

Sustav za praćenje ugljičnog otiska

Car, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:168:674527>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 500

SUSTAV ZA PRAĆENJE UGLJIČNOG OTISKA

Marko Car

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 500

SUSTAV ZA PRAĆENJE UGLJIČNOG OTISKA

Marko Car

Zagreb, lipanj 2024.

Zagreb, 4. ožujka 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 500

Pristupnik: **Marko Car (0036527991)**
Studij: Računarstvo
Profil: Znanost o mrežama
Mentorica: doc. dr. sc. Martina Antičić

Zadatak: **Sustav za praćenje ugljičnog otiska**

Opis zadatka:

Direktiva o korporativnom izvješćivanju o održivosti (engl. The Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD) predstavlja regulativu Europske Unije koja zahtijeva da velika poduzeća redovito i transparentno objavljuju informacije o učincima svojih aktivnosti na održivost i okoliš. U sklopu izvješća gospodarski subjekti bit će dužni informirati o svom ugljičnom otisku (engl. carbon footprint) koji nastaje kao posljedica njihovog poslovanja. Ugljični otisak je mjera ukupne količine stakleničkih plinova ispuštenih u atmosferu kao rezultat djelovanja pojedinca, organizacije ili države. Vaš je zadatak napraviti programsko rješenje za praćenje ugljičnog otiska. Predloženi sustav treba omogućiti unificiranu pohranu podataka, implementaciju formula za izračun ugljičnog otiska ovisno o vrsti korištenog energetskeg izvora te izradu različitih izvještaja o ugljičnom otisku koji su propisani Direktivom. Prilikom pohrane podataka potrebno je voditi računa o podacima koji nedostaju ili su nepotpuni. Dodatno, predloženo programsko rješenje mora biti modularno tako da se po potrebi može proširiti dodavanjem novih modela izračuna otiska i/ili novih izvještaja.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

Sadržaj

Uvod	1
1. Ugljični otisak	2
1.1. Vrste stakleničkih plinova	3
1.2. Važnost smanjenja ugljičnog otiska	4
1.3. Direktiva o korporativnom izvješćivanju o održivosti (CSRD)	5
1.3.1. Ciljevi CSRD-a	6
1.3.2. Tko su obveznici CSRD-a?	6
2. Baza nacionalnih faktora emisija i uklanjanja stakleničkih plinova	7
3. Prijedlog rješenja	9
3.1. Postojeća rješenja	10
4. Korišteni alati	12
4.1. PhpStorm	12
4.1.1. Instalacija PhpStorm-a	12
4.2. DBeaver	13
4.2.1. Instalacija DBeaver-a	14
4.3. Visual Studio Code	15
4.3.1. Instalacija Visual Studio Codea	15
4.4. Korištene biblioteke i radni okviri	16
4.4.1. Symfony	16
4.4.2. React	16
5. Rješenje	17
5.1. Arhitektura rješenja	17
5.2. Izvještaj	19
5.2.1. Implementacija generiranja izvještaja	22

5.2.2.	Performanse	24
5.3.	Punjenje baze podataka faktorima	25
6.	Korisničke upute	27
6.1.	Autentifikacija	27
6.2.	Sektori i faktori emisija	29
6.3.	Ostatak aplikacije	32
	Zaključak	35
	Literatura	36
	Sažetak	37
	Summary	38
	Skraćenice	39

Uvod

Povećana svijest o klimatskim promjenama potiče regulacije koje od tvrtki zahtijevaju odgovornije poslovanje. Direktiva o korporativnom izvješćivanju o održivosti (engl. *The Corporate Sustainability Reporting Directive - CSRD*) Europske unije zahtijeva od velikih poduzeća da redovito i transparentno izvještavaju o svom utjecaju na okoliš, posebice o ugljičnom otisku. Ugljični otisak mjeri ukupne emisije stakleničkih plinova koje nastaju kao posljedica poslovnih aktivnosti.

Cilj ovog diplomskog rada je razviti sustav za praćenje ugljičnog otiska koji će podržavati zahtjeve CSRD-a. Predloženi sustav treba omogućiti unificiranu pohranu podataka, implementaciju preciznih formula za izračun ugljičnog otiska ovisno o vrsti korištenog energetskog izvora te izradu detaljnih izvještaja sukladno propisima navedene direktive. Poseban naglasak stavlja se na modularnost sustava koja omogućava buduća proširenja funkcionalnosti.

Prvi dio rada detaljno razmatra što je ugljični otisak, koje vrste stakleničkih plinova postoje i zašto je važno smanjiti njihove emisije. U drugom dijelu analizira se CSRD, s naglaskom na njegove ciljeve i obveznike. Rad dalje donosi prijedlog rješenja, opis arhitekture sustava i korištenih alata, dok posljednji dio sadrži korisničke upute za upotrebu sustava.

Za potrebe izrade aplikacije korišten je sustav za upravljanje bazom podataka MySQL, web poslužitelj Nginx i popularan PHP radni okvir Symfony. Vizualan prikaz aplikacije ostvaren je uz pomoć JavaScript biblioteke React.

Ovaj rad želi pokazati važnost praćenja i smanjenja ugljičnog otiska te ponuditi praktično rješenje koje će poduzećima pomoći da se usklade s CSRD regulativom. Njegova svrha je pridonijeti globalnim naporima za smanjenje emisija stakleničkih plinova i promicanje održivog razvoja.

1. Ugljični otisak

Staklenički plinovi ispuštaju se proizvodnjom i potrošnjom robe i usluga. Ugljični otisak pojam je koji se upotrebljava za kvantificiranje učinka aktivnosti, osobe ili zemlje na klimatske promjene [1]. Ugljični otisak jedan je od bitnijih faktora u mjerenju utjecaja ljudskih aktivnosti na okoliš, prvenstveno u kontekstu emisija stakleničkih plinova (engl. *Greenhouse Gas Emissions* - **GHG**). Ovaj pojam je neophodan za razumijevanje utjecaja različitih djelatnosti te, kao takav, predstavlja mjeru količine stakleničkih plinova emitiranih izravno ili neizravno kao rezultat pojedinačnih, organizacijskih ili državnih aktivnosti.

U novije doba, razumijevanje i mjerenje ugljičnog otiska postali su izrazito bitni zbog velikog utjecaja ljudskih aktivnosti na klimatske promjene. Ugljični otisak pomaže u procjeni i mjerenju emisija stakleničkih plinova kao što su ugljični dioksid (CO_2), metan (CH_4), dušikov oksid (N_2O) i ostali plinovi, koji značajno doprinose povećanju globalne temperature i promjenama klime.

Prilikom analize procesa i aktivnosti odgovornih za emisije stakleničkih plinova, moguće je identificirati ključne sektore koji značajno doprinose ukupnom ugljičnom otisku. Među tim sektorima ističu se industrija, promet, poljoprivreda, energetika, građevinarstvo i upravljanje otpadom. Svaka od ovih djelatnosti ima svoje specifičnosti i karakteristike emisija, što zahtijeva prilagođeni pristup u procjeni i primjeni mjera za smanjenje njihovog negativnog utjecaja na okoliš.

S obzirom na složenost interakcija između ljudskih aktivnosti i okoliša, razvoj preciznih metodologija za izračunavanje ugljičnog otiska postao je od ključne važnosti. Ove metodologije često se oslanjaju na analizu životnog ciklusa proizvoda ili usluga, obuhvaćajući sve faze, od proizvodnje i transporta do korištenja i odlaganja.

Kroz sustavno praćenje, analizu i smanjenje ugljičnog otiska, društvo usmjerava svoje napore prema održivom i ekološki prihvatljivijem razvoju, što dobiva sve veći značaj u suočavanju s rastućim izazovima klimatskih promjena, postizanju globalnih ciljeva održivog razvoja i zaštite okoliša za buduće generacije. Uvođenje održivih praksi postaje važno jer nam omogućuje smanjenje negativnog utjecaja na planet, dok istovremeno podržavamo ekonomski rast i društveno blagostanje.

1.1. Vrste stakleničkih plinova

Staklenički plinovi, koji se tradicionalno uzimaju u obzir pri izračunavanju ugljičnog otiska, predstavljaju raznoliku grupu spojeva s različitim kemijskim svojstvima. Svaki od tih plinova ima specifičan utjecaj na klimatske promjene te se individualno razmatra u analizama i procjenama utjecaja na okoliš.

U nastavku su detaljno opisane četiri glavne vrste stakleničkih plinova [2] i [3] koje su relevantne pri izračunu ugljičnog otiska:

- Ugljični dioksid (CO_2): Ugljični dioksid je najrasprostranjeniji staklenički plin, nastaje kao nusproizvod izgaranja fosilnih goriva kao što su ugljen, nafta i prirodni plin. Osim toga, CO_2 se oslobađa i u raznim industrijskim procesima. S obzirom na svoju stabilnost i dugotrajnost u atmosferi, CO_2 se često koristi kao osnovna referentna točka za analizu ukupnih emisija stakleničkih plinova.
- Metan (CH_4): Metan je drugi najvažniji staklenički plin nakon CO_2 te je izrazito snažan po pitanju zadržavanja topline u atmosferi. Nastaje kao nusproizvod prirodnih procesa uključujući razgradnju organske tvari u anaerobnim okruženjima, kao što su otpadne deponije, močvare i probavni procesi kod životinja. Industrijske aktivnosti, uključujući proizvodnju fosilnih goriva i otpadnih voda, također pridonose emisijama metana.
- Dušikov oksid (N_2O): Dušikov oksid je staklenički plin koji nastaje kao nusproizvod kemijskih procesa, kao što su procesi izgaranja fosilnih goriva i poljoprivredne aktivnosti. Primjerice, gnojiva koja sadrže dušik i koriste se u poljoprivredi dovode do emisija N_2O tijekom procesa razgradnje i nitrifikacije.

- Fluorirani plinovi (HFC-ovi, PFC-ovi, SF₆): Fluorirani plinovi su umjetno stvoreni spojevi koji se koriste u različitim industrijama kao zamjena za ozonski razgradive tvari. Iako su ovi plinovi izuzetno učinkoviti u svojim aplikacijama, poput rashladnih sredstava i izolacijskih materijala, oni imaju izrazito visok potencijal globalnog zagrijavanja. Učinci fluoriranih plinova na globalno zagrijavanje čak su do nekoliko stotina tisuća puta jači od učinaka CO₂, dok zbog tvari koje oštećuju ozonski sloj nastaje rupa u ozonskom omotaču koji nas štiti od UV zraka koje uzrokuju rak [4].

