

AKČNÝ PLÁN MESTA ŠALA PRE ZMIERŇOVANIE A PRISPÔSOBOVANIE SA ZMENE  
KLÍMY (projekt ACC02P06)



# ANALÝZA PRODUKCIE A ABSORPCIE CO<sub>2</sub>

ZHOTOVITEĽ A AUTORI

**Asitis** 

Datum vyhotovení

ASITIS s.r.o., Vážného 99/10, 621 00 Brno

Ing. Jiří Balajka, DrSc.  
Mgr. Lenka Foltýnová  
Mgr. Jan Matouš  
Mgr. Petr Klimeš  
Mgr. Bc. Filip Kratoš

Február 2024



Spoločným úsilím k **zelenej**, **konkurencieschopnej** a **inkluzívnej** Európe

# Obsah

1	Úvod	4
2	Bilancia tvorby skleníkových plynov	5
2.1	Stacionárne zdroje s príkonom > 0.2MWt	6
2.2	Stacionárne zdroje s príkonom < 0.2MWt	9
2.3	Mobilné zdroje	10
2.4	Elektrina a externé teplo	11
2.5	Emisie z manipulácie tuhých odpadov	12
3	Vyjadrenie uhlíkovej stopy	13
3.1	Možnosti dekarbonizácie v meste Šaľa	16
3.2	Vplyv klimatických zmien na zníženie spotreby tepla	17
3.3	Potenciál zníženia tvorby skleníkových plynov zmenou palivového mixu	18
4	Záver	20
5	Úvod k sekvestracii	21
5.1	Sekvestrácia podľa typu rastlín	21
5.2	Hlavné faktory ovplyvňujúce sekvestráciu	22
6	Metodika výpočtu sekvestrácie	25
7	Celková uhlíková bilancia oblasti	26
7.1	Sídlna časť Šaľa (sektor A1 - K2)	26
7.2	Sídlna časť Veča (sektor L1-N)	27
7.3	Medzihrázkový priestor (mestský lesopark)	28
7.4	Lesné porasty pri Váhu a v krajine (bez lesoparku)	29
7.5	Poľnohospodárska krajina	30
7.6	Lúky	31
7.7	Celková bilancia riešeného území katastru obce Šaľa	31
	Príloha 1: Výpočet emisií u stacionárnych zdrojov spaľovania palív >0.2MWt	32
	Príloha 2: Výpočet emisií u stacionárnych zdrojov spaľovania palív <0.2MWt	34
	Príloha 3: Výpočet emisií u mobilných zdrojov spaľovania palív	35
	Príloha 4: Metodika určenia trendov v spotrebe tepla	37
	Príloha 5: Metodika výpočtu merných nákladov zníženia CO <sub>2</sub> ekv	39
	Zoznam obrázkov	42
	Zoznam tabuliek	42

Zoznam tabuliek - prílohy .....	42
Zdroje.....	43
Odkazy .....	43
Nomenklatúra a skratky .....	45

# 1 Úvod

Zmena klímy je jedným z najzávažnejších globálnych problémov našej doby. Prejavuje sa v raste priemernej globálnej teploty, čo spôsobuje nevratné environmentálne zmeny a ohrozuje tak budúcnosť celej ľudskej spoločnosti. Hlavnou príčinou klimatických zmien a otepľovania Zeme je skleníkový efekt spôsobený zvyšujúcou sa koncentráciou skleníkových plynov, ktorých koncentrácia sa podstatne zvyšuje od doby nástupu priemyselnej revolúcie. Tieto plyny absorbujú veľkú časť slnečnej energie a len čiastočne ju uvoľňujú späť do vesmíru, čo je hlavnou príčinou tejto klimatickej zmeny. Práve antropogénne skleníkové plyny vznikajúce z ľudskej činnosti sú hlavnou príčinou zvyšovania teploty a sú celosvetovo stále na vzostupe. Európska Únia ma za cieľ ich produkciu trvale a významne znižovať s víziou uhlíkovo neutrálnej Európy do konca roku 2050.

Existuje naliehavá potreba obmedziť emisie skleníkových plynov v príslušných sektoroch a regiónoch sveta. Odklon od fosílnych palív smerom k nulovým emisiám a obnoviteľným energiám môže z dlhodobého hľadiska pomôcť znížiť uvoľňovanie skleníkových plynov a spomaliť zmenu klímy.

