteristika različitih proizvoda, EPD-ovi se često dijele prema dva ključna faktora: specifičnosti i opsegu. Ova podjela pruža naprednu analitičku dubinu te omogućava prilagodbu informacija prema potrebama različitih industrijskih sektora i raznolikih korisničkih skupina.

### 2.3.1. Podjela EPD-a prema specifičnosti

Kada se govori o podjeli EPD-a prema specifičnosti, ulazi se u domenu prilagodbe informacija kako bi se zadovoljile potrebe pojedinih sektora i proizvoda. Svaki proizvod nosi sa sobom svoje jedinstvene karakteristike i utjecaje na okoliš, što znači da univerzalni pristup nije uvijek najučinkovitiji. Ova vrsta podjele omogućava dublju analizu ključnih ekoloških faktora za svaku kategoriju proizvoda. Primjerice, proizvodi iz sektora građevinske industrije imaju bitno različite ekološke karakteristike od proizvoda iz prehrambene industrije. Stoga, podjela prema specifičnosti omogućava dublju analizu materijala, procesa proizvodnje, transporta, uporabe i odlaganja koji su relevantni za određenu kategoriju proizvoda. Kao što je vidljivo na slici 2, EPD se prema specifičnosti dijeli u četiri glavne grupe:

- Sektorski EPD
- Grupni EPD
- EPD specifičan za proizvod
- EPD specifičan za proizvod i građevinu



Slika 2. Vrste EPD-a prema specifičnosti

- Sektorski EPD

Sektorski EPD razvija industrijska udruga i deklarira prosječan proizvod više tvrtki u jasno definiranom sektoru i/ili geografskom području [1]. Za proizvode obuhvaćene sektorskim EPD-om, osigurava se dosljednost putem usklađenosti s istim PCR-om, a također koriste istu funkcionalnu ili deklariranu jedinicu mjerne veličine. Kako bi se osigurala transparentnost, svaka komunikacija o rezultatima sektorskog EPD-a mora jasno istaknuti da su ti rezultati temeljeni na prosjeku dobivenom iz sektora, kako je definirano u samom EPD-u. Ovo je bitno kako bi se izbjegla netočna tvrdnja da su rezultati reprezentativni za specifičnog proizvođača ili proizvod, čime se sprječava da jedan EPD obuhvati više proizvoda ili proizvođača. Primjer jednog takvog sektorskog EPD-a može biti EPD za građevinske materijale. Ponekad se sektorski EPD-ovi popularno nazivaju "prosječnim EPD-ovima", dok se u drugom kontekstu može koristiti naziv "EPD za cijelu industriju" ili "generički EPD". Ovi nazivi odražavaju koncept ovih deklaracija kao reprezentaciju prosječnih karakteristika proizvoda unutar određenih sektora ili industrijskih grana.

- Grupni EPD

Grupni EPD omogućuje da se slični proizvodi istog proizvođača združe u jednoj deklaraciji. Ova praksa primjenjuje se na slične proizvode proizvedene na istim ili različitim lokacijama, pod uvjetom da koriste isti PCR i da imaju slične osnovne proizvodne korake. U takvom scenariju, ti proizvodi mogu biti uključeni u isti EPD, pod uvjetom da razlike u deklariranim ekološkim karakteristikama ne prelaze 10 %. Unutar takvog grupnog EPD-a, objavljuju se rezultati za jedan reprezentativni proizvod. Primjer jednog takvog grupnog EPD-a u građevinskom sektoru može biti EPD za energetske učinkovite prozore. U ovom slučaju, različiti proizvodi (npr. prozori različitih dimenzija ili staklenih obloga) proizvedeni od istog proizvođača mogu biti obuhvaćeni istom deklaracijom. Odabir tog reprezentativnog proizvoda mora biti temeljito obrazložen u samom EPD-u, uz eventualnu uporabu statističkih metoda ako su primjenjive.

- EPD specifičan za proizvod

Jedan od najčešćih EPD-ova je onaj koji je specifičan za pojedinu tvrtku i njezin proizvod. Ova vrsta EPD-a temelji se na relevantnom PCR-u i pruža sveobuhvatne informacije o ekološkim utjecajima na životni ciklus jednog konkretnog proizvoda, ili čak vrlo sličnih proizvoda, od strane istog proizvođača. EPD-ovi koji su specifični za jednu tvrtku pružaju temeljite informacije o okolišnom utjecaju jednog proizvoda od strane jednog proizvođača.

Primjer EPD-a specifičnog za proizvod je EPD za izolacijske panele za krovove, koji pruža detaljne informacije o okolišnom utjecaju ovih panela tijekom njihovog životnog ciklusa. Ova vrsta EPD-a može obuhvatiti i više proizvodnih pogona ili tvornica unutar iste tvrtke. Na primjer, ako proizvođač ima više tvornica širom svijeta koje koriste iste proizvodne procese, moguće je obuhvatiti sve te tvornice pod jednim EPD-om. Ovaj pristup omogućava preciznu i sveobuhvatnu analizu ekoloških performansi proizvoda unutar određene tvrtke.

- EPD specifičan za proizvod i građevinu

EPD-ovi koji su specifični za projekt i proizvod igraju ključnu ulogu kada korisnici EPD-a zahtijevaju precizne podatke za određeni proizvod i projekt, kao što je često slučaj u javnoj nabavi. Ti EPD-ovi omogućavaju prilagođene informacije koje se mogu razlikovati od onih u već verificiranim EPD-ovima. Primjer EPD-a specifičnog za projekt i proizvod u građevinskom sektoru je EPD za energetske učinkovitu obnovu školske zgrade. Specifičan EPD za pojedinačni proizvod proizvođača zasniva se na temeljnom EPD-u za jednu tvrtku i jedan proizvod, koji služi kao osnova za prilagodbu specifičnom projektu ili kontekstu. Ovi EPD-ovi pružaju visoku prilagodljivost i dubinu analize, osiguravajući da korisnici dobiju precizne i relevantne informacije za svoje specifične potrebe.

### 2.3.2. Podjela EPD-a prema opsegu

Podjela EPD-a prema opsegu predstavlja značajan aspekt u osiguravanju preciznih informacija o ekološkim karakteristikama proizvoda. Ova podjela omogućuje dublje razumijevanje utjecaja proizvoda na okoliš kroz analizu različitih stupnjeva obuhvaćenih u deklaracijama. Fokusirajući se na opseg, EPD-ovi se klasificiraju prema obuhvaćenim životnim ciklusima, prostornim granicama i drugim parametrima koji omogućuju korisnicima da donesu informirane odluke temeljene na specifičnostima proizvoda i projekata. U ovom kontekstu, raznolikost podjele EPD-ova prema opsegu pruža korisnicima preciznost i relevantnost potrebnu za usklađivanje s ekološkim ciljevima i zahtjevima različitih industrija i tržišta. Tri ključne kategorije podjele prema opsegu uključuju:

- Cradle-to-Gate (od kolijevke do vrata)
- Cradle-to-Site (od kolijevke do mjesta)
- Cradle-to-Grave (od kolijevke do groba) [6].

Svaka od ovih kategorija omogućuje korisnicima da prilagode analizu prema svojim potrebama i specifičnostima projekata. Kroz podjelu prema opsegu, EPD-ovi postaju

---

snažan alat za informirane odluke koje podržavaju održivost i zaštitu okoliša u različitim industrijama i tržištima.

