



Analýza uhlíkovej stopy projektu

Obytný komplex Koplotovce,
DOMOSADY, (VÝHLÁDY ČANADOV)

Zadávateľ analýzy

Integra Consulting s.r.o.

Sudoměřská 1243/25

130 00 Praha 3

IČ: 27566617, DIČ: CZ2756617

Spracoval: **Mirek Lupač**, mirek@koniklec.cz

Investor:

NATURA 4.0 s. r. o.

Pekárska 11,

Trnava, Slovenská republika

Obsah

MANAŽÉRSKE ZHRNUTIE.....	3
PREDMET ANALÝZY	5
OPIS PROJEKTU	5
METODICKÝ POHĽAD NA UHLÍKOVÚ STOPU BUDOV	6
EURÓPSKE KLIMATICKÉ CIELE PRE SEKTOR STAVEBNÍCTVA.....	7
METODIKA VÝPOČTU UHLÍKOVEJ STOPY PROJEKTU A JEJ LIMITY	8
GHG PROTOKOL	8
ŠTRUKTÚRA PROCESU	9
1. Definícia rozsahu (scope):	9
2. Zber údajov.....	10
3. Identifikácia emisných faktorov:	10
4. Výpočet emisií skleníkových plynov:	10
5. Súhrnné výsledky:	10
6. Časové rozlíšenie	10
7. Porovnanie a interpretácia	10
BIOGÉNNY A ANTROPOGÉNNY UHLÍK	10
VSTUPNÉ ÚDAJE A OPISNÉ CHARAKTERISTIKY PROJEKTU.....	11
ZÁKLADNÉ ROZMERY BUDOV	12
VÝPOČET UHLÍKOVEJ STOPY PROJEKTU	12
ZDROJE EMISNÝCH FAKTOROV	12
EMISNÝ FAKTOR ELEKTRICKEJ ENERGIE	13
VTELENÁ UHLÍKOVÁ STOPA	13
PREVÁDZKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA	16
CELKOVÁ UHLÍKOVÁ STOPA PROJEKTU A JEHO REFERENČNÉ POROVNANIE.....	17
KOREKCIA.....	18
NEKVANTITATÍVNE PRÍNOSY	19

Manažérske zhrnutie

Uhlíková stopa budovy udáva, koľko uhlíka vo forme ekvivalentného CO₂ sa uvoľní do atmosféry zo všetkých procesov, ktoré sú potrebné na výstavbu daného projektu. Ekvivalentný CO₂ vyjadruje nielen množstvo samotného oxidu uhličitého, ale aj ďalších skleníkových plynov spojených s procesom, ktoré vznikajú. Výpočet sa vykonáva tak, že sa pre každú činnosť, spotrebu energie a materiálu, služby a iné položky určí množstvo tejto dodávky pre projekt v merných jednotkách (m, m², m³, kg a iné). Toto množstvo sa vynásobí emisným faktorom pre CO₂, ktorý udáva, koľko kilogramov ekvivalentných emisií CO₂ sa uvoľní pri výrobe, dodávke, spracovaní mernej jednotky danej položky. Napríklad pri výrobe jednej tony betónu sa uvoľní v priemere 109,89 kg CO₂e. Pri preprave 12 ton materiálu na vzdialenosť jedného kilometra nákladným autom sa uvoľní 1,08 kg CO₂ alebo pri spotrebe 1 MWh sa na Slovensku uvoľní približne 320 kg CO₂e. Potrebné emisné faktory stanovujú a štandardizujú medzinárodné certifikačné orgány alebo národné inštitúcie, menia sa v čase a sú regionálne špecifické.

Takto sa vypočíta, koľko uhlíka sa uvoľní ľudskou činnosťou pri výstavbe, používaní, údržbe a likvidácii celého projektu, t. j. vypočíta sa uhlíková stopa za celý životný cyklus. Výsledná uhlíková stopa sa vzťahuje na mernú jednotku, najčastejšie GFA (hrubá podlahová plocha), alebo GBA (hrubá zastavaná plocha), aby bolo možné porovnať rôzne projekty navzájom a s referenčnými hodnotami.

Európska legislatíva v súčasnosti implementuje požiadavku na klimaticky udržateľnú výstavbu v smernici o energetickej hospodárnosti budov (EPBD) aktualizovanej 24. apríla 2024. Konkrétne obytné budovy, ktoré majú v súčasnosti hodnoty približne 500–1000 kg CO₂e / m², pričom nové budovy zvyčajne 300 - 500 kg CO₂e / m², by mali v roku 2030 dosiahnuť hodnoty zvyčajne < 200 kg CO₂e / m². V prípade kancelárskych budov a najmä budov infraštruktúry je smerná hodnota dokonca niekoľkonásobne prísnejšia.

Nízkoemisné štandardy BREEAM Outstanding, DGNB Platinum atď. počítajú so smernou hodnotou pre uhlíkovú stopu <300 kg CO₂ e / m². Rovnakú hodnotu pre všetky nové budovy stanovil vo svojich projekciách aj The Royal Institute of British Architects (RIBA). World Green Building Council deklaruje cieľ znížiť v porovnaní s východiskovou hodnotou v roku 2020 emisie obsiahnuté v emisiách o 40 %, čo tiež zodpovedá približne 300–400 kg CO₂ e / m².

V prípade **projektu Koplotovce, DOMOSADY** sa štandardizovaná metóda obmedzila na fázu výstavby (vtelená uhlíková stopa) a spotrebu energie na prevádzku celého rezidenčného projektu počas štandardnej životnosti 60 rokov (prevádzková uhlíková stopa). Nezohľadňuje sa pritom spotreba jednotlivých budúcich domácností, opravy budovy a jej likvidácia. Výsledná uhlíková stopa sa preto musí upraviť o tieto čiastočne nezohľadnené vstupy, ktoré vzhľadom na praktické skúsenosti z podobných projektov predstavujú približne 10–15 % celkovej uhlíkovej stopy.