Raznolikost stakleničkih plinova pokazuje koliko je problem klimatskih promjena složen i koliko je važno pristupiti smanjenju emisija te ublažavanju njihovih utjecaja na sveobuhvatan način. Da bismo razvili učinkovite strategije i politike za smanjenje emisija, potrebno je identificirati i razumjeti različite izvore emisija. Samo tako možemo smanjiti ukupni ugljični otisak.

1.2. Važnost smanjenja ugljičnog otiska

Smanjenje emisija stakleničkih plinova ključno je za suzbijanje klimatskih promjena. Posljedice klimatskih promjena sveprisutne su i njihov utjecaj sve očitiji, smanjenje emisija postalo je imperativ koji zahtijeva hitno i odlučno djelovanje na globalnoj razini. Najvažniji razlozi za smanjenje ugljičnog otiska uključuju:

- Ublažavanje klimatskih promjena: Staklenički plinovi poput ugljičnog dioksida (CO₂), metana (CH₄) i dušikovog oksida (N₂O) glavni su uzročnici globalnog zagrijavanja i klimatskih promjena. Smanjenje emisija ovih plinova imperativ je za usporavanje procesa globalnog zagrijavanja i ublažavanje negativnih posljedica na okoliš, ekonomiju i društvo.
- Očuvanje okoliša: Povećanje emisija stakleničkih plinova dovodi do niza negativnih utjecaja na okoliš, uključujući globalno zagrijavanje, topljenje ledenjaka, povećanu kiselost mora, porast razine mora i učestalije ekstremne vremenske pojave. Smanjenje ugljičnog otiska ključno je za očuvanje biodiverziteta, ekosustava i prirodnih resursa.

- Održivost resursa: Mnoge ljudske aktivnosti koje generiraju emisije stakleničkih plinova također dovode do iscrpljivanja prirodnih resursa poput fosilnih goriva i vode. Smanjenje ugljičnog otiska promovira korištenje obnovljivih izvora energije, energetske učinkovitost i održivo upravljanje resursima, što osigurava dugoročnu održivost i otpornost društva.
- Ekonomski razvoj: Tranzicija prema niskom ugljičnom gospodarstvu potiče inovacije, stvara nova radna mjesta u sektorima obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti. Smanjenje ugljičnog otiska može rezultirati i smanjenjem troškova energije i resursa te povećanjem produktivnosti i efikasnosti poslovanja.

Postizanje smanjenja ugljičnog otiska zahtijeva sveobuhvatne strategije i mjere, uključujući poboljšanja u energetske učinkovitosti, prelazak na obnovljive izvore energije, promjene u proizvodnim procesima, promociju održivih oblika transporta te edukaciju i podizanje svijesti potrošača. Sve ove mjere ključne su za ostvarivanje održivog razvoja i osiguranje prosperiteta budućih generacija.

1.3. Direktiva o korporativnom izvješćivanju o održivosti (CSRD)

Uredba o korporativnom izvješćivanju o održivosti (engl. *Corporate Sustainability Reporting Directive - CSRD*) ključni je alat europske regulative koji postavlja standarde i zahtjeve za transparentno izvještavanje o održivosti poslovanja. S obzirom na sve veći utjecaj ljudskih aktivnosti na okoliš i potrebu za održivim praksama u poslovanju, CSRD ima za cilj osigurati da velika poduzeća redovito objavljuju informacije o svom utjecaju na okoliš te promiču transparentnost i odgovornost u svom poslovanju. CSRD posebno naglašava važnost praćenja i izvještavanja o ugljičnom otisku kao ključnom pokazatelju utjecaja na okoliš. Ugljični otisak postaje sve važniji faktor u procjeni održivosti poslovanja te je postao središnji dio strategija održivog razvoja i korporativne odgovornosti.

Kroz usvajanje CSRD-a, Europska unija nastoji potaknuti poslovne subjekte na djelovanje u skladu s principima održivosti i zaštite okoliša te osigurati da njihove aktivnosti ne nanose nepopravljivu štetu planeti i budućim generacijama.

1.3.1. Ciljevi CSRD-a

Glavni ciljevi Direktive o korporativnom izvješćivanju o održivosti (CSRD) uključuju promicanje transparentnosti, pouzdanosti i integracije održivosti u poslovne procese. CSRD nastoji poboljšati usporedivost informacija među različitim subjektima kroz standardizirane metode izvještavanja, olakšavajući procjenu održivosti poslovanja i usporedbu performansi s konkurentima. Također, potiče velika poduzeća na integraciju održivosti u poslovne strategije i operativne aktivnosti, omogućujući im identificiranje prilika za poboljšanja, smanjenje troškova i stvaranje dodatne vrijednosti. Postizanje ovih ciljeva ključno je za promicanje održivog razvoja, zaštitu okoliša i osiguranje dugoročne održivosti poslovanja. CSRD predstavlja značajan korak prema uspostavi transparentnog, odgovornog i održivog poslovnog okruženja u Europi i šire.

1.3.2. Tko su obveznici CSRD-a?

Nova regulativa proširuje opseg obveznika na sva „velika poduzeća“ koja na datum bilance ispunjavaju dva od tri sljedeća kriterija:

- Neto prihod veći od 40 milijuna eura.
- Neto imovina (ukupna bilanca) veća od 20 milijuna eura.
- Više od 250 zaposlenika u prosjeku tijekom financijske godine.

2. Baza nacionalnih faktora emisija i uklanjanja stakleničkih plinova

Nacionalna baza podataka [5] o emisijama i smanjenju stakleničkih plinova koristi se za proračunavanje ugljičnog otiska, što pomaže u kvantificiranju ukupnih emisija stakleničkih plinova za sve aktivnosti za koje je institucija odgovorna i koje utječu na okoliš.

Izvješće o inventaru stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj (NIR) pruža službeni pregled emisija plinova. Međutim, za procjenu ukupnog utjecaja na okoliš, važno je razmotriti sve izvore emisija i smanjenja stakleničkih plinova na određenoj lokaciji. Baza faktora dijeli emisije u tri kategorije.

- Prva kategorija (Opseg 1): Obuhvaća izravne izvore emisija iz izgaranja goriva u stacionarnim energetske izvorima, proizvodnih procesa, fugitivnih emisija, službenih vozila te promjena u korištenju zemljišta i šumarstva.
- Druga kategorija (Opseg 2): Uključuje neizravne emisije koje su povezane s nabavom i potrošnjom električne, toplinske i rashladne energije izvan lokacije.
- Treća kategorija (Opseg 3): Obuhvaća ostale značajne neizravne emisije koje su povezane s ulaznim i izlaznim tokovima materijala i ljudi, a potrebne su za normalno funkcioniranje organizacije (kupovina robe ili usluga, proizvedeni otpad, poslovna putovanja, iznajmljena imovina).

Sve ove kategorije moraju biti uzete u obzir prilikom proračuna ukupnog utjecaja emisija stakleničkih plinova na okoliš.

Nacionalna baza podataka o emisijama specifična za Hrvatsku obuhvaća sektore poput goriva, električne energije, topline, prijevoza putnika, prijevoza robe, prenamjene zemljišta, otpada i klimatizacije. Podaci o emisijama su razvrstani po plinovima, a također je određen emisijski faktor za CO₂ ekvivalent.

Glavni cilj nacionalnih podataka o emisijama i smanjenju stakleničkih plinova je smanjenje nesigurnosti u proračunavanju ugljičnog otiska organizacija. Nacionalni podaci o emisijama i smanjenju stakleničkih plinova usklađeni su s metodologijom definiranom u GHG Protokolu za korporacije [6] i standardima ISO 14064-1 [7] i ISO/TR 14069 [8].

Prilikom proračunavanja emisija stakleničkih plinova (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC-i) koje proizlaze iz svih aktivnosti povezanih s poslovanjem organizacije, ukupne emisije pretvaraju se u ekvivalentnu emisiju CO_2 (CO_2e) koristeći potencijal globalnog zatopljenja (engl. *Global Warming Potential* - **GWP**) svakog plina [9]. Ovaj postupak omogućuje standardiziranu procjenu i usporedbu različitih emisija prema njihovom utjecaju na globalno zagrijavanje.

Potencijal globalnog zatopljenja (GWP) mjeri koliko topline staklenički plin zadržava u atmosferi tijekom određenog vremenskog razdoblja, obično 100 godina. GWP vrijednosti za najčešće stakleničke plinove prema [10] su sljedeće:

- Ugljikov dioksid (CO_2): 1
- Metan (CH_4): 28
- Dušikov oksid (N_2O): 265
- HFC-23: 12400
- HFC-32: 677
- HFC-125: 3170
- HFC-134a: 1300
- HFC-143a: 4800

Ove vrijednosti omogućuju konverziju različitih stakleničkih plinova u ekvivalentne emisije CO_2 , čime se olakšava usporedba i analiza njihovog ukupnog doprinosa globalnom zagrijavanju.

U nacionalnoj bazi podataka važno je istaknuti razlike u vrijednostima prema aktivnostima plinova pa tako faktor emisija (FE) ulaznog toka obuhvaća emisije iz proizvodnje goriva, energetske transformacije i transporta do potrošača. FE izgaranja odnosi se na emisije iz izgaranja goriva u nepokretnim (kotao) i pokretnim (vozilo) izvorima, a ukupan FE predstavlja zbroj FE ulaznog toka i FE izgaranja.

3. Prijedlog rješenja

Kroz sveobuhvatni pristup održivosti i poslovnoj transparentnosti, direktive poput CSRD postaju ključne u poticanju tvrtki na redovito i transparentno izvještavanje o njihovom utjecaju na održivost i okoliš. Zbog toga je razvijanje programskih rješenja za praćenje i izvještavanje o ugljičnom otisku neophodno za adekvatnu procjenu i upravljanje ovim aspektom poslovanja.

