



Renewable Energy for the Creation of a **B**alanced **E**cological **C**arbon **A**genda

Obnoviteľná energia pre vytvorenie vyváženého ekologického programu znižovania emisií uhlíka

Záverečný report

Projekt v rámci výzvy 09I04-03-V2 Podpora výskumných projektov zameraných na dekarbonizáciu ekonomiky v TRL úrovniach 1 – 3

Obdobie, za ktoré sa report spracúva: 8/2024 – 8/2026

Dátum vypracovania a odovzdania: 31.8.2026

Autori:

Kolektív projektu REBECCA.

Spracovali:

Ing. Štefan Čerba, PhD., prof. Ing. Vladimír Nečas, PhD.



OBSAH

Zoznam skratiek a symbolov	4
Zoznam obrázkov a tabuliek	6
1 Úvod	7
2 Opis implementácie projektu	8
2.1. Hlavné ciele a štruktúra projektu.....	8
2.2. Časový plán implementácie	9
2.3. Opis riadenia projektu	10
2.3.1. Obsadenie orgánov projektu	12
2.3.2. Súhrn pracovných stretnutí	13
2.4. Zoznam výstupov projektu.....	13
2.4.1. Priame výstupy projektu.....	13
2.4.2. Publikačné výstupy projektu	14
2.4.3. Prehľad merateľných ukazovateľov.....	17
2.4.4. Prehľad ukazovateľov výkonnosti.....	18
3 Podrobný opis uskutočnených činností.....	19
3.1. Kroky implementácie	19
3.1.1. Pracovné stretnutie 30.4.2025	19
3.1.2. Pracovné stretnutie 7.7.2025	19
3.1.3. Pracovné stretnutie 17.10.2025	19
3.1.4. Pracovné stretnutie 25.2.2026	20
3.1.5. Pracovné stretnutie 17.4.2026	20
3.1.6. Pracovné stretnutie 20.5.2026	21
3.1.7. Pracovné stretnutie 1.7.2026	21
3.2. Sumarizácia obsahu výstupov projektu	22
3.2.1. Report progresu projektu	22
3.2.2. Report finančného plnenia projektu	22
3.2.3. Analýza rizík projektu	23
3.2.4. Kontrola merateľných ukazovateľov projektu.....	23
3.2.5. Vzdelávací program a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality.	24
3.2.6. Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov.....	25
3.2.7. Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality	27

3.2.8.	Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU	28
3.2.9.	Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie	29
3.2.10.	Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov	30
3.2.11.	Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU	31
3.2.12.	Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu	34
3.2.13.	Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU	35
3.2.14.	Ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení	37
3.2.15.	Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení	38
3.2.16.	Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku	40
3.2.17.	Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení	41
3.2.18.	Záverečný report	42
3.3.	Kontribúcie na úrovni jednotlivých partnerov	43
3.3.1.	Slovenská technická univerzita v Bratislave	43
3.3.2.	SFÉRA a.s., ...	45
3.3.3.	ÚMMS SAV, ...	46
3.3.4.	T-Industry, s.r.o.	47
3.4.	Dosahovanie míľnikov projektu	48
3.5.	Analýza rizík	49
4	Závery a odporúčania	52

Zoznam skratiek a symbolov

AC	Striedavý prúd
ADE	Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch
ADF	Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch
AFC	Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách
AFD	Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách
AFH	Abstrakty vedeckých príspevkov z domácich konferencií
AI	Umelá inteligencia (Artificial Intelligence)
AR	Rozšírená realita (Augmented Reality)
BDE	Odborné práce v zahraničných nekarentovaných časopisoch
BDF	Odborné práce v ostatných domácich časopisoch
BTES	Skladovanie tepelnej energie vo vrte (Borehole Thermal Energy Storage)
BMS	Energetický manažment budov (Building Management System)
BRKO	Biologicky rozložiteľný kuchynský odpad
BTES	Sezónne podzemné akumulovanie tepla
CAPEX	Kapitálové výdavky (Capital Expenditures)
CeNTA	Centrum technologického transferu v jadrovej technike
CH₄	Metán
CO₂	Oxid uhličitý
ČOV	Čistička odpadových vôd
CZT	Centrálne zásobovanie teplom
DMP	Plán manažmentu údajov (Data Management Plan)
DTES	Distribúované úložiská tepelnej energie (Distributed Thermal Energy Storage)
EÚ	Európska únia
EV	Elektrické vozidlo (Electric Vehicle)
FAD	Fakulta architektúry a dizajnu
FEI	Fakulta elektrotechniky a informatiky
FVE	Fotovoltaická elektrárň
GHG	Skleníkové plyny (Greenhouse Gasses)
GII	Rôzne publikácie a dokumenty
GWP	Potenciál globálneho oteplovania (Global Warming Potential)
IOT	Internet vecí (Internet of Things)
ISO	Medzinárodná organizácia pre normalizáciu (International Organization for Standardization)
IT	Informačné technológie
KOST	Kompaktná odovzdávacia stanica tepla
KLIMENT	Klimatická neutralita a moderná elektroenergetika
KPI	Kľúčový indikátor výkonnosti (Key Performance indicator)
LED	Luminiscenčná dióda
LVN	Laboratórium vysokých napätí

MaaS	Mobilita ako služba (Mobility as a Service)
MU	Merateľné ukazovatele
N₂O	Oxid dusný
NDA	Závazok mlčanlivosti (Non Disclosure Agreement)
NPV	Čistá súčasná hodnota (Net Present Value)
OPEX	Prevádzkové náklady (Operating Expenses)
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PCM	Materiál s fázovou premenou (Phase Change Material)
PIR	Pasívny infračervený senzor (Passive Infrared Sensor)
PMS	Priebežná monitorovacia správa
REBECCA	Renewable Energy for the Creation of a Balanced Ecological Carbon Agenda
SAF	Udržateľne letecké palivá (Sustainable Aviation Fuel)
SAV	Slovenská akadémia vied
SCOP	Sezónny koeficient výkonu (Seasonal Coefficient of Performance)
SJF	Strojnícka fakulta
STU	Slovenská technická univerzita v Bratislave
SHP	SharePoint
TČ	Tepelné čerpadlo
TESS	Systém ukladania tepelnej energie (Thermal Energy Storage System)
TRL	Úroveň technologickej vyspelosti (Technology Readiness Level)
ÚEAE	Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky
ÚEEA	Ústav ekologickej a experimentálnej architektúry
ÚEF	Ústav elektroniky a fotoniky
ÚESZ	Ústav energetických strojov a zariadení
ÚJFI	Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva
ÚMMS	Ústav materiálov a mechaniky strojov
VOC	Prchavé organické zlúčeniny (Volatile Organic Compounds)
VR	Virtuálna realita
VTOL	Vertikálny (zvislý) vzlet a pristátie (Vertical Take-Off and Landing)
VZT	Vzduchotechnika
WOS	Web of Science
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko - Národný dopravca

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obr. 1 Fázy projektu a ich logická časová súvislosť.....	9
Obr. 2 Časový harmonogram projektu.	9
Obr. 3 Štruktúra riadenia.	11
Obr. 4 Vývojový diagram modelu dekarbonizácie.	40
Tab. 1 Členovia Vedeckej rady projektu	12
Tab. 2 Členovia Výkonnej rady projektu	12
Tab. 3 Zoznam výstupov projektu	13
Tab. 4 Zoznam vytvorených publikácií	15
Tab. 5 Sumár publikačnej činnosti	17
Tab. 6 Sumár merateľných ukazovateľov	17
Tab. 7 Ukazovatele výkonnosti pre šírenie a komunikáciu v projekte.....	18
Tab. 8 Stav plnenia ukazovateľov výkonnosti pre šírenie a komunikáciu v projekte.....	18
Tab. 9 Hlavné parametre vzdelávacieho programu KLIMENT	24
Tab. 10 Súhrn účasti počas vzdelávacieho programu KLIMENT	26
Tab. 11 Porovnanie emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie	30
Tab. 12 Skrátená bilancia premeny energie	31
Tab. 13 Porovnanie opatrení na zníženie skleníkových plynov na FEI STU	32
Tab. 14 Porovnanie opatrení pre recykláciu tepla a dopadov na objekty kampusu FEI STU	35
Tab. 15 Sumár opatrení pre zníženie emisie skleníkových plynov v doprave.....	36
Tab. 16 Porovnanie energetických výstupov vybraných priestorov STU pred a po zavedení opatrení	37
Tab. 17 Porovnanie vplyvu vybraných opatrení.....	38
Tab. 18 Zdroje zostatkových emisií v roku 2025 vo vybraných priestoroch STU	39
Tab. 19 Najvýznamnejšie ukazovatele účinnosti po zohľadnení dopadov navrhovaných opatrení .	41
Tab. 20 Zoznam míľnikov projektu	48
Tab. 21 Tabuľka rizík ku koncu implementácie projektu	49

1 Úvod

Konzorcium partnerov Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, spoločnosti SFÉRA, a.s., a T-Industry, s.r.o., od augusta 2024 pracovalo na projekte s akronymom REBECCA. Projekt Obnoviteľná energia na vytvorenie vyváženého ekologického programu znižovania emisií uhlíka súvisí s aktivitami Európskej únie, ktoré smerujú k dekarbonizácii priemyslu a ekonomiky.

Ako už bolo deklarované v projektovom zámere, konzorcium partnerov pod vedením skúseného partnera malo ambíciu reagovať na cieľ EÚ dosiahnuť do roku 2050 klimatickú neutralitu, teda hospodárstvo s nulovými čistými emisiami skleníkových plynov. Tento cieľ je základom Európskej zelenej dohody (European Green Deal) a je v súlade so záväzkom EÚ prijať globálne opatrenia v oblasti klímy v rámci Parížskej dohody (Paris Agreement). Globálne otepľovanie sa na Slovensku prejavilo nárastom priemernej ročnej teploty vzduchu za posledných 100 rokov o 1,1 °C. Podľa Územnej štúdie Slovenska o zmene klímy sa globálne otepľovanie môže prejavíť na našom území rastom priemerov teplôt vzduchu do roku 2075 o 2 až 4 °C. Je vysoko pravdepodobné, že to negatívne ovplyvní vodnú bilanciu, biologické výroby, ako sú poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a rybníctvo, zvýši ohrozenie biodiverzity a rovnako zvýši ohrozenie ľudského zdravia. Na celkových emisiách skleníkových plynov v roku 2020 sa najviac podieľal sektor energetiky (vrátane dopravy) s podielom 65,5 %. K celkovým emisiám skleníkových plynov významne prispieva spaľovanie palív v stacionárnych zdrojoch elektriny a tepla, ale aj znečisťovanie z malých zdrojov bytových vykurovacích systémov a fúgiové emisie metánu z dopravy, spracovania a distribúcie ropy a zemného plynu.

Štúdie Európskej únie jednoznačne poukazujú na to, že pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality sa nerobí ani zďaleka dosť. Mestá produkujú viac ako dve tretiny emisií v celej Európe. Hlavnými trendmi doteraz boli odklon od fosílnych palív, prechod na obnoviteľné zdroje energie a integrácia batérií na uskladnenie energie z obnoviteľných zdrojov. Je však potrebné urobiť ešte oveľa viac. Na dosiahnutie cieľov dekarbonizácie sú „nevyhnutné“ individuálne kroky vrátane zmeny návykov, ktoré by mali viesť k zníženiu energetickej stopy pri všetkých činnostiach vyžadujúcich konverziu primárnej energie, vrátane prevádzky budov, dopravy, informatizácie spoločnosti a pod. Jednotlivci môžu skutočne dosiahnuť obrovský rozdiel. V odbornej literatúre je známy jav, ktorý sa nazýva rozdiel medzi postojmi a správaním (keď ľudia nekonajú, aj keď im na probléme záleží).

Hlavným cieľom projektu REBECCA preto bolo prispieť k riešeniu tejto problematiky na úrovni Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, ktorá má dosah na správanie jednotlivcov, či už vlastných zamestnancov alebo študentov a budúcich odborníkov, ktorých vychováva. Tento dokument je záverečnou správou projektu REBECCA, ktorý položil prvé kroky k udržateľnej budúcnosti. Aj keď všetky kľúčové poznatky nie je možné zhrnúť v jednom dokumente, pokúsili sme sa aspoň o stručnú kompletizáciu tých najpodstatnejších s odkazom na konkrétne výstupy, ktoré poskytujú komplexnejší obraz. Dokument sa tematicky člení na „Opis implementácie projektu“, kde uvádzame hlavné ciele, časový plán, štruktúru riadenia a zoznam výstupov, a na „Podrobný opis uskutočnených činností“, kde sa detailne venujeme krokom implementácie, obsahu výstupov, príspevkovi jednotlivých partnerov, dosahovaniu míľnikov a analýze rizík. V závere sú zhrnuté najdôležitejšie poznatky a odporúčania pre udržateľnosť.

2 Opis implementácie projektu

2.1. Hlavné ciele a štruktúra projektu

Hlavným cieľom projektu bolo získať nové komplexné poznatky a postupy na budúcu dekarbonizáciu energetického hospodárstva vybraných univerzitných objektov a pracovísk s cieľom vytvorenia replikovateľného modelu pre podmienky SR. Tento cieľ bol dosiahnutý prostredníctvom nasledujúcich čiastkových cieľov:

- Vytvorenie inovatívnej koncepcie pre efektívne znižovanie potreby primárnej energie v súlade s prechodom na zelenú a nízkouhlíkovú ekonomiku, adaptáciu a zvyšovanie odolnosti voči klimatickej zmene Slovenskej technickej univerzity v Bratislave v spolupráci s malými a strednými podnikmi.
- Zabezpečenie experimentálneho dôkazu (proof of concept - TRL 3) tejto koncepcie a vzorovej metodiky dekarbonizácie energetického hospodárstva vybraných univerzitných objektov návrhom integrácie efektívneho a flexibilného systému obnoviteľných zdrojov energie, riadenia spotreby energie vo vybraných objektoch, spolu so simuláciou služieb tzv. „komunitnej energetiky“.
- Realizácia súbežného vzdelávania rôznych cieľových skupín a zmeny správania pedagógov, pracovníkov a študentov, ktoré možno overiť analyticky a experimentálne s cieľom dosiahnutia uhlíkovo neutrálnej budúcnosti.
- Vykonať priebežnú diseminačnú a komunikačnú kampaň cielenú na externé subjekty a cieľové skupiny.

Hlavný cieľ projektu bol pre efektívne riadenie a časovú implementáciu rozdelený na päť špecifických cieľov:

- Vypracovanie konceptu/modelu dekarbonizácie prevádzky univerzity – výpočet energetickej náročnosti a z toho vyplývajúcej uhlíkovej stopy existujúceho stavu a návrh koncepcie a vzorovej metodiky dekarbonizácie pre výrobu tepla/chladu, dodávky zemného plynu a elektriny.
- Vzorové spracovanie a aplikácia Indikátora inteligentnej pripravenosti pre vybrané univerzitné celky.
- Vytvorenie modelu dekarbonizácie dopravy - výpočet uhlíkovej stopy existujúceho stavu a návrh koncepcie dekarbonizácie dopravných prostriedkov využívaných na prepravu pracovníkov, pedagógov a študentov univerzity.
- Zmena správania jednotlivcov (pracovníkov, pedagógov a študentov), zmena návykov, ktoré by mali viesť k zníženiu energetickej náročnosti a uhlíkovej stopy v budovách a v doprave.
- Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku v podmienkach Slovenska.

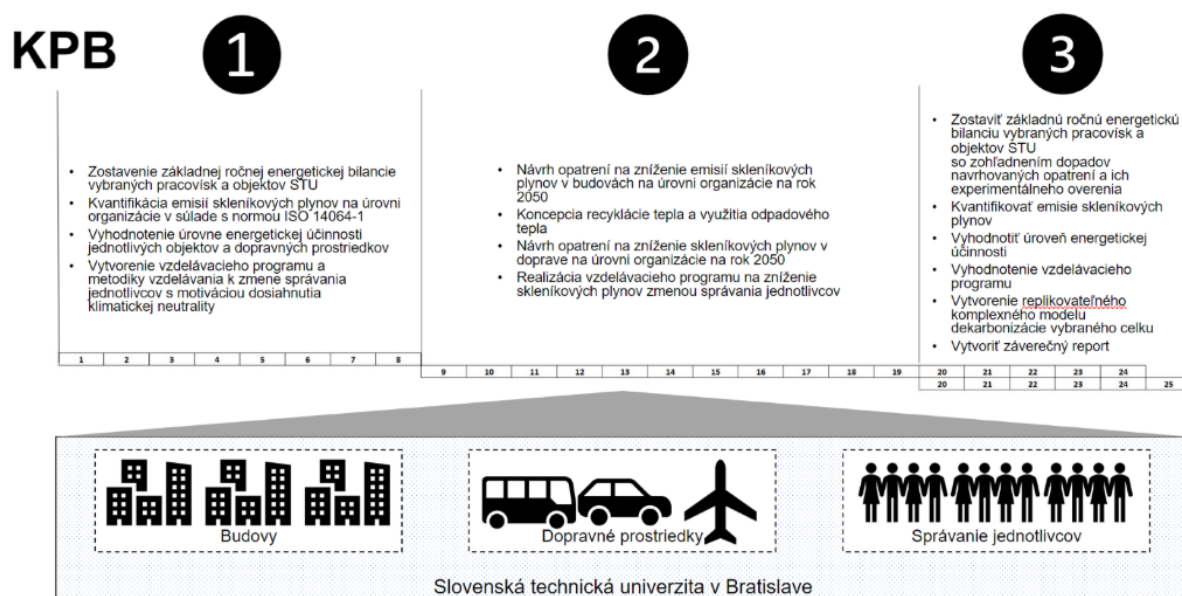
Na základe týchto špecifických cieľov vznikla štruktúra projektu pozostávajúca z troch pracovných balíkov, ako je to znázornené na Obr. 1.

V prvom pracovnom balíku (KPB1) sa analyzovala energetická náročnosť prevádzky STU a jej vplyv na životné prostredie. Získali a spracovali sa údaje o energetických vstupoch a výstupoch, vlastných zdrojoch energie, budovách, významných spotrebičoch a dopravných prostriedkoch. Pri budovách sa vyhodnotili tepelnotechnické vlastnosti a spotreba energie na prevádzku technických zariadení a osvetlenia. Energetická potreba sa stanovila najmä na základe spotreby plynu, elektriny a tepla z CZT. Na základe spotreby a využívaných zdrojov sa vyhodnotil environmentálny dopad prevádzky univerzity v jednotkách ekvivalentu CO₂. Výsledkom analýzy bolo určenie najkritickejších oblastí prevádzky univerzity z hľadiska negatívnych dopadov na životné prostredie, na ktoré sa zamerali ďalšie aktivity projektu.

V druhom pracovnom balíku (KPB2) sa vypracovali konkrétne návrhy opatrení na zníženie negatívnych vplyvov prevádzky univerzity identifikovaných v prvom pracovnom balíku. Celkovo bolo vypracovaných 25 opatrení a boli ohodnotené aj z finančného hľadiska. Posúdili sa možnosti náhrady emisne náročných zdrojov energie alternatívnymi zdrojmi, vrátane komunitnej energetiky, a možnosti efektívnejšieho využitia odpadového tepla. Navrhli sa riešenia na zníženie nárokov na chladenie, využitie odpadového tepla a krátkodobé až strednodobé uskladnenie energie. V oblasti dopravy sa posudzujú možnosti elektrifikácie, zdieľania dopravných prostriedkov a využitia ich batérií ako krátkodobých zdrojov energie. Pri návrhu opatrení sa využili existujúce poznatky aj nové technológie, napríklad fotovoltaika, kogenerácia, IoT zariadenia, inovatívne batérie a vodíkové technológie.

V poslednom treťom pracovnom balíku (KPB3) boli jednotlivé návrhy na riešenie konkrétnych problémov posúdené komplexne z pohľadu možností celej univerzity. Bola vykonaná simulácia dopadov navrhovaných zmien. Taktiež sa pristúpilo k vytvoreniu koncepcie optimalizácie výroby a spotreby energií s víziou naplniť spoločenské dekarbonizačné ciele do roku 2050.

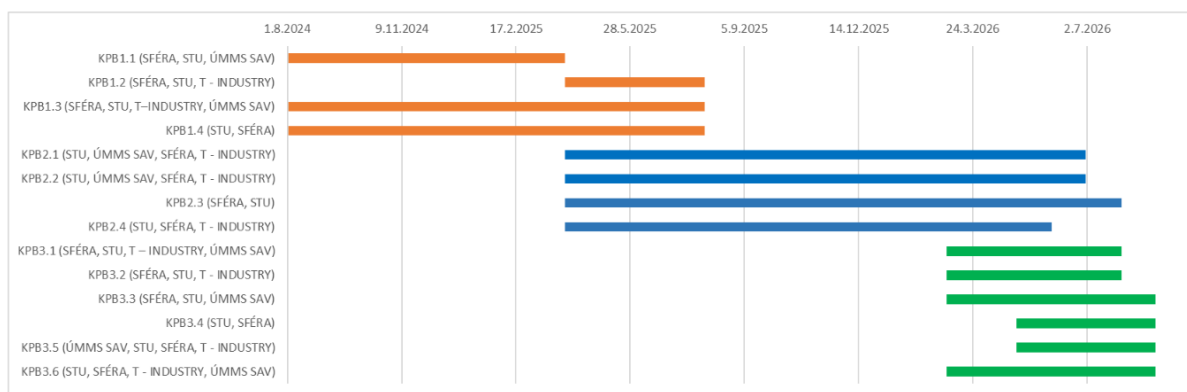
Konkrétosti o dosiahnutých výsledkoch uvádzame v ďalších častiach tejto záverečnej správy.