Na druhú stranu, prevádzkovú uhlíkovú stopu, t. j. spotrebu energie na vykurovanie, prípravu teplej vody a chladenie, je potrebné v budúcnosti degresívne korigovať klesajúcim emisným faktorom výroby a spotreby elektrickej energie, ktorý by mal podľa optimistického scenára klesnúť v EÚ zo súčasných približne 0,35 kg CO_{2e} / kWh na približne 0,05 do roku 2025. Priebeh tohto poklesu však nie je vopred známy a preto sa odhaduje iteračne.

Pomocou podrobného rozpočtu podľa rozmerov jednotlivých komponentov stavby a potrebných materiálov a ich dopravy sa pre projekt Koplotovce stanovila vtelená **uhlíková stopa 172,34 kg CO_{2e}**.

Táto výsledná hodnota bola štandardne prepočítaná na hrubú podlahovú plochu (GBA). Po korekcii na nezapočítané požiadavky na výstavbu, údržbu a likvidáciu vo výške približne 25 % (podľa normy EN 15978) možno určiť orientačnú **hodnotu uhlíkovej stopy približne 230 kg CO_{2e}**.

Výpočtom potreby tepla na vykurovanie, prípravu TÚV a spotreby chladu podľa plochy projektu a očakávanej tepelnej straty max. 15 kW/m² sa určila **prevádzková uhlíková stopa 581 kg CO_{2e}** počas životnosti budovy. Korekciou smerom nadol sa výsledná prevádzková ekologická stopa odhadla na **295 kg CO_{2e} /60 rokov**.

Pri porovnaní s hodnotami uvedenými v súčasných požiadavkách EÚ na budovy a cieľmi stanovenými v tejto oblasti možno projekt hodnotiť ako **veľmi priaznivý pre klímu, pričom výsledok spĺňa predpoklad smerných hodnôt < 300 kg CO_{2e}/m²**.

Okrem toho treba zohľadniť **pozitívny vplyv všetkých nezapočítateľných prínosov**, najmä ekosystémových služieb, ktoré poskytuje modrozelená infraštruktúra, hospodárenie s dažďovou vodou, ochrana a rozvoj lesov a v neposlednom rade ukladanie uhlíka do materiálov a vegetácie súvisiacej s projektom. Tento biogénny uhlík sa nezohľadňuje v uhlíkovej stope projektu (kvôli komplexnosti výpočtu), ale jeho sekvestrácia vytvára nezanedbateľný pozitívny príspevok k započítaniu (viazaniu a zadržaniu) uhlíka v rámci projektu.

Predmet analýzy

Predmetom analýzy je posúdenie vplyvu projektu na klímu prostredníctvom kvantifikácie orientačného množstva emisií ekvivalentu oxidu uhličitého¹ (CO₂ e) spojených s výstavbou projektu a jeho prevádzkou počas 60 rokov. Účelom tohto výpočtu je dodržať zásady sociálnej a environmentálnej zodpovednosti v podnikaní, zásady DNSH² a zásady transformačnej politiky Európskej únie vyjadrené okrem iného v smernici Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/1275 z 24. apríla 2024 o energetickej hospodárnosti budov.

Opis projektu

Navrhované urbanisticko-architektonické riešenie sa nachádza v severnej časti katastrálneho územia obce Koplotovce a vychádza z urbanistickej štúdie a schválených platných zmien a doplnkov územného plánu (Územný plán obce Koplotovce, Zmeny a doplnky 05/2022, vydané 18.9.2023), ktoré vznikli na podnet investora.

Autorom projektu je spoločnosť CREATE s.r.o., zodpovedný projektant: Ing. arch. Branislav Baník a projekčný tím v zložení Ing. arch. Peter Horák, PhD. a Ing. arch. Branislav Baník a Ing. arch. Tomáš Beňa.

Projekt sa nachádza v území určenom na výstavbu bytových domov s občianskou vybavenosťou, rodinných domov a stavieb určených na rekreáciu. Návrh vychádza z moderných trendov biofilného bývania. Prináša filozofiu tzv. vidieckeho štýlu, ktorý spája poľnohospodárske využitie s bývaním, službami a prácou. Takáto koncepcia vytvára do značnej miery sebestačné bývanie, ktoré je schopné vytvárať viac miestnej produkcie a uspokojovať základné miestne potreby.

Celé územie plánu je rozdelené na 3 hlavné sektory, ktoré ďalej definujú zameranie a využitie územia s rôznou hustotou a mierne odlišnou filozofiou (zdroj: *Dokumenty pre územné rozhodnutie, september 2024*).

Prioritou investora a autorov je ponúknuť bývanie v prostredí šetrnom k prírode, kde sa používajú materiály a technológie čo najšetrnejšie k životnému prostrediu. Celý projekt má vlastný systém hospodárenia s dažďovou vodou, ktorého súčasťou sú priepusty tvoriace hranice pozemku. Čistenie odpadových vôd je riešené prostredníctvom koreňových čističiek. Vykurovanie a chladenie zabezpečujú tepelné čerpadlá. Strechy sú pokryté rozsiahlou vegetáciou. Okrem nosného betónu prevláda v materiáloch drevo a slama. Doprava materiálov na stavbu je navrhnutá tak, aby bola čo najkratšia, najmä od dodávateľov najväčšieho objemu surovín (betón, kamenivo, oceľ). Projekt tak

¹ Ekvivalent CO₂ (CO₂e) je jednotka používaná na vyjadrenie celkového príspevku rôznych skleníkových plynov ku globálnemu otepľovaniu.