Okrem opatrení na zníženie emisií je nevyhnutné sa zamerať aj na záchyt CO<sub>2</sub> prostredníctvom rastlín a pôdy, efektívneho hospodárenia s krajinou a zlepšovania adaptácie obyvateľstva na zmenu klímy. Požiadavka na dosiahnutie uhlíkovej neutrality vyžaduje opatrenia na zníženie emisií skleníkových plynov a implementáciu adaptačnej politiky na úrovni podnikov aj miestnej samosprávy. Na úspešné formovanie politiky miestneho samosprávneho rozvoja v tejto oblasti je nevyhnutné uskutočniť analýzu aktuálneho stavu a trendu emisií s cieľom zachytiť uhlík v rámci mestskej aglomerácie.

Predmetom tejto štúdie je:

- Bilancia tvorby skleníkových plynov na úrovni katastra mesta Šaľa.
- Vyjadrení uhlíkovej stopy vo vzťahu k ploche mestského katastru ako aj vo vzťahu k počtu obyvateľov.
- Potenciál možného zníženia emisií a analýza možných opatrení.
- Bilancia záchytov uhlíka v rámci katastra obce.
- Analýza absorpcie CO<sub>2</sub> na riešenom území

## 2 Bilancia tvorby skleníkových plynov

Tvorba skleníkových plynov v katastri mesta Šaľa je spojená s nasledujúcimi produkciami skleníkových plynov a ich producentmi.

➤ Stacionárne zdroje

Predovšetkým sú to zdroje, ktoré sú zaradené do databáze NEIS, ktorých príkon je väčší ako 0.2 MWt. Významnú časť predstavujú dodávatelia tepla, a to ak pre vlastnú spotrebu, tak aj do centralizovaného systému zásobovania teplom CZT. Ďalej tam patrí domácnosti a malé prevádzky nezaradené do NEIS.

➤ Mobilné zdroje, ktorými sú cestné vozidla registrované pre okres Šaľa.

➤ Elektrina a externé teplo

Jedná sa o výpočet z emisií prenesených do mesta, čo predstavuje ekvivalent dodávky elektriny z distribučnej siete, tepla alebo pary dodanej mimo stanovené hranice subjektu. V prípade mesta Šaľa je to spotreba elektriny z nadradenej elektrizačnej sústavy.

➤ Emisie z manipulácie tuhých odpadov

Toto členenie vychádza zo štruktúry podkladových zdrojov, ale na druhej strane umožňuje aj vyjadrenie uhlíkovej stopy v súlade s jej metodikou prezentácie.

Postupy výpočtov pre jednotlivé typy zdrojov, ako aj spracovanie vstupných podkladov sú podrobne uvedené v prílohách tejto správy,

Postup spracovania bilancie je nasledovný:

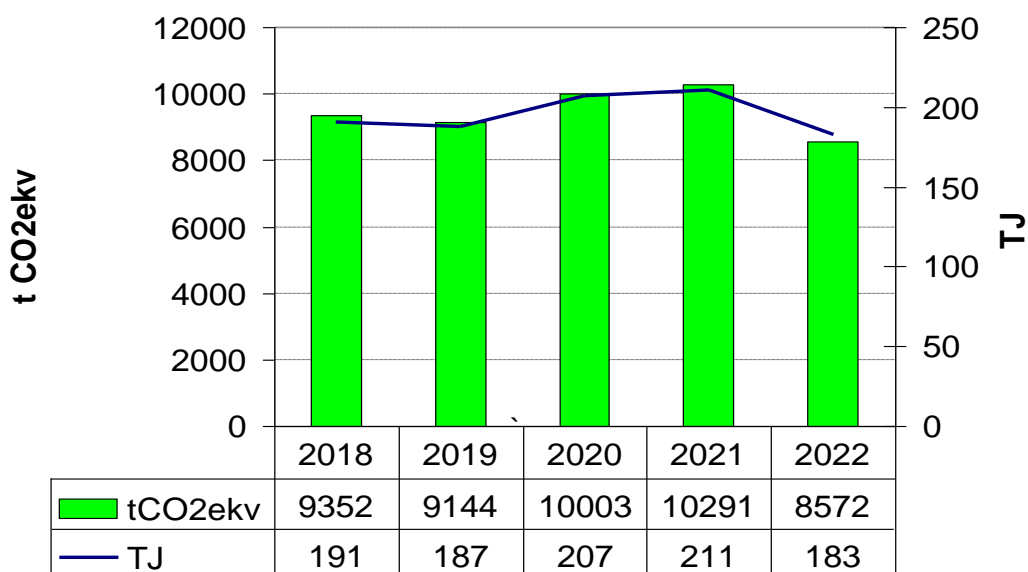
- V prípade stacionárnych zdrojov spaľovania sa vychádza z bilancie spotreby palív a ich emisných faktorov vzťahnutých na energetický obsah paliva. Výsledné emisie sú s použitím faktorov globálneho otepľovania prerátané na alikvotné hodnoty  $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ . Tieto emisie sú priamo alokované na oblasť, kde vznikli.
- V prípade mobilných zdrojov sa vychádza zo štruktúry vozidiel registrovaných v okrese Šaľa. Výpočet je na základe predurčených km bežnej prevádzky pre jednotlivé typy vozidiel a ich emisných faktorov vzťahnutých na km priebehu vozidla. Výsledné emisie nie sú priamo vzťahnuté na okres. Predpokladá sa, že dopravná aktivita, ako aj vlastníctvo vozidiel je spojené s firmami a obyvateľmi mesta.
- V prípade importovaných médií, ako je dodávka elektriny a tepla importovaného z inej lokality, sú emisie definované spotrebou elektriny v MWh, a/alebo tepla v TJ a ich agregovanými emisnými faktormi, tj.  $\text{tCO}_{2\text{ekv}}/\text{MWh}$  resp.  $\text{tCO}_{2\text{ekv}}/\text{TJ}$ . Tieto emisie nevznikli v lokalite katastra mesta, ale ich tvorba je určenou konečnou spotrebou energie v MWh a/alebo TJ v danej lokalite.
- V prípade odpadov je bilancia daná ich produkciou v danej lokalite a emisnými faktormi  $\text{tCO}_{2\text{ekv}}$  (t odpadu).