Obr. 1 Fázy projektu a ich logická časová súvislosť.

2.2. Časový plán implementácie

Časový plán implementácie projektu, pozostávajúci z 14 výskumných úloh, je znázornený na Obr. 2



Obr. 2 Časový harmonogram projektu.

Výskumné úlohy vykonané v rámci realizácie projektu sú nasledujúce:

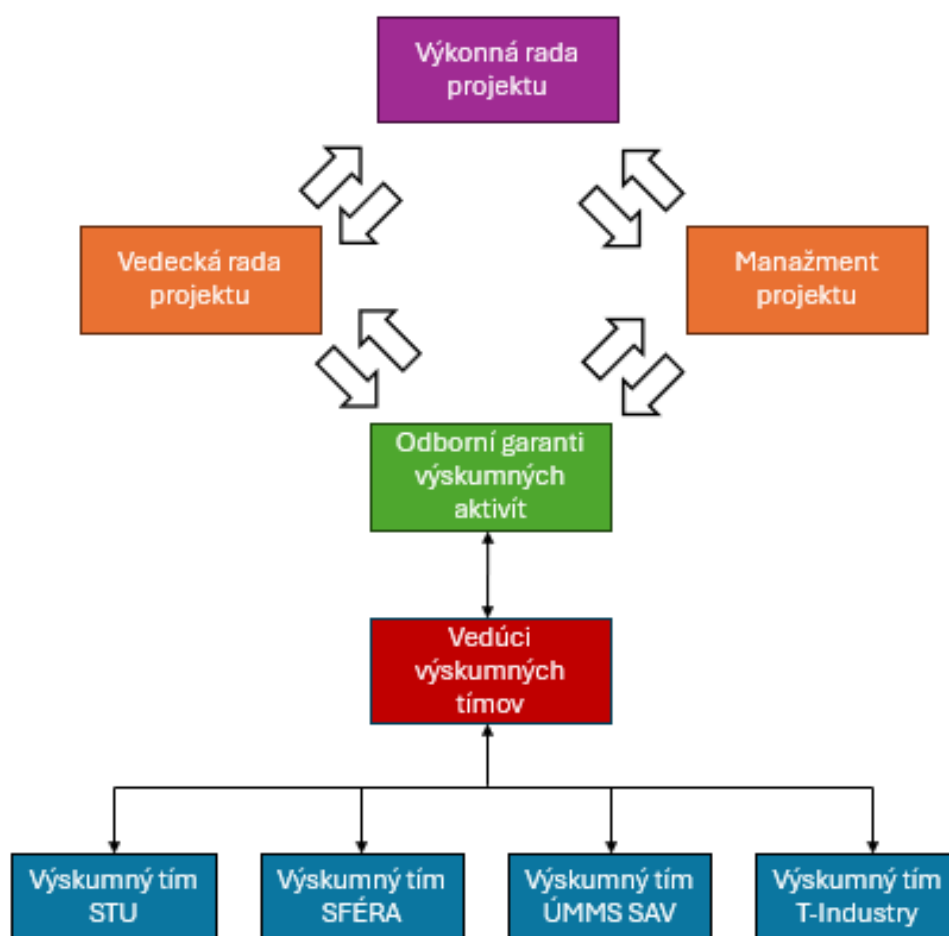
- KPB1.1: Zostavenie základnej ročnej energetickej bilancie vybraných pracovísk a objektov STU.
- KPB1.2: Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie v súlade s normou ISO 14064-1.
- KPB1.3: Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov.
- KPB1.4: Vytvorenie vzdelávacieho programu a metodiky vzdelávania na zmenu správania jednotlivcov.
- KPB2.1: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU
- KPB2.2: Návrh opatrení na zníženie energetickej náročnosti.
- KPB2.3: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave.
- KPB2.4: Realizácia vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov prostredníctvom zmeny správania jednotlivcov.
- KPB3.1: Zostavenie základnej ročnej energetickej bilancie vybraných pracovísk a objektov STU po navrhovaných úsporných opatreniach.
- KPB3.2: Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie v súlade s normou ISO 14064-1 po implementácii navrhovaných úsporných opatrení.
- KPB3.3: Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení.
- KPB3.4: Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodiky vzdelávania k zmene správania jednotlivcov.
- KPB3.5: Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku v podmienkach Slovenska.
- KPB3.6: Finálny report.

2.3. Opis riadenia projektu

Riadenie projektu bolo navrhnuté tak, aby poskytovalo administratívnu podporu všetkým ostatným pracovným skupinám a bolo integrálne prítomné v každej výskumnej pracovnej skupine. Okrem toho bolo potrebné v rámci činností riadenia projektu koordinovať celkové načasovanie projektu prostredníctvom vytvorenej štruktúry (usmernenia, interné stretnutia tímu riadenia projektu, vedecké stretnutia atď.). Úlohy v rámci riadenia projektu boli štruktúrované na troch úrovniach:

- **Úroveň 1:** Vedecký dohľad a celkové monitorovanie projektu s cieľom zabezpečiť čo najväčší vplyv vrátane šírenia, komunikácie a využívania.
- **Úroveň 2:** Koordinácia a riadenie všetkých administratívnych, finančných a zmluvných požiadaviek. Ako je vidieť z nižšie uvedených tabuliek, každý člen konzorcia má dlhodobé jedinečné skúsenosti s realizáciou rôznych projektov a disponuje skúseným a kompetentným tímom projektového manažmentu, ktorý bude v tejto úlohe zamestnaný.
- **Úroveň 3:** Plán riadenia údajov (DMP) vrátane všetkých úloh týkajúcich sa zdieľania údajov a riadenia štatistickej analýzy: Správny DMP je základom nášho projektu a venujeme mu veľkú pozornosť. Všetky údaje súvisiace s Projektom budú uložené v zabezpečenej databáze a po ukončení výskumných aktivít Projektu, v rámci diseminácie a komunikácie, budú sprístupnené v súlade so zásadami Open Data a Open Science, či už na domácej alebo medzinárodnej úrovni.

Predpokladom vysokej kvality projektu a jednotlivých výskumno-vývojových aktivít je kvalitný vedecký manažment projektu, ktorý vzhľadom na veľkosť konzorcia predstavuje kľúčovú časť projektu. Veľmi jasne definuje vzťahy jednotlivých partnerov, spôsob riadenia výskumných aktivít, priebežnú kontrolu a vyhodnocovanie aktivít a dosahovaných výsledkov s cieľom dosiahnuť čo možno najkvalitnejšie výstupy a výsledky s vysokým potenciálom ich aplikovateľnosti v praxi. V neposlednom rade má kvalitný vedecký manažment projektu zabezpečiť aj udržateľnosť predkladaného projektu. Navrhnutá štruktúra vedeckého manažmentu. Projektový manažment zabezpečuje podporu a vytvára podmienky pre realizáciu výskumných úloh a zabezpečuje efektívne a kvalitné riadenie projektu v súlade s medzinárodnými štandardmi a zároveň s požiadavkami zmluvy o poskytnutí prostriedkov mechanizmu na podporu obnovy a odolnosti a ďalších riadiacich dokumentov Výskumnej agentúry. Vizualizáciu štruktúry riadenia projektu znázorňuje Obr. 3.



Obr. 3 Štruktúra riadenia.

Najvyšším riadiacim orgánom projektu je **Výkonná rada** (zložená zo zástupcov všetkých partnerov), ktorá schvaľuje všetky zásadné rozhodnutia o projekte, identifikuje kľúčové rizikové faktory a zabezpečuje riadenie rizík na najvyššej úrovni, koordinuje a usmerňuje prácu projektových manažérov, vyhodnocuje implementáciu projektu a postup prác, má na starosti rozhodnutia spojené s manažmentom rizík a manažmentom kvality. Členovia výkonnej rady sú uznávaní odborníci vo svojej oblasti a každý z nich vo svojej kariére riadil výskumné a komerčné projekty. Výkonná rada menuje hlavného manažéra projektu (projektový manažér žiadateľa), ktorý zabezpečuje celkové riadenie projektu na úrovni konzorcia, zabezpečuje koordináciu partnerstva a riadenie jednotlivých projektových manažérov.

Na ďalšej úrovni riadenia sa nachádzajú projektoví manažéri (u každého partnera). Ich kompetencie zahŕňajú riadenie a vykonávanie aktivít, prijímanie rozhodnutí v toleranciách projektu, plánovanie a organizovanie projektových stretnutí, monitorovanie procesov, poskytovanie poradenstva, reagovanie na hlavné hrozby v pláne, odhad nákladov a času, administratívnu a finančnú koordináciu, sledovanie zmien a posudzovanie situácie, kontrolu kvality a riadenie rizík a priebežnú koordináciu projektových aktivít.

Najvyšším odborným orgánom projektu, je **Vedecká rada**, cieľom ktorej je pravidelne vyhodnocovať realizáciu výskumných aktivít a odporučiť prípadné zmeny v smerovaní výskumu, či revíziu obsahového smerovania výskumu. Členmi vedeckej rady sú zástupcovia partnerov (po jednom za každého partnera). Vedecká rada dostáva podklady od **Odborných garantov výskumných aktivít**, ktorí úzko spolupracujú s **Vedúcimi výskumných tímov**. Odborní garanti sa členia na úrovni jednotlivých výskumných aktivít projektu, kým výskumné tímy pozostávajú z kolektívov na úrovni partnerov.

2.3.1. Obsadenie orgánov projektu

Členovia Vedeckej rady projektu a Výkonnej rady projektu boli zvolení členmi konzorcia na úvodnom stretnutí pri začiatku implementácie projektu. Personálne obsadenie rád znázorňujú Tab. 1 a Tab. 2

Tab. 1 Členovia Vedeckej rady projektu

Číslo	Meno a priezvisko	Partnerská inštitúcia
1	prof. Ing. Martin Weis, DrSc.	STU
2	Ing. Peter Chochol, PhD.	SFÉRA
3	Ing. Jaroslav Longauer, PhD.	ÚMMS SAV
4	Ing. Ján Tomlain, PhD.	T-Industry

Tab. 2 Členovia Výkonnej rady projektu

Číslo	Meno a priezvisko	Partnerská inštitúcia
1	prof. Ing. Anton Beláň, PhD.	STU
2	Ing. Rastislav Krbaťa, PhD., MBA	SFÉRA
3	Dr. Ing. Jaroslav Jerz	ÚMMS SAV
4	Ing. Ján Tomlain, PhD.	T-Industry

2.3.2. Súhrn pracovných stretnutí

Implementácia projektu prebiehala na základe hore uvedenej štruktúry, pričom riadenie na najvyšších úrovniach bolo realizované štandardnými manažérskymi prostriedkami a aj pomocou priamej komunikácie členov rád na osobných stretnutiach. V rámci projektu bolo realizovaných 7 osobných stretnutí za účasti Vedeckej rady projektu, Výkonnej rady projektu, Odborných garantov výskumných aktivít a vedúcich výskumných tímov. Stretnutia za účasti rád projektu sa konali na Fakulte elektrotechniky a informatiky STU v hybridnej forme v nasledujúcich dátumoch:

- Stretnutie 14.3.2025, počet fyzických účastníkov: 16.
- Stretnutie 30.4.2025, počet fyzických účastníkov: 18.
- Stretnutie 7.7.2025, počet fyzických účastníkov: 16.
- Stretnutie 17.10.2025, počet fyzických účastníkov: 14.
- Stretnutie 25.2.2026, počet fyzických účastníkov: 12.
- Stretnutie 17.4.2026, počet fyzických účastníkov: 12.
- Stretnutie 20.5.2026, počet fyzických účastníkov: 11.
- Stretnutie 1.7.2026, počet fyzických účastníkov: 13.

Z uvedených stretnutí bol vedený písomný záznam, ktorý je uložený u projektovej manažérky STU. Okrem uvedených stretnutí za účasti celého konzorcia sa konalo niekoľko stretnutí jednotlivých výskumných skupín, ktoré sa konali buď fyzicky alebo online.

2.4. Zoznam výstupov projektu

Výstupy vytvorené v rámci projektu môžeme rozdeliť na **priame výstupy**, ktoré tvorili väčšinou reporty z výskumných úloh, **publikačné výstupy** a **ostatné výstupy**. Tieto výstupy boli sledované formou takzvaných **merateľných ukazovateľov** (MÚ) a **ukazovateľov výkonnosti** (KPI).

2.4.1. Priame výstupy projektu

V zmysle zoznamu výskumných aktivít projektu bolo naplánovaných priamych 18 výstupov, ktoré sú uvedené v **Tab. 3**. Tabuľka okrem názvu a čísla výstupu uvádza aj zodpovedného partnera za výstup, diseminačnú úroveň a dodanie výstupu, predstavujúce mesiac implementácie projektu. Čo sa týka diseminačnej úrovne, rozlišujeme medzi verejnými a neverejnými výstupmi. Verejné výstupy sú určené pre širokú verejnosť a sú k dispozícii k nahliadnutiu a stiahnutiu cez webstránku projektu (www.rebecca.sk). Keďže niektoré správy boli členené podľa fáz implementácie projektu, pri dátume dodania uvádzame dátumy pre čiastkové správy z jednotlivých fáz implementácie.

Tab. 3 Zoznam výstupov projektu

Číslo	Názov výstupu	Zodpovedný partner	Diseminačná úroveň	Dodanie výstupu
1	Report progresu projektu.	STU	Neverejná	M7, M13, M19, M25
2	Report finančného plnenia projektu.	STU	Neverejná	M13, M16, M25
3	Analýza rizík projektu.	STU	Neverejná	M7, M13, M24

4	Kontrola merateľných ukazovateľov projektu.	STU	Neverejná	M7, M13, M25
5	Vzdelávací program a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimateckej neutrality.	STU	Verejná	M12
6	Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov.	STU	Verejná	M19, M22
7	Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimateckej neutrality.	STU	Verejná	M25
8	Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU.	SFÉRA	Neverejná	M5
9	Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie.	SFÉRA	Neverejná	M12
10	Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov.	SFÉRA	Neverejná	M12
11	Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU.	STU	Verejná	M19
12	Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu.	ÚMMS SAV	Verejná	M23
13	Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU.	SFÉRA	Verejná	M24
14	Ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení.	SFÉRA	Verejná	M24
15	Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení.	SFÉRA	Verejná	M24
16	Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku.	ÚMMS SAV	Verejná	M25
17	Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení	SFÉRA	Verejná	M25
18	Záverečný report	STU	Verejná	M25

2.4.2. Publikačné výstupy projektu

Publikačné výstupy vytvorené v rámci projektu sú uvedené v Tab. 4 V zmysle kategorizácie Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže SR platnej od 2022 ide o nasledovné kategórie:

- V2: Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka.
- V3: Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu.
- O3: Odborný výstup publikačnej činnosti z časopisu.
- I3: Iný výstup publikačnej činnosti z časopisu.

V zmysle starej klasifikácie, naďalej používanej na STU ide o nasledovné kategórie:

- ADE: Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch.
- ADF: Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch.
- ADM: Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS
- AFC: Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách.
- AFD: Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách.

- AFH: Abstrakty vedeckých príspevkov z domácich konferencií
- BDE: Odborné práce v zahraničných nekarentovaných časopisoch.
- BDF: Odborné práce v ostatných domácich časopisoch.
- GII: Rôzne publikácie a dokumenty.

Tab. 4 Zoznam vytvorených publikácií

Číslo	Názov publikácie	Autori	Partner	Typ publikácie	Databáza
1.	Parking Lot Roofing with PV Panels: Solution for the Specific Use of Photovoltaic Source.	Perný M., Packa J., Šály V., Irgel R., Čuboň P.	STU	AFC (V2)	WOS, SCOPUS
2.	Application of photovoltaic in renovation and modernization of school buildings and facilities.	Polonec L., Kompan D.	STU	AFC (V3)	WOS
3.	Indoor Air Quality and Utility Metering Platform for Predictive Building Decarbonization.	J. Tomlain, J. Tomlain	T-INDUSTRY	ADE (V3)	SCOPUS
4.	Odhady fotovoltickej produkcie s využitím rozšírených simulácií.	Perný M., Šály V., Čuboň P., Takács D.	STU	ADE (V3)	-
5.	Fotovoltické parkovisko – špecifické použitie fotovoltického zdroja.	Perný M., Packa J., Šály V., Irgel R.	STU	ADF (V3)	-
6.	Ročná prevádzka energetického systému s inteligentným riadením BESS a tepelného čerpadla za účelom znižovania spotreby primárnych energií.	Kurcz J., Longauer J., Poničan J.	ÚMMS SAV	AFC (V3)	-
7.	Riadenie a regulácia energetického systému za účelom optimálnej využiteľnosti FVE bez pretokov.	Poničan J., Longauer J., Kurcz J.	ÚMMS SAV	AFC (V3)	-
8.	Increase of environmentally responsible behavior through education and technological innovation.	Smitková, M., Perný M., Morgenstein P.	STU	AFC (V2)	DOI
9.	Impact of light pollution on energy efficiency.	Kompan D., Janiga P., Smitková M., Bednárik I., Zeman J.	STU	AFC (V2)	DOI
10.	Comparison of energy status in Portugal and in Slovakia.	Martins F., Smitková M., Bednárik I., Polonec L.	STU	AFC (V2)	DOI
11.	Variant solutions for a parking lot covered with photovoltaic panels.	Perný M., Packa J., Šály V., Irgel R., Smitková M.	STU	AFC (V2)	DOI
12.	Analysis of the backward impact of a photovoltaic power plant on the distribution system.	Šikuda R., Smitková M., Vajanský M.	STU	AFC (V2)	DOI
13.	University campuses as positive energy districts: educational research supporting STU's green transition.	Andrea Šelígová, Peter Morgenstein, Daniela Hrabovská, Milan Husár, Martin Šalkovič.	STU	AFC (V3)	-
14.	Význam riadeného vetrania a monitorovania kvality	Tomlain Juraj, Tomlain Ján	T-INDUSTRY	AFC (V3)	-

	vnútorného prostredia z pohľadu energetickej efektívnosti budov.				
15.	Validácia PV Sol modelu fotovoltickej elektrárne v prostredí MatLab.	Bc. Robert Irgel, Ing. Milan Perný, PhD.	STU	AFD (V2)	-
16.	Porovnanie vybraných softvérových nástrojov pri návrhu fotovoltických systémov	Damián Dalibor Kusovský, doc. Mgr. Miroslava Farkas Smitková, PhD.	STU	AFD (V2)	-
17.	Porovnanie presnosti katastrálnych máp a CLC pri vyhodnotení potenciálu agrovoltiky.	Bc. Illia Lazarenko, Ing. Matej Cenký PhD., Ing. Milan Perný PhD.	STU	AFD (V2)	-
18.	Analýza vplyvu geometrie lopatiek na výkonové charakteristiky modelu malej veternej elektrárne.	Bc. Martin Bezák, Ing. Marek Pípa, PhD.	STU	AFD (V2)	-
19.	Analýza problematiky zariadení na uskladnenie elektriny a ich vplyvu na prevádzku a rozvoj distribučnej sústavy.	Bc. Radovan Šikuda, Ing. Jakub Zárecký, Peter Chmela, Ing. Peter Burian	STU	AFD (V2)	-
20.	Analysis of the 28 April 2025 Iberian Blackout Based on the ENTSO-E Final Report	Bednárik I.	STU	AFD (V2)	-
21.	Predictive PV Power Generation and Control in Complex Building Energy System.	Kurcz J., Longauer J.	UMMS SAV	AFD (V2)	Iná databáza
22.	System for Monitoring of Environmental Conditions in Laboratories.	Behul M., Vojs M., Čerba Š.	STU	AFD (V2)	Iná databáza
23.	Application of the GaSens IoT Devices to Improve the Use of Energy Sources at FEI STU.	Čerba Š., Vrban B., Luley J., Behul M.	STU	AFD (V2)	Iná databáza
24.	Recent development in structural applications of aluminum foams.	Kováčik J., Jerz J., Simančík F., Marsavina L., Linul E., Bădăluță A.-N., Galațanu S.-V.	UMMS SAV	AFH (V2)	-
25.	Monitorování kvality vzduchu jako podklad pro energeticky efektivní provoz budov	Tomlain Juraj, Tomlain Ján	T-INDUSTRY	BDE (O3)	-
26.	Inovatívne vzdelávanie ako kľúč k energetickej transformácii univerzity.	Farkas Smitková M., Morgenstein P., Perný M.	STU	BDF (O3)	-
27.	Projekt REBECCA: vzdelávanie, energetické úspory, moderná architektúra aj virtuálna realita	Kolektív autorov	STU, SFÉRA, T-INDUSTRY, UMMS SAV,	BDF (O3)	-
28.	Vodíkové hospodárstvo.	Farkas Smitková M.	STU	BDF (O3)	-
29.	Deň s obnoviteľnou energetikou, plánovaním a architektúrou.	Perný M.	STU	GII (I3)	-
30.	Vzdelávací program, ktorý vzišiel z projektu REBECCA sa na STU dostal do realizačnej fázy.	Perný M., Beláň A., Farkas Smitková M.	STU	GII (I3)	-
31.	Pripravujeme budúcih lídrov klimateckej neutrality	Perný M., Beláň A., Smitková M.	STU	GII (I3)	-

Sumár publikačnej činnosti vytvorenej v rámci projektu, rozdelený na základe príslušnej klasifikácie a podľa partnerov projektu je znázornený v Tab. 5. Tabuľka obsahuje publikácie, ktoré boli zverejnené do 31.8.2026. Počty predstavujú absolútne hodnoty publikácií, bez ohľadu na počet poďakovaní na ďalšie projekty uvedené v nich. Všetky uvedené publikácie sú dostupné na webovej stránke projektu <https://www.rebecca.sk/vystupy-projektu/>.