² Zásada "Do No Significant Harm" je kľúčovou zásadou európskej legislatívy v oblasti udržateľnosti a životného prostredia, ktorá sa vzťahuje na financovanie projektov a investícií. Hlavným cieľom jej uplatňovania je, že žiadna hospodárska činnosť financovaná z verejných prostriedkov EÚ nesmie významne poškodiť šesť environmentálnych cieľov stanovených v nariadení EÚ 2020/852 o [taxonómii](#).

komplexne a cielene smeruje k nízkouhlíkovému riešeniu a zároveň nesie významnú adaptačnú kapacitu ako predpoklad zachovania kvality života v meniacej sa klíme.

Metodický pohľad na uhlíkovú stopu budov

Uhlíková stopa je miera vplyvu ľudskej činnosti na životné prostredie, ktorá vyjadruje množstvo skleníkových plynov uvoľnených do atmosféry v dôsledku činnosti, výrobu alebo služby. Je to spôsob kvantifikácie environmentálnej záťaže a sledovania vplyvu našej činnosti na klímu. Zvyčajne sa meria v ekvivalentoch CO₂ (pozri vyššie).

Vtelená uhlíková stopa budov sa vzťahuje na emisie skleníkových plynov spojené s výrobou, prepravou, výstavbou, údržbou a demoláciou stavebných materiálov a konštrukcií. Na rozdiel od prevádzkových emisií (napr. z vykurovania alebo chladenia budov) sa vtelený uhlík vytvára pred výstavbou a počas výstavby alebo počas renovácie či likvidácie budovy.

Vtelená uhlíková stopa zahŕňa najmä:

- ťažbu a spracovanie surovín;
- výroba materiálov;
- prepravu materiálov na stavenisko;
- výstavbu a inštaláciu;
- budúcu demoláciu, recykláciu alebo skládkovanie.

V stavebníctve sa pod pojmom **prevádzková uhlíková stopa** rozumejú emisie skleníkových plynov, ktoré vznikajú pri používaní a prevádzke budovy, ako je vykurovanie, chladenie, osvetlenie a napájanie spotrebičov.

Na určenie celkovej uhlíkovej stopy budovy, ktorá sa zvyčajne počíta v časovom horizonte 60 rokov, sa môže použiť súčet emisie uhlíka v budove a emisie uhlíka z prevádzky. Komplexný výpočet potom zahŕňa aj náklady na údržbu budovy a následnú demoláciu. Celý životný cyklus budovy je tak pokrytý v hlavných aspektoch. Ide teda o analýzu životného cyklu z hľadiska formy uhlíka. Táto analýza nezahŕňa stopu údržby a demolácie vzhľadom na jej účel a požiadavky na využitie výsledkov. Analýza tiež zahŕňa len prevádzkové energetické nároky spojené s vykurovaním a ohrevom TUV a nezahŕňa spotrebu, ktorú v jednotlivých budovách realizujú konkrétni užívatelia, pretože to v tejto fáze projektu nie je možné kvalifikovane určiť. Aby bola analýza metodicky čo najspoľahlivejšia, sú tieto limity uvedené ďalej podľa názvu.

Pri nových budovách a najmä pri nízkoenergetických obytných budovách predstavuje vtelená uhlíková stopa približne **30–50 %** emisií CO_{2e}. Naopak, pri technickej infraštruktúre (diaľnice, mosty) dominuje celkovej uhlíkovej stopy významný podiel vtelenej stopy stavieb.

Európske klimatické ciele pre sektor stavebníctva

Európska únia zavádza všeobecné aj špecifické ciele na dekarbonizáciu sektora budov v rámci balíka Zelená dohoda pre Európu (Green Deal), resp. balíka Fit for 55. Hlavnou smernicou v tejto oblasti je Smernica o energetickej hospodárnosti budov (EPBD) v znení aktualizovanom 24. apríla 2024³. Táto smernica najmä:

- zavádza celkové posúdenie uhlíkovej stopy počas životného cyklu nových budov;
- zavádza povinnosť pre nové budovy nad určitú veľkosť uvádzať údaje o emisiách vteleného uhlíka od roku 2027;
- zavádza túto povinnosť pre všetky nové budovy od roku 2030.

Celkové ciele EÚ v oblasti budov do roku 2030

- Znížiť emisie CO₂ o 55 % v porovnaní s rokom 1990.
- Do roku 2030 obnoviť 35 miliónov budov.
- Zvýšiť podiel nízkouhlíkových stavebných materiálov a obehového hospodárstva v stavebníctve.

EÚ vytvorila dobrovoľný rámec na meranie udržateľnosti budov s názvom *Level(s)*. Je určený na hodnotenie a podávanie správ o udržateľnosti obytných a kancelárskych budov v celej Európe. *Level(s)* sa zameriava na celý životný cyklus budovy a pomáha subjektom navrhovať a stavať udržateľnejšie budovy. Nezohľadňuje však len uhlíkovú stopu počas celého životného cyklu, ale aj ekonomické aspekty výstavby (efektívnosť, časová hodnota) a sociálne a zdravotné aspekty (pohoda, zdravé vnútorné prostredie, dostupnosť a prístupnosť).

Všeobecné ciele pre vtelený uhlík v novej výstavbe (kg CO_{2e} /m²)

Kvôli porovnateľnosti sa uhlíková stopa budov vzťahuje predovšetkým na hrubú zastavanú plochu plochu (*GBA*). Môže sa uvádzať aj na obyvateľa/obyvateľu alebo na fázu životného cyklu budovy (A1–A5, pozri obrázok 1).