Pristup za razvoj programa za praćenje ugljičnog otiska temelji se na modularnoj arhitekturi koja omogućuje skalabilnost i prilagodljivost za različite vrste organizacija, plinova, mjernih jedinica te ostalih specifičnih potreba. Osnovni elementi idejnog rješenja uključuju:

- Centraliziranu bazu podataka: Implementacija centralizirane baze podataka koja omogućuje pohranu svih relevantnih podataka o emisijama stakleničkih plinova i ostalim bitnim stavkama. Korištenje relacijske baze podataka omogućuje strukturiranu pohranu podataka i olakšava pristup i manipulaciju istima.
- Modularni sustav izračuna otiska: Razvoj odvojenih programskih servisa i funkcija za izračun ugljičnog otiska organizacije prema doprinosima faktora u pojedinim sektorima, opsezima, plinovima itd. Takav pristup omogućuje efikasniju prilagodbu metoda i formula izračuna prema specifičnim karakteristikama zahtjeva te ostale dinamičke prilagodbe ili proširenja.
- Generiranje izvještaja: Implementacija sustava za generiranje izvještaja omogućuje automatsko generiranje izvještaja o ugljičnom otisku u skladu s propisanom direktivom. Izvještaji moraju pružati detaljne analize emisija stakleničkih plinova, ukazivati na trendove utjecaja organizacije te druge relevantne informacije.

Također, prilikom implementacije predloženog sustava, ključno je obratiti pažnju na sljedeće aspekte:

- Sigurnost podataka: Osigurati visoku razinu sigurnosti podataka kako bi se spriječio neovlašten pristup i manipulacija podacima o ugljičnom otisku i ostalim bitnim informacijama (podaci organizacije, vrijednosti faktora).
- Performanse sustava: Osigurati optimalne performanse sustava kako bi se omogućila brza obrada podataka, efikasno korištenje i generiranje izvještaja čak i pri velikim količinama podataka.
- Skalabilnost: Razviti sustav koji je skalabilan i može se lako proširiti kako bi podržao rastuće potrebe poslovanja i promjene u zakonskim zahtjevima. Skalabilnošću se također osigurava kontinuirana usklađenost s propisima i konkurentnost razvijenog rješenja.
- Korisničko sučelje: Osigurati intuitivno i korisnički prijateljsko sučelje koje omogućuje jednostavno korištenje i interakciju sa sustavom.

3.1. Postojeća rješenja

U ovom poglavlju analiziraju se postojeći alati za praćenje i izvještavanje o ugljičnom otisku. Predstaviti će se rješenja Workiva i Sustain.Life, uz objašnjenje kako predloženi sustav nudi slične funkcionalnosti, ali i određene prednosti.

Workiva je globalna tvrtka softvera kao usluge. Klijentima nudi povezanu i usklađenu platformu za izvješćivanje temeljenu na oblaku koja omogućuje korištenje povezanih podataka i automatizaciju izvješćivanja o financijama, računovodstvu, riziku i usklađenosti [11].

Sustain.Life je platforma za praćenje održivosti i smanjenje ugljičnog otiska koja nudi detaljne analize i alate za izvještavanje, usklađene s međunarodnim standardima. Omogućuje praćenje emisija, analizu podataka i generiranje izvještaja. Ističe se bogatim korisničkim sučeljem i fleksibilnošću, prilagođavajući se različitim industrijama. Sustain.Life je komercijalno rješenje koje može biti financijski nepristupačno nekim organizacijama.

Predloženi sustav za praćenje ugljičnog otiska osmišljen je tako da nudi slične funkcionalnosti kao Workiva i Sustain.Life, ali s nekoliko različitosti:

- **Besplatnost:** Za razliku od komercijalnih rješenja, razvijeni sustav je besplatan za korištenje. To ga čini pristupačnim za različite organizacije, uključujući male i srednje tvrtke koje možda nemaju resurse za ulaganje u skupocjena softverska rješenja.
- **Baza nacionalnih faktora:** Jedna od jedinstvenih značajki predloženog sustava je integracija baze nacionalnih faktora emisija. Ovo omogućuje preciznije i prilagođene izračune emisija za pojedine zemlje, što povećava točnost i pouzdanost izvještaja. Takva integracija nedostaje u mnogim komercijalnim rješenjima koja se oslanjaju na generičke faktore emisija.
- **Modularna arhitektura:** Sustav je dizajniran s modularnom arhitekturom koja omogućuje jednostavno prilagođavanje i proširenje funkcionalnosti prema potrebama korisnika i specifičnim zahtjevima.
- **Korisničko sučelje:** Intuitivno sučelje omogućuje jednostavno korištenje i interakciju sa sustavom, smanjujući potrebu za opsežnom obukom korisnika.

Zaključno, predloženo rješenje nudi funkcionalnosti usporedive s onima kod Workiva i Sustain.Life, ali uz dodatne prednosti od kojih se najviše ističu besplatnost i integracija baze nacionalnih faktora emisija. Ovakav sustav pomaže i olakšava organizacijama svih veličina koje žele precizno pratiti i izvještavati o svom ugljičnom otisku, istovremeno ispunjavajući sve relevantne regulative i standarde.

4. Korišteni alati

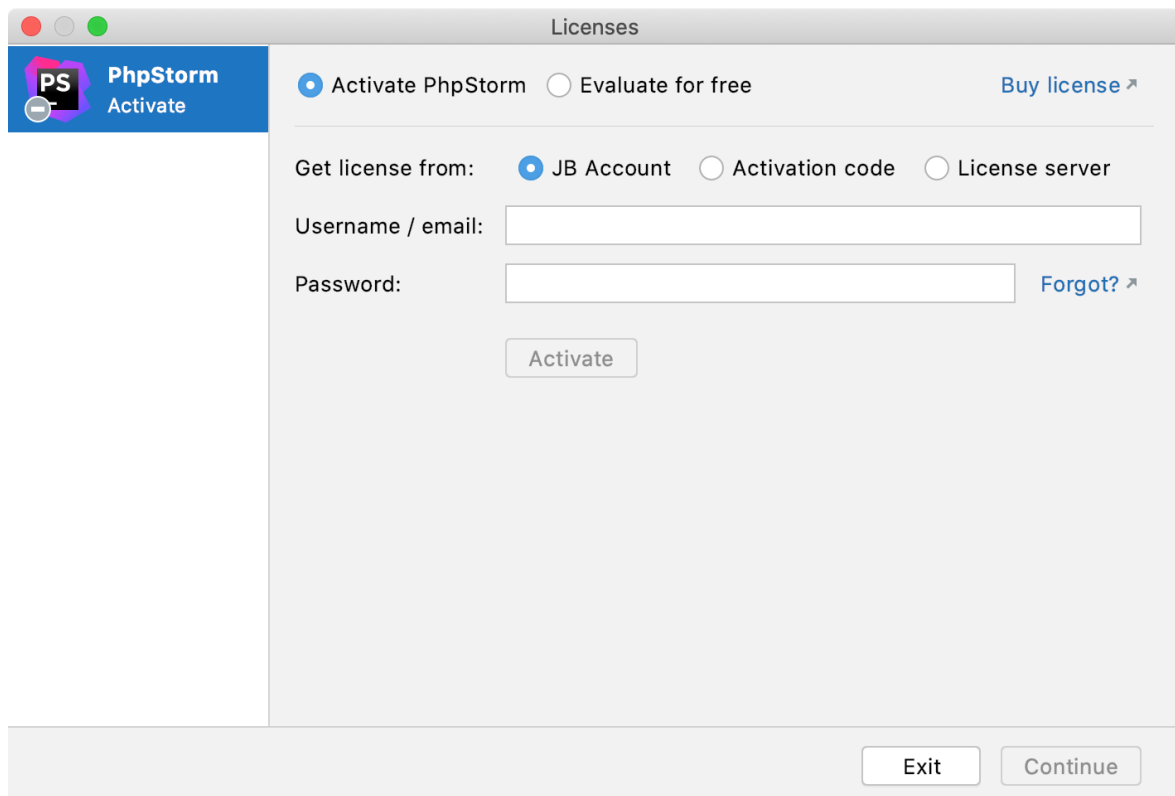
U sklopu ovog rada korišteni su dobro poznati i javno dostupni programski alati.

4.1. PhpStorm

PhpStorm je široko poznat kao jedan od vodećih uređivača programskog koda za PHP programski jezik, dostupan na svim popularnim operativnim sustavima: Windows-ima, Linuxu i MacOS-u. On predstavlja samo jedan od brojnih programa koje je razvila organizacija JetBrains. JetBrains se ističe kao tvrtka specijalizirana za razvoj programskih alata, usredotočujući se ne samo na alate za kodiranje već i na alate koji olakšavaju vođenje projekata, organizaciju zadataka i praćenje procesa razvoja.

4.1.1. Instalacija PhpStorm-a

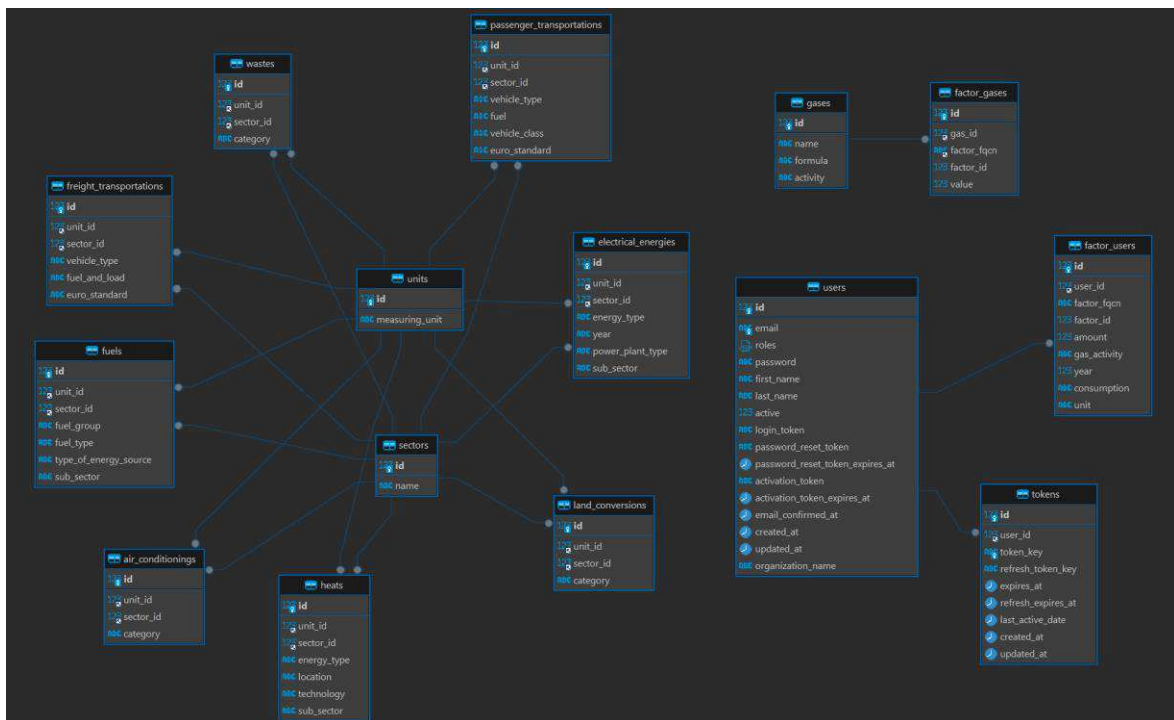
Postupak instalacije PhpStorm-a je jednostavan. Potrebno je posjetiti službene stranice JetBrainsa, pronaći PhpStorm u sekciji „Razvojni alati“ te ga preuzeti. Alternativno, može se pristupiti službenoj stranici PhpStorm-a [12]. Nakon preuzimanja, potrebno je slijediti upute za instalaciju. Kada se aplikacija uspješno instalira i otvori, zahtijeva se unos licence. Studenti FER-a imaju mogućnost zatražiti licencu unošenjem svojih fakultetskih podataka. Licenca je važeća godinu dana i može se obnoviti nakon isteka. Na Sliku 4.1 prikazan je prozor za aktivaciju PhpStorm-a. Potrebno je odabrati odgovarajuće opcije prikazane na slici i unijeti svoju studentsku email adresu i lozinku u odgovarajuća polja.