- Cradle-to-Gate (od kolijevke do vrata)

Cradle-to-Gate analiza, koja se često naziva "od kolijevke do vrata", fokusira se na analizu ekoloških utjecaja koji se javljaju od samog početka proizvodnje do trenutka kada proizvod ulazi u mjesto proizvodnje ili obrade. Ova analiza obuhvaća sve korake i procese koji su potrebni za dobivanje sirovina i materijala te njihovu pripremu za daljnju proizvodnju. Ova vrsta EPD-a uzima u obzir utjecaje koji se generiraju tijekom istraživanja, vađenja i pripreme materijala koji će se koristiti u proizvodnji. Na primjer, može se analizirati utjecaj istraživanja i vađenja nafte ili iskopavanja kamena koji se koristi kao sirovina za proizvodnju. Ova vrsta EPD-a često je posebno korisna u projektima koji se temelje na modelu projektiranje-ponuda-izgradnja (*engl. Design-Bid-Build, DBB*). S obzirom na svoj uski obuhvat od početne proizvodnje do ulaza u proizvodni proces, Cradle-to-Gate EPD omogućuje detaljnu analizu utjecaja u ranim fazama proizvodnje, pružajući vrijedne informacije za projekte.

- Cradle-to-Site (od kolijevke do mjesta)

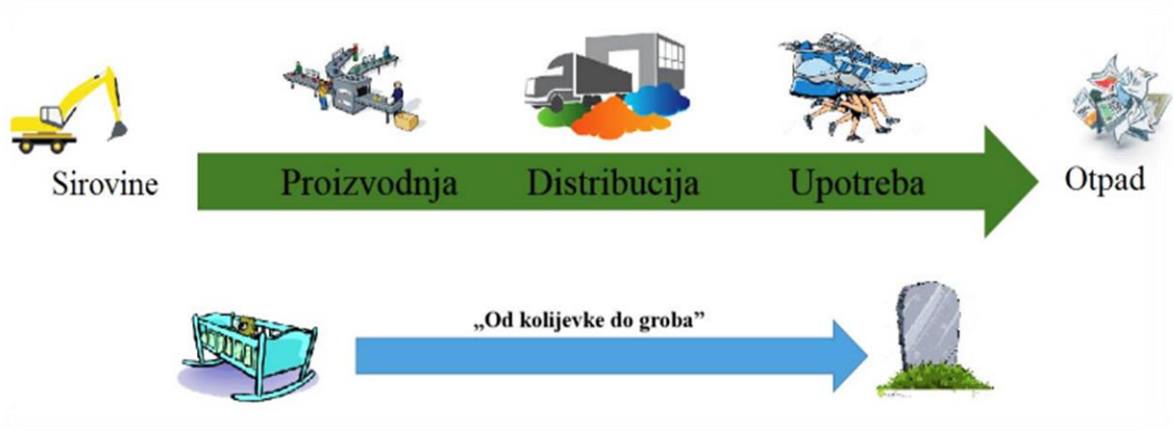
Cradle-to-Site (od kolijevke do mjesta) podjela EPD-a proširuje obuhvat analize na utjecaje koji se javljaju tijekom prijevoza materijala od početne proizvodnje do samog mjesta izgradnje. Ova vrsta EPD-a uzima u obzir ne samo utjecaje samog proizvodnog procesa, već i utjecaje povezane s prijevozom materijala do mjesta gdje će biti korišten. Kao primjer se može navesti EPD za montažne betonske zidove u stambenim projektima. Analiza Cradle-to-Site obuhvaća sve aspekte koji su obuhvaćeni Cradle-to-Gate pristupom, dodajući dodatne faktore kao što su prijevoz i radnje vezane uz izgradnju. Na primjer, osim ekoloških utjecaja proizvodnje, razmatraju se i emisije stvorene tijekom prijevoza materijala do lokacije na kojoj će se koristiti proizvod. Cradle-to-Site EPD je osobito koristan u projektima koji se usredotočuju na fazu projektiranja i izgradnje (*engl. Design-Build, DB*), gdje su prijevoz i izgradnja ključne komponente.

- Cradle-to-Grave (od kolijevke do groba)

Cradle-to-Grave EPD, ili EPD od kolijevke do groba, uključuje cijeli životni ciklus proizvoda, posebno pokrivajući njegovo održavanje i kraj životnog vijeka [7]. On, ne samo da obuhvaća procese proizvodnje i inicijalne ekološke čimbenike, već ide korak dalje, sagledavajući i ekološke čimbenike tijekom dugoročne uporabe, održavanja, te na kraju,



zbrinjavanja proizvoda. Ova vrsta EPD-a posebno je korisna u projektima projektiranje-izgradnja-održavanje (*engl. Design-Build-Maintain, DBM*), gdje je važno imati cjelovitu sliku o utjecajima proizvoda tijekom cijelog njegovog životnog ciklusa. Cradle-to-Grave EPD obično pruža dublju analizu i bolju razlučivost nego druge vrste, jer uključuje niz dodatnih modula koji detaljno procjenjuju različite aspekte ekoloških utjecaja, poput emisija stakleničkih plinova, potrošnje resursa i energetske performansi. Ova vrsta EPD-a nije ograničena na određene industrije i može se primijeniti na širok spektar proizvoda, od građevinskih materijala do elektroničkih uređaja. To omogućuje široku primjenu principa održivosti u različitim sektorima. Na slici 3 može se uočiti koncizan prikaz analize ekoloških utjecaja proizvoda - od kolijevke do groba.



Slika 3. Pristup od kolijevke do groba [8]

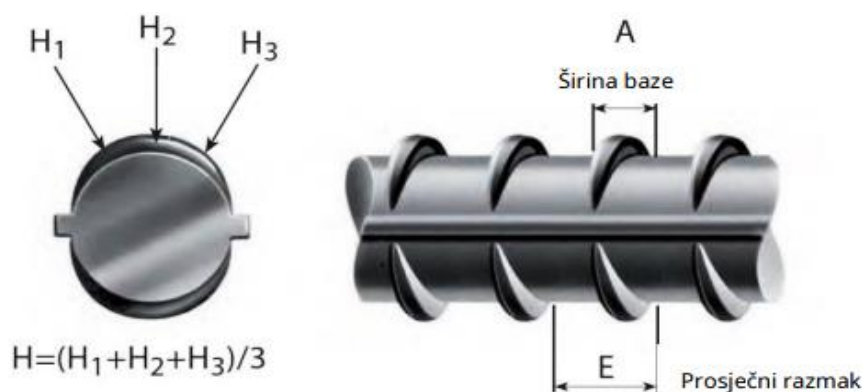
### 3. PRIMJERI EPD-ova ZA GRAĐEVNE PROIZVODE: AGREGAT I ČELIČNA ŠIPKA ZA ARMIRANJE

U suvremenom građevinskom sektoru, sve veći naglasak stavlja se na održivost i ekološki osviješten pristup prilikom odabira materijala i tehnologija. Kako bi se osigurala održiva budućnost, neophodno je razumjeti i procijeniti utjecaj različitih građevnih proizvoda na okoliš. U skladu s tim, EPD-ovi postaju ključni alat za pružanje pouzdanih informacija o ekološkim karakteristikama proizvoda. Ovaj rad usmjerava svoju pažnju na analizu EPD-ova za dva odabrana građevna proizvoda - čeličnu šipku za armiranje i agregat. U nastavku će biti opisani EPD-ovi ovih proizvoda, istražujući njihove ekološke aspekte i doprinos održivosti građevinske industrije. Proučit će se njihov utjecaj na okoliš kroz životni ciklus proizvoda, uključujući proizvodnju, upotrebu i zbrinjavanje. Kroz analizu tih EPD-ova, bit će pružena prilika za dublje razumijevanje kako se ovi građevni proizvodi ocjenjuju prema kriterijima održivosti te kako se mjeri njihov ekološki otisak.