³ V dôsledku rýchleho vývoja a meniacej sa dynamiky procesu ekologickej transformácie môžu byť niektoré ustanovenia kedykoľvek pozastavené, upravené alebo sa môžu zmeniť orientačné dátumy.

Tabuľka 1 Príklady referenčných cieľov

<i>Typ budovy</i>	<i>Referenčné ciele (približne)</i>	<i>Poznámky</i>
<i>Obytné budovy</i>	300-500 kg CO ₂ e/m ²	Ciele sa znižujú - zvyčajne < 200 v roku 2030
<i>Kancelárie</i>	400-600 kg CO ₂ e/m ²	Značne sa líši podľa účelu a konštrukcie
<i>Nízkoemisný štandard</i>	<300 kg CO ₂ e/m ²	BREEAM Outstanding, DGNB Platinum atď.
<i>Cieľ RIBA⁴ 2030</i>	<300 kg CO ₂ e/m ²	Pre všetky nové budovy
<i>Cieľ WGBC⁵ do roku 2030</i>	Zníženie o 40 % v porovnaní s východiskovým rokom 2020	Globálna výzva

Obrázok 1 Uhlík v životnom cykle budovy



(Zdroj: New Building Institute, na základe normy BS EN 15978-2011)

Metodika výpočtu uhlíkovej stopy projektu a jej limity

GHG protokol

Všeobecným rámcom na výpočet uhlíkovej stopy projektu je **výpočet uhlíkovej stopy podľa protokolu GHG⁶**, ktorý zahŕňa kvantifikáciu a vykazovanie emisií skleníkových plynov z rôznych zdrojov, rozdelených do rozsahov podľa rozsahu zahrnutých údajov (scope) 1, 2 a 3. Základný výpočet zahŕňa vynásobenie údajov o činnosti (napr. spotreba paliva, spotreba elektrickej energie) príslušnými emisnými faktormi.

⁴ <https://www.architecture.com>. The Royal Institute of British Architects

⁵ <https://worldgbc.org>. World Green Building Council

⁶ <https://ghgprotocol.org/>. Protokol o skleníkových plynch (GHG Protocol)

Emisný faktor je množstvo CO₂e štandardne udávané v kilogramoch alebo tonách na jednotku spotreby alebo činnosti. Emisné faktory určuje výpočtom dodávateľ výrobku alebo služby, ale najmä pre celý rad výrobkov a služieb tieto emisné faktory monitorujú vládne a súkromné odborné orgány (napr. EPA, IPCC, DEFRA) a zverejňujú ich alebo poskytujú za licenčný poplatok. Je bežné, že pri výpočte sa používa viacero zdrojov emisných faktorov, zvyčajne preto, aby emisný faktor čo najviac zodpovedal prostrediu, v ktorom sa vykonáva výpočet. V rámci EÚ ide o všeobecne štandardizované prostredie, a preto je k dispozícii dostatok údajov a iných zdrojov informácií pre jednotlivé krajiny (pozri ďalej).

Výsledky z jednotlivých oblastí sa nakoniec sčítajú, aby sa určila celková uhlíková stopa.

Z hľadiska životného cyklu budovy (pozri obrázok 1) zahŕňa výpočet fázy životného cyklu A1–A5 (výstavba) a B6 (spotreba energie na prevádzku).

Štruktúra procesu

1. Definícia rozsahu (scope):

Pri výpočte sa bežne pracuje s 3 rozsahmi/oblasťami:

Scope 1: priame emisie skleníkových plynov spojené s činnosťou hodnoteného emitenta zo zdrojov, ktoré emitent kontroluje, vytvára alebo vlastní.

Scope 2: nepriame emisie skleníkových plynov z výroby nakúpenej elektrickej energie, tepla a chladu spotrebovaných emitentom.

Scope 3: Všetky ostatné nepriame emisie zo zdrojov, ktoré emitent nevlastní ani nekontroluje (napr. dodávateľský reťazec, činnosti osôb využívajúcich výrobky a služby, likvidácia odpadu atď.).

Do výpočtu **sú zahrnuté** emisie scope 1 a 2:

- Všetky emisie spojené s výrobou a dopravou materiálov na výstavbu projektu.
- Všetky emisie spojené s prevádzkovou spotrebou energie na vykurovanie a prípravu teplej vody počas 60 rokov.

Emisie scope 1 a 2 **nie sú zahrnuté do** výpočtu:

- Emisie spojené so samotnou stavebnou činnosťou, okrem dopravy materiálov na stavenisko.

Emisie scope 3 **nie sú zahrnuté do** výpočtu:

- Emisie spojené s prevádzkou zariadení používaných užívateľmi jednotiek po ich predaji konečným vlastníkom.
- Emisie spojené s opravou a údržbou budov.
- Emisie spojené s likvidáciou budov a recykláciou zvyškov.

2. Zber údajov

Pre každý výrobok, službu a činnosť boli zhromaždené príslušné jednotkové údaje o objemoch, množstvách, hmotnostiach alebo iných mierach.

3. Identifikácia emisných faktorov:

Pre každý materiál, výrobok, službu a činnosť boli identifikované zodpovedajúce emisné faktory z ďalej opísaných zdrojov. Tieto faktory vyjadrujú údaje o vplyve činnosti na emisie skleníkových plynov (napr. kg ekvivalentu CO₂ na kubický meter betónu, na tonokilometer dopravy, kg ekvivalentu CO₂ na kWh elektrickej energie).

4. Výpočet emisií skleníkových plynov:

Všetky položky vstupných údajov o jednotkových množstvách každého materiálu, výrobku, služby a činnosti sa vynásobili emisným faktorom pre každú činnosť (emisie skleníkových plynov = údaje o činnosti x emisný faktor).