Slika 4.1 Izdavanje licence

4.2. DBeaver

DBeaver je alat dizajniran za upravljanje i administraciju bazama podataka, podržavajući rad s *SQL* i *NoSQL* bazama. Za razliku od programskog uređivača koda, DBeaver je besplatan i open-source softver koji ne zahtijeva licenciranje. Uglavnom se koristi za rad s relacijskim bazama podataka te je kompatibilan s većinom popularnih operativnih sustava. Ističe se svojom sposobnošću vizualizacije trenutnog stanja relacijskog modela na temelju informacija o primarnim i stranim ključevima. Na Slika 4.2 prikazano je trenutno stanje baze podataka u obliku relacijskog modela.



Slika 4.2 Dijagram baze podataka

4.2.1. Instalacija DBeaver-a

U ovom dijelu poglavlja pružene su upute za instalaciju programa DBeaver na operativnom sustavu Ubuntu 20.04 LTS. Najjednostavniji način instalacije je putem Snapa, koji je već uključen u Ubuntu sustav i ne zahtijeva dodatne korake za postavljanje ili konfiguraciju. Prije instalacije novih programa, preporučuje se pokretanje sljedeće naredbe u naredbenom retku kako bi se prvo ažurirao sustav:

- *sudo apt update*

Nakon toga, pokrećemo sljedeću naredbu u naredbenom retku:

- *sudo snap install dbeaver-ce*

Ova naredba automatski će preuzeti i instalirati najnoviju verziju DBeavera. Kada se instalacija završi, alat je spreman za upotrebu. Tipični način pokretanja alata je odlazak na popis instaliranih aplikacija, pretraživanje po ključnoj riječi 'dbeaver-ce', a zatim dvostruki klik na ikonu kako bi se pokrenuo program.

4.3. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) je besplatan *open-source* uređivač programskog koda razvijen od strane Microsofta. Ovaj alat dostupan je za sve popularne operativne sustave, uključujući Windows, macOS i Linux. VS Code odlikuje se laganom strukturom, brzim performansama i bogatom funkcionalnošću. Podržava brojne programske jezike, proširenja te nudi napredne značajke poput *debugiranja*, ugrađene kontrole verzija koda i terminala.

4.3.1. Instalacija Visual Studio Codea

Instalacija Visual Studio Codea jednostavna je i brza. Prvo je potrebno posjetiti službenu stranicu Visual Studio Code-a na [13] i preuzeti verziju za svoj operativni sustav i slijediti standardne korake instalacije. Za Linux korisnike, najčešće se preuzima .deb ili .rpm paket, ovisno o distribuciji, ili se koristi Snap ili drugi upravitelj paketa. Primjer instalacije kroz terminal:

- `sudo snap install code --classic`

Nakon uspješne instalacije, Visual Studio Code spreman je za upotrebu.

4.4. Korištene biblioteke i radni okviri

Prilikom izrade projekta korišteni su istaknuti radni okviri i biblioteke, prepoznati po svojoj visokoj učinkovitosti i širokoj popularnosti u razvoju programskih rješenja.

4.4.1. Symfony

Symfony je otvoreni radni okvir koji se temelji na MVC arhitekturi, ali može poslužiti i za izradu API-ja. Namijenjen je za izgradnju složenih i visoko učinkovitih aplikacija. Jedna od glavnih prednosti je mogućnost jednostavne integracije s raznim servisima, tehnologijama i bibliotekama. On se razlikuje od drugih radnih okvira po tome što pruža programerima potpunu slobodu i kontrolu nad konfiguracijom. Symfony također koristi neke postojeće PHP projekte kao dio svog okvira, uključujući Doctrine za mapiranje objektno-relacijskih klasa u bazu podataka, PHPUnit za testiranje, Mailer za slanje i stvaranje mailova te Twig za izradu predložaka.

4.4.2. React

React je popularna JavaScript biblioteka otvorenog koda koju je razvila zajednica Facebooka. Koristi se za izradu korisničkih sučelja. Jedna od ključnih značajki Reacta je komponentni pristup, koji omogućuje programerima da razbiju sučelje na ponovljive, samostalne dijelove. Time se pojednostavljuje razvoj i održavanje složenih aplikacija.

React koristi virtualni DOM, što rezultira bržim i učinkovitijim ažuriranjem korisničkog sučelja. Umjesto da izravno manipulira stvarnim DOM-om, React prvo ažurira virtualni DOM, a zatim sinkronizira promjene s pravim DOM-om, što smanjuje opterećenje i poboljšava performanse.

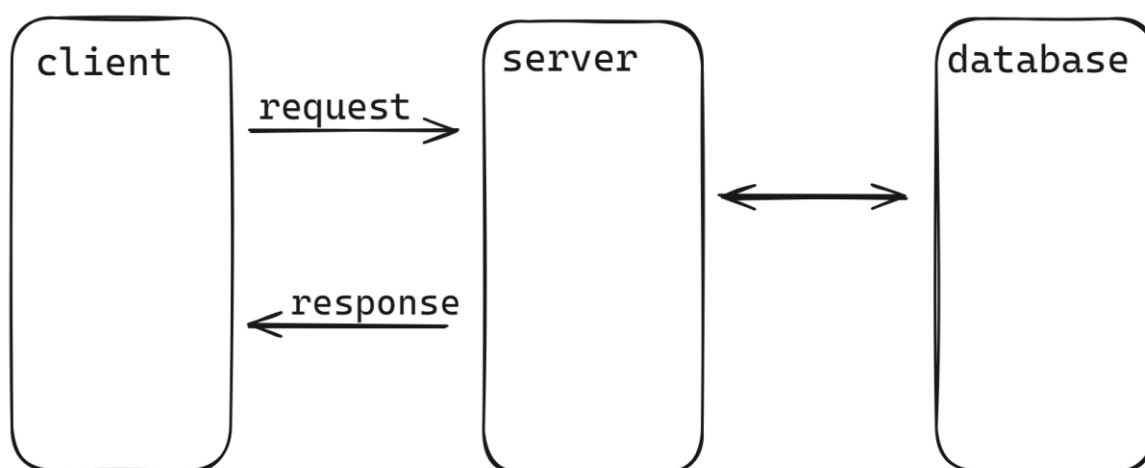
Osim toga, React se odlikuje širokom podrškom zajednice te bogatim ekosustavom dodatnih alata i biblioteka koje olakšavaju razvoj. Ovi alati omogućuju učinkovito upravljanje stanjem aplikacije, jednostavnu navigaciju između stranica te optimizaciju performansi kroz različite tehnike renderiranja. React također podržava TypeScript, programski jezik koji dodaje statičko tipiziranje JavaScriptu, omogućujući pisanje sigurnijeg i pouzdanijeg koda.

5. Rješenje

Ovo poglavlje opisuje arhitekturu razvijenog sustava, ključne funkcionalnosti i komponente, s naglaskom na implementaciju i performanse generiranja izvještaja.

5.1. Arhitektura rješenja

Arhitektura web aplikacije, na najapstraktnijoj razini, podrazumijeva razmjenu podataka između poslužiteljske (engl. *backend*) i klijentske (engl. *frontend*) aplikacije, čime se postiže integrirana funkcionalnost sustava. Slika 5.1 prikazuje jednostavan primjer razmjene informacija.



Slika 5.1 Model aplikacije

Poslužiteljski dio je ključna komponenta sustava, odgovoran je za obradu zahtjeva korisnika, poslovnu logiku te interakciju s bazom podataka. U kontekstu ovog rada, poslužiteljski dio je kompleksniji dio aplikacije. Glavne stavke koje pokriva uključuju:

- Punjenje baze – Izrađena je posebna konzolna komanda koja omogućuje punjenje baze podataka sa svim potrebnim predefiniranim podacima. Najbitniji podaci uključuju plinove, mjerne jedinice, sektore i faktore pojedinog sektora.
- Pohrana novih zapisa – Mogućnost dodavanja novih emisija stakleničkih plinova.

Stavke koje podrazumijeva zapis uključuju faktor emisije, količinu po mjernoj jedinici, datum, lokaciju potrošnje, aktivnost (FE ulaznog toka/izgaranja/obrade otpada) i potrošnju (izravna/neizravna).

- Dohvaćanje podataka - Izrađene su pristupne točke (engl. *Application Programming Interface* - **API**) koje omogućuju dohvaćanje pohranjenih podataka o sektorima, faktorima i spremljenim zapisima. Pristupne točke su izrađene prema visokim standardima struke, čime se postiže brz i efikasan pristup velikim količinama podataka.
- Generiranje PDF izvještaja – Središnja funkcionalnost koja na temelju svih pohranjenih unosa generira jedinstven izvještaj koji objedinjava sve relevantne i značajne informacije te ih prikazuje na moderan i lako razumljiv način.

Klijentski dio, s druge strane, predstavlja korisničko sučelje preko kojeg korisnici upravljaju aplikacijom. React omogućuje aplikacijama dinamičko ažuriranje prikaza u stvarnom vremenu, bez osvježavanja stranice, čime se značajno poboljšava korisničko iskustvo. React-ova arhitektura temelji se na komponentnom pristupu, gdje je svaki dio korisničkog sučelja implementiran kao zasebna komponenta (ponovno upotrebljiv blok koda).