#### 3.1. Primjer EPD-a za čeličnu šipku za armiranje

Vlasnik EPD-a za čeličnu šipku za armiranje, Aceros AZA SA, ugledna je čileanska tvrtka s više od šest desetljeća iskustva u proizvodnji čeličnih proizvoda od recikliranog željeznog otpada [9]. Pozicionira se kao ključni dionik na tržištu u promicanju održivosti i zaštite okoliša u građevinskoj industriji, naglašavajući ekološku održivost svojih proizvoda putem izračunavanja utjecaja na okoliš tijekom životnog ciklusa proizvoda. Rezultati tih analiza dostupni su korisnicima putem EPD-ova, standardiziranih i verificiranih od neovisnih tijela, što potvrđuje njihovu točnost i pouzdanost. Ova tvrtka predstavlja inspirativan primjer kako uspješno kombinirati proizvodnju s dubokim angažmanom u očuvanju okoliša i društvene odgovornosti. Njihove ekološke deklaracije o proizvodima pružaju korisnicima relevantne informacije o ekološkom otisku njihovih proizvoda i omogućuju donošenje informiranih odluka temeljenih na načelima održivosti.

Armaturne šipke AZA za armirani beton predstavljaju proizvode kružnog presjeka s uzdužnim rebrima i rebrima nagnutim oko svoje osi, kao što prikazuje slika 4. Ove armaturne šipke igraju ključnu ulogu u građevinskoj industriji za armiranje različitih betonskih elemenata.



Slika 4. Armaturna čelična šipka [9]

### 3.1.1. Opis proizvodnje armaturnih čeličnih šipki

Proces proizvodnje armaturnih šipki započinje s ulaskom željeznog otpada u tvornicu, gdje prolazi fazu prijema. Tijekom ove faze provodi se temeljita provjera kako bi se osiguralo da nema prisutnosti zagađivača ili opasnih elemenata. Nakon toga, sirovina se razvrstava u tri osnovne kategorije: gotovi otpad, kisik i materijal za prešu. Gotovi otpad dalje se obrađuje u preši kako bi se smanjila njegova veličina, a elektromagnetizmom se odvajaju željezni materijali. Otpad se potom usmjerava prema elektrolučnoj peći gdje će se topiti metal. U ovoj fazi, rastaljeni metal ulijeva se u peć i dodaju se ferolegure, gorivo (antracit) i vapno. Tijekom taljenja otpada, čelik postiže visoku temperaturu od  $1630^{\circ}\text{C}$ , uz dodatak kisika koji aktivira proces i stvara crnu zguru koja sadrži čelične nečistoće. Nakon što se čelik potpuno istopi, izlijeva se u posebnu peć s loncem, gdje se provodi proces rafiniranja. U ovom postupku, sadržaj ugljika i fosfora kontrolirano se smanjuje dodavanjem kisika, stvarajući talog poznat kao bijela zgura. Kada se postigne željeni kemijski sastav i temperatura čelika, može započeti proces kontinuiranog lijevanja. U ovom koraku, sadržaj iz lonca se izlijeva u ulivnik, a zatim se punjenje obavlja u nekoliko vodenih hladjenih kalupa za ingote. Ovi kalupi oblikuju polugotove proizvode poznate kao gredice. Gredice se dalje pregledavaju kako bi se otkrili površinski nedostaci. Gredice koje prođu provjeru se odvajaju, identificiraju i pohranjuju za daljnju obradu. U sljedećem koraku, gredice prolaze kroz peć za valjanje, gdje se ponovno zagrijavaju na temperaturu između  $1000^{\circ}\text{C}$  i  $1200^{\circ}\text{C}$ . Nakon toga ulaze u valjaonicu kako bi se oblikovale u čelične šipke za armiranje. Proizvodi se zatim hlade i pakiraju za komercijalnu distribuciju.

### 3.1.2. Opis modula za armaturnu čeličnu šipku

Opseg analize uključuje module životnog vijeka proizvoda pod oznakama A1-A4, C2-C4 i D, a detalji o aspektima koji se analiziraju u svakom modulu navedeni su u nastavku:

- *Modul A1 – Nabava sirovina*

Ovaj segment analize usredotočuje se na fazu opskrbe sirovinama, što obuhvaća procese vađenja i prerade sirovina, mogućnost ponovne uporabe proizvoda ili materijala, proizvodnju električne energije i preradu sekundarnih sirovina. U procesu proizvodnje armaturnih čeličnih šipki važno je napomenuti da se kao glavna sirovina koristi čelični otpad. Ovaj otpad potječe iz različitih izvora, uključujući građevni otpad i industrijske strojeve. Sirovina se prikuplja s četiri različite distribucijske točke smještene u gradovima Iquique, Santiago, Concepción i Temuco.

- *Modul A2 – Prijevoz materijala*

Faza A2 odnosi se na prijevoz sirovina, a u kontekstu tvrtke AZA analizira se prijevoz sirovina za tvornice Colina i Renci, kako kopnenim, tako i morskim putem. Također se razmatra prijevoz otpada iz tvornica smještenih u Iquiqueu, Santiagu, Concepciónu i Temucu. Ova faza uključuje obračun prijevoza goriva, ambalaže i otpada. AZA je pružila informacije o dobavljačima, njihovim lokacijama i količinama sirovina koje su nabavili. Uz to, za procjenu kopnenih udaljenosti koristila se usluga Google Maps, dok je za pomorski prijevoz korišten Searates. Kada je riječ o prijevozu gredica iz tvornice Colina u Rencu, tvrtka je pružila podatke o masi gredica koje su otpremljene, a Google Maps je poslužio za izračun udaljenosti [9].

- *Modul A3 – Proizvodnja*

Faza A3 je usmjerena na analizu različitih emisija iz procesa transformacije sirovina, kao i obradu tih emisija. Ova faza obuhvaća praćenje krutog otpada koji se šalje na odlagalište i identifikaciju plinovitih emisija koje proizlaze iz različitih aktivnosti tijekom životnog ciklusa proizvoda. To uključuje plinove poput CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i ostale plinove koji su identificirani tijekom detaljne analize.

- *Modul A4 – Prijevoz na gradilište*

Ova faza se bavi analizom prijevoza proizvoda od tvrtke Aceros AZA do gradilišta na kojima se koriste. Za armaturne šipke, prosječna udaljenost iznosila je 305 kilometara. [9]

- *Modul A5 – Ugradnja*

Faza A5 usredotočuje se na ugradnju proizvoda. U ovoj fazi neće se uzimati u obzir pomoćni materijali, korištenje vode, resursi i energija tijekom ugradnje. Materijalni otpad također nije uključen u analizu. Međutim, kada su u pitanju izlazi materijala, analizira se pakiranje proizvoda nakon što su dostavljeni na gradilište. To uključuje upotrebu različitih materijala kao što su trake, pečati, naljepnice i igle za pakiranje ili označavanje proizvoda.

- *Modul C2, C3 i C4 – Prijevoz materijala, prerada otpada, odlaganje*

Ova faza analizira prijevoz čelika od gradilišta do mjesta obrade. Prema podacima iz Registra ispuštanja i prijenosa onečišćujućih tvari (PRTR) Ministarstva zaštite okoliša Čilea za 2020. godinu, nastalo je ukupno 1005 tona čeličnog otpada iz građevinske industrije. Od tog ukupnog otpada, 2,2 % odvezeno je na komunalno odlagalište, dok je reciklirano impresivnih 97,8 %. U slučaju recikliranja, pretpostavlja se da se čitava količina recikliranog otpada vraća kao sirovina u Aceros AZA, što pokazuje njihovu predanost održivom pristupu i recikliranju materijala.

