Padáň 3 176, 929 01 Padáň

Dodatok ku klimatickej štúdii:

Centrum energetického zhodnotenia odpadov CEZO – SLOVNAFT, a.s.

vypracovanej: November 2024

Vypracovali: Ing. Alena Popovičová, PhD., LL.M.
Ing. Dominika Kamasová
Bc. Samuel Oláš
Mgr. Matúš Balšan



August 2025

Hodnotenie klimatických rizík a zraniteľnosti projektu CEZO

8. Úvod k dodatku

V nadväznosti na požiadavky doplniť pôvodne vypracovanú klimatickú štúdiu o podrobnejšie hodnotenie klimatických rizík uvedených v štúdii v súlade s relevantnými metodickými dokumentami – *Metodickým usmernením pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti v EIA/SEA* a *Metodickým usmernením pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti a klimatickej odolnosti podnikateľských subjektov* – bol realizovaný systematický postup identifikácie, analýzy a hodnotenia klimatických rizík pre projekt Centrum energetického zhodnotenia odpadov.

Vzhľadom na charakter a rozsah projektu Centrum energetického zhodnotenia odpadov bol pri hodnotení klimatických rizík zvolený **integrovaný prístup**, ktorý čerpá z oboch dostupných metodických dokumentov:

- *Metodického usmernenia pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti a klimatickej odolnosti podnikateľských subjektov* (SAŽP/MŽP SR, 2024),
- *Metodického usmernenia pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti v EIA/SEA* (SAŽP/MŽP SR, 2023).

Obe metodiky poskytujú rámcové a odporúčané kroky, avšak **nepredpisujú jednotný alebo záväzne kodifikovaný metodický postup**. Z tohto dôvodu bol zvolený **kombinovaný prístup**, ktorý zohľadňuje:

- požiadavky na systematické hodnotenie klimatických hrozieb v zmysle metodiky EIA/SEA,
- detailnejšiu klasifikáciu klimatických ohrození podľa sektorov a návrh adaptačných opatrení z metodiky pre podnikateľské subjekty.

Z jednotlivých metodík boli vybrané tie prvky, ktoré najlepšie reflektujú charakter hodnoteného projektu, jeho zaradenie do sektora komunálnych služieb a zároveň umožňujú realisticky vyhodnotiť jeho zraniteľnosť a adaptačnú kapacitu. Výsledný prístup tak kombinuje odporúčané kroky ako analýzu klimatickej expozície, identifikáciu zraniteľnosti, kvalitatívne hodnotenie pravdepodobnosti a dopadu, zostavenie matice rizík a návrh cieľových adaptačných opatrení. Takýto prístup je v súlade s metodickými odporúčaniami, ktoré vyzývajú k prispôsobeniu metodiky typu projektu, sektoru a dostupným údajom, s dôrazom na transparentnosť, primeranosť a praktickú aplikovateľnosť výstupov.

Na základe klasifikácie sektorových klimatických ohrození podľa Metodického usmernenia SAŽP (2023) možno projekt CEZO zaradiť do sektora „Komunálne služby“. Tento sektor je vystavený vysokej expozícii voči búrkam, extrémnym zrážkam a vlnám horúčav, pričom stredné riziko predstavuje nedostatok vody a premenlivosť zrážok. Nižšie uvádzaná tabuľka sumarizuje klimatické ohrozenia podľa odvetví.

Zaradenie projektu do sektora komunálnych služieb vychádza zo skutočnosti, že síce hlavnou činnosťou CEZO je energetické zhodnocovanie priemyselných odpadov a energetické zhodnocovanie komunálneho odpadu je doplnkovou činnosťou, ale prísnejšie kritéria sú aplikované práve na komunálne služby. Pre projekty týkajúce sa priemyselných podnikov sú podľa vyššie uvedených metodík uplatňované menej prísne kritériá. Hoci projekt zároveň generuje elektrickú energiu, ktorá je čiastočne dodávaná aj do verejnej distribučnej siete, **nejde primárne o energetický projekt**, ale o zariadenie zabezpečujúce služby súvisiace s odpadovým hospodárstvom.

Zohľadňujúc túto prevádzkovú charakteristiku projektu a zároveň aj to, že **kritériá uvedené v tabuľke 11 pre sektor komunálnych služieb sú v metodikách stanovené prísnejšie než pre ostatné sektory (energetika, priemysel)** rozhodli sme sa uplatniť pri hodnotení klimatickej zraniteľnosti projektu CEZO práve rámec platný pre komunálne služby. Tento prístup umožňuje dôslednejšie zhodnotiť potenciálne dopady klimatických javov na prevádzku projektu a zabezpečiť adekvátne navrhnutie adaptačných opatrení.

Tabuľka 11: Klimatické ohrozenia podľa odvetví a citlivosť odvetvia

Sektor	Priemyselná skupina	Búrky	Intenzívne zrážky a povodne	Vlny horúčav	Premenlivosť zrážok	Premenlivosť teploty	Nedostatok vody	Iné klimatické ohrozenia
Energetika	Energetika	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	vysoká	stredná	
Materiály	Materiály	vysoká	vysoká	vysoká	vysoká	vysoká	vysoká	
Priemyselné podniky	Kapitálový tovar	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	vysoká	stredná	
Priemyselné podniky	Doprava*	vysoká	vysoká	vysoká	nízka	nízka	nízka	
Priemyselné podniky	Automobily	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	vysoká	vysoká	
Spotrebiteľské odvetvie	Trvanlivé výrobky a oblečenie	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	vysoká	vysoká	
Spotrebiteľské odvetvie	Služby pre spotrebiteľov	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	vysoká	vysoká	
Spotrebiteľské odvetvie	Špecializovaný maloobchod	vysoká	vysoká	nízka	nízka	vysoká	vysoká	
Spotrebný tovar	Maloobchod s potravinami a základným tovarom	vysoká	vysoká	nízka	nízka	nízka	nízka	
Spotrebný tovar	Potraviny, nápoje a tabak	vysoká	vysoká	stredná	stredná	vysoká	stredná	
Spotrebný tovar	Domácnosť a osobné produkty	vysoká	vysoká	stredná	stredná	vysoká	stredná	
Zdravotná starostlivosť	Zdravotnícke zariadenia a služby	vysoká	vysoká	nízka	nízka	nízka	nízka	
Zdravotná starostlivosť	Farmaceutické výrobky, biotechnológie a pod.	vysoká	vysoká	stredná	stredná	stredná	stredná	
Komunálne služby	Komunálne služby**	vysoká	vysoká	vysoká	stredná	stredná	stredná	lesné požiare
Nehnuteľnosti	Nehnuteľnosti***	vysoká	nízka	nízka	nízka	nízka	nízka	lesné požiare, vlhkosť vzduchu, zhoršená kvalita ovzdušia

Zdroj: European Bank. (2018): ADVANCING TCFD GUIDANCE ON PHYSICAL CLIMATE RISKS AND OPPORTUNITIES, https://www.climatecentre.org/downloads/files/EBRD-GCECA%20report.compressed.pdf doplnené o klasifikáciu GICS

** zahŕňa pododvetvia leteckej dopravy a dopravnej infraštruktúry- diaľnice, železnice, prístavy)*

*** zahŕňa služby spojené s výrobou a distribúciou plynu, elektrickej energie vrátane jadrových a nejadrových zariadení, vodohospodárske služby, výroba a distribúcia elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov*

*** zahŕňa napr. priemyselné nehnuteľnosti (priemyselné sklady a distribučné objekty), hotelové a rekreačné nehnuteľnosti, rezidenčné nehnuteľnosti

Individuálne hodnotenie citlivosti zariadenia CEZO je spracované v nasledujúcej kapitole, v ktorej sa zohľadňujú technické špecifiká projektu (napr. typ chladenia, umiestnenie objektov, záložné systémy atď.), ktoré môžu výslednú zraniteľnosť znížiť alebo zvýšiť v porovnaní so sektorovým prednastavením.

9. Hodnotenie rizík

9.1 Identifikácia klimatických hrozieb a expozície projektu

Lokalita rafinérie Slovnaft (Bratislava - Ružinov) patrí medzi **najviac ohrozené horúčavami a suchom** na Slovensku – nachádza sa v *10. stupni ohrozenia extrémnymi horúčavami* a *10. stupni ohrozenia suchom*, zatiaľ čo *ohrozenie extrémnymi zrážkami* je hodnotené len *1. stupňom* (najnižším) [D1]. To znamená, že **vlny horúčav a obdobia sucha sú v danej oblasti vysoko pravdepodobné**, kým výskyt extrémnych dažďov je málo pravdepodobný.

Pre posúdenie expozície projektu voči jednotlivým javom sa vychádza z historických údajov o extrémoch v okrese Bratislava a z projekcií zmeny klímy:

- **Extrémne horúčavy (vysoké teploty):** Na základe dlhodobých meraní teploty vzduchu je v priemere najteplejšou oblasťou Slovenska Podunajská nížina, ktorá je v oblasti Bratislavy zastúpená stanicou Bratislava – letisko, s priemernou teplotou vzduchu v januári -1 °C a v júli 21 °C. V okrese Bratislava II dosiahla historicky najvyššia teplota vzduchu **39,4 °C** (8. 8. 2013)[D2].