5. Súhrnné výsledky:

Všetky výsledky boli zrátané a sú uvedené ako celkové absolútne emisie a emisie prepočítané na zvolenú mernú jednotku (plocha, osoba, objem atď.).

6. Časové rozlíšenie

V prípade činností, ktoré vedú k hmatateľnému výsledku s dlhou životnosťou, je zahrnutý orientačný odhad budúceho vývoja emisných faktorov, keďže sa očakáva ich výrazný pokles, napr. v prípade elektrickej energie, v dôsledku plnenia klimatických cieľov. Prevádzková uhlíková stopa za 60 rokov bola teda vyjadrená vrátane odhadovaného zhoršenia emisného faktora elektrickej energie.

7. Porovnanie a interpretácia

Výsledky sú uvedené v kontexte noriem, ak existujú, alebo dôveryhodných štatistických údajov či prípadových štúdií, vedeckých poznatkov a iných zdrojov informácií o porovnateľných činnostiach.

Biogénny a antropogénny uhlík

Výpočet uhlíkovej stopy sa zakladá výlučne na antropogénnom uhlíku. Preto, ako je vysvetlené ďalej, nie sú zahrnuté "záchytky" uhlíka, sekvestrácia a uhlík z atmosféry viazaný v stavebných materiáloch. Hoci by zahrnutie biogénneho uhlíka malo pozitívny vplyv na výslednú bilanciu, metodika neodporúča jeho zahrnutie do výpočtu, pokiaľ nie je jasne a preukázateľne stanovené, ako bude v budúcnosti prebiehať hospodárenie s jednotlivými materiálmi.

Biogénny uhlík pochádza z biologických zdrojov, ako sú rastliny, zvieratá, pôda, drevo, biomasa. Je súčasťou prirodzeného kolobehu uhlíka - uhlík uložený v rastlinách sa rozkladom alebo spaľovaním uvoľňuje späť do atmosféry, ale rastliny ho prijímajú prostredníctvom fotosyntézy. Zvyčajne sa nepovažuje za "nový" CO₂, pretože ho príroda znovu absorbuje.

V niektorých prípadoch (napr. odlesňovanie, degradácia rašelinísk) môže mať biogénny uhlík negatívny vplyv, ak sa uvoľní uhlík, ktorý bol dlhodobo uložený.

Ak sa biogénny CO₂ na konci svojej životnosti úplne uvoľní späť do atmosféry (napr. spaľovaním alebo hnitím), často sa nezapočítava ako čistý prírastok emisií (emisie = absorpcia).

Ak sa biogénny uhlík ukladá na dlhšie obdobie (napr. drevené budovy, drevený nábytok), môže sa započítavať ako dočasná alebo trvalá *sekvestrácia* CO₂.

Musí však byť jasne oddelený od fosílnych emisií a transparentne nahlásený (napr. ISO 14067, EN 15804, Protokol o skleníkových plynach).

Antropogénny uhlík vzniká ľudskou činnosťou, najmä spaľovaním fosílnych palív (uhlie, ropa, zemný plyn). Nie je súčasťou krátkodobého kolobehu uhlíka - uhlík z fosílnych palív sa ukladal milióny rokov a jeho uvoľňovaním zvyšujeme koncentráciu CO₂ v atmosfére. Tento uhlík sa započítava do uhlíkovej stopy, pretože predstavuje čistý prírastok emisií do atmosféry.

Vplyv projektu na klímu v dôsledku uvoľňovania antropogénneho uhlíka je čiastočne kompenzovaný prínosmi vyplývajúcimi z udržateľného architektonického a technického riešenia budov a ich okolia. Tie sú opísané v tejto správe v časti **Nekvantifikované prínosy**.

Vstupné údaje a opisné charakteristiky projektu

Potrebné vstupné údaje charakterizujúce projekt a kvantifikujúce materiály, procesy a spotrebu energie poskytol spracovateľovi investor alebo realizátor projektu. Niektoré vstupné údaje boli prevzaté z dokumentácie pre stavebné povolenie, ale projekt sa počas procesu vývoja výrazne vyvíjal a väčšina údajov bola časom spresnená.

Hlavní poskytovatelia údajov a konzultácií:

- Ing. Arch. Peter Horák, PhD. (CREATE s.r.o.)
- Mgr. Peter Choma (NATURA 4.0 s. r. o)
- Bc. Marek Pruszkay (M&P Wood)
- Ing. Dušan Daniš, PhD. (autorizovaný krajinný architekt 0068KA)
- Ing. Ivan Klobušický (špecialista na vzduchotechniku)

Základné rozmery budov

Tabuľka 2 Celková výmera

<i>Hrubá zastavaná plocha (GBA)</i>	<i>66921,00 m²</i>
<i>Celková vykurovaná podlahová plocha</i>	<i>56 610,00 m²</i>
<i>Celková zastavaná plocha</i>	<i>26 847,00 m²</i>
<i>Celkový zastavaný objem</i>	<i>174 760,00 m³</i>
<i>Celkový vnútorný objem</i>	<i>120 584,04 m³</i>
<i>Celkový počet budov</i>	<i>154</i>
<i>Celkový počet obyvateľov</i>	<i>1265</i>

Tabuľka 3 Rozpočet na plochu podľa sektorov

<i>Sektor</i>	<i>Objekty</i>	<i>Počet obyvateľov</i>	<i>Hrubá zastavaná plocha (GBA) [m²]</i>
<i>I</i>	<i>18</i>	<i>590</i>	<i>23 589,00</i>
<i>2C</i>	<i>16</i>	<i>195</i>	<i>16 092,00</i>
<i>2R</i>	<i>45</i>	<i>180</i>	<i>12 960,00</i>
<i>3</i>	<i>75</i>	<i>300</i>	<i>14 280,00</i>
<i>SPOLU</i>	<i>154</i>	<i>1265</i>	<i>66 921,00</i>

Výpočet uhlíkovej stopy projektu

Zdroje emisných faktorov

Výber vhodných a spoľahlivých zdrojov emisných faktorov nie je jednoduchý a do veľkej miery je dôležitou súčasťou know-how kalkulačiek uhlíkoveho účtovníctva. Hoci verejné zdroje emisných faktorov existujú, zvyčajne nie sú dostatočne (regionálne, položkovo, sektorovo) špecifické alebo nie sú dostatočne aktualizované, najmä vzhľadom na neustále sa meniaci mix fosílnych a nefosílnych zdrojov energie.