- *Modul D - Ponovno korištenje, upotreba, recikliranje*

Važno je naglasiti da je modul D izvan granica sustava analize. Proračun utjecaja modula D na okoliš temelji se na normama *EN 15804* i *PCR 2019:14*. Utjecaji na okoliš koji su navedeni u modulu D mogu varirati, budući da ovise o konkretnim scenarijima i pretpostavkama. U tom smislu, utjecaji modula D na okoliš mogu biti pozitivni ili negativni, ovisno o razmatranim situacijama. Općenito, utjecaji modula D na okoliš smatraju se pozitivnima (što znači da predstavljaju opterećenje za okoliš) kada količina materijala koja ulazi u sustav proizvoda premašuje količinu materijala koja napušta sustav proizvoda radi recikliranja. Ova situacija bila je identificirana i dokumentirana u istraživanju Leroya i suradnika (2019), posebno za građevinske metale, te je u skladu sa scenarijem koji se primjenjuje na čelik tvrtke AZA.

### 3.1.3. Pokazatelji utjecaja na okoliš

Uvod u ključne pokazatelje utjecaja na okoliš nalazi se u nastavku. Za svaki pokazatelj, istaknut je njegov najvažniji učinak, a skraćenice u zgradama odgovaraju oznakama u narednim tablicama rezultata.

- *Klimatske promjene (GWP-total, GWP-fossil, GWP-biogenic, GWP-luluc)*

Mjera emisije stakleničkih plinova, kao što su CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>, igra ključnu ulogu u ocjeni utjecaja na okoliš. Ove emisije uzrokuju povećanje apsorpcije zračenja koje emitira Zemlja, što dovodi do pojačanog prirodnog efekta staklenika. Taj proces može imati negativne posljedice na zdravlje ekosustava, ljudi i materijalnu dobrobit. Kako bi se bolje razumio taj utjecaj, koristi se nekoliko pokazatelja potencijalnog globalnog zagrijavanja (GWP), uključujući GWP-ukupni, GWP-fosilni, GWP-biogeni i GWP promjenu korištenja zemljišta. Ovi pokazatelji pomažu da bi se procijenili različiti aspekti emisija stakleničkih plinova i njihov utjecaj na planetu.

- *Potencijal oštećenja ozonskog omotača (ODP)*

Oštećenje ozonskog omotača ima ozbiljne posljedice, uključujući povećanje razina UVB ultraljubičastih zraka na Zemljinu površinu. To može prouzročiti štetne učinke na ljude i biljke. Kako bi se procijenio utjecaj emisija na ozonski omotač, koristi se mjera poznata kao *potencijal oštećenja ozonskog omotača*. To pomaže razumjeti kako emisije doprinose smanjenju ozonskog omotača u stratosferi i njegovim negativnim učincima.

- *Potencijal zakiseljavanja (AP)*

Potencijal zakiseljavanja je mjera emisija koje uzrokuju zakiseljavanje okoliša. Potencijal zakiseljavanja molekule ukazuje na njenu sposobnost povećanja koncentracije vodikovih iona (H<sup>+</sup>) u prisutnosti vode, čime se smanjuje pH vrijednost. Potencijalni učinci uključuju smrtnost riba, propadanje šuma i propadanje građevinskih materijala.

- *Potencijal eutrofikacije (EP-fw, EP-fm, EP-tr)*

Eutrofikacija obuhvaća sve potencijalne utjecaje izrazito visokih razina makronutrijenata, pri čemu su najvažniji dušik (N) i fosfor (P). U vodenim ekosustavima gdje se ovaj pojam najčešće primjenjuje, to obično opisuje degradaciju kvalitete vode. Eutrofikacija može rezultirati nepoželjnim promjenama u vrstama koje uspijevaju i povećanjem proizvodnje biomase. Budući da razgradnja biomase troši kisik, eutrofikacija može smanjiti dostupnu razinu kisika u stupcu vode i prijetiti ribama u njihovoj sposobnosti za disanje.

- *Fotokemijski potencijal stvaranja ozona (POCP)*

Potencijal za stvaranje fotokemijskog ozona pruža naznaku emisija prekursora koji doprinose stvaranju smoga na razini tla, uglavnom ozona (O<sub>3</sub>). Ozon na razini tla može biti štetan za ljudsko zdravlje i ekosustave te može oštetiti usjeve. Ove emisije proizvode se reakcijom hlapljivih organskih spojeva i ugljičnog monoksida u prisutnosti dušičnih oksida i UV svjetla.

- *Iscrpljivanje abiotskih resursa (ADP-mm i ADP-fossil)*

Potrošnja neobnovljivih resursa smanjuje dostupnost tih resursa i njihovih povezanih funkcija u budućnosti. Iscrpljenje mineralnih resursa i neobnovljivih energetske resursa zasebno se izvješćuje. Iscrpljenje mineralnih resursa procjenjuje se na temelju ukupnih rezervi.

- *Potencijal iscrpljivanja vode (WDP)*

Potencijal iscrpljivanja vode je mjera koja se koristi za procjenu koliko određena aktivnost ili proizvodnja doprinosi iscrpljivanju dostupnih vodnih resursa. Ova mjera pomaže identificirati koliko se vode koristi ili iscrpljuje kao posljedica određene djelatnosti ili proizvoda te kako to iscrpljivanje može utjecati na dostupnost vode u određenom području ili regiji.

### 3.1.4. Pokazatelji korištenja resursa

Pokazatelji korištenja resursa prate potrošnju različitih vrsta resursa, uključujući obnovljive i neobnovljive materijalne resurse, obnovljivu i neobnovljivu primarnu energiju te vodu. Skraćenice koje se koriste za označavanje tih resursa objašnjene su u nastavku kako bi se olakšalo razumijevanje i interpretacija podataka u tablicama.

- PERE - korištenje obnovljive primarne energije, isključujući obnovljive izvore primarne energije koji se koriste kao sirovine
- PERM - korištenje obnovljivih primarnih izvora energije koji se koriste kao sirovine
- PERT - ukupna upotreba obnovljivih izvora primarne energije
- PENRE - korištenje neobnovljive primarne energije, isključujući neobnovljive izvore primarne energije koji se koriste kao sirovine
- PENRM - korištenje neobnovljivih primarnih izvora energije koji se koriste kao sirovine

- PENRT - ukupna upotreba neobnovljivih primarnih energetske resursa
- SM - korištenje sekundarnog materijala
- RSF - korištenje obnovljivih sekundarnih goriva
- NRSF - korištenje neobnovljivih sekundarnih goriva
- FW - ukupna potrošnja neto slatke vode

### 3.1.5. Rezultati analize

EPD rezultati odgovaraju prosječnim vrijednostima jedne godine proizvodnje Aceros AZA. Oni pružaju uvid u učinkovitost zaštite okoliša tvrtke, kao i količinu otpada i izlaznih tokova koji se generiraju tijekom tog procesa, a detaljnije je moguće vidjeti u tablicama 4 i 5.