Tento spôsob bilancie je plne konzistentný s postupom výpočtu uhlíkovej stopy.

## 2.1 Stacionárne zdroje s príkonom > 0.2MWt

Výpočet vychádza zo spotreby palív zo stacionárnych zdrojov, vid' príloha 1. Ako skleníkové plyny tu vystupujú CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O vznikajúce pri spaľovaní palív, ktorými podľa údajov NEIS boli zemný plyn, biomasa, drewná štiepka a slama ako aj motorová nafta a LPG.

V prílohe 1 sú uvedené výsledky výpočtu tvorby jednotlivých skleníkových plynov, ako je vyrátaný aj ich ekvivalent účinku, na globálne otepľovanie vyjadrené ako t CO<sub>2ekv</sub>. Následný obrázok ukazuje priebeh tvorby emisií v rokoch 2018 – 2022. Z obrázku je zrejmé, že emisie sledovali priebeh spotreby palív.



Obr. 1: Priebeh spotreby palív a emisií v období rokov 2018 - 2022

Rozdelenie tvorby emisií v t CO<sub>2ekv</sub> a spotreby palív v TJ podľa sektorov NACE je uvedené v *Tabuľke 1*. Roky 2018 a 2022 predstavujú prvý a posledný rok sledovanej periódy.

Jedným z významných ukazovateľov je agregovaný emisný faktor pre danú skupinu hospodárskej činnosti podľa kategórii NACE - tCO<sub>2ekv</sub> /TJ.

Väčšina údajov sa pohybuje blízko emisného faktoru ZP - 55.7 tCO<sub>2ekv</sub> /TJ, čo svedčí o dominantnom podiele ZP v palivovej zmesi. Iba v prípade sektoru chémia je dominantná spotreba MN. Jedná sa tu o vysunuté pracovisko DUSLO Šaľa. Naopak v sektore energetika (NOM 35) je agregovaný faktor nižší, čo svedčí o významnom podiele biomasy.