  Podľa klimatických projekcií by sa priemerná ročná teplota vzduchu na južnom Slovensku mohla do roku 2030 zvýšiť približne o 0,7 až 0,9 °C oproti obdobiu 1991 – 2020. Do polovice storočia sa predpokladá nárast o 2,0 až 3,0 °C a do konca storočia o 3,5 až 6,0 °C v závislosti od zvoleného scenára RCP. Prognózy naznačujú, že minimálne teploty porastú rýchlejšie než maximálne – do roku 2100 by mohli vzrásť o 6,0 až 10,0 °C, zatiaľ čo maximálne teploty o 2,0 až 5,0 °C. Tento vývoj by mohol zmenšiť denný teplotný rozsah. Ročný priebeh teplôt sa výrazne meniť nemá, avšak očakáva sa, že otepľovanie na jeseň bude miernejšie než v ostatných ročných obdobiach. Do konca storočia sa predpokladá zvýšenie letných teplôt o 1,5 až 4,0 °C a zimných o 2,5 až 5,0 °C[D3]. Vzhľadom na trend otepľovania je *takmer isté*, že počas životnosti CEZO (desiatky rokov) nastanú viaceré vlny horúčav s teplotami cez 35–40 °C. Expozícia projektu voči extrémnym horúčavám je teda hodnotená ako **veľmi vysoká** (kategória *takmer istý výskyt*, ~95% pravdepodobnosť).

- **Sucho:** Na základe hodnotenia Inštitútu environmentálnej politiky patrí okres Bratislava II (ktorého súčasťou je aj rafinéria Slovnaft.) spolu s okresom Senec a Bratislava V k okresom s najvyšším stupňom ohrozenia suchom [D1]. *Takmer isté* sú aj v budúcnosti epizódy meteorologického a pôdneho sucha, najmä v lete. Expozícia CEZO voči suchu je teda **vysoká**.

- **Extrémne zrážky a prívalové dažde:** Priemerný ročný úhrn zrážok v Bratislave nie je extrémny a intenzívne zrážky sú tu menej časté než v horských oblastiach. Historicky najvyšší denný úhrn zrážok bol **86,4 mm/24h** (16. 8. 1951) a krátkodobý prívalový dážď dosiahol ~23 mm/15 min (50-ročná hodnota)[2]. Podľa stupnice ohrození je riziko extrémnych zrážok v lokalite **nízke** (stupeň 1/10) – výskyt takto silných

[D1] Inštitút enviromentálnej politiky, Vedúci! Horia obce!, Identifikácia stupňov ohrozenia zmenouklímy na úrovni samospráv Slovenskej republiky, Ekonomická analýza 14, Apríl 2023

[D2] https://www.minv.sk/?analyza-uzemia-okresu-bratislava-z-hladiska-moznych-mimoriadnych-udalosti

[D3] https://www.klima-adapt.sk/cms/documents/2025/slovak---d2.3-sk-crva-report-final-version-01_slovensky-preklad__67eb968a6d33d.pdf#:~:text=Ukazovate%C4%BE%20Regi%C3%B3n%20RCP4.10%2C5%200%2C9%200%2C7%201%2C5%203%2C1

lejakov je *zriedkavý*. Klimatická zmena môže zvýšiť intenzitu prívalových dažďov, no vzhľadom na polohu v nížine ostáva pravdepodobnosť extrémneho dažďa relatívne nízka, čo potvrdzuje aj stupeň ohrozenia extrémnymi zrážkami, ktorý je pre okres Bratislava II hodnotený ako stupeň 1 (najnižší) [D1].

Podľa klimatických prognóz SHMÚ sa do polovice storočia (2021 – 2050) očakáva v Bratislavskom kraji nárast počtu dní s intenzívnym dažďom (viac ako 40 mm/deň) o približne 22 % pri scenári RCP 4.5 a o 25 % pri scenári RCP 8.5 v porovnaní s referenčným obdobím 1991 – 2020. V dlhodobom horizonte (2071 – 2100) sa predpokladá nárast o 36 % (RCP 4.5) až 74 % (RCP 8.5). Tento trend môže mierne zvýšiť riziko lokálnych zaplavení v dôsledku prívalových dažďov, najmä ak sa zrážky vyskytnú v krátkom časovom úseku na nepriepustných plochách areálu[D3].

Napriek tomuto očakávanému trendu ostáva vzhľadom na súčasnú nízku frekvenciu extrémnych zrážok, polohu mimo hlavných povodňových zón a predpokladané technické opatrenia na odvodnenie areálu celkové riziko hodnotené ako **nízke až maximálne stredné**.

- **Záplavy (povodne): Areál Slovnaftu neleží v záplavovom území** veľkých vôd Dunaja. Najbližšie záplavové zóny sú severozápadne pri prístave, pričom podľa hydraulických modelov *územie rafinérie by nemalo byť zaplavené ani 100-ročnou, ani 1000-ročnou vodou*. Pravdepodobnosť zaplavenia lokality je teda **veľmi nízka** (povodeň je *vzácna* udalosť). Riziko lokálnych záplav z prívalových dažďov na samotnom stavenisku existuje, avšak vzhľadom na rovinatý terén a očakávané odvodnenie areálu je expozícia voči povodniam hodnotená ako **minimálna** *(≈5% pravdepodobnosť)*

- **Víchrice, silný vietor a búrky:** V Bratislave sa najčastejšie vyskytujú silné vetry zo SZ, najmä v zime a na jar. Priemerné maximá nárazového vetra dosahujú ~30 m/s pri mimoriadnych búrkach. Historicky najsilnejší náraz vetra v meste bol **27,0 m/s** (1. 3. 2008) – takáto extrémna víchrica má pravdepodobnosť výskytu menej než raz za 100 rokov (veľmi zriedkavý jav). Celkovo expozíciu projektu voči veterným búrkam je možné vyhodnotiť ako **veľmi nízku.** Pravdepodobnosť výskytu nárazu vetra na tejto stanici je veľmi malá, v priemere viac ako raz za 100 rokov [D2].

  Podľa klimatických prognóz sa však s rastúcou teplotou vzduchu a vlhkosťou očakáva častejší výskyt silnejších a intenzívnejších búrok. Do roku 2100 by sa frekvencia nárazov vetra presahujúcich 25 m/s mohla zvýšiť o 20 – 80 %, pričom výskyt krupobitia s priemerom 2 – 5 cm by mohol narásť o 40 – 150 % v závislosti od emisného scenára. Tieto zmeny môžu prispieť k vyššiemu riziku poškodenia objektov a technológie, najmä ak by sa vyskytli v kombinácii s prívalovými dažďami [D3].

  Napriek týmto prognózam, vzhľadom na historicky nízku frekvenciu extrémnych víchric v Bratislave, polohu mimo otvorených horských oblastí a predpokladané technické opatrenia na ochranu areálu, ostáva výsledné riziko silného vetra a búrok pre projekt CEZO hodnotené ako veľmi nízke.

- **Extrémny chlad, snehové kalamity a iné javy:** Vplyvom otepľovania klímy klesá frekvencia arktických mrazov a dlhodobej snehovej pokrývky. Napriek tomu môžu nastať ojedinelé studené vlny alebo intenzívne sneženie. V minulosti Bratislava zaznamenala minimum –24,7 °C (9. 2. 1956) a **snehovú kalamitu** s max. výškou snehu 71 cm (január 1987)[D2]. Také extrémy sú dnes zriedkavé, no nie nemožné. Preto expozícia CEZO voči extrémnemu mrazu či kalamite snehu je **nízka** (pravdepodobnosť podobného historického maxima je veľmi malá). Bežnejšie menšie mrazy, poľadovica či hmla sa vyskytujú každú zimu – ide o *očakávané sezónne javy*, s ktorými treba počítať, hoci nespôsobujú veľké škody.

- **Kvalita ovzdušia:** Podľa SHMÚ nepatrí okres Bratislava II medzi oblasti so zhoršenou kvalitou ovzdušia. Táto skutočnosť naznačuje, že lokalita CEZO je z pohľadu kvality ovzdušia relatívne stabilná a menej

ohrozená kombinovanými zdravotnými rizikami, ktoré vznikajú pri synergii klimatických extrémov (napr. horúčavy) a znečistenia ovzdušia[D4].