Ključne funkcionalnosti koje klijentski dio omogućava korisniku jesu:

- Autentifikacija - Prijava i registracija u sustav s prikazom pogrešaka, kao i mogućnost odjave.
- Pregled baze podataka – Omogućena je navigacija kroz sektore i pregled faktora emisija u pojedinom sektoru.
- Ostale funkcije aplikacije - Unos novih te pregled i brisanje postojećih zapisa, generiranje i dohvaćanje izvještaja.

5.2. Izvještaj

Kako je već više puta spomenuto kroz rad, implementacija rješenja kao krajnji cilj omogućava automatsko generiranje izvještaja za organizaciju na temelju unesenih emisija faktora. Slika 5.2 i Slika 5.3 prikazuju stvoreni izvještaj nad testnim podacima koji su korišteni prilikom izrade sustava. Na Slika 5.2 vidimo osnovne informacije o imenu organizacije, vremenskom intervalu, lokaciji i ukupnoj količini obračunatih emisija stakleničkih plinova izraženoj u tonama. Osim toga, prikazani su i podaci doprinosa svakog sektora u formatu stupčastog dijagrama.

Izvešće o ugljičnom otisku organizacije

Stellar organization

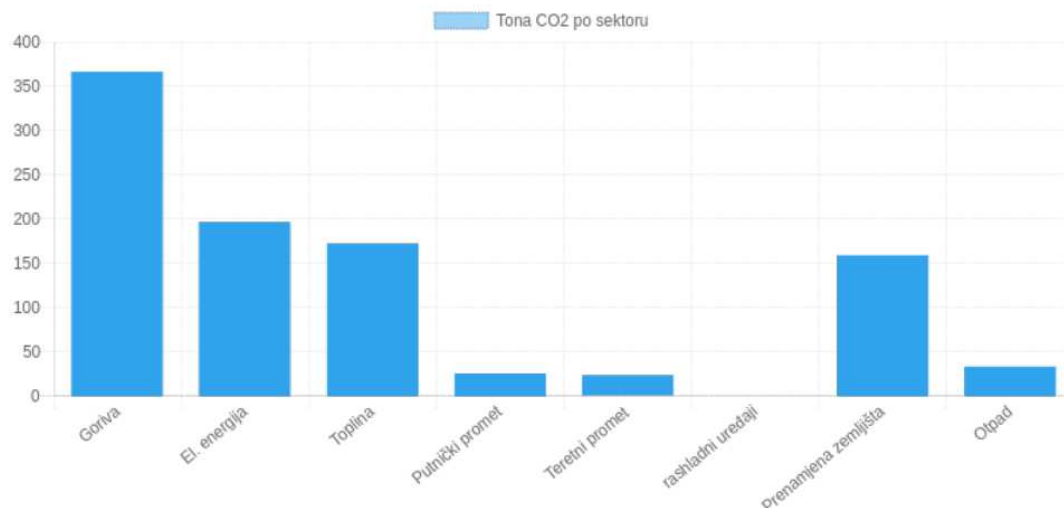
Vremenski interval: 2023-01-05 - 2024-06-21

Lokacija: Cijela organizacija

Ovaj izvještaj sažima rezultate analize ugljičnog otiska organizacije Stellar organization za tekuću godinu. Analiza ugljičnog otiska temelji se na priznatom međunarodnom standardu 'The GHG Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard'. Ovi izračuni temelje se na podacima dobivenim iz Hrvatske baze faktora emisija, koja služi za izračun emisija stakleničkih plinova organizacija. Ukupna količina obračunatih emisija stakleničkih plinova iznosi 977.87 t CO₂e.

Važno je razumjeti različite kategorije emisija stakleničkih plinova. Ovaj pristup pomaže nam shvatiti kako pojedini sektori doprinose ukupnim emisijama. Kategorizacija emisija omogućuje nam da precizno identificiramo glavne izvore, postavimo ciljeve za smanjenje emisija i implementiramo učinkovite strategije za održivi ekološki balans i borbu protiv klimatskih promjena.

U nastavku je grafikon koji prikazuje iznos emisija CO₂ u tonama za tekuću godinu, pružajući uvid u iznos doprinosa svakog sektora u ukupnim emisijama.



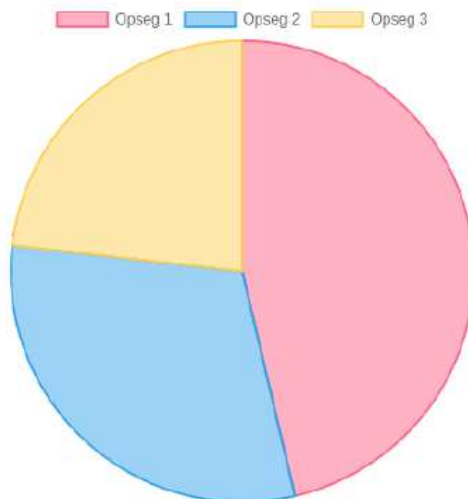
Slika 5.2 Početni dio generiranog izvještaja

Slika 5.3 prikazuje raspodjelu ukupnih emisija prema sektorima u formatu kružnog dijagrama, naveden je i opis kategorizacije svakog sektora. U izvještaju se također generira stupčasti dijagram raspodjele ukupnih emisija prema stakleničkom plinu.

Emisije stakleničkih plinova kategorizirane su u skupine tj. Opsege. Oni se razlikuju ovisno o tome gdje emisije nastaju - u samom poduzeću ili u procesima nabave i distribucije proizvoda:

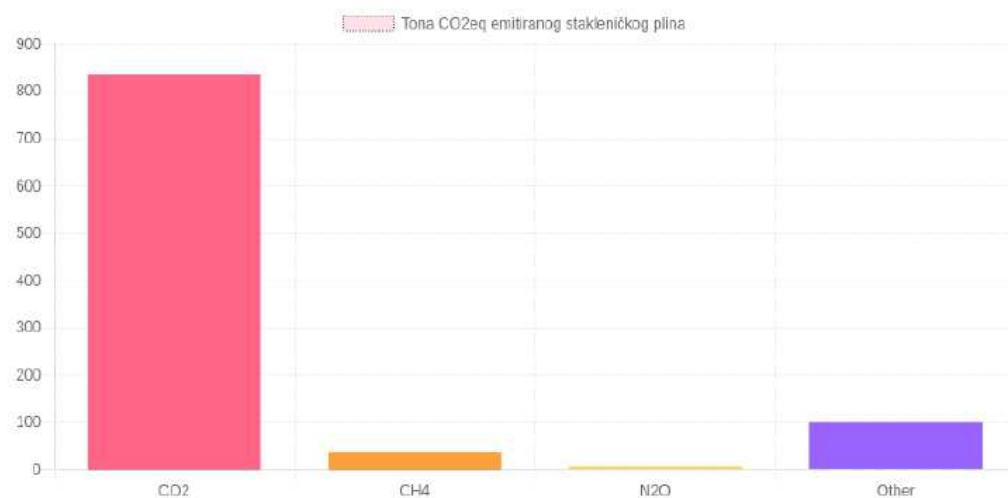
- Opseg 1: Uključuje sve izravne emisije iz vlastitih ili kontroliranih izvora, poput poslovnih putovanja u službenim vozilima, izgaranja goriva u sustavima grijanja ili emisija iz proizvodnih procesa.
- Opseg 2: Uključuje sve neizravne emisije iz proizvodnje kupljene energije koju koristi poduzeće, primjerice električna energija ili toplina. Ova energija se proizvodi izvan lokacije poduzeća koje je koristi. Ukoliko se koriste obnovljivi izvori energije za proizvodnju električne energije, u tom slučaju se ne evidentiraju emisije.
- Opseg 3: Uključuje sve ostale neizravne emisije koje proizlaze iz proizvodnje sirovina, proizvoda ili usluga koje koristi poduzeće te iz poslovnih putovanja u vozilima koja nisu u vlasništvu poduzeća.

Redom, opsezi 1, 2 i 3 su doprinijeli s 46.34%, 30.45% i 23.21% u ukupnim emisijama stakleničkih plinova ove godine.



Važno je istaknuti diverzitet emisija stakleničkih plinova prema stakleničkom plinu, to pruža mogućnost za analizu doprinosa pojedinog plina u ukupnim emisijama stakleničkih plinova. Kategorizacija plinova također olakšava identifikaciju izvora emisija te otvara vrata za postavljanje ciljeva za smanjenje emisija i primjenu strategija za održivu ekološku ravnotežu.

U nastavku je prikazan graf koji ilustrira količinu emitiranih CO₂, N₂O, CH₄ i ostalih stakleničkih plinova za tekuću godinu.



Slika 5.3 Nastavak generiranog izvještaja

5.2.1. Implementacija generiranja izvještaja

Za ostvarivanje funkcionalnosti iskorištena je popularna metoda pretvorbe Twig predloška u PDF. Samu pretvorbu omogućuje [Snappy biblioteka](#), koja generira PDF datoteke iz HTML dokumenata. Twig predlošci su vrlo popularni zbog svoje jednostavne sintakse, koja nalikuje HTML-u. Twig predložak, osim HTML-a, može sadržavati i CSS te JavaScript, čime postaje vrlo moćan i fleksibilan alat za razvoj. Twig također omogućava predaju vrijednosti varijabli koje se zatim mogu koristiti unutar predloška pomoću dvostrukih uglatih zagrada: `{{ ... }}`.

Slika 5.4 prikazuje implementaciju programskog koda za generiranje izvještaja. Na početku funkcije vidljivo je ubacivanje i povezivanje ovisnosti u klasu (engl. *dependency injection*). Nakon toga poziva se servis za izvoz, koji na temelju predanih filtera i spremljenih podataka iz baze podataka obrađuje, analizira i računa potrebne vrijednosti. Servis za grafove prilagođava i stavlja rezultate u format potreban za upotrebu unutar Twiga. Moguće je još primijetiti punjenje HTML varijable sadržajem pozivanjem metode `renderView`, koja za parametre prima putanju do predloška i sve ostale dinamičke vrijednosti nastale u postupku analize. Na kraju, korištenjem injektiranog objekta, metoda `getOutputFromHtml` pretvara sadržaj pohranjen u varijabli u PDF format. Stvara se novi `PdfResponse` objekt, koji predstavlja HTTP odgovor i uključuje PDF sadržaj naziva izvještaj.