Tablica 4. Potencijalni utjecaj na okoliš za 1 tonu armaturne šipke [9]

Pokazatelj	Jedinica	A1	A2	A3	Ukupno (A1-A3)	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
GWP-fossil	kg CO <sub>2</sub> eq.	1.35E+02	6.82E+01	8.22E+01	2.86E+02	5.30E+01	1.40E-02	0.00E+00	5.19E+01	5.61E+01	9.42E-02	3.01E+01
GWP-biogenic	kg CO <sub>2</sub> eq.	2.62E-01	2.31E-02	4.52E-01	7.37E-01	2.04E-02	1.32E-04	0.00E+00	1.99E-02	1.56E-02	3.04E-04	-1.38E-01
GWP-luluc	kg CO <sub>2</sub> eq.	3.24E-02	2.60E-02	4.33E-03	6.28E-02	1.90E-02	5.47E-06	0.00E+00	1.86E-02	4.42E-03	1.85E-05	1.22E-02
GWP-total	kg CO <sub>2</sub> eq.	1.36E+02	6.82E+01	8.27E+01	2.87E+02	5.30E+01	1.42E-02	0.00E+00	5.19E+01	5.61E+01	9.45E-02	3.01E+01
ODP	kg CFC 11 eq.	1.50E-05	1.47E-05	1.04E-06	3.08E-05	1.15E-05	3.77E-09	0.00E+00	1.13E-05	1.21E-05	4.59E-08	1.21E-06
AP	mol H <sup>+</sup> eq.	6.55E-01	4.14E-01	1.67E-01	1.24E+00	2.20E-01	1.04E-04	0.00E+00	2.16E-01	5.86E-01	9.19E-04	1.32E-01
EP-freshwater	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	2.65E-01	6.18E-02	5.11E-02	3.78E-01	4.04E-02	4.06E-04	0.00E+00	3.95E-02	9.75E-02	1.52E-04	1.74E-01
EP-freshwater	kg P eq.	6.65E-02	5.52E-03	5.22E-03	7.72E-02	4.45E-03	3.01E-06	0.00E+00	4.36E-03	2.01E-03	6.62E-06	1.49E-02
EP-marine	kg N eq.	1.56E-01	1.14E-01	7.90E-02	3.50E-01	6.47E-02	3.55E-05	0.00E+00	6.34E-02	2.59E-01	3.46E-04	2.69E-02
EP-terrestrial	mol N eq.	1.64E+00	1.26E+00	8.52E-01	3.75E+00	7.07E-01	3.87E-04	0.00E+00	6.93E-01	2.84E+00	3.80E-03	-5.33E-02
POCP	kg NMVOC eq.	5.07E-01	3.64E-01	2.06E-01	1.08E+00	2.16E-01	1.12E-04	0.00E+00	2.11E-01	7.81E-01	1.09E-03	1.57E-01
ADP-minerals&metals*	kg Sb eq.	9.77E-04	1.71E-03	7.07E-04	3.39E-03	1.39E-03	1.30E-07	0.00E+00	1.36E-03	8.60E-05	8.33E-07	9.66E-05
ADP-fossil*	MJ	2.93E+03	9.96E+02	9.30E+01	4.02E+03	7.81E+02	2.85E-01	0.00E+00	7.65E+02	7.72E+02	3.04E+00	2.84E+02
WDP	m <sup>3</sup> eq	1.58E+03	3.12E+00	2.70E+01	1.61E+03	2.53E+00	1.23E-02	0.00E+00	2.47E+00	1.03E+00	9.21E-03	-2.25E+01



Tablica 5. Korištenje resursa za 1 tonu armaturne šipke [9]

Pokazatelj	Jedinica	A1	A2	A3	Ukupno (A1-A3)	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
PERE	MJ	2.63E+03	1.09E+01	3.76E+00	2.64E+03	8.72E+00	4.67E-03	0.00E+00	8.54E+00	4.27E+00	2.13E+00	0.00E+00
PERM	MJ	9.50E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.50E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
PERT	MJ	2.64E+03	1.09E+01	3.76E+00	2.65E+03	8.72E+00	4.67E-03	0.00E+00	8.54E+00	4.27E+00	2.13E+00	0.00E+00
PENRE	MJ	2.68E+03	1.06E+03	9.88E+01	3.83E+03	8.29E+02	3.03E-01	0.00E+00	8.12E+02	8.38E+02	1.47E+02	0.00E+00
PENRM	MJ.	5.05E+02	0.00E+00	0.00E+00	5.05E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
PENRT	MJ	3.18E+03	1.06E+03	9.88E+01	4.34E+03	8.29E+02	3.03E-01	0.00E+00	8.12E+02	8.38E+02	1.47E+02	0.00E+00
SM	kg	1.13E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
RSF	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NRSF	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
FW	m <sup>3</sup>	4.89E-03	1.04E-04	3.17E-04	5.31E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

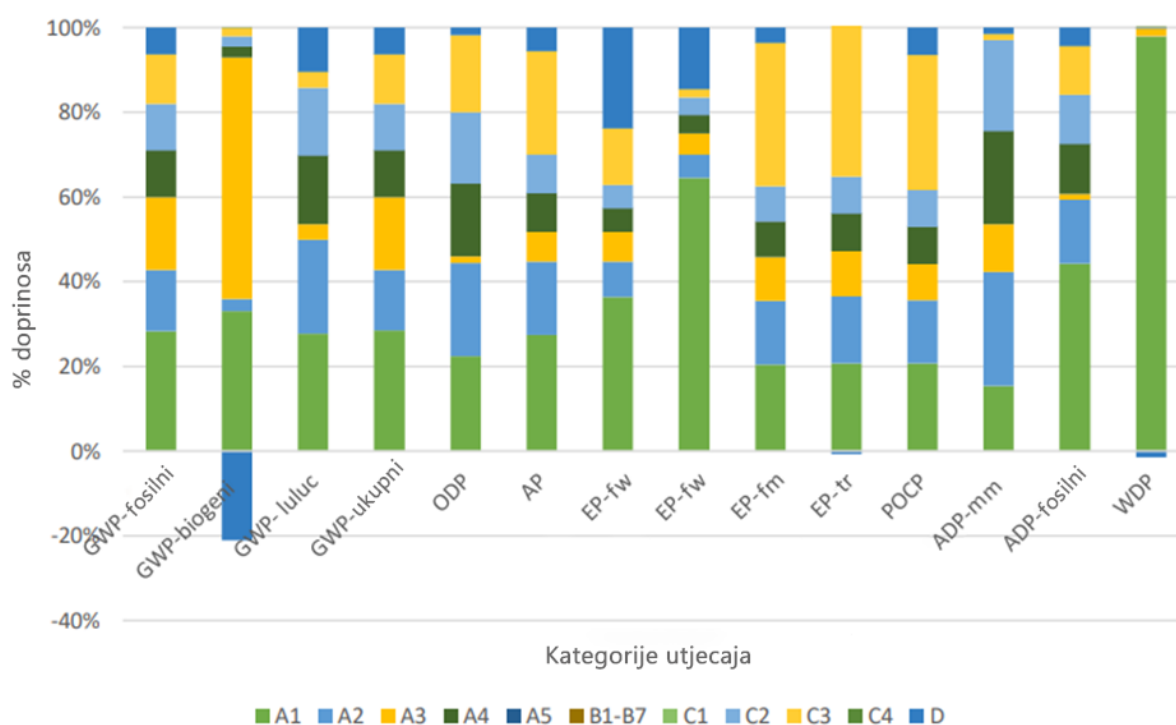
### 3.1.6. Tumačenje rezultata

Kao što je vidljivo na prethodnim slikama, moduli A1, A2 i A3 generiraju najznačajniji utjecaj na okoliš, s udjelom većim od 44 % u svim analiziranim kategorijama utjecaja. Važno je napomenuti da se 97 % armaturnih šipki proizvodi u Colini, dok se 3 % proizvodi u tvornici Renca. Klimatski utjecaj 1 tone armaturnih šipki iz Coline iznosi 286 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta, dok za 1 tonu armaturnih šipki iz Renca iznosi 310 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta. Težinska prosječna vrijednost iznosi 287 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta, uz razliku od 8 % između dviju tvornica. Ova vrijednost pokazuje smanjenje od 63 % u usporedbi s EPD-om od prethodno proizvedenih armaturnih šipki, što doprinosi smanjenju emisija stakleničkih plinova [9].