Tab. 5 Sumár publikačnej činnosti

Nová kategorizácia	Stará kategorizácia	Počet výstupov			
		STU	SFÉRA	UMMS SAV	T-Industry
V2	AFC, AFD, AFH	14	0	2	0
V3	AFC, ADE, ADF, ADM	4	0	2	2
O3	BDE, BDF	2,34	0,33	0,33	1
I3	GII	3	0	0	0

2.4.3. Prehľad merateľných ukazovateľov

Sumár merateľných ukazovateľov projektu je možné nájsť v Tab. 6. V rámci projektu bolo sledovaných celkovo 6 merateľných ukazovateľov. Tabuľka pre každý z nich uvádza očakávanú aj dosiahnutú hodnotu, rozdelenú na úrovni partnerov. Je dôležité poznamenať, že v prípade ukazovateľov týkajúcich sa publikačnej činnosti, ide o skutočnú hodnotu, ktorá na rozdiel od Tab. 5 uvažuje aj s počtom poďakovaní na iné projekty. Ukazovateľ „Počet nových výskumných pracovníkov podporených subjektom/podnikom“ predstavuje počet novo vytvorených pracovných pozícií výskumných pracovníkov v rámci projektu. Ukazovateľ „Počet študentov/výskumných pracovníkov mladších ako 35 rokov veku zapojených do výskumných aktivít projektu“ predstavuje počet študentov a mladých výskumných pracovníkov, ktorí na projekte pracovali formou dohody o vykonaní práce, prostredníctvom realizovanej bakalárskej alebo diplomovej práce alebo formou spoluautorstva na vytvorenej publikácii. Všetky ukazovatele boli dosiahnuté, dokonca niektoré významne presiahnuté. Tieto závery poukazujú na kvalitnú implementáciu projektu a súlad s projektovým plánom.

Tab. 6 Sumár merateľných ukazovateľov

Názov parametra	Očakávané	Dosiahnuté				
		STU	SFÉRA	UMMS SAV	T-Industry	Celkové
Počet nových výskumných pracovníkov v podporovaných subjektoch/podnikoch.	2	2	0	0	0	2
Počet publikácií subjektov zo SR v databázach Web of Science Core Collection a SCOPUS vytvorených v rámci projektu.	2	1,4	0	0	1	2,4
Počet publikácií subjektov zo SR v iných databázach ako Web of Science Core Collection a SCOPUS vytvorených v rámci projektu.	4	4,4	0	1	0	5,4
Počet publikácií vytvorených v rámci projektu.	10	10,1	0,3	2,3	2	14,8
Počet študentov/výskumných pracovníkov mladších ako 35 rokov veku zapojených do výskumných aktivít projektu.	5	8	0	0	0	8

2.4.4. Prehľad ukazovateľov výkonnosti

Pre šírenie informácií o projekte boli stanovené ukazovatele výkonnosti (KPI), ktoré vrátane definovaného cieľa a spôsobu overenia, sú uvedené v Tab. 7. Stav ich plnenia na úrovni jednotlivých partnerov je uvedený v Tab. 8. Je dôležité poznamenať, že opatrenia týkajúce sa webovej stránky a sociálnych sietí boli definované na celé konzorcium a nesledovali sa na úrovni jednotlivých partnerov.

Tab. 7 Ukazovatele výkonnosti pre šírenie a komunikáciu v projekte

Opatrenie	Ukazovatele	Cieľ	Spôsoby overovania
Plagáty	Počet vyrobených plagátov	celkovo 2	Činnosti súvisiace s podávaním správ o šírení informácií
Manažérske reporty	Počet sád (programové vyhlásenie, prezentácia, brožúra)	celkovo 1	Činnosti súvisiace s podávaním správ o šírení informácií
Webová stránka	Počet unikátnych návštevníkov	> 500 návštevníkov/rok	Google Analytics
Sociálne siete	Počet sledovateľov na LinkedIn, X (Twitter)	> 120	Aktívne profily na vybraných sociálnych sieťach prostredníctvom pravidelného zverejňovania a monitorovania
Účasť na konferenciách	Počet aktívnych účastí na konferenciách	celkovo 4	Príspevky prezentované na konferenciách
Časopisy	Počet článkov v odborných časopisoch	celkovo 2	Činnosti súvisiace s podávaním správ o šírení informácií

Tab. 8 Stav plnenia ukazovateľov výkonnosti pre šírenie a komunikáciu v projekte

Opatrenie	STU		SFÉRA		ÚMMS SAV		T-Industry	
	Plán	Realita	Plán	Realita	Plán	Realita	Plán	Realita
Plagáty	1	1	1	1	0	0	0	0
Manažérske reporty	1	1	0	0	0	0	0	0
Webová stránka	500	524	-	-	-	-	-	-
Sociálne siete	120	127	-	-	-	-	-	-
Účasť na konferenciách	1	4	0	0	2	3	1	0
Časopisy	1	2	0	1	1	1	0	1

Ako je to vyššie uvedené, všetky ukazovatele výkonnosti boli dosiahnuté a niektoré boli aj prekročené. Vzhľadom na tieto hodnoty ukazovateľov výkonnosti, možno považovať diseminačné a komunikačné aktivity projektu za úspešné.

3 Podrobný opis uskutočnených činností

3.1. Kroky implementácie

V nasledujúcej časti je možné nájsť sumár celokonzorciových pracovných stretnutí, ktoré sa uskutočnili za účasti kľúčových predstaviteľov projektu, ako členovia Výkonovej rady projektu, Vedeckej rady projektu, Odborní garanti výskumných aktivít a Vedúci výskumných tímov. Podrobnejšie informácie je možné nájsť v jednotlivých záznamoch zo stretnutí.

3.1.1. Pracovné stretnutie 30.4.2025

Projektové stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 30. apríla 2025 na FEI STU v Bratislave hybridnou formou. Osobne sa zúčastnili 9 predstavitelia Fakulty elektrotechniky a informatiky STU, 2 predstavitelia Strojníckej fakulty STU, 1 predstaviteľ Fakulty architektúry STU, 4 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a jeden predstaviteľ Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV. Hlavnou témou bolo zhodnotenie aktuálneho postupu projektu, najmä zber údajov o zariadeniach a technológiách a ich prepojenie s energetickou spotrebou. Vzhľadom na citlivosť podrobných energetických údajov bola identifikovaná potreba uzatvorenia zmluvy o mlčanlivosti. Predstavený bol tiež dotazníkový prieskum energetických a dopravných návykov pracovníkov a študentov FEI a FAD STU a pripravované odborné edukačné aktivity. Partneri zároveň diskutovali o administratívnych povinnostiach projektu. Osobitná pozornosť bola venovaná dopĺňaniu údajov do ročnej energetickej bilancie objektov STU a potrebe získania údajov z letnej prevádzky vybraných priestorov. Na záver boli stanovené konkrétne úlohy týkajúce sa personálnej dokumentácie, NDA, reportovania progresu a rizík, doplnenia energetických údajov a predloženia projektu zateplenia LVN.

3.1.2. Pracovné stretnutie 7.7.2025

Projektové stretnutie sa uskutočnilo 7. júla 2025 na FEI STU v Bratislave hybridnou formou. Stretnutia sa fyzicky zúčastnili 9 predstavitelia STU, 4 predstavitelia SAV, 3 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a jeden člen kolektívu spoločnosti T – Industry, s.r.o. Hlavnou témou bola príprava priebežnej monitorovacej správy (PMS), ktorá mala zdokumentovať plnenie míľnikov a výstupov projektu k 15. 8. 2025. Partneri sa dohodli na dodaní podkladov v slovenskom a anglickom jazyku do 22. 8. 2025. Diskutovalo sa tiež o stave kontroly personálnej matice projektu zo strany Výskumnej agentúry. Za STU bol prezentovaný progres v zbere energetických údajov, vrátane súpisu elektrických spotrebičov, merania spotreby LVN, výroby z fotovoltiky, spotreby tepla a klimatizácie. Pokračovali aj práce na edukačnom programe a vznikli prvé publikačné výstupy projektu. Dohodlo sa doplnenie energetických údajov, podkladov pre kvantifikáciu emisií podľa ISO 14064-1, príprava podkladov pre využitie VR/AR technológií a inštalácia vybraných IoT senzorov pre monitorovanie environmentálnych parametrov ešte pred začiatkom semestra. Konkrétne úlohy a termíny pre jednotlivých partnerov boli následne zhrnuté v závere zápisu.

3.1.3. Pracovné stretnutie 17.10.2025

Projektové stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 17. októbra 2025 na FEI STU hybridnou formou. Osobne sa zúčastnili 5 predstavitelia Fakulty elektrotechniky a informatiky STU, 2 predstavitelia Strojníckej fakulty STU, 4 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a dvaja predstavitelia Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV a jeden predstaviteľ spoločnosti T – Industry, s.r.o. Partneri prezentovali priebežné výsledky v oblasti nízkouhlíkových technológií, modelovania energetických tokov, rekuperácie tepla, akumulácie energie a monitorovania správania používateľov

budov. Výsledky experimentálnych aktivít poukázali na potenciál významných energetických úspor pri optimalizácii chladenia a tepelného hospodárstva. Diskutovalo sa tiež o príprave fotovoltickej inštalácie, využití odpadového tepla a ďalšom rozvoji vzdelávacieho programu KLIMENT. Významná časť stretnutia bola venovaná výpočtu uhlíkovej stopy STU, vrátane priamych aj nepriamych emisií súvisiacich s dopravou, optimalizáciou spotreby vody a minimalizácie odpadov. Partneri sa dohodli na spresnení vstupných údajov a zosúladiení metodiky s ďalšími aktivitami STU. Predstavená bola jednotná šablóna na opis navrhovaných opatrení, ktorá má zabezpečiť porovnateľné hodnotenie investičných nákladov, energetických a emisných úspor a ekonomických prínosov. Medzi ďalšie témy patrilo využitie umelej inteligencie (AI) a virtuálnej reality (VR) vo vzdelávaní. Do konca októbra mali partneri doplniť energetické údaje a pripomienkovať šablónu opatrení; na november bolo plánované koordinačné stretnutie so zástupcami rektorátu.

3.1.4. Pracovné stretnutie 25.2.2026

Projektové stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 25. februára 2026 na FEI STU v Bratislave hybridnou formou. Osobne sa zúčastnili 4 predstavitelia Fakulty elektrotechniky a informatiky STU, 1 predstaviteľ Fakulty architektúry STU, 5 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a jeden predstaviteľ Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV. V úvode sa riešil najmä stav žiadostí o platbu a zmena projektového manažéra na Výskumnej agentúre. STU následne prezentovala priebeh realizovaných aktivít, predovšetkým vzdelávací program KLIMENT, publikačné výstupy a zber dát z meračov, senzorov, IoT zariadení a smart metrov. Diskusia ukázala potrebu systematickejšieho využívania týchto dát a užšej koordinácie medzi partnermi. Ďalšia časť stretnutia bola venovaná návrhom opatrení pre energetické úspory a znižovanie uhlíkovej stopy, vrátane kognitívneho riadenia budov, využitia odpadového tepla, elektromobility, fotovoltiky, batériových úložísk a inteligentného riadenia spotreby. Diskutovalo sa aj o reálnosti dosiahnutia uhlíkovej neutrality do roku 2050 a potrebe kvantifikovať technický, emisný a ekonomický prínos jednotlivých opatrení. Pozornosť sa venovala aj rozvoju VR podpory vzdelávania a zlepšeniu propagácie projektu, keďže návštevnosť webu a aktivity na sociálnych sieťach boli hodnotené ako nedostatočné. Na záver sa dohodlo zorganizovať pracovné stretnutie k využívaniu dát z IoT senzorov, regulátorov kúrenia a meraní klimatizácie a vytvoriť projektový LinkedIn a ďalšie profily na sociálnych sieťach. Najbližšie projektové stretnutie bolo navrhnuté na prvú polovicu apríla 2026.

3.1.5. Pracovné stretnutie 17.4.2026

Projektové stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 17. apríla 2026 na FEI STU v Bratislave hybridnou formou. Osobne sa zúčastnili 5 predstavitelia STU, 1 predstaviteľ spoločnosti T – Industry, s.r.o., 4 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a jeden predstaviteľ Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV. Hlavnými témami boli plnenie merateľných ukazovateľov, administratívny stav projektu, publikačná a diseminačná činnosť a príprava výstupov pred ukončením projektu 31. 8. 2026. V administratívnej oblasti sa diskutovalo najmä o oneskorenom preplácaní žiadostí o platbu a o zmene projektovej manažérky na strane Výskumnej agentúry. Pri hodnotení ukazovateľov bol ako problémový identifikovaný najmä počet publikácií, kde je cieľová hodnota 10 a aktuálny stav bol približne 2,8. Ako jedna z možností zvýšenia publikačných výstupov bola konferencia SAI-ND 20026 organizovaná 19. mája 2026 na FEI STU, ktorej príspevky prejdú recenzným konaním a budú publikované v zborníku s ISBN. Diskutovalo sa aj o poslednej prednáške programu KLIMENT, plánovanej na 27. apríla 2026, a o možnostiach jej využitia na ďalšiu propagáciu projektu. Pozornosť sa venovala aj diseminácii, keďže návštevnosť webu a počet sledovateľnom projektového LinkedInu zatiaľ nedosahovali stanovené ciele. V oblasti odborných výstupov sa partneri dohodli na vytvorení jednotnej šablóny pre navrhované opatrenia, definovaní spoločných indikátorov ich dopadu a

analytickom vyhodnotení už zozbieraných dát. Prvotné verzie opatrení majú partneri pripraviť do 31. mája 2026. Zároveň boli stanovené úlohy na posilnenie propagácie projektu a prípravu ďalšieho projektového stretnutia koncom mája

3.1.6. Pracovné stretnutie 20.5.2026

Predposledné celokonzorciové stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 20. mája 2026 na FEI STU v Bratislave hybridnou formou. Osobne sa zúčastnili 6 predstavitelia Fakulty elektrotechniky a informatiky STU, 3 predstavitelia spoločnosti SFÉRA, a.s., a jeden predstaviteľ Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV. V administratívnej časti boli partneri informovaní o preplatení refundácie STU, pričom pri partnerských žiadostiach o platbu naďalej nebol známy aktuálny stav kontroly. Následne sa vyhodnotili merateľné ukazovatele projektu – väčšina bola splnená alebo prekročená, problémovým zostával najmä ukazovateľ publikačných výstupov, pri ktorom chýbalo približne 15 %. Diskutovalo sa tiež o potrebe zvýšiť návštevnosť webu projektu, kde bolo približne 232 kliknutí z cieľových 500, a počet sledovateľov na LinkedIne. Významná časť stretnutia bola venovaná návrhom energetických opatrení, ktoré majú partneri predložiť do 31. mája 2026 podľa spoločnej šablóny. Opatrenia majú vychádzať z údajov o energetickej efektívnosti, prevádzke budov, vnútornom prostredí a dát zo senzorov, pričom sa navrhlo ich kategorizovanie podľa typu priestorov. Diskutovalo sa aj o dostupnosti energetických dát, problémoch s určením vhodného referenčného stavu a možnostiach využitia AI pri analýze dát a modelovaní spotreby. Za dôležité sa považuje získanie technických údajov od správy budov a zodpovedných pracovníkov, prípadne ich overenie priamo na zariadeniach. Medzi hlavné úlohy patrí dokončenie publikačných ukazovateľov, zvýšenie propagácie projektu, dodanie návrhov opatrení a zabezpečenie potrebných technických údajov.

3.1.7. Pracovné stretnutie 1.7.2026

Posledné stretnutie projektu REBECCA sa uskutočnilo 1. júla 2026 na FEI STU v Bratislave a bolo zamerané najmä na ukončovanie projektu, prípravu záverečných výstupov a finalizáciu návrhov opatrení na znižovanie emisií. Osobne sa zúčastnili 6 predstavitelia FEI STU, 2 predstavitelia Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV, 3 predstavitelia spoločnosti SFÉRA a jeden predstaviteľ spoločnosti T – Industry, s.r.o. V oblasti propagácie bola realizovaná kampaň na zvýšenie návštevnosti webu a počtu sledovateľov na LinkedIne, pričom partneri boli vyzvaní na ďalšie šírenie výsledkov projektu vo svojich organizáciách. Diskutovalo sa o harmonograme záverečnej monitorovacej správy a žiadostí o platbu. Partneri majú dodať podklady STU do 16. septembra 2026, pričom záverečné dokumenty musia byť predložené do 30. septembra 2026. Pre odborné výstupy bol stanovený harmonogram, podľa ktorého majú byť návrhy a vstupy k opatreniam dodané približne do 20. júla 2026, jednotlivé oblasti vyhodnotené do konca júla a podklady pre finálne spracovanie pripravené najneskôr v prvej polovici augusta. V oblasti znižovania emisií sa diskutovali najmä opatrenia ako optimalizácia riadenia výťahov, výmena osvetlenia za LED, efektívnejšie riadenie vykurovania a klimatizácie, zelené strechy, fotovoltika, opatrenia v doprave a využitie tepelných úložísk v budovách. Pri hodnotení opatrení sa zdôraznila potreba zohľadniť nielen energetické úspory, ale aj širšie environmentálne a komunitné prínosy. Hlavnou prioritou na záverečné obdobie projektu je dokončenie a vyhodnotenie opatrení a ich zapracovanie do finálneho výstupu projektu.

3.2. Sumarizácia obsahu výstupov projektu

V nasledujúcej časti je možné nájsť sumár obsahovej stránky vytvorených priamych výstupov projektu. Pri každom z nich je uvedený typ výstupu, diseminačná úroveň, počet aktualizácií, plánované dodanie, skutočné dodanie a mená zodpovedného autora. Podrobnejšie informácie sú uvedené v konkrétnych výstupoch projektu, ktoré sú v závislosti od diseminačnej úrovni zverejnené, alebo uložené na centrálnom úložisku konzorcia.

3.2.1. Report progresu projektu

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	4 (3)
Plánované dodanie:	M7, M13, M19, M25
Skutočné dodanie:	M13, M19, M25
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Ide o správu, pozostávajúcu zo štyroch naplánovaných aktualizácií, pričom každá pokrýva inú implementačnú fázu projektu. Vzhľadom na priebeh implementácie a dátum podpisu Partnerskej zmluvy bola prvá verzia reportu vytvorená v 13. mesiaci implementácie pokrývajúca obdobie do 31.8.2025. Následne bola vytvorená aktualizácia k mesiacu M19, pokrývajúca obdobie do 28.2.2026 a k mesiacu M25 do 31.8.2026. Dokument stručne sumarizuje kroky implementácie, aktuálny progres a prezentuje vytvorené výstupy. Finálna verzia výstupu bola odovzdaná bez oneskorenia.

3.2.2. Report finančného plnenia projektu

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	3
Plánované dodanie:	M13, M16, M25
Skutočné dodanie:	M13, M16, M25
Zodpovedný autor:	Mgr. Marcela Kotteková (STU)

Ide o správu, pozostávajúcu z troch aktualizácií, pričom každá pokrýva inú implementačnú fázu projektu. Prvá aktualizácia reportu pokrýva obdobie do 31.8.2025, druhá do 30.11.2025 a tretia do 31.8.2026. Každá z nich pozostáva z manažérskeho zhrnutia, z kľúčových zistení, opisu plnenia podľa parametrov, manažérskeho komentára k finančnému plneniu, rozpisu žiadostí o platbu a odporúčaní pre ďalšie riadenie. Ukazovatele prezentované v správe sa členia na úrovni jednotlivých partnerov a podľa typov položiek. Správa slúži len členom konzorcia a nie je prístupná širokej verejnosti. Finálna verzia výstupu bola odovzdaná bez oneskorenia.