Korištenje ovog pristupa osigurava učinkovitu i prilagodljivu generaciju kvalitetnog izvještaja s dinamičkim sadržajem.

```

16 class Report extends AbstractController
17 {
18     public function __construct(
19         private ExportService $exportService,
20         private GraphService $graphService,
21         private CurrentUserResolver $currentUserResolver,
22         private LocationRepository $locationRepository
23     ) {
24     }
25
26     public function __invoke(Pdf $knpSnappyPdf, GenerateReportRequest $request): Response
27     {
28         $userData = $this->exportService->prepareUserData($request);
29
30         $scopeData = $this->exportService->calculateDistributionByScopes($userData);
31         $sectorData = $this->exportService->calculateDistributionBySectors($userData);
32         $gasData = $this->exportService->calculateDistributionByGases($userData);
33
34         $graphPieScopeValue = $this->graphService->prepareGraphScopeValue($scopeData);
35         $graphPieScopePercentage = $this->graphService->prepareGraphScopePercentage($scopeData);
36
37         $graphBarSectorValue = $this->graphService->prepareGraphSectorValue($sectorData);
38         $graphBarSectorPercentage = $this->graphService->prepareGraphSectorPercentage($sectorData);
39
40         $graphBarGasValue = $this->graphService->prepareGraphGasValue($gasData);
41         $graphBarGasPercentage = $this->graphService->prepareGraphGasPercentage($gasData);
42
43         $allGasTotalT = round($gasData['all_gas_total_value'] / 1000, 2);
44
45         $scope1Percentage = round($scopeData['scope_1_percentage'], 2);
46         $scope2Percentage = round($scopeData['scope_2_percentage'], 2);
47         $scope3Percentage = round($scopeData['scope_3_percentage'], 2);
48
49         $location = is_null($request->getLocationId()) ? 'Cijela organizacija' : $this->locationRepository->find($request->getLocationId());
50         $html = $this->renderView('pdf/report.html.twig', [
51             'user' => $this->currentUserResolver->resolve(),
52             'today' => Carbon::today(),
53             'startDate' => $request->getFromDate() ?? '',
54             'endDate' => $request->getToDate() ?? '',
55             'location' => $location,
56             'totalCO2' => $allGasTotalT,
57             'scope1Percentage' => $scope1Percentage,
58             'scope2Percentage' => $scope2Percentage,
59             'scope3Percentage' => $scope3Percentage,
60             'graphBarSectorValue' => $graphBarSectorValue,
61             'graphBarSectorPercentage' => $graphBarSectorPercentage,
62             'graphPieScopeValue' => $graphPieScopeValue,
63             'graphPieScopePercentage' => $graphPieScopePercentage,
64             'graphBarGasValue' => $graphBarGasValue,
65             'graphBarGasPercentage' => $graphBarGasPercentage,
66         ]);
67
68         return new PdfResponse(
69             $knpSnappyPdf->getOutputFromHtml($html),
70             'izvjestaj.pdf',
71             'application/pdf',
72             'attachment',
73             200,
74             []
75         );
76     }
77 }

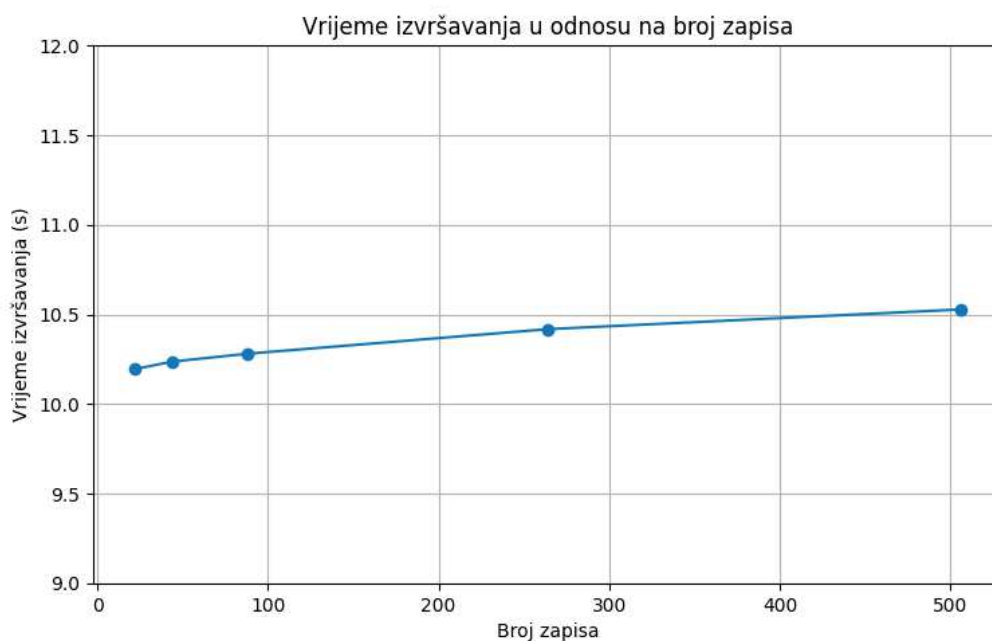
```

Slika 5.4 Programski kod za generiranje izvještaja

5.2.2. Performanse

Jedna od bitnijih stavki kod izgradnje sustava i procjene njegove uspješnosti jesu performanse, posebno vrijeme potrebno za generiranje izvještaja. Mjerenje vremena generiranja izvještaja pruža uvid u brzinu obrade sustava, resursne zahtjeve, efikasnost algoritama i skalabilnost sustava, što je od iznimne važnosti za učinkovitost i korisničko iskustvo. Također, skalabilnost je jedan od pokazatelja kvalitete programskog koda.

Nad značajkom generiranja izvještaja provedeno je testiranje u pogledu skalabilnosti, ovisno o broju spremljenih unosa emisija faktora. Slika 5.5 prikazuje graf ovisnosti vremena potrebnog za stvaranje izvještaja u odnosu na broj zapisa organizacije spremljenih u bazi podataka. Rezultati pokazuju praktički nezamjetno povećanje vremenskog perioda s porastom broja zapisa, iz čega izvodimo zaključak da je sustav spreman za primjenu na stvarnim podacima organizacija.



Slika 5.5 Rezultati testiranja performansi generiranja izvještaja

5.3. Punjenje baze podataka faktorima

Kao što je već ranije spomenuto, jedan od ključnih koraka kod izgradnje sustava je punjenje baze podataka sustava faktorima definiranim u nacionalnoj bazi faktora.

U tu je svrhu izrađena konzolna naredba. Logika naredbe prvo dodaje najvažnije podatke: plinove, mjerne jedinice i sektore, a zatim faktore pojedinog sektora. U daljnjem tekstu će biti predstavljeno mapiranje faktora definiranih za sektor „Otpad“. Prvi zadatak bio je izraditi CSV (engl. *Comma Separated Values - CSV*) datoteku s mapiranim vrijednostima iz nacionalne baze faktora. Slika 5.6 prikazuje faktore iz sektora za otpad u nacionalnoj bazi podataka. Slika 5.7 prikazuje faktore u formatu koji će biti korišten prilikom punjenja baze podataka.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															

FAKTORI EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA ZA OTPAD														
Redni broj	Kategorije	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv	FE CO ₂ -ulazni tok	FE CH ₄ -ulazni tok	FE N ₂ O-ulazni tok	FE CO ₂ ekv-ulazni tok	FE CO ₂ -obrada otpada	FE CH ₄ -obrada otpada	FE N ₂ O-obrada otpada	FE CO ₂ ekv-obrada otpada	
		kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
1	Odlaganje otpada na uređena odlagališta (Waste disposal at managed landfills)	41.381035	31.248529	0.000000	916.339860	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	31.248529	0.000000	874.958825	
2	Odlaganje otpada na neuređena odlagališta (Waste disposal at unmanaged landfills)	41.381035	23.733027	0.000000	705.905805	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	23.733027	0.000000	664.524770	
3	Kompostiranje otpada (Composting)	41.381035	10.000000	0.600000	480.381035	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	10.000000	0.600000	439.000000	
4	Spaljivanje proizvodnog otpada (Hazardous industrial waste incineration)	1688.000000	0.000000	0.100000	1714.500000	38.000000	0.000000	0.000000	38.000000	1650.000000	0.000000	0.100000	1676.500000	
5	Spaljivanje bolničkog otpada (Hazardous clinical waste incineration)	918.000000	0.000000	0.100000	944.500000	38.000000	0.000000	0.000000	38.000000	880.000000	0.000000	0.100000	906.500000	
6	Upravljanje otpadnim vodama kućanstava (Treatment of domestic wastewater)	0.000000	247.712363	0.000000	6935.946150	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	247.712363	0.000000	6935.946150	

Slika 5.6 Faktori emisija za otpad iz nacionalne baze

waste.csv														
category	CO2	CH4	N2O	CO2eq	CO2-upstream	CH4-upstream	N2O-upstream	CO2eq-upstream	CO2-waste treatment	CH4-waste treatment	N2O-waste treatment	CO2eq-waste treatment		
Odlaganje otpada na uređena odlagališta	41.381035	31.248529	0.000000	916.339860	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	31.248529	0.000000	874.958825		
Odlaganje otpada na neuređena odlagališta	41.381035	23.733027	0.000000	705.905805	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	23.733027	0.000000	664.524770		
Kompostiranje otpada	41.381035	10.000000	0.600000	480.381035	41.381035	0.000000	0.000000	41.381035	0.000000	10.000000	0.600000	439.000000		
Spaljivanje proizvodnog otpada	1688.000000	0.000000	0.100000	1714.500000	38.000000	0.000000	0.000000	38.000000	1650.000000	0.000000	0.100000	1676.500000		
Spaljivanje bolničkog otpada	918.000000	0.000000	0.100000	944.500000	38.000000	0.000000	0.000000	38.000000	880.000000	0.000000	0.100000	906.500000		
Upravljanje otpadnim vodama kućanstava	0.000000	247.712363	0.000000	6935.946150	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	247.712363	0.000000	6935.946150		