Tab. 1: Tvorba emisií a spotreba palív zdrojov s príkonom nad 0.2 MWt

Sektor	NOM	2018			2022		
		TJ	tCO <sub>2ekv</sub>	tCO <sub>2ekv</sub> /TJ	TJ	tCO <sub>2ekv</sub>	tCO <sub>2ekv</sub> /TJ
Poľnohospodárstvo	01	0.87	48.62	55.69	0.07	4.11	55.69
Potraviny	10	8.41	517.10	61.51	13.09	746.37	57.04
Chémia	20	0.01	1.04	74.40	0.01	0.57	74.40
Guma plasty	22	35.23	1 962.05	55.69	23.22	1 293.12	55.69
Elektronika a optika	26	2.32	129.08	55.69	3.28	182.55	55.69
Oprava konštrukcií a strojov	33	3.15	175.16	55.69	2.04	113.84	55.69
Výroba elektriny a tepla	35	114.50	5 057.16	44.17	120.03	5 050.93	42.08
Vodohospodárstvo	36	0.91	50.54	55.69	0.61	35.66	58.68
Stavebníctvo	41	1.32	73.75	55.69	1.83	102.18	55.69
Maloobchod	47	3.96	220.33	55.69	2.97	165.38	55.69
Reštauračné činnosti	56	0.35	19.67	55.69	0.00	0.00	
Nehnutelnosti	68	10.35	576.41	55.69	8.28	461.14	55.69
Prenájom a lízing	77	0.54	30.07	55.69	0.53	29.46	55.69
Administratíva a obchod	82	0.35	19.60	55.69	0.35	19.60	55.69
Školstvo	85	3.57	198.85	55.69	1.92	106.90	55.69
Zdravotníctvo	86	4.89	272.28	55.69	4.66	259.76	55.69
Celkom		190.73	9 351.71	49.03 *	182.89	8 571.57	46.87 *

\* Vážený priemer emisného faktoru za všetky sektory

Pre stanovenie možnosti implementácie opatrení na zníženie emisií je potrebné znáť aj technologickú štruktúru zdrojov. Na základe údajov pre spracovanie projekcií bola rozdelená tvorba emisií a spotreby palív na zdroje energetické pre dodávku tepla a ostatné, čo predstavuje zmes rôznych spotrebičov v prevádzkach.

Tu je ťažko predpokladať možnosť implementácie opatrení na zníženie emisií, ako je napr. zmena palivovej základne a/alebo vplyv zateplenia budov. Preto boli analyzované energetické zdroje. V databáze NEIS sa nachádza pre mesto Šaľa iba kategória 1.1.2, čo sú kotlové zariadenia na dodávku tepla.

Nasledujúca tabuľka ukazuje spotreby a tvorbu CO<sub>2ekv</sub> pre túto skupinu zdrojov.

Tab. 2: Tvorba emisií a spotreba palív zdrojov kategórie NACE 1.1.2 – kotlové zariadenia

Sektor	NOM	2018			2022		
		TJ	tCO <sub>2ekv</sub>	t <sub>ekv</sub> /TJ	TJ	tCO <sub>2ekv</sub>	tCO <sub>2ekv</sub> /TJ
Chémia	20	0.01	1.04	74.40	0.01	0.57	74.40
Guma plasty	22	35.23	1 962.05	55.69	23.22	1 293.12	55.69
Elektronika a optika	26	2.32	129.08	55.69	3.28	182.55	55.69
Oprava konštrukcií a strojov	33	3.15	175.16	55.69	2.04	113.84	55.69
Výroba elektriny a tepla	35	114.50	5 057.16	44.17	120.03	5 050.93	42.08
Vodohospodárstvo	36	0.91	50.54	55.69	0.51	28.43	55.69
Stavebníctvo	41	1.32	73.75	55.69	1.83	102.18	55.69
Maloobchod	47	3.96	220.33	55.69	2.97	165.38	55.69
Reštauračné činnosti	56	0.35	19.67	55.69	0.00	0.00	
Nehnuteľnosti	68	10.35	576.41	55.69	8.28	461.14	55.69
Prenájom a lízing	77	0.54	30.07	55.69	0.53	29.46	55.69
Školstvo	85	3.57	198.85	55.69	1.92	106.90	55.69
Zdravotníctvo	86	4.89	272.28	55.69	4.66	259.76	55.69
Celkom		181.1	8 766.39	48.41 *	169.28	7 794.26	46.04 *