3.2.3. Analýza rizík projektu

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	3 (2)
Plánované dodanie:	M7, M13, M24
Skutočné dodanie:	M13, M24
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Ide o správu, ktorá mala pôvodne pozostávať z troch aktualizácií, pričom každá mala pokrývať inú implementačnú fázu projektu. Rovnako ako v prípade výstupu č. 1, bola prvá verzia výstupu vytvorená v mesiaci M13 pokrývajúca obdobie do 31.8.2025. Následne bola vytvorená aktualizácia k M24 pokrývajúca obdobie do 31.7.2026. Analýza rizík vychádza z iniciačných rizík identifikovaných v opise projektu, ktoré sa členili na úrovni pracovných balíkov. Počas implementácie sa pristúpilo k praktickejšiemu prístupu zameranému na analýzu rizík na úrovni partnerov a konzorcia. Riziká projektu boli riadené s ohľadom na pravdepodobnosť ich výskytu a zároveň na potenciálny dopad na plnenie stanovených cieľov, harmonogram a kvalitu výstupov projektu. Na základe priebežného hodnotenia boli v polovici projektu identifikované významné rizikové oblasti, najmä dostupnosť a kvalita vstupných dát, personálne kapacity, efektívne využívanie rozpočtových prostriedkov a možnosť praktickej aplikácie získaných výsledkov. Tieto riziká boli v druhej polovici efektívne riadené a ich dopad bol minimalizovaný. V druhej polovici implementácie boli identifikované ďalšie dve riziká. Prvým z nich bolo riziko návratu študentov a zamestnancov k pôvodným energetickým návykom po skončení aktívnej fázy vzdelávacieho programu KLIMENT. Druhým rizikom bol vysoký objem priebežných 15-minútových meraní a IoT dát, ktorý vyžaduje trvalo dostupné a štruktúrované dátové úložisko na SHP pre budúce energetické audity. Komplexnú analýzu rizík ku koncu implementácie projektu uvádzame v časti 3.5.

3.2.4. Kontrola merateľných ukazovateľov projektu

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	3 (2)
Plánované dodanie:	M7, M13, M25
Skutočné dodanie:	M13, M25
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Ide o správu, ktorá mala pôvodne pozostávať z troch aktualizácií, pričom každá mala pokrývať inú implementačnú fázu projektu. Rovnako ako v prípade predošlého výstupu bola vytvorená prvotná verzia v M13 pre obdobie do 31.8.2025 a aktualizácia v M25 pre obdobie do 31.8.2026. Merateľné ukazovatele (MU) boli priebežne napĺňané a táto správa sumarizuje priebeh ich naplnenia. Na sledovanie progresu naplnenia MU bola vytvorená zdieľaná tabuľka, do ktorej členovia konzorcia mali možnosť zapisovať, keď došlo k naplneniu niektorého z MU. MU boli taktiež prejedané na každej celokonzorcionálnej porade projektu. Finálna verzia výstupu bola odovzdaná bez oneskorenia.

3.2.5. Vzdelávací program a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimateckej neutrality.

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M12
Skutočné dodanie:	M12
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Ide o správu, ktorá mala za cieľ prezentovať metodiku vzdelávacieho programu *KLIMENT – Klimatická neutralita a moderná elektroenergetika*, ktorý bol realizovaný na FEI STU v priestoroch na Ilkovičovej 3 v Bratislave a v Laboratóriách vysokých napätí LVN na Technickej 5 v Bratislave. Bol koncipovaný ako interdisciplinárny program prepájajúci elektroenergetiku, obnoviteľné zdroje, teplárenstvo, dopravu, environmentálne aspekty, architektúru a správanie používateľov. Hlavné parametre programu sú uvedené v Tab. 9.

Tab. 9 Hlavné parametre vzdelávacieho programu KLIMENT

Parameter	Charakteristika
Cieľová skupina	Študenti, pedagógovia, výskumníci a pracovníci vysokých škôl
Kapacita	Maximálne 100 absolventov
Forma	Prezenčná
Metódy	Odborné prednášky, praktické a laboratórne cvičenia, demonštrácie a diskusia
Overenie vedomostí	Záverečný test
Hlavný cieľ	Rozšíriť poznatky o klimateckej neutralite a motivovať k zmene správania vedúcej k zníženiu uhlíkovej stopy

Hlavnou ambíciou programu nebolo iba odovzdávanie technických poznatkov, ale aj prepojenie technických, environmentálnych, ekonomických a spoločenských aspektov energetiky. Absolvent má vedieť vnímať energetické riešenia v širších súvislostiach ich životného cyklu, hospodárnosti, bezpečnosti a dopadov na životné prostredie. Program má zároveň podporovať schopnosť navrhovať stratégie na znížovanie uhlíkovej stopy v akademickom aj priemyselnom prostredí a pôsobiť ako „ambasádor“ klimateckej neutrality vo svojej komunite. Program pozostáva prevažne z dvojhodinových blokov (2 × 50 minút), pričom vybrané technické témy sú doplnené o praktické merania a cvičenia. Obsah tvorilo 10 vzájomne prepojených tém:

- Energetická efektívnosť budov
- Solárna energetika
- Bezpečnosť FVE
- Energetika a klíma
- Elektrizačná sústava
- Doprava
- Výroba a využitie tepla
- Odpadové teplo
- Jadrová energetika
- Udržiateľná architektúra

Praktický charakter programu bol navrhnutý tak, aby účastníkom umožnil overovať fyzikálne a technické limity technológií prostredníctvom meraní, laboratórnych úloh, mini-simulácií a demonštrácií. Počítal napríklad s experimentmi na fotovoltických a fototermálnych systémoch, tepelných čerpadlách a termoelektrických generátoroch, ako aj s ukázkami mikrogridu s akumuláciou, inteligentným meraním a riadením. Koncept bol navrhnutý tak, aby absolvent programu bol schopný posudzovať technológie nielen podľa energetického výkonu, ale aj podľa ekonomických, bezpečnostných a environmentálnych kritérií, vedel analyzovať uhlíkovú stopu, posúdiť možnosti integrácie OZE, navrhovať opatrenia na úsporu energie, porovnávať technológie a identifikovať oblasti s najväčším potenciálom na redukcii emisií. Kľúčovým cieľom je aj pochopenie úlohy ľudského správania – program má viesť účastníkov k zmene návykov v oblasti spotreby energie, dopravy a nakladania s odpadmi.

Výstup bol odovzdaný bez oneskorenia. Keďže ide o verejný dokument, je dostupný na webovej stránke projektu: <https://www.rebecca.sk/vzdelavaci-program/>.

3.2.6. Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov.

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	2
Plánované dodanie:	M19, M22
Skutočné dodanie:	M19, M22
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Nadväzujúc na predchádzajúci výstup, ktorý definoval zámer a metodiku, tento report opisuje reálnu realizáciu programu KLIMENT, účasť, výsledky hodnotenia a skúsenosti získané počas pilotnej prevádzky. Keďže program prebiehal v období 5/2025 – 5/2026, report bol vytvorený prostredníctvom dvoch aktualizácií, pričom prvá verzia dodaná v 19. mesiaci realizácie pokrývala čiastkové, a druhá aktualizácia dodaná v 22. mesiaci projektu finálne výsledky vzdelávacieho programu.

Program bol v praxi realizovaný ako séria prednáškových dní, samostatných odborných prednášok, workshopov, exkurzií a interaktívnych aktivít. Oproti pôvodnému harmonogramu došlo k viacerým úpravám z dôvodu rozvrhu študentov, prázdnin, dostupnosti priestorov a lektorov. Niektoré pôvodne plánované aktivity sa neuskutočnili, naopak, boli doplnené nové podujatia – napríklad prednášky o vodných elektrárnach a transformácii plynárenstva či odborná exkurzia do rušňového depa ZSSK. Celkovo bolo v reporte evidovaných 531 účastí študentov a zamestnancov, pričom niektorí účastníci absolvovali viac ako jeden blok. Tab. 10 poskytuje súhrn účasti na jednotlivých blokoch.

Ako je z tabuľky vidieť, realizácia presiahla pôvodný rámec klasických prednášok. Významnou súčasťou boli diskusie s odborníkmi z praxe, praktické demonštrácie a exkurzie. Napríklad počas exkurzie v rušňovom depe sa študenti oboznámili priamo s prevádzkou a údržbou elektrických železničných vozidiel. V záverečnej fáze bola vyskúšaná aj virtuálna realita, prostredníctvom ktorej študenti navštevovali virtuálne energetické prevádzky a model laboratória FEI STU. V modelovom laboratóriu identifikovali zdroje zbytočnej spotreby energie, napríklad zapnuté zariadenia alebo otvorené okná.

Tab. 10 Súhrn účasti počas vzdelávacieho programu KLIMENT

Aktivita	Počet účastníkov
Obnoviteľná a udržateľná energetika, plánovanie a architektúra	94
Svetlo – Teplo – Jadro – Architektúra	106
Udržateľná doprava	91
Udržateľné odpadové hospodárstvo	31
Prednáškový deň pre stredné školy	80
Vodné elektrárne na Slovensku	21
Od plynu k zelenej energii	17
Exkurzia v rušňovom depe ZSSK	21
Deň s elektroenergetikou	48
Prednáška a VR pre SPŠE Zochova	22
Spolu	531

Do realizácie programu boli zapojení nasledovní lektori:

- **prof. Ing. Vladimír Šály, PhD.**, pedagogický pracovník ÚEAE FEI STU
- **Ing. Milan Perný, PhD.**, pedagogický pracovník ÚEAE FEI STU
- **Ing. Marek Pípa, PhD.**, pedagogický pracovník ÚEAE FEI STU
- **Ing. Attila Kment, PhD.**, pedagogický pracovník ÚEAE FEI STU
- **Ing. Dávid Kompan**, doktorand ÚEAE FEI STU
- **Ing. Ivan Bednárík**, doktorand ÚEAE FEI STU
- **doc. Mgr. Miroslava Farkas Smitková, PhD.**, pedagogická pracovníčka ÚEAE FEI STU
- **Ing. arch. Peter Morgenstein, PhD.**, vedecký pracovník FAD STU
- **doc. Ing. arch. Katarína Smatanová, PhD.**, vedecká pracovníčka FAD STU
- **doc. Ing. Branislav Vrbán, PhD.**, pedagogický pracovník ÚJFI, FEI STU
- **Ing. Jaroslav Longauer, PhD.**, výskumný pracovník ÚMMS, SAV
- **Ing. János Kurcz**, výskumný pracovník ÚMMS, SAV
- **Dr. Ing. František Šimančík, PhD.**, výskumný pracovník ÚMMS, SAV

Okrem uvedených lektorov boli do programu zapojení aj nasledovní odborníci z externých inštitúcií:

- **prof. Dragan Minovski** (Goce Delcev Universita v Severnom Macedónsku)
- **Ing. Michal Feik, PhD.** (Bratislavský samosprávny kraj), odborník na dopravu
- **Ing. Juraj Číž** (ecorec Slovensko s.r.o.), odborník na zhodnocovanie odpadov
- **Ing. Michal Sahuľ, MBA** (Forrest, s.r.o.), externý doktorand ÚEAE FEI STU, energetický expert
- **Ing. Eugen Regula**, odborník na vodné elektrárne
- **Dr. Ing. Carlos Felgueiras, PhD.** (Instituto Superior de Engenharia do Porto), expert na elektrizačnú sústavu
- **Ing. Peter Demeč** (SPP - distribúcia, a.s.)

Najdôležitejšou novou informáciou v reporte je kvantitatívne vyhodnotenie dopadu vzdelávania. Na vzorke stredoškôľakov sa ukázalo, že program významne zlepšil najmä porozumenie problematike a schopnosť vnímať udržateľnosť v širších súvislostiach. Ukázalo sa, že udržateľnosť chápe komplexne 76,5 % študentov. 79,4 % uviedlo, že po absolvovaní série prednášok problematike rozumie lepšie. 50 % účastníkov si na témy programu neskôr spomenulo v bežnej životnej situácii, z toho 29,4 % ďalej

diskutovalo o danej téme so svojim okolím. Okrem toho 47,1 % respondentov uznalo, že vďaka programu KLIMENT vníma malý, ale dôležitý vplyv jednotlivca. Celkovo 88,8 % zúčastnených by tento program odporučilo svojim rovesníkom. Výsledky teda ukazujú výrazný vzdelávací a krátkodobý mentálny efekt, avšak slabší okamžitý dopad na reálnu zmenu správania. Z toho vyplýva, že samotné zvýšenie povedomia nie je postačujúce a účastníci potrebujú konkrétnejšie návody, ako tieto poznatky preniesť do každodenného života. Výstup bol odovzdaný bez oneskorenia. Keďže ide o verejný dokument, je dostupný na webovej stránke projektu.

3.2.7. Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M25
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Milan Perný, PhD. (STU)

Ide o report, ktorý vyhodnocuje vzdelávací program KILMENT a definuje ďalšiu metodiku vzdelávania zameranú na zmenu správania jednotlivcov s cieľom dosiahnuť klimatickú neutralitu. Správa bola vytvorená k 25. mesiacu implementácie projektu.

Hodnotenie programu KLIMENT bolo založené na anonymných online dotazníkoch realizovaných pred a po vzdelávacích aktivitách. Do vstupného prieskumu sa zapojilo 101 respondentov z FEI STU, 20 respondentov z FAD STU a 47 stredoškôľakov. Výstupné dotazníky vyplnilo 36 vysokoškolákov a 34 stredoškôľakov. Dôležitým metodickým obmedzením je, že vstupné a výstupné odpovede neboli párované na úrovni konkrétnych respondentov a otázky neboli úplne totožné. Výsledky preto predstavujú predovšetkým porovnanie trendov a subjektívne vnímaného efektu, nie experimentálne preukázanú zmenu správania jednotlivca. Štatistická interpretácia je limitovaná aj veľkosťou vzoriek. Pri najväčšej vzorke FEI STU bola orientačná maximálna chyba pri 95 % hladine spoľahlivosti približne $\pm 9,5$ %, zatiaľ čo výsledky FAD a stredných škôl majú slúžiť najmä na identifikáciu trendov a kvalitatívne porovnanie. Dokument preto správne upozorňuje na potrebu opatrnej interpretácie jednotlivých percentuálnych rozdielov.

Správa poukazuje na to, že výrazné rozdiely sa ukázali už vo vstupných postojoch. Respondenti FAD STU mali vyššie počiatočné environmentálne povedomie a ochotu sa angažovať ako respondenti FEI. Na FEI sa zároveň ukázalo, že rozhodovanie o doprave je prevažne pragmatické, nie environmentálne: čas cesty bol rozhodujúci pre 75,2 % respondentov, pohodlie pre 51,5 %, zatiaľ čo environmentálny dopad uviedlo iba 12,9 %. Medzi hlavné bariéry klimatickej neutrality patrili ekonomická a administratívna náročnosť a technologické obmedzenia. Stredoškôľáci mali podobnú vstupnú úroveň povedomia ako FEI, ale výrazne nižší pocit osobnej zodpovednosti a najnižšiu ochotu aktívne sa angažovať. Z metodického hľadiska je dôležitým zistením, že túto skupinu najviac motivujú konkrétne a bezprostredné benefity (finančné výhody a vplyv na zdravie) skôr než abstraktné environmentálne argumenty.

Správa poukazuje na zaujímavé správanie vysokoškolákov. Pri nich sa ukázalo, že dominantnou formou kontaktu s témami udržateľnosti zostávajú klasické alebo hosťovské prednášky a predmety, zatiaľ čo praktické aktivity, exkurzie či workshopy absolvovala len približne tretina respondentov. Tento výsledok podporuje potrebu presunu od pasívnejších foriem k praktickému a interaktívnemu

vzdelávaní. Ako najzaujímavejšiu oblasť účastníci uvádzali energetickú efektívnosť budov a prevádzky, nasledovanú udržateľnou dopravou a mobilitou a udržateľným navrhovaním. Za hlavný prínos aktivít považovali nový pohľad na známe témy a lepšie pochopenie vzájomných súvislostí. Takmer osem z desiatich respondentov si zároveň vedelo aspoň čiastočne predstaviť využitie princípov udržateľnosti vo svojej budúcej profesii.

Najvýznamnejším novým výstupom dokumentu je súbor odporúčaní na replikáciu programu na iných pracoviskách. Odporúčania sú nasledovné:

- Uprednostniť workshopy, exkurzie, experimenty a ďalšie interaktívne formy pred čisto prednáškovým formátom.
- Obsah vždy prepájať s odborom a budúcou profesiou účastníka.
- Pre mladšie publikum používať konkrétne argumenty spojené s nákladmi, zdravím a komfortom.
- Zapájať odborníkov z praxe, ktorí dopĺňajú akademický výklad o reálne aplikácie.
- Kombinovať vstupné a výstupné dotazníky s priebežnými nesankčnými kvízmi a slovnou spätnou väzbou.

Pre budúce hodnotenie sa odporúča zaviesť anonymný, ale konzistentný identifikátor účastníka, ktorý umožní párovať jeho vstupné a výstupné odpovede. Tým by bolo možné oveľa presnejšie kvantifikovať skutočnú individuálnu zmenu spôsobenú vzdelávaním. Za zásadné sa považuje aj to, aby vzdelávanie nebolo jednorazovou aktivitou. Po hlavnom podujatí majú nasledovať kratšie aktivity, ako napríklad praktický workshop alebo pripomenutie konkrétnych krokov po niekoľkých týždňoch či mesiacoch. Práve kontinuita má pomôcť prekonať rozdiel medzi získavaním vedomostí a reálnou zmenou návykov.

Celkovo je teda hlavnou pridanou hodnotou tejto správy premena skúseností z pilotnej realizácie programu KLIMENT na empiricky podloženú a replikovateľnú metodiku. Dokument zároveň jasne ukazuje, že rôzne vekové a profesijné skupiny nemožno vzdelávať rovnakým spôsobom a že dlhodobá zmena správania si vyžaduje ciele, opakované a prakticky orientované pôsobenie.

Výstup bol odovzdaný bez oneskorenia. Keďže ide o verejný dokument, je dostupný na webovej stránke projektu.

3.2.8. Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	1 (2)
Plánované dodanie:	M5
Skutočné dodanie:	M9, M13
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Jedným z kľúčových cieľov projektu REBECCA bolo analyzovať súčasný stav energetickej náročnosti a environmentálnej stopy objektov STU a navrhnúť konkrétne opatrenia, ktoré prispievajú k postupnému dosiahnutiu uhlíkovej neutrality. Prvým krokom k realizácii tohto cieľa bolo stanoviť základnú ročnú energetickú bilanciu pracoviska. Tento report hodnotí energetickú náročnosť STU za rok 2024 so samostatným detailným vyhodnotením FEI STU a Laboratória vysokých napätí (LVN). Oproti pôvodnému plánu, ktorý predpokladal zber údajov na úrovni celej STU, sa pristúpilo k zberu údajov len pre uvedené objekty. Hlavným dôvodom sú členitosť a rozmanitosť objektov STU a dostupnosť časového rámca. Bilancia slúžila ako východisko pre návrh technických, organizačných a

behaviorálnych opatrení, ktoré majú znížiť spotrebu energie a uhlíkovú stopu. Do výpočtu boli zahrnuté energetické vstupy, náklady za energie (elektrina, teplo, zemný plyn, OZE) a emisie CO₂.

Ukázalo sa, že z celkovej spotreby FEI STU (5 556 MWh) tvorilo približne 58 % teplo a 42 % elektrina. Analýza ročných nákladov ukázala, že spotreba elektriny na FEI zároveň medzi rokmi 2021 a 2024 vzrástla. LVN predstavuje energeticky odlišný objekt. Z celkových vstupov (240,75 MWh) tvoril zemný plyn viac ako 83 %, elektrina približne 10 % a vlastné obnoviteľné zdroje približne 7 %. V roku 2024 dodala miestna FVE 16,91 MWh elektriny, čo predstavuje jedinú významnejšiu vykázanú výrobu OZE v analyzovaných objektoch. LVN disponuje zároveň kogeneračnými jednotkami, plynovým kotlom, tepelným čerpadlom a fotovoltickým systémom, čo z neho robí vhodný objekt pre experimentovanie s energetickým manažmentom.

Správa taktiež pojednáva o emisiách a hlavných zdrojoch uhlíkovej stopy. Analýza ukázala, že pri redukcii uhlíkovej stopy nestačí riešiť iba spotrebu elektriny a vykurovanie. Na úrovni celej STU boli najvýznamnejšími vykázanými zdrojmi CO₂ elektrina (3 709 t), kúrenie (2 338 t), dochádzanie študentov a zamestnancov (1 973 t), skládkovanie odpadu (1 414 t) a priame spaľovanie palív (768 t). Na FEI boli najväčšími príspevkami elektrina (504 t CO₂), dochádzanie (424 t), kúrenie (409 t) a skládkovanie odpadu (304 t). To poukazuje na potrebu kombinovať energetické opatrenia s dopravnými a odpadovými opatreniami. V LVN sú emisie výrazne koncentrovanejšie. Z celkových 60,66 t CO₂ pripadá 55,45 t na spaľovanie zemného plynu a iba 5,21 t na nakupovanú elektrinu. Prioritou je preto predovšetkým znižovanie potreby plynu na vykurovanie a efektívnejšie využitie vlastných energetických zdrojov.

Kľúčovým záverom tejto správy je, že najväčší potenciál ďalších opatrení predstavuje optimalizácia spotreby elektriny a tepla, zvýšenie podielu OZE, znižovanie spotreby zemného plynu v LVN, detailnejší monitoring jednotlivých objektov a súčasné riešenie nepriamych emisií z dopravy a odpadov. Dokument preto vytvára základnú referenčnú úroveň, voči ktorej je možné kvantifikovať energetické, ekonomické a emisné prínosy navrhovaných opatrení.