9.2 Analýza citlivosti projektu CEZO na klimatické javy

Citlivosť projektu vyjadruje, do akej miery nepriaznivý klimatický jav ovplyvní samotný projekt, jeho technológie a prevádzku. Inými slovami, pri danom klimatickom ohrození sa posudzuje, ako *zraniteľné* sú komponenty CEZO – aké škody, výpadky alebo nežiaduce efekty môže daný jav spôsobiť. Citlivosť závisí od povahy projektu: CEZO ako **CEZO odpadov s výrobou energie** má určité špecifické citlivosti. Zraniteľnosť CEZO voči zmene klímy je možné rozdeliť na niekoľko aspektov ovplyvňujúcich **prevádzku, efektivitu a environmentálne dopady** zariadenia:

- **Vysoké teploty a vlny horúčav:** Vlny extrémnych horúčav predstavujú klimatickú hrozbu, ktorej výskyt je v regióne plánovanej činnosti (Podunajská nížina) podľa dostupných klimatických scenárov veľmi pravdepodobný. Z hľadiska technologického procesu CEZO je však projekt navrhnutý s vysokou mierou odolnosti voči tomuto typu hrozby. Samotné fluidné spaľovanie, ktoré bude v CEZO využívané, umožňuje riadiť spaľovací proces tak, aby bola tvorba termických NO_x výrazne obmedzená. Vstupná teplota spaľovacieho vzduchu má len marginálny vplyv na tvorbu NO_x, pričom vyššia teplota môže mať dokonca pozitívny účinok na energetickú bilanciu procesu – znižuje sa potreba dodatočného predohrevu. Prevádzka CEZO zároveň nie je závislá od klimaticky citlivých chladiacich alebo klimatizačných okruhov, ktoré by mohli počas extrémnych teplôt zlyhávať alebo vyžadovať obmedzenie výkonu.

  Z uvedeného vyplýva, že projekt **nie je klimaticky zraniteľný z hľadiska technológie alebo prevádzkovej funkčnosti**. Kľúčové klimatické riziko spojené s extrémnymi teplotami sa preto viaže **najmä na zdravie a bezpečnosť zamestnancov** počas horúcich dní, kedy môže dôjsť k zvýšenej záťaži organizmu (tzv. tepelný stres), zníženiu pracovného výkonu alebo potrebe prijať dočasné opatrenia (napr. úprava pracovného času, chladiace prestávky, BOZP protokoly).

  V súlade s metodikou EIA/SEA (2023) je pravdepodobnosť výskytu tejto hrozby **veľmi vysoká**, avšak závažnosť dopadu je **mierna až stredná**, keďže technológia zostáva funkčná a neprichádza k priamemu ohrozeniu kritickej infraštruktúry ani k trvalým následkom na zdraví osôb. Na základe kombinácie týchto faktorov možno **úroveň klimatického rizika hodnotiť ako strednú (S)**, pričom ide o **riziko prevádzkovo zvládnuteľné** pomocou vhodných manažérskych a organizačných opatrení.

  Rovnaký záver podporuje aj metodika pre podnikateľské subjekty (2024), ktorá zdôrazňuje význam ochrany pracovníkov počas extrémnych teplôt, ale zároveň pripúšťa, že ak technologická zraniteľnosť absentuje, **riziko možno klasifikovať ako nízke až stredné** v závislosti od úrovne zavedených adaptačných opatrení. V prípade CEZO, ktoré je navrhnuté ako technologicky stabilný a klimaticky odolný objekt, a ktoré vie flexibilne reagovať na požiadavky BOZP počas teplých období, je hodnotenie rizika ako **stredné (S)** v plnom súlade s oboma metodickými rámcami.

- **Sucho a nedostatok vody:** Prevádzka CEZO vyžaduje technologickú vodu, napríklad na chladiace okruhy, výrobu pary či čistenie spalín. Podľa projektových údajov bude spotreba demineralizovanej a úžitkovej vody predstavovať desiatky ton za hodinu. Napriek tomu sa **citlivosť projektu na klimatické riziko sucha hodnotí ako nízka**.

  Technologický charakter plánovanej činnosti **nie je priamo závislý od rizika sucha**, keďže spotreba vody pre potreby CEZO predstavuje len **niekoľko percent celkovej spotreby vody v rámci areálu Slovnaftu**. Zásobovanie vodou v tomto areáli je zabezpečené **z dostatočne kapacitného povrchového zdroja – rieky Dunaj**, a je považované za stabilné aj počas extrémnych období sucha. Navyše, Slovnaft **dlhodobo**

[D4] https://www.shmu.sk/sk/?page=2775

prevádzkuje systém hydraulickej ochrany podzemných vôd, ktorý ročne vyčerpá približne **30 mil. m³ vody**, z čoho **asi 20 mil. m³ nie je technologicky využitých a je vypúšťaných priamo späť do ramena Dunaja**. Tento objem vody, ktorý slúži výlučne na vytváranie depresie hladiny podzemných vôd, by s rezervou pokryl požiadavky CEZO aj v suchších obdobiach.

Na základe uvedeného sa **zraniteľnosť projektu CEZO voči suchu javí ako nízka až zanedbateľná**. Neboli identifikované reálne prevádzkové obmedzenia ani fyzické dopady, ktoré by si vyžadovali špecifické adaptačné opatrenia v oblasti vodného hospodárstva.

- **Extrémne zrážky a lokálne prívaly:** Samotná technológia CEZO nie je veľmi citlivá na dážď, keďže prebieha v uzavretých objektoch. Avšak *intenzívne dažde môžu spôsobiť lokálne zaplavenie areálu* (ak zrážky prekročia kapacitu kanalizácie alebo vsakov). Celkovo je citlivosť na extrémne zrážky **nízka (N)** – hlavné riziko je narušenie plynulosti prevádzky (dočasné zastavenie zvozov, odstávka časti technológie) v prípade zaplavenia.

- **Povodne z veľkej vody:** Areál spoločnosti Slovnaft, v ktorom je plánovaná výstavba CEZO, nespadá do záplavových oblastí:



Obrázok 1: *Záplavové oblasti v okolí areálu spoločnosti Slovnaft*

Najbližšie k územiu sa záplavová oblasť nachádza na SZ aj kvôli prístavu, ktorý je tam situovaný. Inak je aj podľa vykreslených kriviek zrejmé, že územie by nemalo byť ohrozené ani 100- a ani 1 000-ročnou vodou. Z uvedeného vyplýva, že citlivosť na povodne z veľkej vody je **nízka (N).**

- **Silné vetry a búrky:** CEZO bude citlivé na **víchrice** predovšetkým z hľadiska *statiky a infraštruktúry*. Silný nárazový vietor môže poškodiť stavebné konštrukcie (strhnúť krytinu striech, poškodiť komín, potrubné mosty, elektrické vedenia). Priemyselné objekty musia spĺňať normy zaťaženia vetrom – napriek tomu extrém typu 44 m/s môže spôsobiť škody (vyvrátiť stromy, zničiť pomocné stavby). CEZO je ďalej citlivá na **výpadky elektriny** alebo inžinierskych sietí, ktoré môžu búrky spôsobiť (napr. ak víchrica poškodí vedenia v areáli). Krátkodobý výpadok dodávky el. prúdu by mohol odstaviť čerpadlá, dopravníky a pod., hoci kotol môže produkovať vlastnú elektrinu – no počas stavebných prác či odstávok by závislosť na sieti mohla byť kritická. Búrky sprevádzané **bleskami** zas môžu ohroziť elektroniku a riadiace systémy (riziko prepätia, úderu blesku). Pravdepodobnosť výskytu takéhoto nárazu vetra na tejto stanici je veľmi malá, v priemere viac ako raz za 100 rokov. **Citlivosť CEZO na veterné smršte a búrky je tak určená ako**

stredná (S) – zariadenie je robustné, ale určité škody a prerušenia prevádzky pri veľmi silnej búrke môžu nastať.

Celkovo možno zhodnotiť, že **najvýznamnejšími klimatickými hrozbami pre projekt CEZO sú extrémne horúčavy,** ktoré môžu negatívnym spôsobom ovplyvniť zdravie pracovníkov Ostatné klimatické javy majú nižšiu pravdepodobnosť výskytu a projekt je voči nim menej citlivý.

Tabuľka 12: Identifikácia klimatických hrozieb a posúdenie citlivosti projektu CEZO

Klimatický jav	Klimatická expozícia	Citlivosť	Zdôvodnenie
Extrémne horúčavy	*Vysoká*	S	Horúčavy sú v danej oblasti vysoko pravdepodobné avšak ich dopad na výrobu je zanedbateľný a nepriaznivo sa prejavuje na zdraví pracovníkov nie však na samotnej výrobe.
Sucho / Nedostatok vody	*Vysoká*	N	Expozícia suchu je vysoká avšak technologický charakter plánovanej činnosti nie je priamo závislý od rizika sucha.
Extrémne zrážky a prívalové dažde	*Nízka*	N	Možné riziko lokálneho zaplavenia areálu, ale nízka citlivosť vďaka drenážnemu systému.
Povodne z veľkej vody	*Veľmi nízka*	N	CEZO neleží v záplavovej oblasti ani pre 1000-ročnú vodu, veľmi nízka pravdepodobnosť povodne.
Silné vetry a búrky	*Nízka*	S	Silný vietor môže poškodiť konštrukcie a spôsobiť výpadky sietí; citlivosť mierna.
Extrémny chlad / snehové kalamity	*Nízka*	N	Výskyt extrémnych mrazov a sneženia je zriedkavý; bežné zimné javy sú zvládnuteľné.
Zhoršená kvalita ovzdušia	*Nízka*	S	Bratislava II nie je zóna so zhoršeným ovzduším; nízke zdravotné riziká pri synergii s extrémami.