Na području Čilea pronađen je samo jedan EPD za armaturne šipke, temeljen na ovom PCR-u, što omogućuje usporedbu utjecaja modula A1-A3. Uspoređujući utjecaje ugljičnog otiska s ovom tvrtkom, utvrđeno je da su otprilike 80 % manji. Razlike su u tome što ova tvrtka proizvodi armaturne šipke iz ekstrakcije željeza, povezana je s nacionalnim električnim sustavom i nema 100 % obnovljivu matricu.

Na slici 5 vidljivo je da su kategorije utjecaja s najvećim značajem u modulu A1 globalno zatopljenje - fosilno gorivo (kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta), globalno zatopljenje - LULUC (kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta), smanjenje ozonskog omotača (kg CFC 11 ekvivalenta), zakiseljavanje (mol H<sup>+</sup> ekvivalenta), eutrofikacija slatke vode, iscrpljenje abiotičkih resursa - fosilna goriva i

nestašica vode. Faza prijevoza (A2) generira relevantne utjecaje u kategorijama iscrpljenja minerala i metala (27 %), smanjenja ozonskog omotača (22 %), globalnog zatopljenja - LULUC (22 %) i zakiseljavanja (17 %). Također, u fazi A2, prijevoz otpada generira najznačajniji doprinos jer otprilike 22 % otpada dolazi iz centara za prikupljanje u Iquiqueu, Temucu i Coyhaiqueu, koji prikupljaju otpad iz obližnjih sektora prije prijevoza u tvornicu u Colini. Ovaj otpad putuje u prosjeku 823 km. Preostalih 78 % dolazi izravno do tvornice u Colini, putujući u prosjeku 163 km. U analizi modula A5, faza izgradnje ne pokazuje značajnu točku utjecaja na okoliš za bilo koju od proučavanih kategorija utjecaja, doprinoseći manje od 1 %. U slučaju modula A4, najviše pogođene kategorije su iscrpljivanje metala i minerala, smanjenje ozonskog omotača i globalno zatopljenje - LULUC s udjelima od 22 %, 17 % i 16 %. U okviru stadija završetka upotrebe, faza C3 upravljanja otpadom predstavlja ključnu točku za kopnenu eutrofikaciju, morsku eutrofikaciju, formiranje troposferskog ozona i zakiseljavanje, s udjelima od 36 %, 34 %, 32 % i 25 % redom. Supstanca koja najviše pridonosi tim kategorijama utjecaja su dušični oksidi, koji se emitiraju sagorijevanjem dizelskog goriva tijekom procesa recikliranja otpada od metala.



Slika 5. Doprinos po stupnjevima za 1 tonu armaturne šipke [9]

## 3.2. Primjer EPD-a za agregat

Tvrtka Hirock Ltd, smještena na sjevernom otoku Novog Zelanda, osnovana je u kolovozu 2020. godine, kao dio grupe tvrtki Higgins Family Holdings Ltd i upravlja s pet aluvijalnih kopnenih kamenoloma te jednim mjestom Hardrock [10]. Hirock je usmjeren na proizvodnju visokokvalitetnih agregata kako bi zadovoljio potrebe različitih sektora u građevinarstvu. Većinu betonskih agregata i pijeska za beton proizvodi i distribuira putem betonskih postrojenja, koristeći Hirockov transportni vojni park kamiona i prikolica. Tvrtka Hirock prepoznaje važnost održivog pristupa upravljanju resursima te se njihov okvir održivosti temelji na smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, društvenoj održivosti i zaštiti voda. Hirock se obvezao smanjiti emisije CO<sub>2</sub> tijekom cijelog lanca opskrbe, reciklira beton i staklo pomoću svoje moderne flote mobilnih drobilica i ponovno koristi reciklirane proizvode kako bi smanjio otpad. Također, na području vozila, Hirock radi na povećanju učinkovitosti i smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, uključujući odabir električnih i hibridnih vozila kad god je to moguće. Društvena održivost izuzetno je važna za njih. Tvrtka se posvećuje brizi o dobrobiti svojih zaposlenika. Kako bi podržala njihovo mentalno zdravlje, omogućuje besplatan pristup programu Groov, koji podržava mentalnu dobrobit. Također, pruža mladićima priliku za stjecanje radnog iskustva i put prema ulasku u industriju. Hirock Ltd primjenjuje održiv pristup i u očuvanju vode. Tvrtka održava bazene za kontrolu erozije i sedimentacije na svim svojim lokacijama koji omogućuju obradu i ponovnu upotrebu površinske vode, kao i vode koja potječe iz procesa proizvodnje. Sve vrste vode, uključujući i sakupljenu kišnicu, recikliraju se i vraćaju u procese proizvodnje betona i pranja na svakoj lokaciji.

### 3.2.1. Postupak proizvodnje

- *Tvrđi kamen*

Proces vađenja tvrdog kamena počinje bušenjem i miniranjem kako bi se iz tvrdih stijena dobila sirovina za daljnju obradu. Nakon ekstrakcije, sirovina se šalje na postrojenje za drobljenje i sito. Ovdje se sirovina drobi i razvrstava prema potrebama i specifikacijama. Nakon obrade, agregati prolaze kroz strogu kontrolu kvalitete kako bi se osigurala njihova visoka kvaliteta i usklađenost s normama. Zatim se agregati prevoze do kupaca i dostavljaju prema njihovim zahtjevima.

- *Aluvijalni materijal*

Obrada aluvijalnog materijala ne zahtijeva bušenje ili miniranje, jer se aluvijalna nalazišta iskopavaju pomoću prednjeg utovarivača ili bagera. Nakon što se izdvoji aluvijalni materijal, ostatak procesa ostaje nepromijenjen. Tijekom ovog procesa, sirovina se prvo izvlači iz nalazišta, a zatim se prevozi na odredište gdje se izvodi drobljenje i prosijavanje kako bi se osigurala kvaliteta materijala. Svaki korak podložan je strogoj kontroli kvalitete kako bi se osiguralo da proizvodi udovoljavaju potrebama kupaca. Nakon postizanja visokih standarda kvalitete, materijali se prevoze do kupaca, pružajući im pouzdan izvor sirovina.

### 3.2.2. Opis modula za agregate

Ovo je EPD tipa *od kolijevke do vrata*, što znači da je modelirana samo proizvodnja. Faza proizvodnje (moduli A1-A3) obuhvaća sve korake u proizvodnji agregata ili pijeska, počevši od početka procesa do konačnog proizvoda, prateći osnovne tokove i tokove proizvoda.