Pri výpočte uhlíkovej stopy materiálov je optimálne vychádzať z EPD alebo *environmentálneho vyhlásenia o výrobku*. Ide o štandardizovaný, overený a registrovaný dokument, ktorý poskytuje transparentné a porovnateľné informácie o vplyve výroby na životné prostredie, napríklad o spotrebe energie, spotrebe vody, emisiách skleníkových plynov a produkcii odpadu počas celého životného

cyklu. Tieto údaje by sa potom mali porovnávať so všeobecnejšími odvetvovými údajmi. To sa však urobilo len v niekoľkých prípadoch, jednak preto, že táto dokumentácia nie je pre všetky výrobky k dispozícii na , a jednak najmä preto, že v súčasnej fáze projektu nie je možné dostatočne konkretizovať jednotlivých dodávateľov.

Na výpočet uhlíkovej stopy projektu boli použité nasledujúce zdroje, zdroje pre emisné faktory:

- EPD (*environmentálne vyhlásenia o výrobkoch*)
- Envimat (<http://www.envimat.cz/>, prvý český katalóg stavebných výrobkov a ich vplyvov na životné prostredie)
- Climatiq (otvorená databáza komerčne relevantných klimatických údajov)
- DEFRA (*Ministerstvo životného prostredia, potravinárstva a vidieka Spojeného kráľovstva*)
- Econinvent (<https://ecoinvent.org/>, databáza inventarizácie životného cyklu)
- AIB (<https://www.aib-net.org>, Združenie vydávajúcich orgánov EECS - Európskeho systému energetických certifikátov)
- AI
- Kvalifikované odhady

Jednotlivé zdroje sa vo všeobecnosti používali v kombináciách.

Emisný faktor elektrickej energie

Výber najspoľahlivejšieho emisného faktora pre výrobu a spotrebu elektrickej energie je náročný krok, ktorý významne ovplyvní výsledok prevádzkovej uhlíkovej stopy. Emisný faktor je regionálne špecifický v závislosti od zloženia energetického mixu krajiny. V kontexte spoločného európskeho trhu s elektrinou je však spravodlivé stanoviť mix, ktorý zohľadňuje širší kontext a rozdelenie zdrojov v rámci európskej siete. Dostupné hodnoty pre SR sa pohybujú od 0,094 kg CO₂.kWh⁻¹ do približne 0,400 kg CO₂.kWh⁻¹. Aj v rámci jedného zdroja by sa mali čo najzodpovednejšie určiť čiastkové hodnoty, ktoré tvoria emisný faktor. Na výpočet prevádzkovej uhlíkovej stopy projektu bol zvolený emisný faktor *založený na lokalite* AIB 2025, ktorý zodpovedá výrobe zo súčasného mixu, ku ktorému bol pripočítaný faktor WTT zodpovedajúci požiadavkám na prenos a straty.

Emisný faktor AIB <i>založený na lokalite</i> v roku 2025	0,27	[kg CO ₂ / kWh]
Emisný faktor WTT (pomocná spotreba, prenos a distribúcia, straty)	0,05	[kg CO ₂ / kWh]
POUŽITÝ EMISNÝ FAKTOR	0,32	[kg CO₂/ kWh]

Vtelená uhlíková stopa

Celková emisná stopa projektu je uvedená v tabuľke 4 a v nasledujúcich tabuľkách sa uvádza podrobnejší rozpis vplyvu jednotlivých komponentov budovy

Tabuľka 4 Celková vtelená uhlíková stopa antropogénneho uhlíka v stavebných materiáloch

Stavebné materiály, konštrukcia, komunikácie	11 180 015	kg CO ₂ e
Komunálne služby	346 315	kgCO ₂ e
SPOLU	11 526 329,98	kgCO₂e

Tabuľka 5 Podrobné údaje o uhlíkovej stope antropogénneho uhlíka v stavebných materiáloch

Materiál	Celková hmotnosť	Emisný faktor	Emisie
Jednotka	[kg]	[kg CO ₂ e/kg]	[kg CO ₂ e]
Oceľ	452 766,240	1,48200	670 999,57
Betón	11 155 821,600	0,10989	1 225 924,39
Tabuľové sklo	375 825,000	0,97976	368 218,30
Drevo (CLT panely)	8 942 703,491	0,43700	3 907 961,43
Drevené podlahy	610 500,300	0,26950	164 529,83
Drevné vlákno 50 % celkovej izolácie	3 520 169,402	0,65042	2 289 595,62
Slama 50 % celkovej izolácie	1 267 260,985	0,13000	164 743,93
Hliník	26 307,750	8,42360	221 605,96
Keramické dlaždice	355 700,000	0,78173	278 061,36
Povrchové materiály v exteriéri	3 638,900	1,50000	5 458,35
Povrchové materiály v interiéri	19 057,545	2,00000	38 115,09
XPS extrudovaný polystyrén	371 021,400	3,82050	1 417 487,26
Anhydrit	7 120 816,658	0,04259	303 289,82
Substrát na rozsiahlej streche	2 077 602,000	0,00370	7 687,13
Hlinená omietka	634 738,080	0,01915	12 153,33
Dlaždenie príjazdových ciest	7 752 000,000	0,00450	34 884,00
Dlažba parkovacích miest	15 400 000,000	0,00450	69 300,00
SPOLU			11 180 015,37