Slika 5.7 Faktori emisija za otpad iz CSV datoteke

Slika 5.8 prikazuje funkciju koja učitava sadržaj iz CSV datoteke, iterira kroz svaki redak i ubacuje novi faktor u bazu podataka. Nakon ubacivanja osnovnih podataka o faktoru, na kraju se poziva funkcija `appendGasesToFactor` koja dodjeljuje vrijednosti stakleničkih plinova.

```
public function addWastes(ObjectManager $manager): void
{
    [$file] = $this->initializeFileAndIo( csvFilePath: self::WASTE_CSV);

    $header = fgetcsv($file);
    while (($row = fgetcsv($file)) !== false) {
        $data = array_combine($header, $row);

        $waste = new Waste();
        $waste->setSector($this->sectorRepository->findOneBy(['name' => SectorName::WASTE]));
        $waste->setUnit($this->unitRepository->findOneBy(['measuringUnit' => 'Kg/t']));
        $waste->setCategory($data['category']);

        $manager->persist($waste);
        $manager->flush();

        $this->factorGasService->appendGasesToFactor($data, $waste->getId(), factorClassName: 'waste');
    }

    $manager->flush();
}
```

Slika 5.8 Funkcija za punjenje baze podataka faktorima za otpad

Slika 5.9 prikazuje logiku funkcije koja se koristi za dodavanje vrijednosti plinova faktoru.

```
public function appendGasesToFactor(array $inputData, int $factorId, string $factorClassName): void
{
    $factorFqcn = SupportedFqcn::mapClassNameToFqcn($factorClassName);
    $data = $this->filterData($inputData);

    foreach ($data as $gasFormula => $gasValue) {
        /** @var Gas $gas */
        $gas = $this->gasRepository->findOneBy(['formula' => $gasFormula]);

        $factorGas = new FactorGas();
        $factorGas->setgas($gas);
        $factorGas->setValue((float) $gasValue);
        $factorGas->setfactorId($factorId);
        $factorGas->setfactorFqcn($factorFqcn);
        $this->factorGasRepository->save($factorGas);
    }
}
```

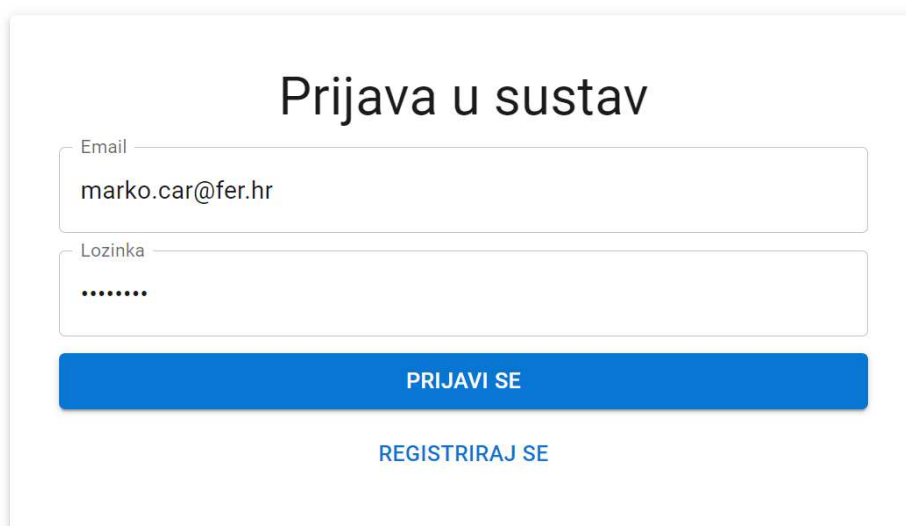
Slika 5.9 Generička funkcija za dodavanje vrijednosti plinova faktoru

6. Korisničke upute

U ovom poglavlju detaljno su opisani koraci za korištenje aplikacije uz priložene slike koje vizualno prikazuju svaki segment funkcionalnosti.

6.1. Autentifikacija

Prilikom otvaranja URL-a (engl. *Uniform Resource Locator* - **URL**) aplikacije, neautentificirani korisnik preusmjerava se na zaslon za prijavu, gdje upisuje svoje vjerodajnice. Slika 6.1 prikazuje zaslon za prijavu u sustav.



Prijava u sustav

Email
marko.car@fer.hr

Lozinka
.....

[PRIJAVI SE](#)

[REGISTRIRAJ SE](#)

Slika 6.1 Zaslon za prijavu

Ako korisnik ne posjeduje vjerodajnice ima mogućnost registracije. Slika 6.2 prikazuje djelomično popunjenu formu za registraciju.

Registriraj se

Email *
marko.car2@fer.hr

Lozinka *
.....

Ponovljena lozinka *
.....

Ime *
Marko

Prezime *
Car

Broj telefona *

Naziv organizacije *

REGISTRIRAJ SE

[NATRAG](#)

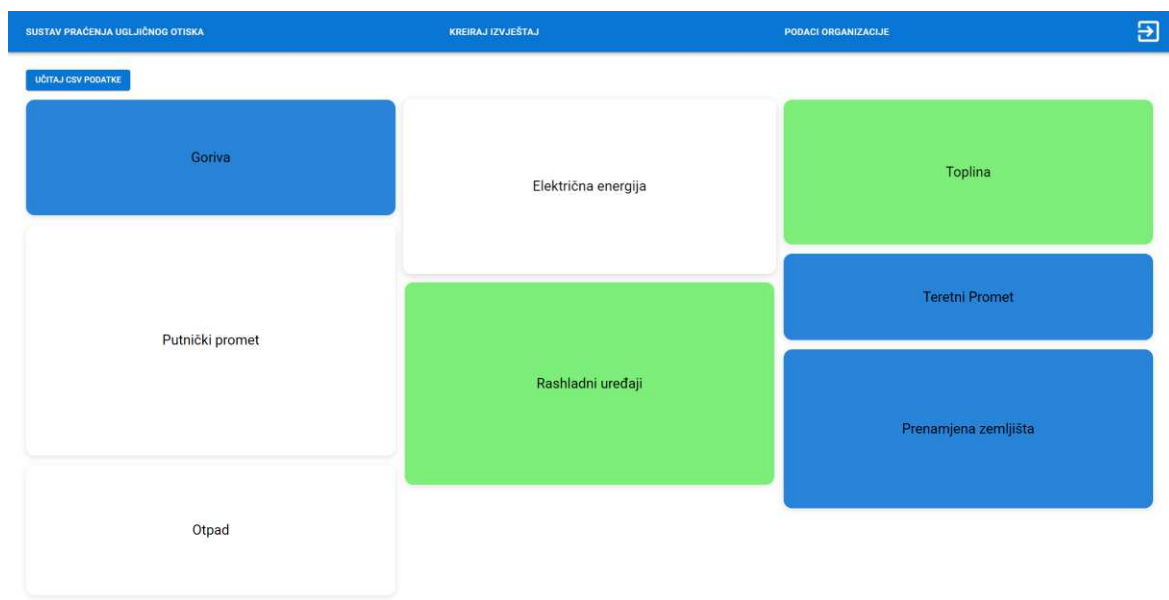
Slika 6.2 Registracijska forma

6.2. Sektori i faktori emisija

Prilikom uspješne autentifikacije, korisnik se preusmjerava na početni zaslon aplikacije. Početni zaslon sastoji se od navigacijske trake smještene na vrhu, koja omogućava pregled trenutno unesenih podataka, opciju odjave te opciju dohvaćanja izvještaja.

Ispod navigacijske trake nalazi se glavni dio početnog zaslona, koji je strukturiran od velikih blokova. Svaki od tih blokova predstavlja jedan sektor iz baze nacionalnih faktora, jasno označen nazivom.

Slika 6.3 prikazuje izgled početnog zaslona s istaknutim navigacijskim elementima i blokovima sektora.



Slika 6.3 Početna stranica

Odabirom određenog bloka, korisnik se preusmjerava na prikaz koji sadrži sve faktore emisija stakleničkih plinova koji pripadaju tom sektoru. Slika 6.4 prikazuje faktore emisija stakleničkih plinova za prenamjenu zemljišta.

SUSTAV PRAĆENJA UGLJIČNOG OTISKA

KREIRAJ IZVJEŠTAJ

PODACI ORGANIZACIJE

Unesite novi zapis u bazu podataka

FAKTORI EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA ZA PRENAMJENU ZEMLJIŠTA

Šumsko zemljište pretvoreno u Zemljište pod Usjevima (kg/ha)

Travnjaci pretvoreni u Zemljište pod Usjevima (kg/ha)

Šumsko zemljište pretvoreno u Naseljena područja (kg/ha)

Zemljište pod Usjevima pretvoreno u Naseljena područja (kg/ha)

Travnjaci pretvoreni u Naseljena područja (kg/ha)

Slika 6.4 Faktori emisija stakleničkih plinova za prenamjenu zemljišta

Odabirom određenog faktora korisnik ima mogućnost unosa novog zapisa u bazu podataka. Slika 6.5 prikazuje obrazac za spremanje faktora.

Travnjaci pretvoreni u Zemljište pod Usjevima

Količina kg/ha *

10

Datum *

10.06.2024.

Aktivnost plina

Potrošnja

Lokacija

SUBMIT

Slika 6.5 Obrazac za unos faktora

6.3. Ostatak aplikacije

Navigacija kroz aplikaciju preko trake smještene na vrhu omogućuje i pregled podataka koji su trenutno spremljeni. Odabirom „Podaci organizacije“, korisnik se preusmjerava na zaslom na kojem se prikazuju lokacije organizacije, svi uneseni faktori i detaljan opis unosa (količina, datum i slično.).

Slika 6.6 daje primjer izgleda prikaza unesenih lokacija neke organizacije, kao i mogućnost brisanja određenog zapisa.

SUSTAV PRAĆENJA UGLJIČNOG OTISKA

KREIRAJ IZVJEŠTAJ

PODACI ORGANIZACIJE

Faktori i lokacije organizacije (Stellar organization)

Trenutne lokacije:

1. Glavni pogon

ID: 1 | Razina1: nekretnine | Razina2: proizvodnja | Opis: glavni pogon organizacije

2. Sporedni pogon

ID: 2 | Razina1: nekretnine | Razina2: proizvodnja | Opis: sporedni pogon organizacije

3. Vozilo

ID: 3 | Razina1: pokretnine | Razina2: administracija | Opis: Škoda Octavia

DODAJ LOKACIJU

Slika 6.6 Lista lokacija neke organizacije

Slika 6.7 prikazuje obrazac za dodavanje nove lokacije.