- *Modul A1 – Opskrba sirovinama*

Vađenje stijena i pijeska iz kamenoloma igra ključnu ulogu u proizvodnji visokokvalitetnih agregata. U slučaju tvrdih stijena, primjenjuju se eksplozivi kako bi se stijene učinkovito odvojile od zidova jame. Ovaj proces omogućuje pristup vrijednim sirovinama koje će kasnije poslužiti kao temelj za razne građevinske projekte. Važno je razmotriti i aspekt proizvodnje električne energije i topline iz primarnih energetske resursa, kao što je prirodni plin. Ovaj proces ne obuhvaća samo stvarnu generaciju energije, već i kompleksan lanac aktivnosti koji uključuje ekstrakciju, preradu i prijevoz ovih resursa. Osim toga, energija se također koristi za opskrbu sirovinama koje se koriste u proizvodnom procesu, kao i za samu proizvodnju u osnovnom procesu.

- *Modul A2 – Unutarnji prijevoz materijala*

Prijenos miniranih ili izvađenih stijena iz kamenoloma do postrojenja za obradu stijena ključan je korak u procesu dobivanja kvalitetnih agregata. Ovaj korak obuhvaća premještanje ogromnih količina materijala od samog izvorišta do mjesta na kojem će se izvršiti obrada i priprema za daljnju upotrebu.

- Modul A3 - Proizvodnja

Sirovine poput kamena i pijeska prolaze kroz niz ključnih koraka kako bi postale prikladne za različite građevinske projekte. Prvi korak je prosijavanje, tijekom kojeg se stijene i pijesak filtriraju i razvrstavaju prema njihovoj veličini i kvaliteti. Nakon toga, veći komadi stijena drobe se na manje dijelove odgovarajuće veličine. U nekim slučajevima materijali se peru kako bi se uklonile nečistoće poput gline, poboljšavajući tako njihovu čistoću i kvalitetu. Kroz ovaj proces, materijali se prevoze između različitih faza obrade pomoću prijevoznih traka. Ovaj proces osigurava visokokvalitetne materijale za različite građevinske primjene, uključujući ceste, betoniranje i mnoge druge projekte.

### 3.2.3. Rezultati analize

Ovaj EPD pokriva proizvode od agregata i pijeska koje proizvodi tvrtka Hirock u 4 različita kamenoloma, a dvije vrste kamenoloma uključene su u ovu studiju o životnom ciklusu: kamenolomi tvrdog kamena i kamenolomi aluvijalnog materijala. Kamenolom Linton je kamenolom tvrdog kamena, a kamenolomi Te Matai, Dannevirke i Pahiatua su kamenolomi aluvijalnog materijala. Deklarirana jedinica proizvoda je jedna tona agregata. U tablicama 6, 7, 8 i 9 nalaze se podaci o utjecaju na okoliš i podaci o korištenju resursa za kamenolome Linton i Te Matai.

Tablica 6. Pokazatelji utjecaja na okoliš za 1 tonu agregata - kamenolom Linton [10]

Pokazatelj	Jedinica	ANP	ASP	ATPW
<b>Environmental impact indicators - EN15804+A2</b>				
GWP-total	kg CO <sub>2</sub> -eq.	4.09	7.05	8.65
GWP-fossil	kg CO <sub>2</sub> -eq.	3.91	6.75	8.29
GWP-biogenic	kg CO <sub>2</sub> -eq.	0.172	0.297	0.360
GWP-luluc	kg CO <sub>2</sub> -eq.	4.12E-05	7.30E-05	1.19E-04
ODP	kg CFC11-eq.	3.94E-13	6.91E-13	1.04E-12
AP	Mole of H <sup>+</sup> eq.	0.0221	0.0257	0.0280
EP-fw	kg P eq.	8.28E-07	1.31E-06	2.00E-06
EP-m	kg N eq.	0.0111	0.0124	0.0132
EP-tr	Mole of N eq.	0.121	0.136	0.145
POCP	kg NMVOC eq.	0.0294	0.0331	0.0352
ADP-mm*	kg Sb-eq.	5.62E-08	1.10E-07	1.59E-07
ADP-fossil*	MJ	54.5	93.7	114
WDP*	m <sup>3</sup> world equiv.	8.46	8.48	1,240

Tablica 7. Pokazatelji korištenja resursa za 1 tonu agregata - kamenolom Linton [10]

Pokazatelj	Jedinica	ANP	ASP	ATPW
<b>Resource use indicators</b>				
PERE	MJ	1.62	1.81	7.76
PERM	MJ	0	0	0
PERT	MJ	1.62	1.81	7.76
PENRE	MJ	54.5	93.7	114
PENRM	MJ	0	0	0
PENRT	MJ	54.5	93.7	114
SM	kg	0	0	0
RSF	MJ	0	0	0
NRSF	MJ	0	0	0
FW	m <sup>3</sup>	0.0121	0.0125	1.23

Tablica 8. Pokazatelji utjecaja na okoliš za 1 tonu agregata - kamenolom Te Matai [10]

Pokazatelj	Jedinica	ASP	ASPW	ATP	AQP	AQPW
<b>Environmental impact indicators - EN15804+A2</b>						
GWP-total	kg CO <sub>2</sub> -eq.	2.39	2.45	3.10	3.77	3.82
GWP-fossil	kg CO <sub>2</sub> -eq.	2.30	2.35	2.98	3.62	3.68
GWP-biogenic	kg CO <sub>2</sub> -eq.	0.0945	0.0951	0.122	0.148	0.148
GWP-luluc	kg CO <sub>2</sub> -eq.	5.76E-05	7.24E-05	8.24E-05	1.07E-04	1.22E-04
ODP	kg CFC11-eq.	4.75E-13	5.78E-13	6.64E-13	8.47E-13	9.49E-13
AP	Mole of H <sup>+</sup> eq.	0.00716	0.00738	0.00820	0.00899	0.00921
EP-fw	kg P eq.	9.13E-07	1.13E-06	1.28E-06	1.65E-06	1.87E-06
EP-m	kg N eq.	0.00327	0.00333	0.00364	0.00387	0.00394
EP-tr	Mole of N eq.	0.0363	0.0372	0.0406	0.0434	0.0443
POCP	kg NMVOC eq.	0.00871	0.00887	0.00969	0.0103	0.0105
ADP-mm*	kg Sb-eq.	6.25E-08	7.38E-08	8.77E-08	1.12E-07	1.24E-07
ADP-fossil*	MJ	30.8	31.4	40.0	48.6	49.1
WDP*	m <sup>3</sup> world equiv.	74.3	1,520	74.4	74.5	1,520

Tablica 9. Pokazatelji korištenja resursa za 1 tonu agregata - kamenolom Te Matai [10]

Pokazatelj	Jedinica	ASP	ASPW	ATP	AQP	AQPW
<b>Resource use indicators</b>						
PERE	MJ	7.23	10.2	10.8	14.4	17.3
PERM	MJ	0	0	0	0	0
PERT	MJ	7.23	10.2	10.8	14.4	17.3
PENRE	MJ	30.8	31.4	40.0	48.6	49.1
PENRM	MJ	0	0	0	0	0
PENRT	MJ	30.8	31.4	40.0	48.6	49.1
SM	kg	0	0	0	0	0
RSF	MJ	0	0	0	0	0
NRSF	MJ	0	0	0	0	0
FW	m <sup>3</sup>	0.0907	1.51	0.0999	0.109	1.53