Výstup bol vytvorený s miernym omeškaním v 9. mesiaci realizácie projektu. Oproti plánovanému odovzdaniu v 5. mesiaci realizácie. Omeškanie bolo spôsobené najmä administratívnymi prekážkami pri zbere údajov na začiatku realizácie projektu. V 13. mesiaci realizácie bola aktualizovaná táto správa. Vzhľadom na to, že správa obsahuje aj citlivé informácie, je určená len pre členov konzorcia.

3.2.9. Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	1 (2)
Plánované dodanie:	M12
Skutočné dodanie:	M12, M13
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Tento report nadväzuje na predošlý výstup „Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU“. Stanovuje referenčnú úroveň emisií za rok 2024 pre STU, konkrétne pre budovu FEI STU a Laboratórium vysokých napätí. Jeho cieľom je vytvoriť kvantitatívny podklad pre návrh opatrení smerujúcich k znižovaniu environmentálnej stopy a postupnému dosiahnutiu uhlíkovej neutrality. Analýza vychádza z princípov Protokolu GHG, ktorý predstavuje medzinárodne používaný rámec na

kvantifikáciu a reportovanie emisií. Základom je kombinácia údajov o činnosti, napr. spotreby elektriny, zemného plynu alebo dopravy, s príslušnými emisnými faktormi. Jednotlivé skleníkové plyny je možné následne prepočítavať pomocou potenciálu globálneho otepľovania (GWP). Porovnanie emisií skleníkových plynov vybraných objektov STU znázorňuje Tab. 11.

Tab. 11 Porovnanie emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie

Objekt	CO ₂ ekvivalent [t]	CH ₄ [t]	N ₂ O [t]	Dominantná kategória CO ₂
FEI STU	1 643,49	151,94	0,01	Importovaná energia
LVN	60,66	-	0,001	Priame spaľovanie
STU	10 248,46	707,21	0,03	Importovaná energia

Report poukazuje na to, že na úrovni celej STU pochádza najväčšia časť vykázaných emisií CO₂ z nepriamych emisií z importovanej energie (6 047,18 t), čo predstavuje približne 59 % celkového CO₂. Emisie spojené s dopravou dosahujú približne 20 % (2 018,79 t), emisie spojené s produktmi a odpadmi približne 14 % (1 414,42 t) a priame emisie zo spaľovania približne 7,5 % (768,07 t). Podrobnejšie členenie ukazuje, že najväčším jednotlivým zdrojom je nakupovaná elektrická energia, kúrenie, dochádzanie zamestnancov a študentov a skládkovanie komunálneho odpadu. Služobné cesty predstavujú v porovnaní s týmito zdrojmi iba minoritný podiel v t CO₂. Výsledky naznačujú, že pre FEI má najväčší potenciál kombinácia opatrení zameraných na znižovanie spotreby elektriny, optimalizáciu vykurovania, zmenu dopravných návykov a obmedzenie skládkovania odpadu. Energetické opatrenia teda samy osebe nepokrývajú celú uhlíkovú stopu fakulty.

Správa poukazuje na to, že LVN má úplne odlišný emisný profil. Z celkových emisií CO₂ (60,66 t) pochádza až 91 %, z priamych emisií stacionárnych spaľovacích zariadení. Nakupovaná elektrina predstavuje iba približne 9 %. Pre toto pracovisko je preto prioritou predovšetkým znižovanie spotreby zemného plynu a dekarbonizácia výroby tepla, napríklad prostredníctvom zvýšenia účinnosti, elektrifikácie vykurovania, tepelných čerpadiel alebo vyššieho využitia vlastných obnoviteľných zdrojov.

Výstup bol v súlade s plnením vytvorený v 12. mesiaci realizácie projektu. V 13. mesiaci realizácie bola aktualizovaná táto správa. Vzhľadom na to, že správa obsahuje aj citlivé informácie, je určená len pre členov konzorcia.

3.2.10. Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Neverejná – len pre členov konzorcia
Počet aktualizácií:	1 (2)
Plánované dodanie:	M12
Skutočné dodanie:	M12, M13
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Tento report nadväzuje na energetickú bilanciu a sústreďuje sa predovšetkým na to, ako efektívne sa vstupná energia premieňa na využiteľnú energiu v rámci STU, FEI STU a Laboratória vysokých napätí (LVN). Hodnotenie zahŕňa nakupovanú elektrinu a teplo, vlastnú výrobu zo zemného plynu, fotovoltiku

a energetické využitie pohonných hmôt. Kľúčovým výstupom dokumentu je porovnanie energetickej bilancie budovy FEI STU a LVN, ktoré je v skrátenej forme znázornené v Tab. 12. Súhrnne dokument uvádza účinnosť približne 45 % pri teple nakupovanom z centrálneho zásobovania teplom, 54 % pri nakupovanej elektrine, 84 % pri vlastnej výrobe tepla zo zemného plynu a 99,5 % pri výrobe elektriny z FVE.

Tab. 12 Skrátená bilancia premeny energie

Ukazovateľ	STU	FEI STU	LVN
Celková ročná energetická účinnosť zdroja [%]	53,0	54,2	68,4
Účinnosť výroby/využitia elektriny [%]	45,0	45,0	77,2
Účinnosť výroby/využitia tepla [%]	63,4	63,4	66,8
Celková energia vstupujúca do hodnotenej premeny [MWh]	66 459,83	10 182,34	350,02
Vlastná výroba elektriny [MWh]	16,91	-	16,91

Výsledky ukazujú, že najvyššiu celkovú energetickú účinnosť dosahuje Laboratórium vysokých napätí (68,4 %), zatiaľ čo úroveň STU a samotného areálu FEI je približne 53 – 54 %. Rozdiel súvisí najmä s tým, že LVN má vlastné zdroje elektrickej energie a kombinuje zemný plyn, kogeneračné jednotky, tepelné čerpadlo a fotovoltiku. V LVN sa nachádzajú dve kogeneračné jednotky, plynový kotol, tepelné čerpadlo a FVE s elektrickým výkonom 20 kW. Hlavným záverom dokumentu je, že najväčší potenciál na zvýšenie energetickej efektívnosti STU a FEI súvisí s elektrinou a centrálnym zásobovaním teplom, zatiaľ čo LVN demonštruje výhody lokálnej kombinovanej výroby a využívania OZE. Veľký relatívny potenciál zlepšenia vykazuje aj premena energie v doprave. Výstup bol v súlade s plnením vytvorený v 12. mesiaci realizácie projektu. V 13. mesiaci realizácie bola aktualizovaná táto správa. Vzhľadom na to, že správa obsahuje aj citlivé informácie, je určená len pre členov konzorcia.

3.2.11. Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M19
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	prof. Ing. Martin Weis, MBA, DrSc. (STU)

Ide o dokument, ktorý je výstupom z pracovného balíka č. KPB2 a je viazaný na míľnik 2 – Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v budovách STU. Je sprievodnou správou k celému súboru opatrení navrhnutých v pracovnom balíku KPB2: zhŕňa opatrenia, ktoré počas riešenia projektu spracovali jednotlivé partnerské pracoviská, uvádza ich do spoločného metodického rámca, kvantifikuje ich súhrnný dopad na emisnú bilanciu vybraných objektov a formuluje odporúčané poradie ich zavádzania. Dokument vedome nenahrádza čiastkové výstupy, na ktoré nadväzuje a ktoré podrobnejšie rozvádzajú jednotlivé oblasti. Opatrenia spracované v týchto výstupoch tu preto uvádzame len v rozsahu potrebnom pre súhrnnú bilanciu a pre porovnanie naprieč celým súborom; ich úplný technický opis a ekonomické vyhodnotenie sa neopakuje. Okrem opatrení, ktoré sú uvádzané aj vo výstupoch č. 12 a 13 bolo pre účely tejto správy navrhnutých 9 unikátnych opatrení

týkajúcich sa vyslovene budovy FEI STU na Ilkovičovej 3 v Bratislave. Tieto opatrenia uvádzame v Tab. 13, spolu s vyčíslenými energetickými, finančnými a environmentálnymi úsporami a návratnosťou.

Tab. 13 Porovnanie opatrení na zníženie skleníkových plynov na FEI STU

Opatrenie	Úspory			Investície [EUR]	Jednoduchá návratnosť [r]
	Energetická [MWh]	Finančná [EUR/r]	CO _{2e} [t/r]		
Vertikálna „Algae“ fasáda – riasový fotobioreaktor na zníženie emisií a transformáciu areálu FEI STU	2,0	14,2 tis	1,00	180,0 tis.	12,7
Energetický manažment budovy (BMS) ako dekarbonizačné opatrenie na zníženie emisií skleníkových plynov v spotrebe energii FEI STU	8,9	3,5 tis.	2,07	20,0 tis.	5,7
Inštalovanie fotovoltickej elektrárne na zvyšné voľné plochy za účelom zníženia emisií skleníkových plynov skrz zníženie energetickej náročnosti chladenia a nabíjania elektromobilov	126,7	21,7 tis	29,37	115,0 tis.	5,3
Zníženie emisií zo skládkovania a spaľovania komunálneho odpadu FEI STU	Neuvedené	6.3 tis.	273,50	46,5 tis.	7,3
Zvýšenie cenovej a technickej efektívnosti klimatizačných zariadení v rámci STU	0,5	380,0	0,04	5,0 tis.	14,3
Zvýšenie efektívnosti kúrenia a klimatizačných jednotiek v kancelárskych priestoroch a malých posluchárňach na FEI STU	756,5	70,8 tis.	153,34	30,0 tis.	0,4
Opatrenia pre FEI STU na efektívne využitie zrážkových vôd	Neuvedené	72,8 tis.	0,00	1,3 mil.	23,0
Centrálne riadenie výťahov v blokoch A až E FEI STU ako opatrenia na zníženie spotreby energie a zvýšenie efektívnosti prevádzky	4,0	2,8 tis.	0,44	75,0 tis.	26,8
Komplexná výmena žiarivkového osvetlenia za LED svietidlá s riadením a senzormi pohybu v blokoch A, D a E budovy FEI STU	615,0	134,0 tis	67,7	428,0 tis.	3,2

Dokument uvádza, že energetický manažment budovy (BMS) má relatívne nízky priamy emisný efekt, ale z pohľadu fungovania celého systému ide o jedno z najdôležitejších opatrení. BMS má integrovať meranie na transformátoroch, elektromery jednotlivých podlaží a FVE a zároveň riadiť chladiace zariadenia tak, aby sa neprekračovala rezervovaná kapacita. Uvažuje sa aj o predchladzovaní pri vysokej dostupnosti elektriny z FVE a o obmedzovaní chladiaceho výkonu podľa využitia miestností. BMS je teda technickou platformou pre koordináciu viacerých ďalších opatrení, nie iba samostatným zdrojom úspor. Na systém nadväzuje dodatočná fotovoltická elektrárňa (FVE) s výkonom 112 kWp na zatiaľ nevyužitých strešných plochách. Očakávaná výroba je približne 119 – 132 MWh ročne a prakticky celá môže byť spotrebovaná priamo v budove, najmä na chladenie a inteligentné nabíjanie elektromobilov.

Veľmi vysoký potenciál má IoT optimalizácia kúrenia a klimatizácie. Systém GaSens by dokázal v 672 miestnostiach nepretržite monitorovať teplotu, tlak, vlhkosť a plynové parametre a identifikovať napríklad súčasné kúrenie a vetranie, chladenie pri otvorenom okne, prekurovanie alebo nadmerné vychladzovanie miestností. Kvantifikovaná úspora 756,46 MWh/rok a 153,34 t CO₂e/rok patrí medzi najvyššie z tejto skupiny, treba však zohľadniť, že výsledok bol extrapolovaný z desiatich vzorových miestností na 672 miestností, a preto ho bude potrebné overiť reálnym meraním.

Pri LED modernizácii blokov A, D a E sa navrhuje výmena približne 2 640 svietidiel na ploche 38 400 m². Inštalovaný príkon osvetlenia má klesnúť približne z 384 na 173 kW. Súčasťou riešenia je asi 260 PIR senzorov na chodbách a schodiskách a riadenie podľa denného svetla vo vybraných priestoroch. Spotreba osvetlenia má klesnúť z približne 964 na 350 MWh/rok, teda o 64 %. Okrem energetickej úspory sa odstránia ortuťové žiarivky, zníži údržba a zlepši kvalita osvetlenia. Centrálne riadenie desiatich výťahov má spoločným vyhodnocovaním privolaní dvoch kabín v každom bloku obmedziť duplicitné jazdy a zastavenia. Samotná energetická úspora je iba 4 MWh/rok, preto samostatná investícia ekonomicky nevychádza. Jej hlavný význam spočíva v skrátení čakania, znížení opotrebenia a predĺžení životnosti; odporúča sa preto realizovať ju až pri prirodzenej modernizácii výťahov. Podobne ťadové zásobníky chladu nie sú primárne emisným opatrením. Ich úlohou je vyrábať chlad v čase priaznivejších cien alebo vhodnejších prevádzkových podmienok a uložiť ho na neskoršie využitie.

V oblasti odpadov sa navrhuje kombinácia prevencie, digitalizácie, obmedzenia jednorazových obalov, swap/reuse bodu a repair café, rozšírenia triedeného zberu, separácie BRKO a zavedenia váženia a IoT monitoringu kontajnerov. Potenciál 273,5 t CO₂e/rok zodpovedá približne 90 % súčasných emisií kategórie 4 FEI, takže environmentálne ide napriek slabej finančnej návratnosti o jedno z najsilnejších opatrení. Hospodárenie so zrážkovou vodou je naopak predovšetkým adaptačným opatrením. Kombinuje dažďové záhrady, vsakovanie, zelené strechy, priepustné povrchy, akumulčné nádrže a inteligentnú závlahu. Z ekonomického hľadiska je podstatné, že najväčší efekt nevytvára samotná akumulácia vody, ale zníženie odtokového súčiniteľa, ktoré priamo redukuje fakturované množstvo zrážkových vôd. Model predpokladá zníženie nákladov o 84,8 tis. €/rok, avšak pri investícii 1,62 mil. €.

Najexperimentálnejším riešením je vertikálna „Algae“ fasáda na LVN. Približne 50 m² panelov s cirkulujúcimi mikroriasami má fotosynteticky viazať CO₂ a produkovať 200–400 kg suchej biomasy ročne. Priamy záchyt iba 0,5–1 t CO₂ ročne je vzhľadom na investíciu nízky, preto sa opatrenie hodnotí najmä ako výskumno-demonštračný prvok spájajúci biotechnológie, architektúru, IoT, cirkulárnu bioekonomiku a vzdelávanie, nie ako hlavný nástroj dekarbonizácie.

Výstup bol v súlade s plnením vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu. Oproti plánovanému odovzdaniu v M19 ide o mierne oneskorenie, ktoré bolo spôsobené hlavne komplexným zberom vstupných údajov. Správa je verejná a je dostupná na stiahnutie prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.12. Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu

Typ výstupu:	Koncepcia
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M23
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Jaroslav Longauer, PhD. (ÚMMS SAV)

Ide o technickú správu, ktorá navrhuje integrovaný súbor technických, regulačných a behaviorálnych opatrení na zníženie spotreby energie a emisií v kampuse FEI STU. Základnou myšlienkou je prechod od izolovaných zásahov k integrovanému energetickému systému, ktorý prepája elektrifikáciu vykurovania, rekuperáciu odpadového tepla, fotovoltiku, tepelné úložiská, BMS, inteligentné tienie a aktívne riadenie spotreby.

Dokument vychádza z východiskového stavu kampusu FEI STU na Ilkovičovej 3 v Bratislave, ktorý má podlahovú plochu približne 61 – 66 tis. m². Aktuálna energetická spotreba kampusu je približne 5,4 GWh/rok, z toho približne 3,2 GWh predstavuje teplo a 2,2 GWh elektrina. Spotreba tepla od roku 2020 poklesla približne o 27 %, napriek tomu zostáva značný potenciál ďalších úspor najmä v oblasti technických zariadení budov, regulácie a prevádzky. Samotná optimalizácia VZT má podľa predbežného hodnotenia potenciál približne 470 MWh/rok.

Dokument identifikuje významný problém rastúcej potreby chladenia. Dnešné lokálne chladiace zariadenia spotrebujú podľa odhadu približne 180 MWh elektriny ročne a novoinštalované systémy blokov B a C, ktoré nedávno prešli rekonštrukciou, môžu zvýšiť spotrebu o ďalších približne 103 MWh/rok. Kompletné zabezpečenie tepelnej pohody ostatných častí budovy môže v budúcnosti podľa odhadu expertov Slovenskej akadémie vied znamenať ďalších 100 – 150 MWh/rok. Na druhej strane bola v roku 2026 nainštalovaná FVE s výkonom 532 kWp a očakávanou výrobou približne 550 MWh/rok. Simulácie predpokladajú využitie až 96 % výroby priamo v kampuse; pri zvýšení spotreby na chladenie by bolo možné prakticky spotrebovať celú výrobu lokálne.

Najdôležitejším strategickým opatrením identifikovaným v tejto koncepcii je elektrifikácia vykurovania. Navrhuje sa kaskáda tepelných čerpadiel vzduch/voda s výkonom približne 990 kW, ktorá by pokrývala približne 85 % potreby tepla, doplnená o elektrický kotol s výkonom približne 1,8 MW na špičku a ako záloha. Výsledkom má byť systém so 100 % elektrickým napájaním bez priameho využívania fosílnych palív. Opatrenie predpokladá zníženie energetickej spotreby o 1 755 MWh/rok a emisií približne o 409 t CO₂e/rok, zároveň však vyžaduje zvýšenie kapacity elektrickej prípojky o približne 1,8 – 2 MW. Druhým významným opatrením je BTES – sezónne podzemné akumulovanie tepla s približne 40 vrtmi hĺbky 100 m a kaskádou tepelných čerpadiel voda-voda. Predpokladaná energetická úspora predstavuje približne 1,1 GWh/rok.

Ďalším pilierom identifikovaným v tomto dokumente je využitie odpadového tepla zo serverov a IT infraštruktúry. Takmer celý elektrický príkon IT zariadení sa mení na teplo, ktoré sa dnes odvádza do okolia. Navrhuje sa jeho využitie na predohrev vzduchu a vody, temperovanie priestorov alebo ako zdroj pre tepelné čerpadlá. Odhadovaná úspora predstavuje 250 MWh/rok, 44 tis. €/rok a 45 t CO₂e/rok. Modernizácia VZT a tepelných úložísk počíta aj s využitím bazéna s objemom približne 2 500 m³ ako krátkodobého zásobníka tepla s kapacitou 6–9 MWh. VZT s vysokoúčinnou rekuperáciou a tepelným čerpadlom má zároveň zlepšiť vlhkostné a hygienické podmienky v plavárni.

Porovnanie opatrení v kontexte energetických, finančných a environmentálnych úspor je možné v skrátenej podobe nájsť v Tab. 14. Ako je možné z tabuľky vidieť, najvýznamnejšími opatreniami sú behaviorálne zmeny, BMS riadenie vykurovania splitmi a inteligentné žalúzie. Spoločne vyžadujú investíciu iba približne 53 tis. €, prinášajú približne 405 MWh úspor, 42,3 tis. € ročných finančných úspor a 118,55 t CO₂e/rok, s celkovou návratnosťou približne 1,25 roka.

Tab. 14 Porovnanie opatrení pre recykláciu tepla a dopadov na objekty kampusu FEI STU

Opatrenie	Úspory			Investície [EUR]	Jednoduchá návratnosť [r]
	Energetická [MWh]	Finančná [EUR/r]	CO ₂ e [t/r]		
Spoločensko energetické opatrenia	140	18 427	32,37	5000	0,27
Bloky B a C offset vykurovanie splitmi	158	12 608	60,71	18 000	1,43
Žalúzie riadenie	107	11 235	25,47	30 000	2,67
Serverovne a VS	250	44 000	45,00	180 000	4,09
Vrty a BTES masive	1 100	88 000	70,21	457 000	5,19
TČ offset plynu	1 755	136 890	409,25	1,229 mil.	8,98
VZT komplex +TESS plaváreň	147	10 290	34,99	210 000	44,78
Spolu	3 577	315 850	674,69	2,129 mil.	6,74

Celkovo táto správa navrhuje transformovať FEI STU z pasívneho odberateľa energie na inteligentne riadený „Campus Energy Hub Living Laboratory“. Výsledný systém má prepájať výrobu z FVE, tepelné čerpadlá, rekuperáciu odpadového tepla, krátkodobé a sezónne úložiská, BMS, inteligentné tienenie a flexibilitu používateľov. Komplexný model má zároveň umožniť kvantifikovať synergie jednotlivých opatrení, CAPEX, OPEX a skutočné zníženie CO₂e.