Tabuľka 6 Vtelená uhlíková stopa antropogénneho uhlíka v materiáloch technických sietí

Materiál	Celková hmotnosť	Emisný faktor	Emisie
Jednotka	[kg]	[kg CO ₂ e/kg]	[kg CO ₂ e]
Zásobovanie vodou na klinike plastov	2 652,100	2,88000	7 638,05
HDPE vodovodné potrubie	266,739	1,94850	519,74
PVC kanalizácia	40 724,200	2,00830	81 786,41
Odvodnenie PVC	4 742,400	2,00830	9 524,16
Elektrická kabeláž	50615,2500	3,50000	177 153,38
Slaboprúdová kabeláž	3266,7500	3,50000	11433,625
Podlahové vykurovanie plastové	23 303,700	2,50000	58 259,25
SPOLU			346 314,61

Podrobné výpočty vrátane primárnych jednotiek, prepočtov na špecifické jednotky a zdrojov emisných faktorov a poznámok sú uvedené v tabuľke výpočtu uhlíkovej stopy projektu, ktorú má investor k dispozícii.

Preprava kľúčových množstiev materiálov sa uskutočňuje v rámci regiónu, t. j. približne do 30 km od staveniska. Investor tiež uprednostňuje miestnych výrobcov a dodávateľov technológií a ďalších prvkov stavby. Uhlíková stopa dopravy je uvedená v tabuľke 7.

Tabuľka 7 Vtelená uhlíková stopa stavby súvisiaca s dopravou materiálov

Typ dopravy	Výkon	Emisný faktor	Emisie
Jednotka	[tkm]	[kg CO ₂ e/tkm]	[kg CO ₂ e]
Celková preprava betónu a ocele autom (nafta)	24 738,80880	0,09	2226,49
Celková preprava ostatných materiálov autom (nafta)	48 477,34151	0,09	4362,96
Celková uhlíková stopa dopravy			6 589,45

Celková vtelená uhlíková stopa projektu zodpovedajúca fázam A1 - A5 životného cyklu, t. j. výstavbe, je 11 532 919,44 kg CO₂e.

Prevádzková uhlíková stopa

Prevádzková uhlíková stopa bola stanovená na základe ľubovoľne určenej hodnoty priemernej tepelnej straty budov, ktorá bola stanovená na 15 kW.m^{-2} . Podľa oznámenia investora ide o pomerne pesimistický odhad a budova bude po realizácii vykazovať ešte nižšie hodnoty.

Potreba tepla a teplej vody sa určila na základe tepelných strát zostavením výpočtov z niekoľkých verejne dostupných výpočtových nástrojov, pričom sa zohľadnil klimatický región projektu.

Vykurovanie a príprava teplej vody sa v základnom návrhu projektu zabezpečuje pomocou tepelných čerpadiel vzduch-voda. Na určenie spotreby elektrickej energie pri danej potrebe tepla sa použil koeficient COP (Coefficient of Performance) 4,0. Tento koeficient umožňuje určiť množstvo tepla, ktoré je daný typ čerpadla schopný vyrobiť z jednotky dodanej elektrickej energie. Výrobcovia už pri nových výrobkoch uvádzajú vyššie koeficienty (až 5,0 a viac), zatiaľ čo otvorené údaje uvádzajú o niečo nižší COP (2,5 - 3,5). Z tohto dôvodu bol pre celý projekt kompetentne stanovený COP 4,0 s cieľom dosiahnuť lepšie výsledky vďaka použitiu lepšej technológie.

Tie isté tepelné čerpadlá vzduch-voda v invertorovom režime s výstupom chladného vzduchu cez *fan-coils* sa považujú za zdroj chladu pre jednotlivé budovy. V tomto režime má systém mierne vyššiu účinnosť, preto sa tu predpokladá COP 5,0, ktorý môže byť v reálnej prevádzke aj vyšší.

Potreba chladu bola stanovená odborným odhadom odborníka na služby budov v tíme budov.

Tabuľka 8 Prevádzková uhlíková stopa spotreby elektrickej energie na vykurovanie a prípravu teplej vody

Účel	Spotreba tepla	Spotreba elektrickej energie	Emisný faktor	Emisie
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[kg CO ₂ e/kWh]	[kg CO ₂ e]
Vykurovanie	3 697,00	924,00	0,32	297 395,17
Ohrev teplej vody pre domácnosť	1 479,00	370,00	0,32	118 958,07
	SPOLU			416 353,24

Tabuľka 9 Prevádzková uhlíková stopa spotreby elektrickej energie na chladenie

Spotreba chladenia	Spotreba elektrickej energie	Emisný faktor	Emisie
[MWh/rok]	[MWh/rok]	[kg CO ₂ e/kWh]	[kg CO ₂ e]
622,00	124,00	0,32	39 798,40
SPOLU			39 798,40

Celková prevádzková uhlíková stopa projektu zodpovedajúca fáze B6 životného cyklu, t. j. spotreba energie na prevádzku budovy počas jej používania, je 39 798 kg CO₂e.