### 3.2.4. Tumačenje rezultata

Životni ciklus proizvoda, obuhvaćajući module A1-A3, koncentrira se na fazu dobavljanja sirovina, njihovu preradu i transport do mjesta obrade samog građevnog proizvoda. Očekuje se da će doprinos ovih modula ukupnom utjecaju na okoliš biti iznimno značajan, budući da uključuju nabavku resursa i njihovu obradu, što su primarne aktivnosti s visokim potencijalom negativnog utjecaja na okoliš. Rezultati pokazuju da proizvodnja jedne tone agregata iz kamenoloma Linton rezultira velikim emisijama stakleničkih plinova (GWP-total) koje iznose 4,09 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta za ANP, 7,05 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta za ASP i 8,65 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta za ATPW. Ovo ukazuje na značajan ekološki otisak, posebno za ATPW. Također, potrošnja energije (ADP-fossil) za ovaj agregat iznosi 114 MJ po toni. Rezultati za kamenolom Te Matai pokazuju znatno manje emisije stakleničkih plinova, s najmanjom vrijednošću GWP-total od 2,39 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta (ASP) do najviših 3,82 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta (AQPW). Ovo ukazuje na manji ekološki otisak za agregate iz Te Matai. Također, potrošnja energije (ADP-fossil) za ovaj agregat znatno je manja, od 30,8 MJ (ASP) do 49,1 MJ (AQPW). Ovi rezultati pokazuju da agregat iz kamenoloma Te Matai ima znatno manji ekološki otisak i manju potrošnju energije u usporedbi s agregatom iz Lintona. To ga čini ekološki prihvatljivijim izborom za građevinske projekte. Međutim, odluka o odabiru agregata ovisi o specifičnim zahtjevima projekta i njegovim prioritetima.

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je ključna uloga EPD-a u pružanju kvantitativnih podataka o ekološkom utjecaju proizvoda i usluga. EPD-ovi su prepoznati kao međunarodno priznato sredstvo za informiranje o ekološkim karakteristikama proizvoda, što omogućuje odabir proizvoda s manjim ekološkim opterećenjem. Istaknuta je važnost pet ključnih koraka u procesu izrade EPD-a, uključujući odabir relevantnih parametara, provođenje analize životnog ciklusa, verifikaciju od strane neovisnih trećih strana te registraciju i objavljivanje EPD-a. Ovaj proces osigurava integritet i vjerodostojnost informacija o ekološkom utjecaju.

U okviru rada, detaljno su analizirani EPD-ovi za čeličnu šipku za armiranje i agregat s ciljem istraživanja njihovih ekoloških karakteristika i doprinosa održivosti građevinske industrije. Rezultati analize EPD-a za čeličnu šipku za armiranje tvrtke Aceros AZA SA ukazuju na smanjenje emisija stakleničkih plinova (CO<sub>2</sub> ekvivalenta) te važnost faza nabave sirovina (A1), prijevoza (A2) i proizvodnje (A3) u utjecaju na okoliš građevinskih proizvoda. Također, upravljanje otpadom igra ključnu ulogu u smanjenju utjecaja na okoliš, posebno u kategorijama eutrofikacije, ozonskog omotača i zakiseljavanja.

Rezultati analize EPD-a za agregat tvrtke Hirock Ltd, ukazuju snažan naglasak na održivost i smanjenje ekološkog utjecaja proizvoda. Ističu se po smanjenju emisija CO<sub>2</sub>, brizi o dobrobiti zaposlenika i očuvanju voda i resursa. Tvrtka provodi strogu kontrolu kvalitete u procesu proizvodnje agregata, što dodatno naglašava njihovu posvećenost visokim standardima. S obzirom na predanost održivosti, Hirock Ltd pruža ekološki prihvatljivije opcije za građevinske projekte, što je važno u vremenima kada se sve više naglašava važnost ekološke odgovornosti u industriji građevine.

Zaključno, može se reći da EPD predstavlja ključno sredstvo za očuvanje okoliša i ostvarivanje održivosti u industriji. Posebno je važno istaknuti naglasak na smanjenju emisija CO<sub>2</sub> i učinkovitom upravljanju otpadom kao ključnim elementima u tom procesu.



## POPIS LITERATURE

- [1] Environmental product declaration, Dostupno: <https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd>, [Pristupljeno: 29. srpnja 2023.]
- [2] Naletilić, H., Carević, I., Štirmer, N., Serdar, M. (2022.): *Izjava zaštite okoliša u građevinskom sektoru*, 23. međunarodni simpozij o kvaliteti: Kvaliteta – jučer, danas, sutra
- [3] Bradvica, H. (2022): *Procjena utjecaja na okoliš građevnih proizvoda*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb
- [4] HRN EN ISO 14025:2010, Oznake i izjave za područje okoliša -- Izjave o okolišu tip III - - Načela i postupci (ISO 14025:2006; EN ISO 14025:2010)
- [5] Bergman, R., Taylor, A. (2011): *Environmental product declarations of wood products - An application of life cycle information about forest products*, Dostupno: [https://www.researchgate.net/figure/The-basic-steps-in-developing-an-EPD-Peer-review-of-the-LCA-is-required-for-a\\_fig1\\_258244171](https://www.researchgate.net/figure/The-basic-steps-in-developing-an-EPD-Peer-review-of-the-LCA-is-required-for-a_fig1_258244171), [Pristupljeno: 9. kolovoza 2023.]
- [6] Rangelov, M., Dylla, H. i dr. (2021): *Communicating Environmental Impact for Transportation Products*, Dostupno: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/sustainability/hif21025.pdf> [Pristupljeno: 13. kolovoza 2023.]
- [7] One Click LCA, (2017): *Understanding Environmental Product Declarations*, Dostupno: <https://www.oneclicklca.com/environmental-product-declarations-an-introduction/> [Pristupljeno: 14. kolovoza 2023.]
- [8] Lehtinen, H. i dr. (2011): *A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs*, Dostupno: [https://www.researchgate.net/profile/Dr-Kumar-52/post/How-to-measure-LCA-results-in-a-single-index/attachment/59d622c6c49f478072e99067/AS%3A272119152218113%401441889669850/download/120321+BIOCHEM+LCA\\_review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dr-Kumar-52/post/How-to-measure-LCA-results-in-a-single-index/attachment/59d622c6c49f478072e99067/AS%3A272119152218113%401441889669850/download/120321+BIOCHEM+LCA_review.pdf), [Pristupljeno: 26. kolovoza 2023.]
- [9] EPD International AB, (2022): *Reinforcing Steel Bar*, Environmental Product Declaration, Dostupno: <https://www.environdec.com/library/epd6700>, [Pristupljeno: 2. rujna 2023.]
- [10] EPD Australasia Limited, (2023): *Environmental Product Declaration for Hirock aggregates*, Dostupno: <https://www.environdec.com/library/epd9360>, [Pristupljeno: 6. rujna 2023.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Postupak izrade EPD-a [1].....	3
Slika 2. Vrste EPD-a prema specifičnosti .....	10
Slika 3. Pristup od kolijevke do groba [8].....	14
Slika 4. Armatura čelična šipka [9].....	16
Slika 5. Doprinos po stupnjevima za 1 tonu armaturene šipke [9].....	23

---

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Sadržaj PCR dokumenta [4] .....	4
Tablica 2. Razine verifikacije.....	8
Tablica 3. Sadržaj i struktura EPD obrasca.....	9
Tablica 4. Potencijalni utjecaj na okoliš za 1 tonu armaturne šipke [9].....	21
Tablica 5. Korištenje resursa za 1 tonu armaturne šipke [9].....	22
Tablica 6. Pokazatelji utjecaja na okoliš za 1 tonu agregata - kamenolom Linton [10].....	26
Tablica 7. Pokazatelji korištenja resursa za 1 tonu agregata - kamenolom Linton [10].....	27
Tablica 8. Pokazatelji utjecaja na okoliš za 1 tonu agregata - kamenolom Te Matai [10]..	27
Tablica 9. Pokazatelji korištenja resursa za 1 tonu agregata - kamenolom Te Matai [10].	28