Výstup bol s miernym omeškaním vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu, oproti pôvodnému plánu v 23. mesiaci realizácie. Oneskorenie bolo spôsobené problémami pri zbere vstupných informácií. Správa je verejná a je dostupná prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.13. Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1 (2)
Plánované dodanie:	M24
Skutočné dodanie:	M23, M24
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Dokument rozpracúva cestu k postupnej dekarbonizácii dopravy STU do roku 2050 na základe vstupov pozbieraných počas implementácie a analýz prezentovaných v predošlých správach. Východiskom je rok 2024, dokumentovaný vo výstupe č. 8. V tomto roku predstavovala doprava približne 20 % nepriamych emisií STU, celkovo 2 018,79 t CO₂e/rok. Z toho až 1 973,24 t CO₂ pochádzalo z dochádzania zamestnancov a študentov a iba 45,55 t zo služobných ciest. Na FEI STU predstavovali

dochádzanie 423,95 t CO₂ a služobné cesty 2,23 t. Najväčším jednotlivým zdrojom dopravných emisií STU sú osobné automobily, ktoré ročne produkujú približne 934 t CO₂e. Ďalším zdrojom je verejná doprava s príspevkami 787 t, vlaková a prímestská doprava s 202 t a motocykle s 73 t. Z tohto dôvodu dokument považuje za prioritu obmedzovanie individuálnej automobilovej dopravy, podporu verejnej a aktívnej mobility a postupnú elektrifikáciu vozidiel. Po dôkladnej analýze vstupov bolo sformulovaných 7 hlavných opatrení, ktoré by mohli významným spôsobom znížiť uhlíkovú stopu zamestnancov STU v doprave. Tieto opatrenia sú v skrátenej forme prezentované v Tab. 15.

Tab. 15 Sumár opatrení pre zníženie emisie skleníkových plynov v doprave

Navrhované opatrenie	Hlavný prínos
Elektrifikácia služobnej flotily STU	Zníženie spotreby zo 126,53 na 33 MWh/rok; úspora 74 % energie a 19,83 t CO ₂ e/rok.
Fotovoltaický carport FEI	Približne 104 kWp, výroba 132,6 MWh/rok, batéria 250 kWh a 20 × 11 kW nabíjajúcich bodov.
Elektrifikácia dochádzania	Pri 50 % elektrifikácii pokles emisií osobných vozidiel približne o 492 t CO ₂ e/rok.
Vodík + elektrifikácia autobusov	Zníženie emisií z 787,33 na 2,15 t CO ₂ e, teda o 99,7 %.
Elektrifikácia/vodík na železnici	Zníženie emisií približne 201,88 t CO ₂ e/rok.
SAF, syntetické palivá a vodík v letectve	Zníženie emisií o 70 %, čo predstavuje približne 14,13 t CO ₂ e/rok
Zdieľaná doprava	Carpooling, bike sharing, zdieľané EV, MaaS a parkovacia politika; potenciál znížiť dochádzanie približne o 500 t CO ₂ e/rok

Elektrifikácia služobnej flotily je energeticky veľmi účinná, keďže účinnosť elektrického pohonu v súčasnosti predstavuje približne 85–90 %, oproti 20–30 % pri spaľovacom pohone. Pri ročnom nájazde 184 000 km by sa spotreba energie znížila zo 126,5 na približne 33 MWh. Viedlo by to k úspore 93,53 MWh/rok a k poklesu energetických nákladov o približne 56 %. Investícia 200 tis. € však podľa použitého ekonomického modelu vykazuje návratnosť dlhšiu ako 15 rokov a záporné NPV.

Jedným z najzaujímavejších konkrétnych návrhov uvádzaných v správe je solárny carport na parkovisku FEI STU. Navrhované riešenie by dosiahlo výkon približne 104 kWp, ročnú výrobu 132,6 MWh, batériové úložisko do 250 kWh a 20 AC nabíjačiek s celkovým maximálnym výkonom 220 kW. Systém by zároveň tienil približne 100 parkovacích miest. Investičné náklady sú však vysoké, na úrovni približne 750 tis. €. Bez dotačnej podpory by bola návratnosť dlhšia ako 25 rokov.

Osobitnú pozornosť venuje dokument zdieľanej doprave, pretože veľká časť emisií je viazaná na každodenné dochádzanie. Navrhuje systém STU Mobility, ktorý prepája spoločnú jazdu, flotilu 10–15 zdieľaných elektromobilov, približne 100 bicyklov a 30 elektrobicyklov a platformu Mobility as a Service. Predpokladá sa zvýšenie priemernej obsadenosti automobilu z približne 1,1 na 1,5 osoby a pokles počtu vozidiel o 15–20 %. Správa identifikovala parkovaciu politiku ako významný motivačný prvok pri znižovaní emisií v doprave. V navrhovanej cenovej politike by vozidlo s jednou osobou platilo plnú sumu za parkovanie, vozidlo s dvomi osobami 50 % a vozidlo s tromi osobami by parkovalo bezplatne. Zvýhodnené by zároveň boli elektromobily a kombinácia carpoolingu s EV. Model počíta s investíciou približne 280 tis. €, ekonomickou návratnosťou okolo 3 rokov, NPV 1,16 mil. € a potenciálom redukcie dochádzania približne o 500 t CO₂e ročne.

Najvýznamnejším výstupom dokumentu je projekcia dopadov dopravy do roku 2050, v ktorom sa predpokladá uhlíková neutralita. Koncepcia kombinuje dva typy opatrení. STU môže priamo

ovplyvňovať vlastnú flotilu, parkovaciú politiku, nabíjaciú infraštruktúru, carpooling, zdieľané vozidlá a bicykle. Naopak, dekarbonizácia autobusovej, železničnej a leteckej dopravy závisí najmä od štátnych a európskych politík a technologického vývoja. Dokument preto označuje za najväčšiu priamo riešiteľnú výzvu osobné automobily používané pri dochádzaní zamestnancov a študentov. Výstup bol oproti plánu vytvorený v predstihu, v 23. mesiaci realizácie projektu. Následne bola vykonaná aktualizácia v 24. mesiaci realizácie. Správa je verejná a je dostupná prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.14. Ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M24
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Tento výstup predstavuje modelový stav energetického hospodárstva FEI STU a Laboratória vysokých napätí LVN v roku 2050 po zavedení navrhnutých dekarbonizačných, energetických a environmentálnych opatrení, prezentovaných v predošlých výstupoch. Koncepcia počíta s 22 opatreniami, ktorých cieľom je odstránenie fosílnych palív z výroby tepla a dopravy, zvýšenie energetickej efektívnosti, rozvoj OZE, znižovanie množstva odpadu, využívanie dažďovej vody a zmena správania používateľov budov. Podľa výsledného scenára by spotreba energie klesla oproti roku 2024 na FEI približne o 68 % a v LVN približne o 53 %. Zvyškové emisie by mali dosahovať iba približne 14,68 t CO₂e, pričom by pochádzali najmä z komunálneho odpadu a spaľovania kalov. Tab. 16 poskytuje skrátený sumár porovnania dopadu navrhovaných opatrení na úspory energetických vstupov. Najdôležitejšou zmenou je úplná elektrifikácia energetického hospodárstva. Externá dodávka tepla, zemný plyn a fosílné pohonné hmoty sú v modelovom stave eliminované a nahradené elektrinou, tepelnými čerpadlami a lokálnou výrobou z OZE.

Tab. 16 Porovnanie energetických výstupov vybraných priestorov STU pred a po zavedení opatrení

Ukazovateľ	FEI 2024	FEI 2050	LVN 2024	LVN 2050
Energetické vstupy	5 556 MWh/rok	1 792 MWh/rok	240,75 MWh/rok	12,86 MWh/rok
Zmena		-68 %		-53 %
Nakupovaná elektrina		1 068,82 MWh		95,95 MWh
Vlastné OZE		722,20 MWh		16,91 MWh

Z hľadiska emisného prínosu je najvýznamnejšia náhrada existujúcich výmenníkových staníc tepelnými čerpadlami, s potenciálom znížiť emisie o 409,25 t CO₂e. Nasleduje zníženie emisií zo skládkovania a spaľovania odpadu (273,5 t), dekarbonizácia verejnej dopravy (194,32 t), zvýšenie efektívnosti kúrenia a klimatizácie (153,34 t), zdieľaná doprava (116,13 t) a elektrifikácia osobnej dopravy (112,75 t). Porovnanie vplyvu vybraných opatrení je možné nájsť v Tab. 17.

Tab. 17 Porovnanie vplyvu vybraných opatrení

Vybrané opatrenia	Zmena CO ₂ e [t]	CAPEX [EUR]	Reálna návratnosť [r]
Náhrada KOST tepelnými čerpadlami	409,2	1,229 mil.	9,0
Zníženie emisií z komunálneho odpadu	273,5	46.5 tis.	-
Zvýšenie efektívnosti kúrenia a klimatizácie	153,34	30 tis.	-
Zdieľaná doprava	116,13	280 tis.	3,0
Elektrifikácia osobnej dopravy	112,75	200 tis.	-
Výmena osvetlenia za LED	67,65	428 tis.	3,5
Offset vykurovania blokov B/C	60,71	18 tis.	1,69
Odpadové teplo zo serverovní	45,00	180 tis.	-
Spoločensko-energetické správanie	32,37	5 tis.	0,25
Inteligentné žalúzie	31,68	30 tis.	1,73
Celkovo	1563,3	4,1 mil.	-

Významným výsledkom pre FEI STU je model prevádzky FVE s celkovým výkonom približne 628 kWp v kombinácii s tepelnými čerpadlami a elektrokotlom. Ročná výroba elektriny z OZE má dosiahnuť 722,2 MWh, z čoho sa približne 699,9 MWh spotrebuje priamo v areáli a iba 22,3 MWh sa predá alebo exportuje. V LVN je kľúčovým opatrením náhrada plynových kotlov tepelnými čerpadlami a elektrokotlom, ktorá eliminuje spotrebu zemného plynu a znižuje emisie približne o 55,45 t CO₂e/rok. Doplnkom je nákup bezemisnej elektriny so zárukami pôvodu a návrh vertikálnej „Algae“ fasády. Hlavným záverom tohto reportu je, že kombináciou elektrifikácie vykurovania a dopravy, rozsiahlejším využívaním OZE, energetickou efektívnosťou, inteligentným riadením a environmentálnymi opatreniami je možné zásadne zmeniť energetický profil FEI STU. Modelový stav roku 2050 prakticky eliminuje fosílné energetické vstupy a väčšinu súčasných emisií, pričom energetická spotreba FEI klesá približne o dve tretiny a LVN o viac ako polovicu. Kľúčovou technickou výzvou zostáva sezónny nesúlad medzi výrobou elektriny z FVE a vysokou zimnou spotrebou elektrifikovaného vykurovania.

Výstup bol vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu, čo predstavuje 1 mesačné oneskorenie, ktoré nie je považované za významné a neovplyvňoval finalizáciu projektu. Správa je verejná a je dostupná prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.15. Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M24
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Tento výstup hodnotí predpokladanú emisnú bilanciu FEI STU a Laboratória vysokých napätí (LVN) v roku 2050 po realizácii navrhnutého súboru dekarbonizačných opatrení. Významnou pridanou hodnotou dokumentu je ukotvenie výpočtu v metodike Protokolu GHG, ktorý patrí medzi najpoužívanjšie medzinárodné rámce pre kvantifikáciu a reportovanie skleníkových plynov. Výpočet je založený na kombinácii údajov o činnosti, ako napr. spotrebe elektriny, plynu alebo najazdených kilometroch, s príslušnými emisnými faktormi. Jednotlivé skleníkové plyny sa následne pomocou Global Warming Potential (GWP) prepočítavajú na spoločnú jednotku CO₂ ekvivalentu. Dokument zároveň upozorňuje na aktuálny vývoj metodiky: v období 2025–2027 prebieha rozsiahla revízia GHG Protokolu, ktorej cieľom je väčšie zosúladenie s normou ISO 14064-1. Pre budúce pravidelné vykazovanie uhlíkovej stopy STU bude preto vhodné metodiku priebežne aktualizovať podľa výsledkov tejto harmonizácie.

Novým výsledkom oproti energetickej bilancii prezentovanej vo výstupe č. 14 je detailné určenie, z ktorých aktivít bude pozostávať zvyšková uhlíková stopa po zavedení technických opatrení. Zdroje zostatkových emisií sú zhrnuté v Tab. 18.

Tab. 18 Zdroje zostatkových emisií v roku 2025 vo vybraných priestoroch STU

Zdroj emisií	FEI STU	LVN
Skládkovanie komunálneho odpadu	3,29 t CO ₂ + 0,1175 t CH ₄	0
Spaľovanie komunálneho odpadu	5,74 t CO ₂ + 0,0009 t N ₂ O	0
Spaľovanie kalov z ČOV	0,0066 t N ₂ O	0,0014 t N ₂ O
Energetika a vykurovanie	0	0
Dochádzanie a služobné cesty	0	0

Z pohľadu ďalšieho smerovania aktivít po ukončení projektu je podstatné, že po dekarbonizácii energetiky a dopravy sa ťažisko environmentálnej politiky presúva na odpadové hospodárstvo. Na FEI by po implementácii opatrení už zostávajúce emisie nevznikali z elektriny, kúrenia ani z dopravy, ale najmä zo skládkovania a spaľovania komunálneho odpadu. Pri LVN by zostávala iba veľmi malá emisia N₂O spojená s kalmi z čistenia odpadových vôd.

Samostatným novým prvkom tohto reportu je hodnotenie klimatických podmienok. Údaje za vykurovacie sezóny 2020–2025 ukazujú výraznú medziročnú variabilitu dennostupňov; napríklad v sezóne 2023/2024 ich bolo len 2 215, zatiaľ čo v chladnejších hodnotených sezónach bolo približne 2 700–2 756. Dokument upozorňuje na tri významné trendy pre Bratislavu, ktorými sú rast priemernej teploty, častejšie tropické dni a noci a dlhšie obdobia sucha prerušované intenzívnymi privalovými zrážkami. Tieto trendy sú dôležité pre interpretáciu budúcich výsledkov projektu: pokles potreby vykurovania nemusí znamenať rovnaký pokles celkovej energetickej potreby budov, pretože časť úspor môže byť kompenzovaná rastúcimi požiadavkami na chladenie a klimatizáciu.

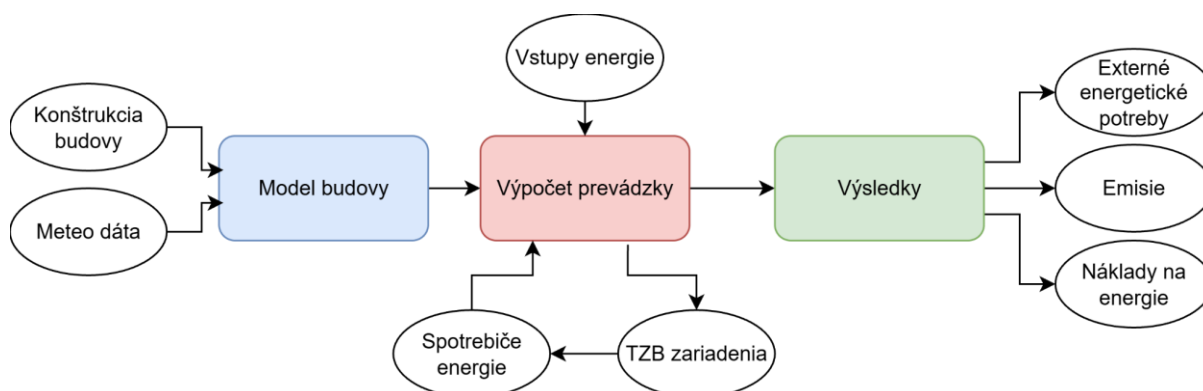
Výstup bol vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu, čo predstavuje 1 mesačné oneskorenie, ktoré nie je považované za významné a neovplyvňovalo finalizáciu projektu. Správa je verejná a je dostupná prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.16. Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M24
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Jaroslav Longauer, PhD. (ÚMMS SAV)

Tento výstup predstavuje výpočtové a rozhodovacie prostredie pre návrh, simuláciu, vzájomné posudzovanie a postupnú implementáciu energetických opatrení na STU. Metodika vychádza z princípu integrovaného energetického manažmentu a prepája stavebno-fyzikálne vlastnosti budovy, technické zariadenia budov (TZB), hygienické a prevádzkové požiadavky, BMS, obnoviteľné zdroje, akumuláciu energie a prevádzkové režimy. Cieľom modelu nie je iba stanoviť úsporu jednotlivých technológií, ale predovšetkým kvantifikovať ich vzájomné pôsobenie a výsledný energetický, ekonomický a dekarbonizačný efekt celého systému. Model integruje 13 energetických opatrení zameraných na zníženie energetickej potreby objektu, zvýšenie účinnosti technologických zariadení, prechod na nízkoenergetické a nízkoemisné spotrebiče a modernizáciu systémov technických zariadení budov (TZB). Súčasťou modelu je tiež slúžiť ako technický podklad pre vyhodnotenie úspor a rozhodovanie investora, t. j. umožniť vyčíslieť redukciu uhlíkových dopadov, spotreby energie, OPEX, CAPEX, tCO₂e a návratnosť investícií a zároveň identifikovať najvhodnejšie poradie a fázy realizácie opatrení. Keďže jednotlivé opatrenia navzájom na seba vplyvajú, je potrebné mať takýto model, ktorý ich vzájomnú interakciu vyhodnotí.

Ide o replikovateľný komplexný simulačný model dekarbonizácie vybraného celku, ktorý využíva nízkoemisné a obnoviteľné zdroje energie, lokálnu výrobu energie a jej akumuláciu. Model je navrhnutý ako replikovateľný, aby jeho princípy bolo možné aplikovať na objekty s odlišnou veľkosťou, prevádzkovým režimom a energetickou infraštruktúrou. Výber opatrení opísaných v predošlých výstupoch č. 11, 12 a 13 slúži ako ucelený podklad ku spracovaniu tohto komplexného modelu. Model preto pristupuje k objektu ako k integrovanému energetickému systému, v ktorom jednotlivé opatrenia nie sú posudzované izolovane. Logika modelu je znázornená na Obr. 4



Obr. 4 Vývojový diagram modelu dekarbonizácie.

Východiskom modelu je reálny stav budovy a jej prevádzky, získaný z dostupných meraní, energetických bilancií a technickej analýzy. Zohľadňuje sa stav stavebných konštrukcií, TZB, existujúcich rekonštrukcií, spôsob využívania priestorov, obsadenosť, rozvrh výučby, meteorologické

podmienky a požiadavky na vnútorné prostredie a hygienické parametre. Model pracuje s reálnymi meteorologickými údajmi alebo s dlhodobým 15 ročným klimatickým priemerom. Zásadným prvkom je kalibrácia modelu podľa reálnej spotreby a jednoznačné stanovenie referenčného stavu. Výsledkom je teda viac než klasický energetický simulačný model. Ide o dynamický rozhodovací nástroj, ktorý umožňuje transformovať súbor samostatných energetických opatrení na koordinovaný energetický systém a objektívne porovnať jednotlivé scenáre z hľadiska energie – CO₂e – OPEX – CAPEX – návratnosti – realizačného rizika. Jeho význam spočíva najmä v schopnosti odhaliť synergie medzi opatreniami a určiť optimálnu postupnosť ich nasadenia, čo vytvára technický základ pre dlhodobé riadenie a dekarbonizáciu kampusu FEI STU. Výstup bol v súlade s plánom vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu, Správa je verejná a je dostupná prostredníctvom webstránky projektu.

3.2.17. Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M25
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Peter Chochol, PhD. (SFÉRA, a.s.)

Tento výstup nadväzuje na predchádzajúce správy a sumarizácie energetických a emisných bilancií. Jeho hlavnou pridanou hodnotou je preto vyhodnotenie účinnosti budúceho energetického systému FEI STU a LVN po jeho elektrifikácii. Zásadná zmena spočíva v spôsobe výroby tepla. Pôvodný systém pracoval s účinnosťou približne 45 % pri teple z centrálného zásobovania, 84 % pri lokálnej výrobe tepla zo zemného plynu a 54 % pri nakupovanej elektrine. Po navrhovanej transformácii by sa teplo vyrábalo prevažne pomocou tepelných čerpadiel, pričom elektrokotol by slúžil iba na špičkové a záložné vykurovanie. Najvýznamnejšie ukazovatele z výstupu č. 17 sú v skrátenej a zjednodušenej podobe prezentované v Tab. 19.

Tab. 19 Najvýznamnejšie ukazovatele účinnosti po zohľadnení dopadov navrhovaných opatrení

Energetický systém	Výsledná účinnosť [%]
Nakupovaná elektrina – priame využitie	54,00
Vlastná elektrina z FVE	100,00
Elektrina → TČ vzduch/voda, SCOP 2,8	151,20
Elektrina → TČ voda/voda, SCOP 3,6	194,40
Elektrina → elektrokotol	52,90
FEI – 85 % TČ vzduch/voda + 15 % elektrokotol	136,50
FEI – alternatíva TČ voda/voda + elektrokotol	173,20
LVN – 88 % TČ + 12 % elektrokotol	139,40
Vážená účinnosť elektrického mixu FEI a LVN	72,20 a 60,89

Je dôležité poznamenať, že účinnosť tepelného čerpadla presahujúca 100 % neznamená porušenie energetickej bilancie. Dokument počíta len s dodanou elektrickou energiou ako energetickým vstupom, zatiaľ čo ďalšia časť tepla je odoberaná z okolitého prostredia. Pri SCOP 2,8 tak jedna jednotka elektriny umožňuje dodať približne 2,8 jednotky tepla. Elektrokotol takúto výhodu nemá a pri uvažovanej účinnosti elektrizačnej sústavy a vlastnej strate dosahuje iba 52,9 %, preto je v návrhu zámerne obmedzený približne na 12–15 % dodávky tepla.