Metodicky povedané, citlivosť projektu CEZO spolu s expozíciou určuje **potenciálny vplyv** klimatického javu; skutočná **zraniteľnosť** však závisí aj od adaptívnej kapacity systému. Ďalej preto bude skúmaná adaptívna kapacita a odolnosť projektu CEZO.

9.3 Adaptívna kapacita a odolnosť projektu

Adaptívna kapacita vyjadruje schopnosť projektu **prispôsobiť sa zmene klímy**, zmierniť potenciálne škody alebo zvládnuť následky klimatických javov. V kontexte CEZO sem patrí technická pripravenosť odolať extrémom, dostupné zdroje na riešenie krízových situácií, flexibilita prevádzky a zavedené preventívne opatrenia. Adaptívna kapacita priamo ovplyvňuje výslednú zraniteľnosť – *vyššia adaptívna kapacita znižuje zraniteľnosť a citlivosť systému*.

Pre projekt CEZO je možné identifikovať viaceré prvky adaptačnej kapacity:

- **Výber lokality a dizajn projektu:** Areál je **mimo záplavovej zóny**, takže už umiestnenie projektu eliminuje potrebu masívnych protipovodňových opatrení. To značí vysokú inherentnú odolnosť voči povodniam. Moderné priemyselné stavby musia **spĺňať stavebné a technické normy**, čo poskytuje základnú odolnosť voči bežným extrémom (mierou bezpečnosti **znižuje pravdepodobnosť zlyhania** konštrukcií aj pri 50-ročných a 100-ročných udalostiach). Napríklad strechy budú navrhnuté tak, aby odolali očakávaným vetrom a krupobitiu, kritické zariadenia budú zdvihnuté nad terén alebo chránené pred zaplavením. Tieto prvky zvyšujú fyzickú robustnosť CEZO.

- **Infraštruktúrne zázemie v areáli Slovnaft:** CEZO bude súčasťou existujúceho petrochemického areálu, ktorý má vybudovanú **technickú infraštruktúru**: vlastné cesty, kanalizáciu, zásobovanie vodou, energetické prípojky, havarijné systémy atď. Napríklad Slovnaft využíva vlastnú úpravňu vôd a má viac zdrojov *úžitkovej vody* (povrchová voda privádzaná kanálom, podzemné vody). To zvyšuje **bezpečnosť dodávok vody** aj počas sucha – v prípade poklesu jedného zdroja môže do istej miery nahradiť druhý.

- **Organizačná a operačná pripravenosť:** Slovnaft ako veľká spoločnosť má zavedené **krízové plány a riadenie rizík**. Ako bolo spomenuté v pôvodnej klimatickej štúdii pri príprave projektu CEZO sa **zaoberalo identifikáciou rizík a ich znižovaním**, pričom *bolo pripravených viacero stratégií*. To naznačuje, že investor proaktívne plánuje, ako predchádzať alebo reagovať na mimoriadne udalosti (napr. technické havárie vplyvom počasia). Súčasťou adaptačnej kapacity je aj **finančná schopnosť** firmy investovať do dodatočných opatrení, ak sa ukáže potreba (napr. posilnenie chladenia, protiprahové opatrenia na kanalizácii, záložné zdroje energie). Veľká firma má spravidla vyššiu finančnú (spoločnosť SLOVNAFT, a.s. zaznamenala za rok 2024 zisk 365 963 000 €[5]) a technickú rezervu na riešenie kríz oproti menším podnikateľom. CEZO tak má výhodu zázemia silnej spoločnosti, ktorá dokáže poskytnúť zdroje na adaptáciu.

- **Technologická vybavenosť:** Použitie najnovších technológií zvyšuje odolnosť. Napríklad moderné CEZO majú automatické riadenie procesov, ktoré dokáže *vyrovnávať výkyvy* – pri horúčavách môže systém upraviť prebytok vzduchu v kotle, pri kolísaní vlhkosti odpadu zas regulovať teplotu spaľovania. Filtračné jednotky sú dimenzované aj na špičkové koncentrácie znečisťujúcich látok, takže jednorazová epizóda horšieho rozptylu či inverzie by nemala spôsobiť prekročenie limitných hodnôt znečisťujúcich látok v ovzduší (za normálnych okolností). Zariadenie bude **napojené na interný systém zásobovania elektrinou v Slovnafte, s funkciou automatického záskoku pre prípad výpadku prúdu**, čím sa zabezpečí odstavenie spaľovacieho procesu bezpečne. Tieto technické opatrenia zmierňujú dopad extrémnych javov – zvyšujú *reziliienciu* prevádzky.

- **Preventívne opatrenia a údržba:** Adaptačná kapacita sa prejavuje aj v prevádzkových postupoch. Pravidelná údržba odvodňovacích kanálov, prehliadky strešných konštrukcií a kotvení pred zimou, orezy stromov v okolí (proti pádu pri víchrici), zásoby posypového materiálu na zimu – to všetko sú **bežné preventívne kroky**, ktorými môže prevádzkovateľ CEZO predchádzať škodám. Dôležitá je tiež *monitorovacia a výstražná kapacita* – sledovanie meteorologických predpovedí a včasné varovanie pred extrémnymi javmi umožní pripraviť sa (napr. vopred znížiť zásoby odpadu v bunkri pred očakávanou búrkou, aby v prípade poškodenia strechy nedošlo ku kontaminácii; alebo naplánovať odstávku počas najväčších horúčav na údržbu).

Z vyššie uvedeného vyplýva, že **adaptívna kapacita projektu CEZO je pomerne vysoká**. Projekt síce čelí viacerým klimatickým hrozbám, ale disponuje viacerými faktormi, ktoré zmierňujú zraniteľnosť: bezpečná poloha mimo dosahu povodní, odolné technické riešenia podľa noriem, integračné využitie jestvujúcej infraštruktúry Slovnaftu a pripravenosť investora investovať do ochranných opatrení. Vďaka tomu sa dá očakávať, že CEZO bude schopné odolať predpokladaným klimatickým extrémom aspoň do určitej miery bez zásadných výpadkov.

Zraniteľnosť projektu CEZO tak nie je daná len expozíciou a citlivosťou, ale aj touto schopnosťou prispôsobiť sa – v konečnom dôsledku ju možno hodnotiť ako **strednú až nižšiu** pre väčšinu hrozieb, keďže viaceré riziká dokáže projekt zmierniť vďaka adaptívnym opatreniam.

[5] https://finstat.sk/31322832

9.4 Hodnotenie rizika (pravdepodobnosť × dopad) pre identifikované hrozby

Klimatické riziko definované v zmysle metodiky ako kombinácia *pravdepodobnosti výskytu klimatického javu* a *závažnosti jeho dopadu* na projekt. Na základe vyššie uvedenej expozície (pravdepodobnosti) a citlivosti (očakávaných dopadov) bola pre každú hrozbu stanovená úroveň rizika. Riziko je kvantifikované kvalitatívne cez maticu, ktorá kríži kategórie pravdepodobnosti (zriedkavé – takmer isté) s kategóriami dopadu (bezvýznamný – katastrofický). Výsledkom je zaradenie rizika do štyroch úrovní: **nízke, stredné, vysoké a extrémne** riziko. Z metodiky EIA/SEA vyplýva, že **nízka a stredná úroveň rizika sa považuje za "nevýznamné" riziko**, kým **vysoká a veľmi vysoká (extrémna) úroveň rizika sa považuje za "významné"** z hľadiska potreby ďalšej pozornosti a adaptačných opatrení. Nasledujúca tabuľka uvádza zhrnutie rizík pre CEZO:

Tabuľka 13: Hodnotenie rizika pre identifikované hrozby

Klimatická hrozba	Pravdepodobnosť (expozícia)	Dopad na CEZO (závažnosť vplyvu)	Úroveň rizika	Významnosť
Extrémne horúčavy	Takmer istý výskyt (veľmi vysoká expozícia)	Stredne závažný vplyv – znížená účinnosť, vyššie emisie	**Stredné riziko**	**Nevýznamné**
Dlhodobé sucho	Takmer isté (vysoká expozícia)	Menej závažný vplyv – ohrozenie vody, mierne obmedzenie prevádzky	**Nízke riziko**	Nevýznamné
Prívalový dážď	Nepravdepodobný výskyt (nízka expozícia)	Menej až stredne závažný vplyv – lokálne zaplavenie areálu, výpadok	**Nízke až stredné**	Nevýznamné
Povodeň (riečna)	Veľmi zriedkavý výskyt (zanedbateľná expozícia)	Katastrofický vplyv – úplné zatopenie a zastavenie prevádzky	**Nízke riziko**	Nevýznamné
Víchrica a búrka	Mierne pravdepodobný výskyt (stredná expozícia)	Stredne závažný vplyv – poškodenie objektov, krátkodobá odstávka	**Stredné riziko**	Nevýznamné
Snehová kalamita, ľad	Nepravdepodobný výskyt (nízka expozícia)	Menej závažný vplyv – narušenie dopravy, malé škody	**Nízke riziko**	Nevýznamné

Na základe tabuľkového prehľadu a podrobnej kvalitatívnej analýzy možno za **najvýznamnejšie klimatické riziko pre CEZO považovať vlny horúčav**. Hoci samotná technológia fluidného spaľovania nie je výrazne ovplyvnená zvýšenou teplotou okolitého prostredia a nevzniká zvýšené riziko prekročenia emisných limitov, vlny horúčav predstavujú záťaž pre pracovné prostredie a zdravie zamestnancov. Hlavné riziko tak spočíva v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci – extrémne teploty môžu viesť k tepelnému stresu, zníženiu pracovnej výkonnosti a potrebe dodatočných organizačných opatrení. Z týchto dôvodov sa **klimatické riziko horúčav hodnotí ako stredné (S)** – ide o riziko, ktoré si vyžaduje pozornosť a preventívne plánovanie, no neohrozuje kriticky funkciu zariadenia.