Dodajte novu lokaciju

×

Naziv

Opis

Razina 1

Ostalo

▼

Razina 2

Ostalo

▼

DODAJ LOKACIJU

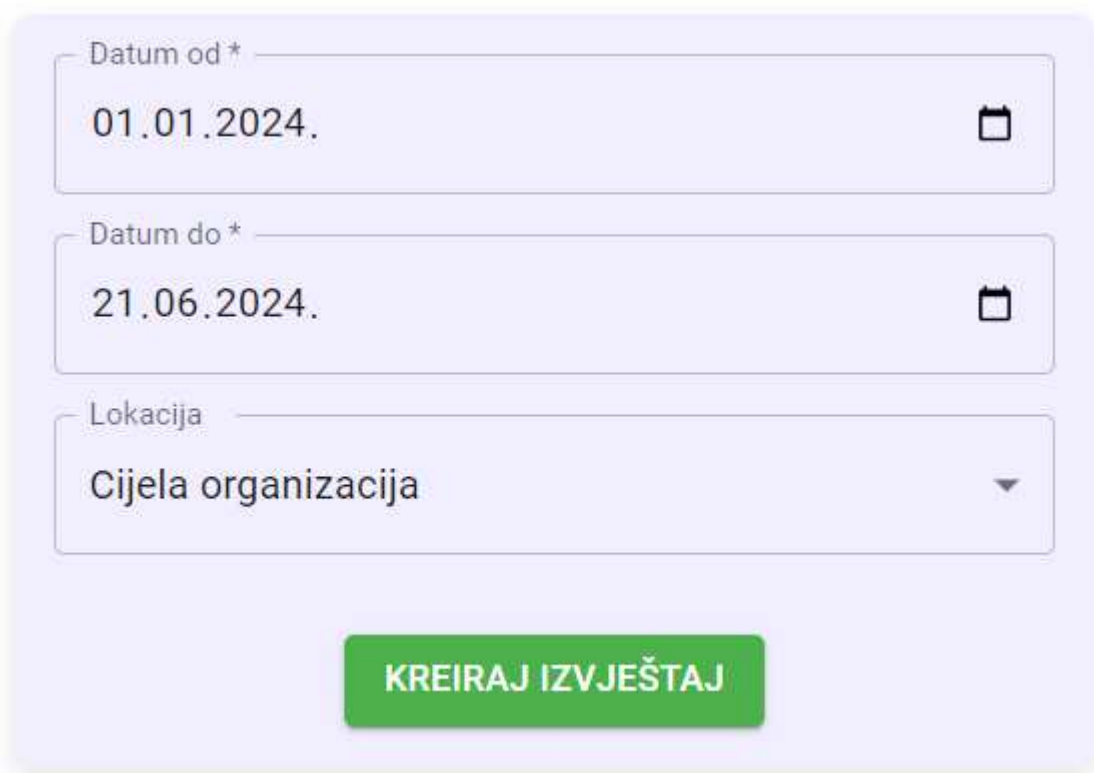
Slika 6.7 Obrazac za unos lokacije

Slika 6.8 daje primjer izgleda prikaza unesenih podataka neke organizacije, kao i mogućnost brisanja određenog zapisa.

SUSTAV PRAĆENJA UGLJIČNOG OTISKA	KREIRAJ IZVJEŠTAJ	PODACI ORGANIZACIJE	
Uneseni faktori:			
1. Goriva Količina: 500 kg/MWh Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Izravna			
2. Goriva Količina: 900 kg/GJ Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Neizravna			
3. Električna energija Količina: 1500 kg/MWh Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Neizravna			
4. Toplina Količina: 800 kg/MWh Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Izravna			
5. Goriva Količina: 1200 kg/GJ Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Potrošnja: Izravna			
6. Goriva Količina: 2000 kg/GJ Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Neizravna			
7. Putnički promet Količina: 120000 kg/vehicle and km Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Neizravna			
8. Teretni promet Količina: 50000 Godina: undefined Datum: 01/01/2024 Aktivnost plina: Izgaranje Potrošnja: Neizravna			

Slika 6.8 Lista spremljenih faktora

Jedna od važnijih mogućnosti aplikacije je kreiranje izvještaja. Odabirom opcije „Kreiraj izvještaj“, korisnik se preusmjerava na zaslon koji mu omogućuje automatsko kreiranje i preuzimanje izvještaja. Podržana je mogućnost filtriranja unesenih faktora koji će biti korišteni prilikom generacije prema lokaciji potrošnje i vremenskom intervalu tako da organizacija može pratiti smanjenje svog ugljičnog otiska kroz godine. Slika 6.9 prikazuje zaslon za generiranje izvještaja.

The image shows a user interface for generating a report. It consists of three input fields stacked vertically. The first field is labeled 'Datum od *' and contains the date '01.01.2024.'. The second field is labeled 'Datum do *' and contains the date '21.06.2024.'. The third field is labeled 'Lokacija' and contains the text 'Cijela organizacija'. Each of the first two date fields has a calendar icon on the right side. The 'Lokacija' field has a downward arrow on the right, indicating it is a dropdown menu. Below these fields is a large green button with the text 'KREIRAJ IZVJEŠTAJ' in white capital letters.

Slika 6.9 Generiranje izvještaja

Zaključak

Cilj ovog diplomskog rada bio je razviti sustav za praćenje ugljičnog otiska, omogućujući tvrtkama učinkovito praćenje i izvještavanje o njihovim emisijama stakleničkih plinova. Kroz analizu, projektiranje i implementaciju, fokus je bio na stvaranju djelotvornog i transparentnog sustava za izvještavanje o utjecaju organizacija na okoliš.

Razvoj je bio postupan, počevši s oblikovanjem i implementacijom relacijskog modela baze podataka. Na temelju tog modela izgrađen je poslužiteljski dio, nakon čega je uslijedila izrada klijentske aplikacije s ciljem stvaranja korisničkog sučelja. Konačno, nakon implementacije sustava, napisana je detaljna dokumentacija koja opisuje proces razvoja, funkcionalnosti sustava te pruža upute za njegovo korištenje.

Korištenjem suvremenih tehnologija, razvijen je modularan sustav koji se može prilagoditi specifičnim potrebama organizacije i budućim zahtjevima regulative. Ovaj rad predstavlja korak prema ostvarenju ciljeva održivog razvoja i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš. Izrađeni sustav je intuitivan za korištenje, omogućuje organizacijama jednostavan unos emisija i izradu izvještaja.

Moguća poboljšanja sustava bila bi usmjerena na aktivno praćenje novih regulativa te posljedično nadogradnju i prilagođavanje sustava novim smjernicama. U sklopu nadogradnje sustava, moguća je izrada mobilne aplikacije uz web aplikaciju. Osim toga, specijalizirano istraživanje mogućnosti integracije s informacijskim i internim sustavima neke organizacije pružilo bi dodatne mogućnosti za optimizaciju praćenja i izvještavanja o emisijama stakleničkih plinova te dodatno unaprijedilo održivost poslovanja.

Literatura

- [1] Kako da ograničim svoj ugljični otisak, https://youth.europa.eu/get-involved/sustainable-development/how-reduce-my-carbon-footprint_hr; svibanj 2024.
- [2] Staklenički plinovi, <https://www.europarl.europa.eu/topics/hr/article/20230316STO77629/klimatske-promjene-i-staklenicki-plinovi-koji-uzrokuju-globalno-zagrijavanje>; lipanj 2024.
- [3] Staklenički plinovi, https://hr.wikipedia.org/wiki/Stakleni%C4%8Dki_plinovi; lipanj 2024.
- [4] Fluorirani plinovi i tvari koje oštećuju ozonski sloj, <https://www.consilium.europa.eu/hr/press/press-releases/2023/04/05/fluorinated-gases-and-ozone-depleting-substances-member-states-ready-to-negotiate-with-parliament>; svibanj 2024.
- [5] Nacionalna baza faktora, <https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/KLIMA/Baza%20FE.xlsx>; lipanj 2024.
- [6] GHG Protokol, <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>; lipanj 2024.
- [7] ISO 14064-1, <https://www.iso.org/standard/66453.html>; lipanj 2024.
- [8] ISO/TR 14069, <https://www.iso.org/standard/43280.html>; lipanj 2024.
- [9] Razumijevanje potencijala globalnog zatopljenja, <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>; lipanj 2024.
- [10] GWP vrijednosti za najčešće stakleničke plinove, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf; lipanj 2024.
- [11] Workiva, <https://www.workiva.com>; lipanj 2024.
- [12] PhpStorm, <https://www.jetbrains.com/phpstorm>; lipanj 2024.
- [13] Visual Studio Code, <https://code.visualstudio.com>; lipanj 2024.
- [14] Stack Overflow. Poveznica: <https://stackoverflow.com>; travanj 2024.
- [15] Symfony Documentation, <https://symfony.com/doc/current/index.html>; travanj 2024.

Sažetak

Sustav za praćenje ugljičnog otiska

Tema ovog diplomskog rada je razvoj programskog sustava za praćenje ugljičnog otiska organizacija. Sustav je osmišljen kako bi organizacijama omogućio praćenje emisija stakleničkih plinova i izradu izvještaja. U sklopu rada implementirana je baza podataka za pohranu podataka o emisijama te web aplikacija za upravljanje tim podacima.

Sustav koristi MySQL za upravljanje bazom podataka, dok je web aplikacija ostvarena korištenjem PHP-a i Symfony radnog okvira. Vizualni prikaz aplikacije izrađen je pomoću React biblioteke.

Rad sadrži opis arhitekture rješenja, korištene alate, upute za instalaciju, ključne funkcionalnosti te upute za korištenje.

Ključne riječi: ugljični otisak, staklenički plinovi, PHP, Symfony, MySQL, React, backend, frontend, web aplikacija

Summary

Carbon Footprint Monitoring System

This thesis focuses on the development of a software system that monitors the carbon footprint of organizations. The system is designed to enable organizations to track greenhouse gas emissions and generate reports. As part of the project, a database for storing emission data and a web application for managing data were implemented.

The system uses MySQL for database management, while the web application is developed using PHP and the Symfony framework. The visual representation of the application is created using React library.

The thesis includes a description of the solution architecture, the tools used, installation instructions, key functionalities, and user instructions.

Keywords: carbon footprint, greenhouse gases, PHP, Symfony, MySQL, React, backend, frontend, web application

Skraćenice

CSRD *The Corporate Sustainability Reporting Directive* direktiva o korporativnom izvješćivanju o održivosti

GHG	<i>Greenhouse Gas Emissions</i>	emisije stakleničkih plinova
API	<i>Application Programming Interface</i>	programsko sučelje aplikacije
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>	ujednačeni lokator sadržaja
GWP	<i>Global Warming Potential</i>	potencijal globalnog zatopljenja
CSV	<i>Comma Separated Values</i>	vrijednosti odvojene zarezima