Jedným z najdôležitejších výsledkov prezentovaných v tomto výstupe je porovnanie pôvodných a budúcich spôsobov výroby tepla. Vážená účinnosť nového systému dosahuje na FEI 136,5 % pri vzduchových TČ, prípadne až 173,2 % pri variante voda/voda. V LVN sa predpokladá približne 139,4 %. V porovnaní s pôvodným systémom ide podľa dokumentu o približne 1,6- až 2,3-násobne vyššiu efektívnu účinnosť premeny energie. Podrobná bilančná analýza FEI túto výhodu potvrdzuje. Na výrobu približne 3 230 MWh využiteľného tepla je potrebných približne 1 475 MWh energie, čo zodpovedá pomeru výroby využiteľného tepla k spotrebovanej elektrine približne 2,19. Na výrobu 1 MWh využiteľného tepla je teda potrebných približne 0,46 MWh elektriny. V Laboratóriu vysokých napätí je tento pomer ešte mierne priaznivejší, nakoľko výroba približne 170,16 MWh tepla vyžaduje 74,32 MWh energie, čo predstavuje účinnosť výroby tepla približne 2,29 a špecifickú spotrebu asi 0,44 MWh elektriny na 1 MWh tepla. Ďalším dôležitým ukazovateľom identifikovaným v tejto správe je vážená účinnosť elektrického mixu, ktorá zohľadňuje rozdiel medzi elektrinou zo siete a lokálnou FVE. Na FEI tvorí vlastná fotovoltaická elektrina približne 39,6 % hodnoteného mixu, vďaka čomu vážená účinnosť elektriny stúpa z 54 % na 72,2 %. V LVN je podiel vlastnej FVE nižší, približne 15 %, takže výsledná účinnosť mixu dosahuje 60,89 %.

Kľúčovým novým poznatkom dokumentu je, že samotný prechod z fosílnych alebo centrálne dodávaných zdrojov tepla na elektrinu ešte automaticky nezvyšuje energetickú účinnosť. Rozhodujúce je, akou technológiou sa elektrina premieňa na teplo. Priamy elektrický ohrev má výslednú účinnosť približne na úrovni 53 %, zatiaľ čo tepelné čerpadlá umožňujú dosiahnuť efektívnu účinnosť 136–173 % na úrovni celého vykurovacieho systému. Preto by mali tepelné čerpadlá zabezpečovať základné zaťaženie a elektrokotly iba krátkodobé špičky a zálohu.

Výstup bol v súlade s projektovým plánom vytvorený v 25. mesiaci realizácie projektu. Správa je verejná a dostupná prostredníctvom webovej stránky projektu.

3.2.18. Záverečný report

Typ výstupu:	Report
Diseminačná úroveň:	Verejná
Počet aktualizácií:	1
Plánované dodanie:	M25
Skutočné dodanie:	M25
Zodpovedný autor:	Ing. Štefan Čerba, PhD. (STU)

Záverečná správa je finálnym reportom projektu, ktorý zhrňa celkové výsledky a kroky implementácie počas celého trvania projektu. Pozostáva zo stručného úvodu, sumarizácie cieľov a štruktúry projektu, časového plánu, opisu riadenia projektu, prezentácie výstupov projektu a podrobného opisu implementácie. Práve táto kapitola predstavuje ťažiskovú časť správy a zameriava sa na sumarizáciu pracovných stretnutí, skrátený opis obsahu priamych výstupov projektu a zhrnutie príspevkov jednotlivých partnerov projektu. Správa bola v súlade s projektovým plánom vytvorená v 25. mesiaci implementácie projektu. Správa je verejná a dostupná prostredníctvom webovej stránky projektu.

3.3. Kontribúcie na úrovni jednotlivých partnerov

3.3.1. Slovenská technická univerzita v Bratislave

Slovenská technická univerzita v Bratislave zastávala v projekte funkciu koordinátor, s čím súvisí aj množstvo administratívnej a koordinačnej činnosti, ktorú vykonávala nad rámec výskumnej činnosti. STU bola v projekte zastúpená prostredníctvom troch fakúlt, Fakulty elektrotechniky a informatiky (FEI), Fakulty architektúry a dizajnu (FAD) a Strojníckej fakulty (SjF). V rámci FEI STU boli v projekte zapojené tri ústavy, t. j. Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky (ÚEAE), Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva (ÚJFI) a Ústav elektroniky a fotoniky (ÚEF), ako aj špeciálne účelové zariadenie: Centrum technologického transferu v jadrovej technike (CeNTA). FAD STU bola v projekte zastúpená prostredníctvom Ústavu ekologickej a experimentálnej architektúry (ÚEEA) a SjF STU prostredníctvom Ústavu energetických strojov a zariadení (ÚESZ).

Napriek tomu, že plánované výskumné úlohy v projekte boli členené do troch pracovných balíkov, väčšina činnosti vykonávaná výskumným a manažérskym tímom STU sa týkala súbežne všetkých z nich. Čo sa týka manažérskych výstupov, STU bolo **zodpovedné** za dodanie nasledovných správ:

- **Výstup č. 1:** Report progresu projektu.
- **Výstup č. 2:** Report finančného plnenia projektu.
- **Výstup č. 3:** Analýza rizík projektu.
- **Výstup č. 4:** Kontrola merateľných ukazovateľov projektu.

S manažérskymi činnosťami úzko súvisela aj organizácia stretnutí členov konzorcia. Počas realizácie projektu bolo uskutočnených 8 pracovných stretnutí na pôde FEI STU v Bratislave.

Ďalšou významnou činnosťou zasahujúcou do všetkých pracovných balíkov a implementačných fáz bol vzdelávací program KLIMENT - Klimatická neutralita a moderná elektroenergetika, ktoré vypracovalo STU v spolupráci s ÚMMS SAV. Bol pripravený plán podujatí, ktoré sa v intencii daného programu realizovali na FEI STU v 2025/2026. Bola realizovaná komunikácia s lektormi, prednášateľmi a riešené technické detaily plánovaného vzdelávacieho programu. Boli spracované a vyhodnotené vstupné a výstupné dotazníkové prieskumy, ktoré zmapovali povedomie študentov a zamestnancov o témach súvisiacich s uhlíkovou neutralitou, energetikou, dopravnými návykmi a udržateľnosťou. Nad rámec projektových cieľov boli tieto prieskumy paralelne uskutočnené na celouniverzitnej úrovni a predmetné dáta boli zozbierané na všetkých siedmich fakultách a následne priebežne vyhodnocované pre interné potreby. Budú slúžiť pre spracovanie nadväzujúcich výstupov a strategických dokumentov na úrovni STU. Dotazníkmi sa zároveň zhodnotila efektivita vzdelávacieho programu. V rámci vzdelávacieho programu bolo STU **zodpovedné** za vytvorenie nasledovných výstupov:

- **Výstup č. 5:** Vzdelávací program a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality.
- **Výstup č. 6:** Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov.
- **Výstup č. 7:** Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality.

Správy týkajúce sa vzdelávacieho programu boli sprístupnené a zverejnené na projektovom webe www.rebecca.s a na www.ueae.sk. Zrealizované aktivity v rámci programu KLIMENT boli aj predmetom viacerých publikačných výstupov.

V rámci pracovného balíka **KPB1 - Analýza spotreby**, síce nebolo STU zodpovedné za špecifické výstupy, ale zohrávalo kľúčovú úlohu v realizácii výskumných aktivít. Úlohou STU bolo pozbierať a dodať detailné podklady k zostaveniu základnej ročnej energetickej bilancii vybraných pracovísk a objektov STU, konkrétne budovy FEI STU na Ilkovičovej 3 v Bratislave a Laboratória vysokých napätí na Technickej 5 v Bratislave. Medzi nazbierané podklady patria účtové závierky, výsledky predošlých energetických auditov, informácie o dodávke a spotrebe elektrickej energie, tepla, zemného plynu pitnej vody, informácie o použitých pohonných hmotách ale aj ohľadne odpadového hospodárstva. Vzhľadom na komplexnosť a dostupnosť podkladov sa pristúpilo aj k manuálnemu súpisu inštalovaných príkonov vo vybraných priestoroch a k inštalácii inteligentných IoT zariadení na kontinuálny monitoring environmentálnych parametrov. Prostredníctvom uvedených činností STU **prispievala** v rámci pracovného balíka KPB1 do nasledovných výstupov:

- Výstup č. 8: Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU (SFÉRA, a.s.).
- Výstup č. 9: Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie (SFÉRA, a.s.).
- Výstup č. 10: Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov (SFÉRA, a.s.).

V rámci pracovného balíka **KPB2 – Návrh opatrení** sa kolektív podieľal na návrhu opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU. V rámci tejto úlohy sa čerpal z nahromadených vstupov pre pracovný balík KPB1, z dát z inteligentných radiátorov a z IoT zariadení nainštalovaných na FEI STU. Kolektív taktiež prispieval do výskumných úloh týkajúcich sa dopravy a recyklácie tepla. V rámci pracovného balíka KPB2 navrhol výskumný tím STU nasledovné opatrenia:

- Zvýšenie cenovej a technickej efektívnosti klimatizačných zariadení v rámci STU.
- Komplexná výmena žiarivkového osvetlenia za LED svietidlá s riadením a senzormi pohybu v blokoch A, D a E, budovy FEI STU.
- Centrálne riadenie výťahov v blokoch A až E FEI STU ako opatrenia na zníženie spotreby energia a zvýšenie efektívnosti prevádzky.
- Zvýšenie efektívnosti kúrenia a klimatizačných jednotiek v kancelárskych priestoroch a malých posluchárňach na FEI STU.
- Elektrifikácia osobnej dopravy.
- Vodík vo verejnej autobusovej a vlakovej doprave.
- Vodík, biopalivá a syntetické palivá v leteckej doprave.
- Zdieľaná doprava.
- Pravidlá udržateľného cestovania pre služobné cesty a mobility.

V rámci pracovného balíka KPB2 bolo STU **zodpovedné** za vytvorenie nasledovného výstupu:

- **Výstup č. 11:** Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU .

Okrem toho STU prispievalo do nasledovných dvoch výstupov:

- Výstup č. 12: Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu (ÚMMS SAV).
- Výstup č. 13: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU (SFÉRA, a.s.).

V rámci pracovného balíka **KPB2 – Návrh opatrení**, zastávalo STU kľúčovú úlohu v dvoch aktivitách. Prvou z nich bolo pripomienkovanie výstupov č. 14, 15, 16 a 17, v ktorých boli zohľadnené navrhované opatrenia a ich vplyv na STU a na dosiahnutie uhlíkovej neutrality v 2050. Druhá úloha bola vytvoriť záverečnú správu, v ktorej sú zhrnuté všetky poznatky dosiahnuté počas realizácie projektu. K tejto aktivite patril výstup č. 18, za ktoré bolo STU zodpovedné:

- **Výstup č. 18:** Záverečný report.

3.3.2. SFÉRA a.s.

Partner SFÉRA, a.s., realizoval práce na pracovných balíkoch KPB1 Analýza spotreby, KPB2 Návrh opatrení, KPB3 Posúdenie opatrení. V rámci pracovného balíka **KPB1 Analýza spotreby**, boli spoločnosťou SFÉRA, a.s., vytvorené nasledujúce výstupy:

- **Výstup č. 8:** Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU.
- **Výstup č. 9:** Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie.
- **Výstup č. 10:** Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov STU.

V rámci pracovného balíka **KPB2 Návrh opatrení**, bola spoločnosť SFÉRA, a.s., zodpovedná za vytvorenie nasledujúceho výstupu:

- **Výstup č. 13:** Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU.

Okrem uvedených výstupov prispievala spoločnosť SFÉRA, a.s., v rámci balíka KPB2 do ďalších dvoch výstupov projektu:

- Výstup č. 6: Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov (STU).
- Výstup č. 11: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU (STU).
- Výstup č. 12: Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu (ÚMMS SAV).

V rámci pracovného balíka **KPB3 Posúdenie opatrení**, boli spoločnosťou SFÉRA, a.s., vytvorené nasledujúce výstupy:

- **Výstup č. 14:** Ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení.
- **Výstup č. 15:** Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení.
- **Výstup č. 17:** Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení.

Kontribúcia spoločnosti SFÉRA, a.s., na aktivitách projektu prebiehala formou odbornej podpory pri analýze spotreby, návrhu úsporných a dekarbonizačných opatrení a ich následnom posúdení. Partner sa podieľal na zbere a vyhodnocovaní údajov o energetických vstupoch, identifikácii zdrojov emisií, výpočte uhlíkovej stopy a hodnotení energetickej účinnosti vybraných objektov, pracovísk a dopravných prostriedkov STU. Následne pripravil návrhy technických a organizačných opatrení zameraných na zníženie emisií skleníkových plynov a energetickej náročnosti. V rámci podpory

vzdelávacieho programu zameraného na znižovanie emisií skleníkových plynov prostredníctvom zmeny správania jednotlivcov SFÉRA, a.s., pripravila školenie vo virtuálnej realite. V ďalšej fáze boli posúdené očakávané dopady navrhnutých opatrení, aktualizované energetické bilancie a emisné výpočty a spracované výstupy potrebné pre záverečné vyhodnotenie projektu. Súčasťou kontribúcie bola aj podpora publicity projektu, aktualizácia webových informácií a zdieľanie výstupov v súlade s požiadavkami projektu. V priestoroch SFÉRA, a.s., je umiestnený informačný plagát o projekte. Informácia o projekte a jeho spolufinancovaní Európskou úniou je uvedená na nasledujúcich webových stránkach:

- <https://www.sfera.sk/sk/referencie/vyskum-a-vyvoj/>,
- <https://www.sfera.sk/en/references/research-and-development/>
- <https://rebecca.sk>.

3.3.3. ÚMMS SAV

Ústav materiálov a mechaniky strojov Slovenskej akadémie vied sa aktívne podieľal na implementácii projektu účasťou na všetkých troch pracovných balíkoch.

V rámci pracovného balíka **KPB1 Analýza spotreby** bol hlavným príspevkom kolektívu ÚMMS SAV účasť na vzdelávacom programe KLIMENT, kde členovia riešiteľského kolektívu pôsobili ako lektori a pomohli pri príprave materiálov. Čo sa týka konkrétnej kontribúcie, ÚMMS SAV **prispievalo** do nasledovného výstupu:

- Výstup č. 5: Vzdelávací program a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality (STU).

V rámci pracovného balíka **KPB2 Návrh opatrení** bol partner projektu ÚMMS SAV **zodpovedný** za vytvorenie nasledujúceho výstupu:

- **Výstup č. 12:** Konceptia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu.

Okrem uvedeného ÚMMS SAV **prispievalo** do nasledovných výstupov:

- Výstup č. 6: Report o priebehu realizácie vzdelávacieho programu na zníženie emisií skleníkových plynov zmenou správania jednotlivcov (STU).
- Výstup č. 11: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU (STU).
- Výstup č. 13: Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU (SFÉRA, a.s.).

V rámci aktivít týkajúcich sa uvedených výstupov boli kolektívom ÚMMS SAV navrhnuté nasledovné opatrenia:

- Komplexná úprava a modernizácia VZT jednotiek pre implementáciu tepelných úložísk CTES/TES a rekuperácie tepla na zabezpečenie vykurovania, ohrevu, ako aj chladenia: časť športový uzol + bazén (Úprava a prepojenie VZT jednotiek s krátkodobým a dlhodobým ukladaním tepla a TES).
- Opatrenia na zníženie energetickej spotreby primárnych energií ofsetom vykurovania UK splitovými jednotkami inštalovanými na poschodiach blokov B a C v prechodnom období pomocou BMS.
- Spoločensko-energetické správanie ako dekarbonizačné opatrenie na zníženie emisií skleníkových plynov v spotrebe energii FEI STU.

- Komplexná modernizácia VZT pre implementáciu CTES/TES, TES, časť PCM úložiská DTES.
- Úprava, riadenie a optimalizácia prevádzky žalúzií a riadenia tokov solárnych tepelných ziskov.
- E3- BTES 40 vrtov s TČ - TES v poloochránenom masíve Weekly medium term a Seasonal TES.
- Energetický manažment budovy ako dekarbonizačné opatrenie na zníženie emisií skleníkových plynov v spotrebe energii FEI STU.
- Inštalovanie fotovoltickej elektrárne na zvyšné voľné plochy za účelom zníženia emisií skleníkových plynov skrz zníženie energetickej náročnosti chladenia a nabíjania elektromobilov.

V rámci pracovného balíka **KPB3 Posúdenie opatrení** bol ÚMMS SAV **zodpovedný** za vytvorenie nasledujúceho výstupu:

- **Výstup č.16:** Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku.

Okrem uvedeného ÚMMS SAV **prispievalo** v rámci pracovného balíka KPB3 do nasledovného výstupu:

- Výstup č. 7: Vyhodnotenie vzdelávacieho programu a metodika vzdelávania k zmene správania jednotlivcov pre dosiahnutie klimatickej neutrality (STU).

Kontribúcia na aktivitách projektu prebiehala aj formou aktívnej účasti na projektových stretnutiach, a taktiež vytvorením niekoľkých publikačných výstupov, čím významne prispela k dosiahnutiu merateľných ukazovateľov projektu.

3.3.4. T-Industry, s.r.o.

T-Industry ako partner nebol zodpovedný priamo za žiadne projektové výstupy, ale sa zapájal do technickej realizácie niekoľkých výskumných aktivít. Bol zrealizovaný návrh a vývoj experimentálneho senzoru kvality ovzdušia, ktoré zabezpečuje nepretržité meranie environmentálnych parametrov ako teplota, vlhkosť, VOC NO_x CO₂ a podobne. Tieto snímače boli nainštalované v Laboratóriu vysokých napätí FEI STU na Technickej ulici v Bratislava a prebieha kontinuálny zber údajov. Celkovo bolo nainštalovaných 14 ks experimentálnych senzorov kvality ovzdušia. Okrem toho vykonávali pracovníci spoločnosti T-Industry s.r.o., merania tepelného čerpadla resp. FVE panelov a podieľali sa na implementácii priameho merania spotreby zemného plynu v kotolni. Taktiež sa podieľali na inštalácii a zbere údajov v objekte ÚMMS SAV. Pre efektívny manažment dát bolo navrhnuté, vyvinuté a sprevádzkované interné cloudové riešenie s online databázou meraní, vrátane grafických a tabuľkových prehľadov aktuálnych a historických hodnôt (Grafana). Do tohto systému boli doplnené a hromadne importované meteorologické údaje LVN. Čo sa týka konkrétnej kontribúcie, spoločnosť v rámci pracovných balíkov KPB1, KPB2 a KPB3 prispievala do nasledovných výstupov projektu:

- Výstup č. 8: Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU (SFÉRA, a.s).
- Výstup č. 9: Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov na úrovni organizácie (SFÉRA, a.s).
- Výstup č. 10: Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov (SFÉRA, a.s).
- Výstup č. 12: Koncepcia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu (ÚMMS SAV).

- Výstup č. 16: Vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku (ÚMMS SAV).

3.4. Dosahovanie míľnikov projektu

Míľniky v projektovom riadení sú významné body alebo udalosti v rámci životného cyklu projektu, ktoré signalizujú pokrok projektu a slúžia ako vodítko pre projektový tím. Implementácia projektu REBECCA je charakterizovaná 4 čiastočne sa prekrývajúcimi míľníkmi, ktoré sú znázornené v Tab. 20. Každý míľnik je napojený na konkrétny pracovný balík projektu a jeho dosiahnutie je podmienené dodaním príslušného výstupu. Prvý míľnik projektu bol naviazaný na dodanie výstupov č. 8, 9 a 10. Keďže uvedené správy boli dodané v 9. a v 12. mesiaci realizácie projektu, míľnik č. 1 bol dosiahnutý v 12. mesiaci realizácie. Míľnik č. 2 bol naviazaný na výstup č. 11, ktorý bol dodaný v 25. mesiaci, preto tento míľnik považujeme, že bol dosiahnutý v 25. mesiaci projektu. Míľnik projektu č. 3 bol naviazaný na dodanie výstupov č. 12 a 13. Keďže obe správy boli dodané v 25. mesiaci realizácie projektu, míľnik č. 3 bol dosiahnutý v 25. mesiaci projektu. Posledný míľnik projektu bol naviazaný na dodanie výstupu č. 18, ktorý sa uskutočnil v 25. mesiaci realizácie, preto aj míľnik č. 4 bol dosiahnutý v 25. mesiaci realizácie projektu. Je možné skonštatovať, že všetky míľniky boli dosiahnuté: 1 a 4 podľa plánu a ostatné s čiastočným oneskorením, ktoré však nespôsobilo problémy pri implementácii.