\* Vážený priemer emisného faktoru za všetky sektory

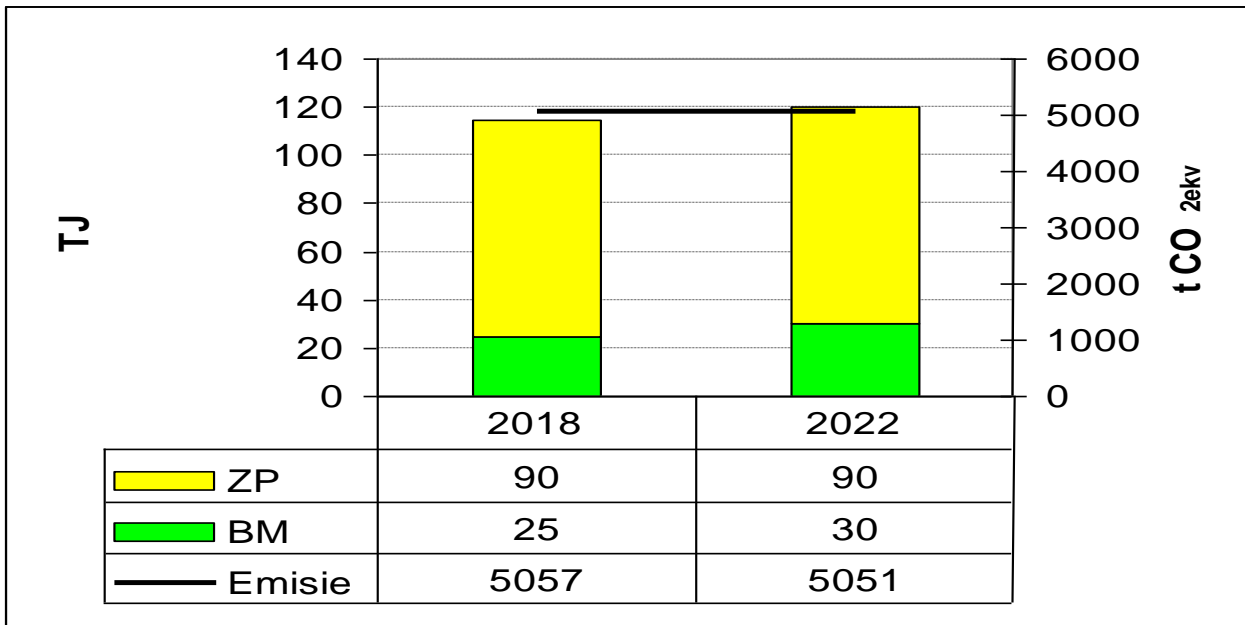
Zo zdrojov na dodávku tepla predstavujú najväčší podiel zdroje NACE 35, čo sú prakticky zdroje na dodávku centralizovaného tepla. Nasledujúca tabuľka 3 udáva bilanciu tvorby CO<sub>2ekv</sub> pre tieto zdroje.

Tab. 3: Bilancie emisií zo zdrojov pre centralizované zásobovanie teplom CZT v meste Šala

prevádzkovateľ	adresa	MWt	Štiepka	Slama	ZP	Štiepka	Slama	ZP
			TJ			tCO <sub>2ekv</sub>		
Rok 2022								
MeT Šala, spol. s r.o.	Kvetná ul.	15.19	0.00	0.00	42.24	0.00	0.00	2 352.53
MeT Šala, spol. s r.o.	Komenského ul.	10.70	0.00	0.00	46.94	0.00	0.00	2 614.09
SPP - distribúcia, a.s.	Kotolňa PS	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
MENERT - THERM, s.r.o.	Pazmáňa 24	8.98	14.22	0.00	0.07	26.60	0.00	3.91
MENERT - THERM, s.r.o.	Kukučínova 6	5.42	6.61	9.52	0.42	12.36	17.80	23.61
Celkom 2022		41.32	20.83	9.52	89.67	38.96	17.8	4 994.16
Rok 2018								
MeT Šala, spol. s r.o.	Kvetná ul.	15.19	0.00	0.00	40.39	0.00	0.00	2 249.48
MeT Šala, spol. s r.o.	Komenského ul.	10.70	0.00	0.00	48.23	0.00	0.00	2 686.13
SPP - distribúcia, a.s.	Kotolňa PS	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
MENERT - THERM, s.r.o.	Pazmáňa 24	8.98	10.64	0.00	0.45	19.89	0.00	25.29
MENERT - THERM, s.r.o.	Kukučínova 6	5.42	3.09	10.79	0.90	5.79	20.18	50.36
Celkom 2018		41.32	13.73	10.79	89.97	25.68	20.18	5 011,27

Tieto údaje sú dôležité pre analýzu budúceho vývoja ako aj pre vyjadrenie uhlíkovej stopy katastra obce Šala. Obrázok nižšie ukazuje porovnanie spotreby palív a tvorby emisií pre roky 2018 a 2022.





Obr. 2: Spotreba palív a tvorba emisií u zdrojov na dodávku tepla

## 2.2 Stacionárne zdroje s príkonom < 0.2MWt

Vzhľadom k lokálnej situácii sa dá predpokladať, že palivom pre tieto zdroje je zemný plyn. Najobjektívnejším prístupom pre analyzovanie by bol výpočet na základe údajov SPP o dodávke plynu pre sledovaný kataster mesta Šaľa, od ktorej by sa odrátala spotreba ZP pre veľké zdroje uvedené v rámci NEIS. Pre tieto malé zdroje, ktoré nie sú zahrnuté do databáze NEIS, neboli v čase spracovania tejto analýzy k dispozícii údaje spotreby palív. SHMU tieto údaje pre jednotlivé obce nereportuje.