Celková uhlíková stopa projektu a jeho referenčné porovnanie

Tabuľka 10 Konečný súčet a výsledok

Vtelená uhlíková stopa	[kg CO ₂ e]
Vtelená uhlíková stopa v materiáloch konštrukcií a povrchov	11 180 015,37
Vtelená uhlíková stopa v komunálnych službách	346 314,61
Uhlíková stopa dopravy materiálov na výstavbu	6 589,45
Uhlíková stopa stavebných prác (nezahrnuté)	0,00
Zmena pôdneho krytu a využitia pôdy (nezapočítané)	0,00
Vtlačená uhlíková stopa SPOLU	11 532 919,44

Prevádzková uhlíková stopa za 1 rok	[kg CO ₂ e]
Uhlíková stopa tepla spotrebovaného na vykurovanie a ohrev TÚV	416 353,24
Uhlíková stopa spotrebovaného chladu	39 798,40
Uhlíková stopa inej spotreby elektrickej energie (nezahrnuté)	0,00
Prevádzková uhlíková stopa SPOLU	456 151,64
CELKOVÁ prevádzková uhlíková stopa za 60 rokov	27 369 098,34

Korekcia

Vzhľadom na odhadované zníženie emisií skleníkových plynov z výroby elektrickej energie na približne 0,05 kg CO₂e.kWh⁻¹ do roku 2025 je možné vykonať klesajúcu časovú korekciu prevádzkovej uhlíkovej stopy počas životnosti projektu. Ide však len o odhad, orientačnú prognózu. Nie je možné predpovedať, ako sa budú dekarbonizačné opatrenia vyvíjať. Zníženie emisií je takmer isté, ale ich mieru a rozloženie v čase nemožno zodpovedne určiť. Preto sa aj pri tomto výpočte musí správne narábať s výsledkami a ich interpretáciou a vždy sa musí zverejniť variant s týmito časovými faktormi a bez nich.

Tabuľka 11 Časová degradácia prevádzkovej uhlíkovej stopy

Obdobie	Emisný faktor	Miera degradácie	Prevádzkové emisie	
2025	0,32	100%	456 151,64	456 151,64
do roku 2030	0,266	83%	379 176,05	1 516 704,20
do roku 2035	0,212	66%	302 200,46	1 511 002,30
do roku 2040	0,158	49%	225 224,87	1 126 124,36
do roku 2045	0,104	33%	148 249,28	741 246,41
do roku 2050	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2055	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2060	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2065	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2070	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2075	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2080	0,05	16%	71 273,69	356 368,47
do roku 2085	0,05	16%	71 273,69	356 368,47

CELKOVÁ prevádzková uhlíková stopa za 60 rokov po zohľadnení zníženia emisií

8 202 176,66

Tabuľka 12 Prepočet uhlíkovej stopy na merné jednotky

Položka	SPOLU	Na hrubú zastavanú plochu (GBA)	Na zastavanú plochu	Na jedného obyvateľa
	[kg CO ₂ e]	[kg CO ₂ e/m ²]	[kg CO ₂ e/m ²]	[kg CO ₂ e/obyvateľ]
Vložené emisie	11 532 919,44	172,34	65,99	9 116,93
Prevádzkové emisie/rok	456 151,64	6,82	2,61	360,59
Prevádzkové emisie / 60 l	27 369 098,34	408,98	156,61	21 635,65
Prevádzkové emisie / 60 l s časovým rozlíšením	8 202 176,66	122,57	46,93	6 483,93

Celková uhlíková stopa projektu zodpovedajúca fázam životného cyklu A1-A5 a B6 súvisiacim s MVE/GBA je 172,34 kg CO₂e. Po úprave o nezapočítané náklady na výstavbu, údržbu a likvidáciu vo výške približne 25 % (podľa normy EN 15978) možno určiť orientačnú uhlíkovú stopu vo výške približne 230 kg CO₂e.

Celková uhlíková stopa bez započítania časovej degradácie je po zaokrúhlení 581 kg CO₂e. Po započítaní časovej degradácie je celková uhlíková stopa 295 kg CO₂e.

Pomer vlozenej a prevádzkovej uhlíkovej stopy bez časovej degradácie je 30/70, po zohľadnení degradácie je tento pomer 58/42.

Nekvantitatívne prínosy

Úložiská uhlíka z obnovy a rozvoja vegetácie (vsadby, obnova a údržbabiopov) v oblasti nie sú zahrnuté do výpočtu, aby sa zachovala konzistentnosť metodiky (pozri biogénny vs. antropogénny uhlík). Napriek tomu možno sekvestráciu uhlíka v sprievodnej zeleni vrátane lesa považovať za prínos projektu, keďže v súlade s princípom hodnotenia možno predpokladať, že tradičný projekt podobného rozsahu a účelu by takéto systémovo blízke riešenia nezahŕňal.

Podľa spoluautorov projektu možno na základe odborných zdrojov stanoviť približnú hodnotu 2200 ton uhlíka zachyteného v sprievodnej vegetácii, 75,5 kg CO₂ zachyteného ročne v organickej hmote a úsporu dodatočných emisií zodpovedajúcu 775 MWh chladiacej energie nahradenej ekosystémovými službami sprievodnej vegetácie.

Bilancia projektu bude následne vylepšená o výrobu elektrickej energie z fotovoltických panelov, s ktorou sa v tejto fáze projektu neuvažuje v konkrétnom rozsahu, ale v súlade s metodikou GHG

protokolu sa takto vyrobená elektrická energia započíta na zápornú stranu bilancie. Tým sa ešte zlepší výsledok prevádzkovej uhlíkovej stopy.

Záver a hodnotenie sú uvedené v úvodnom zhrnutí.

Vypracované: 5. júla 2025

Mirek Lupač

Environmentálne projekty a analýzy

Odborná spolupráca

RNDr. Viktor Třebický, PhD. (CI3, s.r.o.)



www.integracons.com