Ostatné identifikované riziká vychádzajú podľa hodnotenia ako **stredné až nízke** a teda v súčasnosti sú považované za *relatívne nevýznamné*. Napríklad riziko sucha je nízke – technologická závislosť CEZO od vody je nízka – potreba vody (napr. na chladenie či výrobu pary) je pokrytá existujúcim systémom zásobovania vodou v rámci areálu Slovnaftu, vrátane využitia časti vody z hydraulickej ochrany. Riziko veterných smrští vychádza ako stredné – silná víchrica môže nastať raz za pár rokov a spôsobiť stredne veľké škody, no projekt to pravdepodobne ustojí bez kritického zlyhania. Riziko prívalových dažďov je nízke až stredné – ich výskyt je zriedkavý a škody by mali byť zväčša obmedzené (ak sa dodržia návrhy odvodnenia). Katastrofický scenár povodne má síce enormný dopad, no pravdepodobnosť je tak malá, že výsledné riziko je nízke.

Je potrebné zdôrazniť, že **dynamika rizík v čase sa môže meniť**. S pokračujúcou klimatickou zmenou môže napríklad riziko horúčav ďalej narastať (ešte intenzívnejšie a dlhšie vlny horúčav okolo roku 2050–2080), rovnako tak extrémne zrážky môžu mierne pribúdať. Hodnotenie treba preto pravidelne aktualizovať. V metodike sa

odporúča posudzovať *súčasné aj budúce riziko* – tento dodatok je zameraný najmä na aktuálny stav a najbližšie dekády, pričom budúce projekcie (napr. horizont 2070) by mohli indikovať nárast rizika v niektorých kategóriách. **Zatiaľ však len riziko horúčav prekračuje prah významnosti**, kým ostatné riziká sú pod touto hranicou.

Okrem fyzických klimatických rizík je možné identifikovaných aj niekoľko **nepriamych (tranzitívnych) vplyvov zmeny klímy** na projekt. Patrí sem najmä už spomínaná (v pôvodnej klimatickej štúdii) **zmena zloženia odpadov,** ktorá môže vyžadovať prispôsobenie spaľovacieho procesu. Ďalej **sprísňovanie environmentálnej legislatívy a regulačných štandardov** v reakcii na zmenu klímy predstavuje **riziko pre podnik** v tom zmysle, že CEZO bude musieť investovať do stále čistejších technológií a plniť prísnejšie limity. Ide o tzv. *transformačné riziko* – napr. ak EÚ zavedie prísnejšie normy na emisie spaľovní či uhlíkové dane, môže to ekonomicky zasiahnuť prevádzku. CEZO však s týmto trendom počíta a tlačí na čo najvyššiu efektivitu a nízke emisie už v základe. Napokon, klimatická politika vytvára **tlak na zvyšovanie energetickej efektívnosti** – CEZO môže byť konfrontované s očakávaniami stále lepšieho energetického využitia odpadu a znižovania uhlíkovej stopy. Tieto faktory síce nie sú "klimatickým rizikom" v zmysle živlu, ale sú priamym dôsledkom klimatickej krízy a ovplyvnia dlhodobú *odolnosť podniku*. Z hľadiska posudzovania klimatickej odolnosti sú preto spomínané aj tieto aspekty, ktoré však vyžadujú skôr strategickú a finančnú adaptáciu (inovácie, investície do BAT technológií, zachytávanie CO_2 a pod.) ako technické a technologické úpravy procesov.

9.5 Odporúčania pre zvýšenie odolnosti a adaptačné opatrenia

Na základe výsledkov hodnotenia rizík navrhujeme súbor **adaptačných opatrení**, ktoré zvýšia klimatickú odolnosť CEZO. Cieľom je eliminovať alebo zmierniť dopady identifikovaných hrozieb, najmä toho najvýznamnejšieho (horúčav), a udržať ostatné riziká na prijateľnej úrovni, a to v nasledujúcom rozsahu:

- **Opatrenia proti extrémnym horúčavám:** Viaceré technické a organizačné prvky na zvládanie extrémnych teplôt už sú v spoločnosti Slovnaft dlhodobo zavedené ako štandard – ide najmä o dimenzovanie chladiacich systémov, monitoring emisií v reálnom čase a opatrenia na ochranu zdravia pri práci počas letných vĺn horúčav. V kontexte projektu CEZO odporúčame tieto štandardy ďalej **zachovať a systematicky rozvíjať**, najmä vo fáze prevádzky, pričom konkrétne odporúčania zahŕňajú technické zabezpečenie stabilného výkonu aj pri teplotách nad 35 °C (napr. optimalizácia chladiaceho systému, záložné riešenia), pokračovanie v reálnom monitoringu emisií a zohľadnenie možného vplyvu extrémnych teplôt v scenároch havarijného plánovania, udržiavanie a aktualizácia režimov BOZP pre horúce dni: klimatizované kontrolné priestory, tienenie, pitný režim, vhodne upravený pracovný čas (napr. ranné a večerné smeny). Zároveň sa odporúča zvážiť inštaláciu **modro-zelenej infraštruktúry v areáli** – vysadenie stromov a zelene pre tienenie budov, zelené strechy na skladových halách, ktoré znižujú prehrievanie, a vodné prvky (retenčné nádrže, jazierka) na zvlhčenie mikroklímy. Takéto opatrenia nielen ochladia prostredie CEZO, ale pomôžu aj mestu adaptovať sa na horúčavy (synergia s **SECAP** cieľmi Hlavného mesta). Budovanie *modro-zelenej infraštruktúry* je v súlade s odporúčaniami adaptovať sídla na budúce podnebie.

- **Opatrenia pre zabezpečenie vody počas sucha:** Vzhľadom na vysokú spotrebu technologickej vody by mal prevádzkovateľ zvážiť okrem vybudovania *záložnej vodnej nádrže* v areáli – zásobník, posúdiť aj možnosti **zvýšenia recyklácie vody** (napr. účinnejšie zachytávanie kondenzátu, opakované využitie prečistenej odpadovej vody v chladiacich okruhoch). Tým sa zníži závislosť na dodávke surovej vody. V prípade extrémneho sucha kombinovaného s horúčavami môže hroziť prehriatie technologickej vody v otvorených kanáloch – preto zvážiť *zakrytie alebo zaizolovanie* časti rozvodov vody, aby sa menej prehrievali. Tieto kroky zvýšia **vodnú bezpečnosť** CEZO.

- **Opatrenia proti vetru a búrkam:** Už vo fáze detailného inžinieringu je potrebné overiť, že všetky konštrukčné prvky spĺňajú požiadavky na **nárazový vietor** aspoň 40–45 m/s (čo zodpovedá 100-ročnej

víchrici v danej oblasti). Odporúča sa vykonať *nezávislý statický audit* hlavných objektov z hľadiska odolnosti voči vetru a zaťaženiu vibráciami (komín, sila na popolček, oceľové haly), pričom zohľadnenie týchto požiadaviek sa predpokladá už v rámci projektovej dokumentácie v súlade s príslušnými technickými normami. Kritické zariadenia by mali mať **ukotvenie/upevnenie** odolné voči vibráciám – napr. potrubia vybaviť dilatačnými prvkami, ktoré umožnia pohyb pri poryvoch vetra bez poškodenia. V skladoch chemikálií a palív zabezpečiť, aby boli **strechy a opláštenia** navrhnuté so zosilneným kotvením (aby ich búrka neodtrhla a nespôsobila sekundárnu nehodu). Zaviesť systém včasného varovania: pri očakávanej víchrici >30 m/s obmedziť vonkajšie práce, zastaviť žeriavy, **zabezpečiť voľné predmety** v areáli (aby nelietali ako projektily). Po búrke mať pripravený tím na rýchlu obhliadku a opravu škôd (napr. do 24 hodín obnoviť poškodené vedenia, provizórne prekryť strechy). Tiež je vhodné mať **náhradné zdroje elektriny** pre prípad dlhšieho výpadku siete v dôsledku búrky – taký, ktorý udrží v chode aspoň kľúčové prvky (čerpadlá chladiacej vody, riadiaci systém) po dobu niekoľkých hodín. Tieto opatrenia minimalizujú prerušenie prevádzky a fyzické škody pri búrke.