Tab. 20 Zoznam míľnikov projektu

Číslo míľnika	Slovný opis	Pracovný balík	Spôsob overenia	Dodanie
1.	Zistenie a vyhodnotenie súčasného stavu spotreby energie a kvantifikácia emisií skleníkových plynov na úrovni vybraných pracovísk a objektov STU	KPB1	- Základná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU (výstup č. 8). - Kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk a objektov STU (výstup č. 9). - Vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov (výstup č. 10).	✓ Dodané M9 ✓ Dodané M12 ✓ Dodané M12
2.	Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v budovách STU.	KPB2	- Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov vo vybraných budovách STU (výstup č. 11).	✓ Dodané M25
3.	Ukončenie pracovného balíka KPB2	KPB2	- Konceptia recyklácie tepla a jej vplyv na celkovú bilanciu skúmaného subjektu (výstup č. 12). - Návrh opatrení na zníženie emisií skleníkových plynov v doprave v rámci STU (výstup č. 13).	✓ Dodané M25 ✓ Dodané M25
4.	Ukončenie pracovného balíka KPB3	KPB3	- Záverečný report (výstup č. 18)	✓ Dodané M25

3.5. Analýza rizík

Podľa niekoľkých verejne dostupných zdrojov, skoro polovica výskumných projektov nedosiahne svoje ciele a viac ako polovica je pozadu za plánom alebo prekračuje rozpočet. Sú to konzekvencie nedostatočného plánovania a rizík, ktoré projektový tím nedokázal dostatočne predvídať a pripraviť sa na ich zmiernenie. V rámci projektu REBECCA boli riziká predpovedané už pri príprave projektového návrhu, kde boli identifikované aj opatrenia na elimináciu rizika. Tieto riziká boli počas implementácie kontinuálne monitorované a tabuľka rizík aktualizovaná. Okrem pôvodných rizík sa počas implementácie vyskytli aj ďalšie, avšak projektový tím dokázal dostatočne a včas reagovať. Súhrn rizík, opatrení a skutočných dopadov znázorňuje Tab. 21. Z tabuľky je jasne vidieť, že napriek výskytu pôvodne predpovedaných a nových rizík, nedošlo k významným problémom v implementácii a všetky plánované výstupy sa podarilo odovzdať v súlade s projektovým plánom alebo s čiastočným oneskorením, preto manažment rizík pri realizácii projektu hodnotíme ako úspešný.

Tab. 21 Tabuľka rizík ku koncu implementácie projektu

Popis rizika implementácie	Typ rizika	Opatrenia na minimalizáciu alebo elimináciu rizika
Kompetenčné riziko: Nedostupnosť kľúčových ľudí v projekte v stanovenom čase. - Pravdepodobnosť: Stredná - Závažnosť: Vysoká	Pôvodné – Predpokladané pred realizáciou	- Návrh opatrenia: Dostatočne včas rezervovať termíny potvrdením účasti všetkých kľúčových ľudí v projekte (v prípade nemožnosti účasti s právom delegovania zástupcu). - Skutočný dopad: Riziko nedostupnosti kľúčových osôb sa počas realizácie projektu neprejavilo v rozsahu, ktorý by významne ohrozil plnenie projektových aktivít. Realizácia projektu a koordinácia medzi partnermi boli zachované a plánované výstupy boli postupne dokončené, pričom pri niektorých výstupoch došlo k čiastočnému časovému posunu.
Organizačné riziko: Nízka alebo žiadna koordinácia interných a externých zdrojov. - Pravdepodobnosť: Nízka - Závažnosť: Nízka	Pôvodné – Predpokladané pred realizáciou	- Návrh opatrenia: Plánovaním pravidelného monitoringu projektu, vrátane interného monitoringu realizovaného manažmentom projektu. - Skutočný dopad: Riziko nedostatočnej koordinácie interných a externých zdrojov sa významnejšie nenaplnilo. Pravidelné projektové stretnutia, priebežný monitoring a operatívna komunikácia partnerov umožnili koordinovať realizáciu jednotlivých aktivít a riešiť vznikajúce problémy bez zásadného negatívneho vplyvu na dosiahnutie cieľov projektu.
Profesionálne riziká: Nedostatočná aplikácia a využiteľnosť výsledkov projektu,	Pôvodné – Predpokladané pred realizáciou	- Návrh opatrenia: Vypracovaný detailný projektový plán zahŕňajúci aj kontinuálny monitoring plnenia

hrozba zastaranosti technológií Neplnenie obsahovej náplne vyplývajúcej z oprávnených oblastí výzvy. - Pravdepodobnosť: Stredná - Závažnosť: Stredná		stanovených úloh, s následným operatívnym riešením identifikovaných rizikových stavov a situácií pri neplnení obsahovej náplne projektu. - Skutočný dopad: Projektový tím postupoval v súlade s návrhom opatrenia, preto výskyt akonkvencie rizika boli minimálne.
Riziko zdrojov: Nedostupnosť dostatočných kapacít na výkon plánovaných úloh - Pravdepodobnosť: Stredná - Závažnosť: Vysoká	Pôvodné – Predpokladané pred realizáciou	- Návrh opatrenia: Včasné plánovanie kapacít na realizáciu plánovaných úloh projektu, alokovanie plánovaných kapacít na určený čas. - Skutočný dopad: Nebol identifikovaný významný negatívny dopad, ktorý by bolo možné priamo pripísať nedostatočnej personálnej kapacite na realizáciu plánovaných úloh. Pri niektorých aktivitách a výstupoch síce došlo k časovým posunom, dostupné podklady ich však spájajú najmä s kvalitou a dostupnosťou vstupných dát a s ďalšími technickými okolnosťami, nie s nedostatkom personálnych kapacít.
Rozpočtové riziko: Prečerpanie alebo недоčerpanie rozpočtu, nesprávne čerpanie a pod. - Pravdepodobnosť: Nízka - Závažnosť: Stredná	Pôvodné	- Návrh opatrenia: Výber skúseného finančného manažéra a pravidelný status reporting s dôrazom na trendy a odchýlky od plánovaných hodnôt v rozpočte. - Skutočný dopad: Rozpočtové riziko zostáva ku dňu vypracovania záverečnej správy relevantné, najmä z pohľadu cash-flow partnerov zo súkromnej sféry, ktorí v čase vypracovania správy nemajú schválenú ani jednu predloženú žiadosť o platbu. Táto situácia predstavuje reálnu finančnú a administratívnu neistotu, avšak ku dňu vypracovania správy nemala zásadný negatívny vplyv na vecné dokončenie projektu. Predpokladá sa, že po ukončení administratívnej kontroly a schválení oprávnených výdavkov dôjde k riadnemu finančnému vysporiadaniu projektu.
Technické riziko č. 1: Komplikovaná dostupnosť a nízka kvalita vstupných dát pre ekonomické analýzy.	Nové - identifikované počas realizácie	- Návrh opatrenia: Pre zníženie kvencie tohto rizika boli pre ekonomické analýzy použité len dáta,

- Pravdepodobnosť: Vysoká - Závažnosť: Stredná		ktoré spĺňali požadované kvalitatívne atribúty. - Skutočný dopad: Dopadom rizika bolo obmedzenie počtu skúmaných objektov STU a časové oneskorenie odovzdávaní výstupov.
Sociálne riziko: Udržateľnosť zmeny správania jednotlivcov dotknutých vzdelávacím programom KLIMENT - Pravdepodobnosť: Stredná - Závažnosť: Stredná	Nové - identifikované počas realizácie	- Návrh opatrenia: Pre zníženie tohto rizika bude naďalej vedený dialóg s účastníkmi vzdelávacieho programu. Webstránka a sociálne siete budú naďalej aktívne využívané. - Skutočný dopad: Dopad toho rizika bude možné analyzovať až po ukončení projektu.
Technické riziko č. 2: Nedostatočná kapacita dátového úložiska pre zber dát z IoT senzorov - Pravdepodobnosť: Stredná - Závažnosť: Stredná	Nové - identifikované počas realizácie	- Návrh opatrenia: Pre zníženie tohto rizika boli dáta z IoT zariadení ukladané z časti na serveri FEI STU a z časti na serveri spoločnosti T-Industry. - Skutočný dopad: Vzhľadom na rôzne miesta ukladania dát, bol prístup k dátam zložitejší, preto všetky nazbierané dáta nebolo možné komplexne zohľadniť v analýzach.

4 Závery a odporúčania

4.1. Všeobecné závery

Projekt REBECCA - Obnoviteľná energia pre vytvorenie vyváženého ekologického programu znižovania emisií uhlíka, bol realizovaný v rámci Plánu obnovy a odolnosti SR v období 8/2024 – 8/2026 pod vedením Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a so zapojením Ústavu materiálov a mechaniky strojov Slovenskej akadémie vied a spoločností SFÉRA a.s, a T-Industry s.r.o. Hlavným cieľom projektu bolo získať nové komplexné poznatky a postupy na budúcu dekarbonizáciu energetického hospodárstva vybraných univerzitných objektov a pracovísk s cieľom vytvorenia replikovateľného modelu pre podmienky SR. Projekt pozostával z 3 pracovných balíkov, t. j. KPB1 – Analýza spotreby, KPB2 – Návrh opatrení a KPB3 – Posúdenie opatrení. V rámci týchto troch pracovných balíkov bolo realizovaných 14 výskumných úloh a vytvorených 18 priamych výstupov, z ktorých 11 je verejných a dostupných na webovej stránke projektu. Počas realizácie boli vytvorené dve nové pracovné pozície a do realizácie bolo zapojených 8 študentov a mladých výskumných pracovníkov do 35 rokov. Z výstupov boli vytvorené aj publikácie, konkrétne 3 v databázach Scopus alebo WoS, 8 v iných databázach a 20 ďalších publikácií.

Interdisciplinárny vzdelávací program KLIMENT, realizovaný v rámci projektu, úspešne naplnil svoje hlavné pedagogické a výskumné ciele. Program bol úspešne pilotne odskúšaný na referenčnej vzorke študentov a zamestnancov Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Nad rámec pôvodných ambícií bol úspešne adaptovaný a realizovaný aj pre stredné elektrotechnické školy v Bratislavskom kraji. Cieľ nekopírovať štandardné akreditované predmety, ale rozšíriť vedomosti účastníkov o vybrané ekologické, energetické a technologické segmenty, bol plne splnený. Účastníci získali hlbšie porozumenie prínosu OZE, analýzy environmentálnych dopadov, bezpečnosti fotovoltiky, efektívneho osvetlenia, udržateľnej dopravy, ako aj obehového hospodárstva. Stanovený metodický zámer zrealizovať vzdelávanie a kontinuálne ho vyhodnocovať prostredníctvom vstupných a výstupných dotazníkov a online nástroja Slido bol plne dosiahnutý.

V rámci prvého pracovného balíka a aktivity zberu údajov bola vytvorená základná ročná energetická bilancia pracoviska. Hodnotila energetickú náročnosť STU za rok 2024 so samostatným detailným vyhodnotením FEI STU a Laboratória vysokých napätí. Oproti pôvodnému plánu, ktorý predpokladal zber údajov na úrovni celej STU, sa pristúpilo k zberu údajov len pre uvedené objekty. Okrem zberu údajov boli nainštalované aj rôzne merače a IoT zariadenia, ktoré slúžili na získanie dodatočných informácií na hodnotenie stavu budovy a správania jednotlivcov. Následne bola vykonaná kvantifikácia emisií skleníkových plynov vybraných pracovísk, ktorá nadväzuje na predošlú aktivitu a stanovila referenčnú úroveň emisií za rok 2024 pre STU. Cieľom bolo vytvoriť kvantitatívny podklad pre návrh opatrení smerujúcich k znižovaniu environmentálnej stopy a postupnému dosiahnutiu uhlíkovej neutrality. Analýza vychádza z princípov Protokolu GHG, ktorý predstavuje medzinárodne používaný rámec na kvantifikáciu a reportovanie emisií. Základom je kombinácia údajov o činnosti, napr. spotreby elektriny, zemného plynu alebo dopravy, s príslušnými emisnými faktormi.

V ďalšom kroku v rámci druhého pracovného balíka nasledovalo vyhodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov. Táto aktivita nadväzovala na energetickú bilanciu a sústredila sa predovšetkým na to, ako efektívne sa vstupná energia premieňa na využiteľnú energiu v rámci FEI STU a Laboratória vysokých napätí. Hodnotenie zahŕňa nakupovanú elektrinu a teplo, vlastnú výrobu zo zemného plynu, fotovoltiku a energetické využitie pohonných hmôt. Nasledovali návrhy opatrení ktoré sa dajú rozdeliť na tri oblasti, t. j., oblasti opatrení na zníženie

emisii skleníkových plynov v budovách STU, oblasti opatrení na recykláciu tepla a oblastí opatrení na zníženie emisii skleníkových plynov v doprave v rámci STU. Celkovo bolo navrhnutých 25 opatrení a ohodnotených na základe energetickej, finančnej a environmentálnej úspory (v jednotkách CO₂e) a návratnosti.

Po zvážení vplyvu vybraných opatrení bola opäť vykonaná ročná energetická bilancia vybraných pracovísk a objektov STU, tentokrát už so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení. Tento návrh predstavuje modelový stav energetického hospodárstva FEI STU a Laboratória vysokých napätí LVN v roku 2050 po zavedení navrhnutých dekarbonizačných, energetických a environmentálnych opatrení, prezentovaných v predošlých výstupoch. Koncepcia má za cieľ odstránenie fosílnych palív z výroby tepla a dopravy, zvýšenie energetickej efektívnosti, rozvoj OZE, znížovanie množstva odpadu, využívanie dažďovej vody a zmenu správania používateľov budov. Podľa výsledného scenára by spotreba energie klesla oproti roku 2024 na FEI približne o 68 % a v LVN približne o 53 %. Zvyškové emisie by mali dosahovať iba približne 14,68 t CO₂e, pričom by pochádzali najmä z komunálneho odpadu a spaľovania kalov.

Nasledovala kvantifikácia emisii skleníkových plynov vybraných pracovísk STU so zohľadnením dopadov navrhovaných opatrení. Hodnotila predpokladanú emisnú bilanciu FEI STU a Laboratória vysokých napätí LVN v roku 2050 po realizácii navrhnutého súboru dekarbonizačných opatrení. Významnou pridanou hodnotou dokumentu je ukotvenie výpočtu v metodike Protokolu GHG, ktorý patrí medzi najpoužívanjšie medzinárodné rámce na kvantifikáciu a reportovanie skleníkových plynov. Na to nadväzujú aktivity s názvom vytvorenie replikovateľného komplexného modelu dekarbonizácie vybraného celku a hodnotenie úrovne energetickej účinnosti jednotlivých vybraných objektov a dopravných prostriedkov so zohľadnením kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dopadov navrhovaných opatrení. Komplexný model dekarbonizácie predstavuje výpočtové a rozhodovacie prostredie na návrh, simuláciu, vzájomné posudzovanie a postupnú implementáciu energetických opatrení na STU. Metodika vychádza z princípu integrovaného energetického manažmentu a prepája stavebno-fyzikálne vlastnosti budovy, technické zariadenia budov, hygienické a prevádzkové požiadavky, BMS, OZE, akumuláciu energie a prevádzkové režimy. Cieľom modelu nie je iba stanoviť úsporu jednotlivých technológií, ale predovšetkým kvantifikovať ich vzájomné pôsobenie a výsledný energetický, ekonomický a dekarbonizačný efekt celého systému. Posledný technický výstup projektu nadväzuje na predchádzajúce správy a sumarizácie energetických a emisných bilancií. Jeho hlavnou pridanou hodnotou je vyhodnotenie účinnosti budúceho energetického systému FEI STU a LVN po jeho elektrifikácii. Zásadná zmena spočíva v spôsobe výroby tepla. Pôvodný systém pracoval s účinnosťou približne 45 % pri teple z centrálného zásobovania, 84 % pri lokálnej výrobe tepla zo zemného plynu a 54 % pri nakupovanej elektrine. Po navrhovanej transformácii by sa teplo vyrábalo prevažne pomocou tepelných čerpadiel, pričom elektrokotel by slúžil iba na špičkové a záložné vykurovanie.

4.2. Odporúčania

Z priamych výstupov projektu REBECCA vyplýva, že dekarbonizáciu FEI STU je vhodné realizovať ako postupnú transformáciu kampusu na inteligentne meraný, centrálné riadený a energeticky flexibilný systém, nie ako súbor izolovaných technických investícií. Základným princípom má byť najskôr zníženie spotreby energie a optimalizácia prevádzky a až následne dimenzovanie nových energetických zdrojov. Takýto postup znižuje potrebný výkon technológií, investičné náklady aj riziko ich predimenzovania. Súhrnná analýza ukazuje, že opatrenia na strane spotreby môžu významne znížiť potrebu tepla ešte pred výmenou zdroja.

Prvou prioritou by preto malo byť vybudovanie kvalitnej dátovej a riadiacej infraštruktúry. Energetický manažment budovy, BMS, IoT senzory a podružné meranie umožnia sledovať spotrebu na úrovni jednotlivých technológií a priestorov, optimalizovať kúrenie a klimatizáciu, riadiť fotovoltiku, nabíjanie elektromobilov a ďalšie flexibilné spotrebiče a zároveň overovať skutočný efekt realizovaných opatrení. Hoci samotný energetický manažment má relatívne malý priamy emisný prínos, predstavuje technický predpoklad pre viacero ďalších opatrení a správa ho preto označuje za jeden z najdôležitejších prvkov celého systému.

V krátkodobom horizonte majú byť prioritizované najmä opatrenia s vysokým energetickým a ekonomickým efektom: inteligentná regulácia kúrenia a klimatizácie, výmena žiarivkového osvetlenia za LED s riadením a senzormi, optimalizácia tienenia a prevádzky budovy a behaviorálne opatrenia. Až po stabilizovaní a znížení spotreby je vhodné ďalej rozširovať fotovoltiku, využívať odpadové teplo zo serverovni, modernizovať vzduchotechniku a zavádzať vhodné formy akumulácie energie. Výrobu z FVE treba čo najviac prepájať s chladením, tepelnými čerpadlami, nabíjaním elektromobilov a ďalšou flexibilnou spotrebou, aby sa maximalizovala vlastná spotreba obnoviteľnej energie a súčasne znižovali výkonové špičky.

Strategickým dlhodobým krokom je elektrifikácia výroby tepla pomocou tepelných čerpadiel, pričom elektrický kotol má slúžiť najmä na pokrytie špičiek a ako záložný zdroj. Tento krok je však vhodné realizovať až po energetických úsporách, pretože opatrenia na strane spotreby výrazne znižujú požadovaný výkon nového zdroja. Investične náročné opatrenie preto netreba odkladať pre jeho cenu samotnú, ale správne ho zaradiť v poradí po optimalizácii spotreby.

V doprave sa odporúča neorientovať sa iba na technologické riešenia. Veľký potenciál majú organizačné opatrenia, najmä carpooling, zdieľané vozidlá, diferencovaná parkovacia politika a pravidlá udržateľného služobného cestovania. Analýza ukazuje, že takéto opatrenia môžu byť z emisného aj ekonomického pohľadu efektívnejšie než kapitálovo náročné riešenia založené na vodíku alebo nových dopravných technológiách. Technológie ako Power-to-Liquid, vodíkové autobusy, Hydro-VTOL alebo riasová fasáda je preto vhodné vnímať predovšetkým ako výskumné, demonštračné a vzdelávacie projekty, nie ako hlavný nástroj nákladovo efektívnej dekarbonizácie.

Po znížení emisií z energetiky a dopravy sa významnejším zdrojom zvyškových emisií stáva odpadové hospodárstvo. Preto sa odporúča zaviesť odpadový audit, systematické meranie množstva odpadu, kvalitnejšie triedenie, oddelený zber biologického odpadu, reuse a repair systémy a minimalizovať skládkovanie. Opatrenia na využitie dažďovej vody, zelené strechy, priepustné povrchy a dažďové záhrady majú zase význam najmä z pohľadu klimateckej adaptácie, znižovania prehrievania a odolnosti areálu voči suchu a prívalovým zrážkam.

Významnou súčasťou stratégie musí zostať aj vzdelávanie. Program KLIMENT preukázal pozitívny vplyv na porozumenie problematiky, avšak zmena konkrétneho správania nastáva pomalšie. Odporúča sa preto pokračovať v prakticky orientovaných workshopoch, exkurziách, práci s reálnymi energetickými dátami a v opakovaných nadväzujúcich aktivitách. Jednorazové vzdelávanie nestačí na dlhodobú zmenu návykov.

Celkovo by FEI STU mala smerovať k modelu Smart Low-Carbon Campus/Living Laboratory, v ktorom sa najskôr meria a optimalizuje spotreba, následne sa maximalizuje využitie lokálnej obnoviteľnej a odpadovej energie, potom sa elektrifikuje výroba tepla a doprava a napokon sa riešia zostávajúce nepriame emisie. Pred samotnými investičnými rozhodnutiami je zároveň potrebné metodicky zjednotiť emisné faktory, ekonomické predpoklady a referenčné bilancie jednotlivých opatrení a ich reálny efekt po realizácii systematicky overovať meraním.