- **Opatrenia pre extrémne zrážky:** Hoci povodňové riziko je nízke, odporúčame udržiavať *vysokú kapacitu odvodnenia areálu*. To znamená pravidelne čistiť dažďové vpuste a kanály od nánosov, inštalovať dodatočné **čerpadlá** na kritických nízkych miestach (ktoré sa automaticky spustia pri zaplavení). Zvážiť vybudovanie **retenčnej nádrže alebo suchého poldra** v rámci areálu – miesto, kam sa môže dočasne rozliať voda z prívalového dažďa a následne pomaly odtiecť (napríklad dažďová záhrada alebo vsakovacie pole v nej využívajúce zeleň). Takéto prírodné opatrenie pomôže aj chladiť okolie (dvojitý benefit). Okolie skladu odpadov je vhodné vybaviť zvýšeným prahom alebo odtokovým žľabom, aby do haly nemohla voľne vniknúť voda zvonku. Pri projektovaní kanalizácie treba zohľadniť aj možné **infiltrovanie vody** cez kanalizáciu – osadiť spätné klapky, ktoré sa pri zvýšení hladiny uzavrú a zabránia vytryskutiu vody zo šácht. Týmito opatreniami sa dá zvládnuť aj extrémny lejak bez väčšej ujmy (voda sa bezpečne zachytí a odvedie mimo technológie).

- **Priebežné monitorovanie a revízia rizík:** Metodiky SAŽP kladú dôraz na *monitorovanie nepriaznivých vplyvov klímy* počas prevádzky a periodickú aktualizáciu hodnotenia. Odporúčame zaviesť systém zbierania dát – napr. vlastná meteorologická stanica v areáli, ktorá bude zaznamenávať extrémy (teploty, zrážky, vietor). Tiež evidovať "takmer-havárie" spôsobené počasím (napr. koľkokrát museli znížiť výkon pre horúčavu, aké škody spôsobil posledný silný vietor a pod.). Na základe týchto dát by mal CEZO každých pár rokov **prehodnotiť rizikový profil**. Ak by napríklad horúčavy naberali na intenzite, bude treba navrhnúť nové opatrenia (napr. dodatočné chladenie spalín, investície do odolnejších materiálov atď.). Takisto treba sledovať vývoj klimatických scenárov od SHMÚ – ak by sa prognózy zhoršili (napr. prudší nárast extrémov po roku 2050), už v predstihu plánovať väčšie zásahy. Táto adaptívna správa rizík zaistí, že CEZO zostane odolné aj v dlhodobom horizonte a **neprekvapia ho nové extrémy**.

Záver:

Hodnotenie klimatických rizík a zraniteľnosti preukázalo, že projekt Centrum energetického zhodnotenia odpadov v Bratislave čelí najmä výzve rastúcich horúčav, no disponuje solídnou adaptačnou kapacitou a možnosťami, ako sa pripraviť. Implementáciou navrhnutých opatrení sa posilní jeho odolnosť voči klimatickým extrémom a prispeje sa k udržateľnej prevádzke v súlade s cieľmi národných aj európskych politík v oblasti klímy.

Adaptácia na zmenu klímy je kontinuálny proces – preto odporúčame považovať toto hodnotenie za živý dokument (dodatok ku klimatickej štúdii), ktorý sa bude priebežne a podľa potreby aktualizovať tak, aby CEZO zostalo bezpečné a efektívne aj v meniacej sa klíme 21. storočia.

10. Preverenie správnosti použitých emisných faktorov

Táto kapitola sa zameriava na overenie správnosti emisných faktorov použitých v pôvodnej klimatickej štúdii projektu CEZO. Cieľom nie je prepočítať uhlíkovú stopu projektu, keďže pôvodný výpočet mal ilustračný charakter a bol spracovaný pre potreby posúdenia klimatických prínosov projektu, ale posúdiť, či boli použité emisné faktory a metodika ich aplikácie vecne správne a v súlade s dostupnými národnými a medzinárodnými zdrojmi.

Overenie bolo vykonané na základe odborných pripomienok k pôvodnej štúdii, s využitím aktuálnych databáz emisných faktorov a metodických usmernení. Posudzované boli všetky hlavné kategórie zdrojov emisií – spaľovanie odpadu, výroba elektriny a tepla, doprava, ako aj porovnávací scenár skládkovania. Osobitná pozornosť bola venovaná pripomienkam týkajúcim sa zohľadnenia účinnosti výroby elektriny, keďže táto veličina má významný vplyv na výsledné emisie z energetického zhodnocovania odpadu.

Výsledkom preverenia je posúdenie vecnej správnosti pôvodných vstupov, kvantifikácia vplyvu opráv na výslednú bilanciu a zhodnotenie, či prípadné rozdiely ovplyvňujú závery klimatickej štúdie o environmentálnej výhodnosti projektu.

10.1 Energetické zhodnocovanie odpadu

Pri hodnotení klimatického vplyvu projektu CEZO sa vychádzalo z predpokladu, že energetické zhodnotenie odpadu (WTE) výrazne znižuje emisie skleníkových plynov v porovnaní so skládkovaním. Pôvodne použitý emisný faktor pre WTE (spaľovanie komunálneho odpadu s energetickým využitím) bol 43 kg CO_2 (fosílneho) na GJ energie. Tento údaj pochádza z vedeckej literatúry (metóda bilančných výpočtov aplikovaná v Rakúsku) a zodpovedá strednej hodnote v rozmedzí emisných faktorov 30 – 67 kg CO_2/GJ pre zariadenia WTE uvádzaných v odborných štúdiách. Pre porovnanie, nemecký spolkový úrad pre životné prostredie (UBA) uvádza štandardný faktor 43,8 kg CO_2/GJ, pričom vo Švédsku, Dánsku či Fínsku sa odhadujú hodnoty 32 – 40 kg CO_2/GJ. Pôvodne použitá hodnota 43 kg/GJ teda leží v súlade s odbornými zdrojmi a reflektuje priemerné zloženie komunálneho odpadu (cca 40 – 50 % biogénneho uhlíka a zvyšok fosílneho) [D6]. Podľa IPCC vzniká spálením 1 t komunálneho odpadu celkovo ~0,7 – 1,2 t CO_2, z čoho približne polovica je biogénne CO_2 (nepočítané do GHG inventúry)[D7].

Fosílna zložka teda typicky predstavuje ~0,35 – 0,6 t CO_2 na tonu odpadu, čo zodpovedá ~35 – 60 kg/GJ pri výhrevnosti ~10 MJ/kg. Hodnota 43 kg/GJ (≈0,43 t CO_2/t) použitá v klimatickej štúdii CEZO je plne opodstatnená a konzervatívna; nepatrne vyššie či nižšie faktory by na výslednom trende nič nezmenili. Napríklad zvýšenie emisného faktora WTE o ~20 % (na ~50 kg/GJ) by znamenalo nárast odhadovaných emisií CEZO asi na 30 tis. t CO_2 ročne (namiesto 26 tis. t), čo by stále predstavovalo vyše 75 %né zníženie oproti emisiám zo spracovania rovnakého odpadu skládkovaním. Kritika, že štúdia podhodnotila emisie CEZO, teda nie je podložená – použité číslo korektne reprezentuje fosílny uhlík v mixe komunálnych a priemyselných odpadov a jeho prípadná úprava o pár jednotiek % by záver o výraznom prínose WTE oproti skládkam neovplyvnila.

Avšak pri kontrole sa potvrdilo, že pôvodný výpočet emisií CO_2 z výroby elektriny v CEZO obsahoval metodickú chybu. Pôvodná štúdia totiž prepočítala plánovanú produkciu elektriny 168 000 MWh/rok priamo na energetickú hodnotu (604 800 GJ/rok) a tú vynásobila emisným faktorom 43 kg CO_2/GJ (čo vychádzalo z fosílneho podielu uhlíka v odpade podľa literatúry). Takto sa však implicitne predpokladala 100 % účinnosť premeny paliva na elektrinu, čo nie je reálne pri kondenzačnej výrobe. Výsledkom bol výrazne skreslený (podhodnotený) odhad –

[D6] Schwarzböck, T. et al. (2016): *Determining national greenhouse gas emissions from waste-to-energy using the Balance Method*. Waste Management 49, 263–271.

[D7] IPCC (2000): *Emissions from Waste Incineration*. In: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories.

približne 26 006 t CO_2 ročne, ktorý nezohľadnil, že na výrobu 1 MWh elektriny treba spáliť niekoľkonásobne viac primárnej energie vo forme paliva. Pre odpadové palivo s nižšou výhrevnosťou možno uvažovať konzervatívnu hornú hranicu okolo 13,5 GJ/MWh, čo zodpovedá účinnosti ~27 %. Po započítaní tohto heat rate sa pôvodne uvažovaný objem elektriny 168 000 MWh/rok premietne do približne 2 268 000 GJ/rok spotrebovaného paliva. Následne výpočet emisií **CO_2** z výroby elektriny treba opraviť na:

2 268 000 GJ × 43 kg CO_2/GJ = ~97 524 000 kg CO_2,

čiže približne **97 524 t CO_2/rok**. Oproti pôvodnému výsledku (~26 kt) ide o násobne vyššiu hodnotu, keďže pôvodná metodika výrazne podcenila množstvo spáleného paliva a tým aj produkovaných emisií. Uvedená korekcia vychádza z odporúčaní na spresnenie emisného faktora **waste-to-energy** a je plne zapracovaná do upraveného výpočtu.

Dodatočne boli zo strany spoločnosti Slovnaft (resp. UVP Environmental Management and Engineering), poskytnuté presnejšie údaje o parametri kondenzačnej výroby. Podľa týchto údajov je hrubá elektrická účinnosť zariadenia v kondenzačnom režime približne **30 %** a hodnota tepelného vstupu paliva (fuel heat imput) je 83 MJ/s.

Aplikáciou týchto údajov bol teda výpočet pozmenený, a to nasledovne. Merná spotreba paliva (heat rate) pri účinnosti 30 % predstavuje 3,6/0,30 = **12 GJ/MWh**. Pri plánovanej výrobe elektriny 168 000 MWh/rok je teda spotreba paliva:

168 000 MWh × 12 GJ/MWh = **2 016 000 GJ/rok.**

Množstvo vyprodukovaných emisií tak predstavuje hodnotu:

2 016 000 GJ × 43 kg CO_2/GJ = **86 688 000 kg CO_2/rok.**

Táto hodnota predstavuje realistický odhad emisií pri prevádzke v kondenzačnom režime a je nižšia než konzervatívne uvažovaný horný variant (97 524 t CO_2/rok pri heat rate 13,5 GJ/MWh). Spotrebu paliva v GJ/rok je možné vyjadriť aj pomocou tepelného vstupu paliva, a to ako:

83 MJ/s × 3 600 s/h = **298,8 GJ/h**

S predpokladanou prevádzkou 8000 hodín za rok tak množstvo vyprodukovaných emisii predstavuje:

298,8 GJ/h × 8 000 h = **2 390 400 GJ/rok** × 43 kg CO_2/GJ = **102 787,2 tCO_2/rok** .

Z porovnania jednotlivých prístupov jasne vyplýva, že pôvodný výpočet, ktorý implicitne uvažoval 100 % účinnosť, bol metodicky nesprávny a viedol k výraznému podhodnoteniu emisií (len okolo 26 kt CO_2 ročne). Opravené výpočty, ktoré už vychádzajú zo skutočnej spotreby paliva, poskytujú výsledky v intervale **86 – 103 kt CO_2 ročne** v závislosti od uvažovanej účinnosti a vstupných parametrov.

Za metodicky najpresnejší možno považovať variant vychádzajúci z údajov poskytnutých spoločnosťou Slovnaft a UVP Environmental Management and Engineering, teda s hrubou elektrickou účinnosťou 30 %. Tento prístup dáva výsledok približne **86 700 t CO_2/rok**, čo je realistická hodnota pri plánovanej výrobe 168 000 MWh elektriny. Konzervatívny horný odhad s nižšou účinnosťou (13,5 GJ/MWh) prináša hodnotu okolo **97 500 t CO_2/rok**, zatiaľ čo výpočet priamo z tepelného vstupu 83 MJ/s pri ročnej prevádzke 8 000 hodín ukazuje približne **102 800 t CO_2/rok** – tento variant však implicitne zodpovedá vyššej ročnej výrobe a preto sa pre účely štúdie javí ako menej relevantný.

10.2 Skládkovanie odpadu

Hodnota (~497 kg CO_2e/t) zodpovedá britským vládnym faktorom pre skládkovanie zmesového komunálneho odpadu a zahŕňa emisie metánu počas rozkladu biologických zložiek (po zohľadnení bežnej miery zachytávania skládkového plynu). Pri porovnaní alternatív sa teda nepredpokladal extrémne pesimistický scenár skládky bez zachytávania plynov, ale realistická stredná hodnota. Ak by sme uvažovali ešte účinnejšie technológie (napr. povinnú úpravu odpadu pred skládkovaním a vyššie % zachyteného metánu), výsledný faktor skládkovania by mohol byť o niečo nižší (štúdie uvádzajú ~0,3 – 0,4 t CO_2e/t pre skládky s veľmi vysokou mierou záchytu plynu) [D8]. Ani taká zmena však nemení kvalitatívny rozdiel oproti WTE: spaľovaním odpadu s rekuperáciou energie nevzniká metán (CH_4 má 28-násobný potenciál otepľovania oproti CO_2) a celkové čisté emisie sú rádovo nižšie než pri ukladaní biologicky rozložiteľného odpadu na skládky. Klimatická štúdia CEZO uvádza, že využitím odpadu v CEZO namiesto skládkovania sa potenciálne znížia emisie o ~77,6 %. Pôvodné výpočty tak vhodne ilustrovali, že CEZO prinesie úsporu emisií oproti scenáru bez projektu (business-as-usual so skládkami), hoci presná kvantifikácia môže závisieť od konkrétneho nastavenia vstupných faktorov (práve preto štúdia zdôraznila, že ide o rámcový odhad uhlíkového efektu, nie oficiálnu uhlíkovú stopu projektu).

10.3 Emisný faktor elektrickej energie

Ďalšou pripomienkou bolo, že štúdia použila nevhodný emisný faktor pre nakupovanú elektrinu. V prepočtoch sa uvažovalo, že bez projektu by Slovnaft (resp. odberatelia) musel získať ekvivalentných 168 000 MWh elektriny ročne z vonkajšej siete, s emisným faktorom 0,358 kg CO_2/kWh (čo predstavuje ~358 g CO_2/kWh). Slovenský mix elektriny je vďaka jadrovým a vodným zdrojom podstatne čistejší; podľa SHMÚ bol najaktuálnejší emisný faktor za SR len 164 g CO_2/kWh [D9]. Ak by sme do úvahy zobrali túto nižšiu hodnotu, odhadovaná výška „ušetrených“ emisií nákupom elektriny by klesla – namiesto ~60 tis. t CO_2/rok (pri 358 g/kWh) by nákup elektriny generoval ~28 tis. t CO_2/rok. Čistý prínos CEZO v oblasti elektriny by sa teda zmenšil z pôvodne udávaných ~56 % úspory na menej než ~10 %. Netreba však zabúdať, že primárnym účelom klimatickej štúdie bolo posúdiť porovnanie scenárov rámcovo. Zvolenie konzervatívnejšieho (vyššieho) emisného faktora pre elektrinu slúži na zdôraznenie potenciálu úspor, no nemení zásadný fakt – projekt by aj tak nebol výrazným zdrojom emisií navyše. V modelovom výpočte CEZO totiž emisie zo spaľovania odpadu (cca 26 tis. t CO_2/rok) takmer vyrovnajú emisie, ktoré by inak vznikli v energetike. Inými slovami, aj pri nízko-uhlíkovej elektrine by CEZO vo výsledku neprodukovala o moc viac CO_2 než scenár bez nej – a všetok „bonus“ v podobe zníženia metánu na skládkach by zostal zachovaný. Navyše, faktor 164 g/kWh reprezentuje súčasný stav; z dlhodobého hľadiska môže marginalizácia fosílnych elektrární spôsobiť, že marginálne zdroje v sieti (ktoré CEZO reálne vytlačí) budú možno uhlíkovo intenzívnejšie než priemer. Preto je podstatné, že pôvodný odhad neprezentoval oficiálnu bilanciu uhlíkovej stopy, ale modelový scenár, v ktorom sa rátalo s výraznou emisnou úsporou projektu – táto úspora by síce pri použití iného emisného faktora elektriny bola menšia, no stále by išlo o pozitívny prínos alebo v najhoršom prípade o takmer neutrálnu bilanciu v sektore energetiky. Závery pôvodnej klimatickej štúdie (dominantná úspora emisií vďaka eliminácii skládkovania) tak ostávajú platné, aj keby sa faktor elektriny upravil podľa slovenských podmienok.

10.4 Plasty a ostatné zložky odpadu

Pripomienky oponentov klimatickej štúdie upozorňovali, že spaľovanie plastov v CEZO vyprodukuje značné množstvo fosílneho CO_2, ktoré štúdia mohla podceniť. V pôvodných výpočtoch sa s plastovým odpadom počítalo nasledovne:

[D8] Teichmann, D. & Schempp, C. (2013): *Calculation of GHG Emissions in Waste and WTE Projects*. JASPERS Working Paper (EIB) – metodika posudzovania projektov nakladania s odpadmi.

[D9] SHMÚ – Odbor emisie a biopalivá (2023): Intenzita emisií z elektrickej energie pre SR: 45,6 g CO_2/MJ (164 g CO_2/kWh)

- do klimatickej bilancie CEZO prispieva akákoľvek fosílna zložka (plasty, textil, guma, kontaminanty v kaloch a pod.) práve cez spomínaný emisný faktor 43 kg/GJ. Tento faktor bol odvodený pre priemerný komunálny a priemyselný odpad; zahŕňa teda aj emisie z plastových zložiek v takom podiele, v akom sa typicky v odpade vyskytujú (energeticky ~40 %). V CEZO sa počíta s ~18 tis. ton plastov ročne (z celkovo 316 700 t odpadu), čo nie je neobvykle vysoký podiel.

Alternatívny prístup by bol rozdeliť odpad na frakcie a každú oceniť osobitným emisným faktorom – napr. čisté plasty môžu mať faktor až ~3 t CO_2/t (ak sú z fosílneho uhlíka). Ak by sme takto počítali emisie CEZO, plastové obaly (cca 7 000 t/rok) by generovali ~12 – 21 tis. t CO_2/rok a ostatné plasty (11 000 t) ďalších ~18 – 33 tis. t (odhad pri emisnom faktore ~1,7 – 3 t CO_2/t). Súčet by mohol prekročiť 100 tis. t CO_2 ročne, ako namietali kritici. Dôležité je ale uvedomiť si, že takýto výpočet by *dvojito započítal* to, čo už bolo v jednoduchšom modeli zahrnuté cez priemerný faktor 43 kg/GJ. Pôvodný prístup (jedna priemerná hodnota) na účely rámcovej štúdie postačuje a je konzistentný – nadhodnotené podiely plastov (ak by odpad obsahoval viac fosílií než predpokladá priemer) by totiž vyvažovalo nadhodnotenie energetického výnosu či započítanie biogénnej neutrality.

Navyše, porovnávala sa situácia so vs. bez projektu, kde v oboch scenároch plastový odpad existuje. Bez CEZO by plasty skončili na skládke, ktorá však z hľadiska CO_2 emisií z plastov paradoxne nevytvára takmer nič – plasty sa nerozkladajú, takže na skládke nevzniká CH_4 ani CO_2 (okrem zanedbateľného množstva z dopravy a depozičných procesov). Emisný faktor pre skládkovanie plastov je prakticky nulový – napríklad francúzska agentúra ADEME udáva len ~33 kg CO_2e na 1 tonu plastu uloženého na skládku. To vysvetľuje, prečo model v štúdii vykázal vysokú „úsporu“ pri presmerovaní odpadu zo skládky do WTE: v skládkovom scenári plasty takmer nič nepridávali (62 t CO_2e z 7000 t plastových obalov), kým v scenári WTE sa ich spálením vyprodukuje pár desiatok tisíc ton CO_2 – avšak tento nárast bol *viac než kompenzovaný* znížením metánu z organických zložiek. Inými slovami, áno, spaľovaním plastov vzniká fosílne CO_2, no štúdia to zohľadnila primerane účelu. Pri detailnejšom LCA hodnotení by sa analyzovalo, či by nebolo klimaticky výhodnejšie plast nerecyklovateľný radšej nespaľovať – ale ponechať ho na skládke ako “trvalé uloženie uhlíka” (keďže nehnije). Takéto úvahy však presahujú rámec posudzovanej investície – projekt CEZO je odpadové zariadenie, ktoré musí spracovať dané vstupy. Z pohľadu štúdie bolo dôležité, že pri danom vstupnom mixe je celková bilancia emisií kladná (tzn. úspora oproti BAU). *Marginálne vyšší či nižší emisný faktor plastov* by na tom nič zásadné nezmenil – významnejšie by bolo, keby mal projekt spracúvať extrémne veľké množstvo čistých plastov, čo však nie je tento prípad (prevažuje zmesový komunálny odpad a kaly). V diskusii o plastoch netreba zabúdať ani na širší kontext: Najlepšou stratégiou je predchádzať vzniku plastového odpadu a recyklovať, lebo recyklácia síce sama generuje emisie, ale ušetrí násobne viac emisií vo výrobe nového plastu z ropy. Ak však plasty skončia v zmesovom komunálnom odpade, energetické zhodnotenie s využitím ich výhrevnosti dáva väčší zmysel než skládkovanie, ktoré síce priamo neprodukuje CO_2, no znamená kumuláciu trvalých environmentálnych záťaží (mikroplasty, riziko požiarov skládok a pod.) bez energetického zisku. Z hľadiska klimatickej bilancie tak pôvodné emisné faktory v štúdii správne zohľadnili, že CEZO preberá fosílne emisie plastov na seba, no zároveň umožňuje využiť energiu a predísť emisii metánu z biogénnych zložiek – čo bol aj hlavný cieľ ilustrácie v pôvodnej klimatickej štúdii.

10.5 Emisie z dopravy

Jedna z pripomienok sa týkala nezapočítania emisií CO_2 z dopravy odpadu do CEZO. Keďže cieľom klimatickej štúdie bolo stanoviť predovšetkým priame emisie z procesu nakladania s odpadom, nepriame emisie z dopravy sa do bilancie nezahrnuli. Podobne ani v prípade scenára skládkovania neboli započítané emisie z prepravy odpadu na skládky. Porovnávali sa teda čisto metodiky spracovania odpadu, nie úplná uhlíková stopa projektu.

Pri odhadovanom ročnom množstve 0,3 mil. ton odpadu by doprava aj tak tvorila len malú časť celkových emisií. Štandardné emisné faktory pre nákladnú cestnú dopravu ukazujú, že prevoz 1 t odpadu na 100 km vyprodukuje

približne 10 – 20 kg CO_2. Aj pri priemernej vzdialenosti 200 km ide len o 0,02 – 0,04 t CO_2 na tonu odpadu, čo predstavuje rádovo 5 – 10 % emisií z jeho spracovania.

Záver

Na základe vyššie uvedeného preverenia možno konštatovať, že pôvodne použité emisné faktory v klimatickej štúdii vypracovanej v novembri 2024 boli zvolené primerane účelu posúdenia a opierajú sa o relevantné zdroje. Niektoré metodické odlišnosti by síce mohli priniesť mierne úpravy výsledkov, avšak vplyv týchto zmien na celkové hodnotenie projektu je zanedbateľný. Aj po započítaní emisií z dopravy alebo úprave výpočtov podľa pripomienok oponentov ostáva záver pôvodnej klimatickej štúdie nezmenený – projekt CEZO predstavuje klimaticky priaznivejšiu alternatívu oproti referenčným scenárom nakladania s odpadom.

Tento dodatok je neoddeliteľnou súčasťou pôvodnej Klimatickej štúdie, vypracovanej v novembri 2024. Obsahuje iba kapitoly a časti, ktoré sú týmto dodatkom zmenené, doplnené alebo upravené. Všetky ostatné časti a závery pôvodnej štúdie zostávajú nezmenené a naďalej v plnom rozsahu platné.

V Padáni, 04.09.2025

Ing. Alena Popovičová, PhD., LL.M.
Ing. Dominika Kamasová
Bc. Samuel Oláš
Mgr. Matúš Balšan



Literárny prehľad

1. Inštitút enviromentálnej politiky, Vedúci! Horia obce!, Identifikácia stupňov ohrozenia zmenouklímy na úrovni samospráv Slovenskej republiky, Ekonomická analýza 14, Apríl 2023
2. MINISTERSTVO VNÚTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY OKRESNÝ ÚRAD BRATISLAVA, A N A L Ý Z A územia okresu Bratislava z hľadiska možných mimoriadnych udalostí, Bratislava 2024
3. MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, Revízia a aktualizácia národnej stratégie adaptácie na zmenu klímy na Slovensku, Technical Support Instrument, 2024
4. SHMU, Rizikové obce (obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia) určené metódou integrovaného posúdenia pre rok 2023 Bratislavský kraj, [online], dostupné na: https://www.shmu.sk/sk/?page=2775
5. Finstat, SLOVNAFT, a.s. (Historický názov: SLOVNAFT , a.s.) , [online], dostupné na: https://finstat.sk/31322832
6. Schwarzböck, T. et al. (2016): *Determining national greenhouse gas emissions from waste-to-energy using the Balance Method*. Waste Management 49, 263–271.
7. IPCC (2000): *Emissions from Waste Incineration*. In: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories.
8. Teichmann, D. & Schempp, C. (2013): *Calculation of GHG Emissions in Waste and WTE Projects*. JASPERS Working Paper (EIB) – metodika posudzovania projektov nakladania s odpadmi.
9. SHMÚ – Odbor emisie a biopalivá (2023): Intenzita emisií z elektrickej energie pre SR [online], dostupné na: https://oeab.shmu.sk/o-nas/faq/#:~:text=Ak%C3%BD%20emisn%C3%BD%20faktor%20m%C3%A1%20elektrina,na%20Slovensku
10. Slovenská agentúra životného prostredia. Metodické usmernenie pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti a odolnosti územia v rámci procesov EIA/SEA. Banská Bystrica: SAŽP, 2023. ISBN 978-80-8213-142-3
11. Slovenská agentúra životného prostredia. Metodické usmernenie pre posudzovanie klimatickej zraniteľnosti a klimatickej odolnosti podnikateľských subjektov. Banská Bystrica: SAŽP, 2023. 44 s. ISBN 978-80-8213-139-3.