Jediné údaje, ktoré boli k dispozícii, boli údaje o spotrebe plynu pre okres Šaľa z energetickej štatistiky ([www.datacube.sk](http://www.datacube.sk)). Dominantnú spotrebu predstavuje podnik Duslo a. s. a jeho spotreba je zahrnutá do údajov zdrojov uvedených v databáze NEIS. V rámci NEIS však sú iba spotreby ZP na spaľovanie, nie ako surovina chemického procesu. Celkovú spotrebu ZP v DUSLO sa podarilo získať zo správ ETS. Odrátaním spotreby ZP v podniku DUSLO a aj spotreby ZP u ostatných zdrojov s príkonom >0.2 MWt na okrese, sa dá dostať získať spotreba ZP pre zdroje <0.2MWt. Pre stanovenie tejto spotreby pre kataster mesta Šaľa bolo potrebné normalizovať spotrebu pre obec na základe počtu obyvateľov. Prevedená bilancia však ukázala nekonzistentné výsledky. Pre rok 2018 vyšla málo pravdepodobná vysoká hodnota, zatiaľ čo pre rok 2022 vyšla hodnota dokonca záporná.

Najlepším spôsobom, ako sa dostať k údajom pre zdroje s príkonom > 0.2 MWt, je postup uvedený v prílohe 2, ktorý odporúčame realizovať. Nakoľko bolo nemožné získať vstupné dáta pre tieto zdroje, nie je bilancia do tejto analýzy zahrnutá.

## 2.3 Mobilné zdroje

V súlade s metodikou aplikovanou v rámci inventarizácie skleníkových plynov v SR – NIR, vychádza výpočet alokácie emisií CO<sub>2ekv</sub> z nasledujúcich vstupných podkladov:

- Údaje o motorových vozidlách pre okres Šaľa za rok 2017
- Variabilné zoznamy rokov 2018 - 2022 obsahujúce údaje o zmenách vozidiel registrovaných v okrese Šaľa
- Ročné priebehy vozidiel (km/vozidlo) z údajov NIR
- Emisné faktory CO<sub>2ekv.</sub> g/km z údajov NIR

Postup spracovania údajov je uvedený v prílohe 3.

Na základe vstupných údajov a postupu uvedenom v prílohe 3 bol stanovený počet základných a relevantných vozidiel a následne predpokladaný trend tvorby emisií pre sledované obdobie.

Tab. 4: Vstupné údaje pre výpočet emisií

Vozidla	EF CO <sub>2ekv</sub> (g/km)	Ročný priebeh [km/auto]	Ročné počty vozidiel					
			2017	2018	2019	2020	2021	2022
Osobné	146,333	10 005	21 815	21 884	21 969	22 082	22 206	22 360
Nákladné autá	392,49	22 636	3 806	3 817	3 823	3 838	3 860	3 875
Autobusy	795,52	32 819	112	113	114	112	112	112
Motocykel	61,23	1 368	1 434	1 445	1 453	1 460	1 488	1 504

Tab. 5: Emisie z dopravy o okrese Šaľa

rok	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	t CO <sub>2ekv</sub>	t CO <sub>2ekv</sub>	t CO <sub>2ekv</sub>	t CO <sub>2ekv</sub>	t CO <sub>2ekv</sub>	t CO <sub>2ekv</sub>
Osobné	31 937	32 038	32 162	32 328	32 509	32 735
Nákladné autá	33 814	33 912	33 965	34 098	34 294	34 427
Autobusy	2 924	2 950	2 976	2 924	2 924	2 924
Motocykel	120	121	122	122	125	126
Celkom	68 795	69 021	69 225	69 472	69 852	70 212

Výsledky sú v súlade s metodikou uplatnenou v rámci NIR, dostupné dáta však nemajú potenciál pre hlbší rozbor dopravnej situácie. Údaje o ročných priebehoch, ako aj emisné faktory, sú stanovené na základe vážených národných priemerov.

Napriek tomu výsledky ukazujú trend tvorby emisií následkom zmeny počtu registrovaných vozidiel.

## 2.4 Elektrina a externé teplo

Tak ako v prípade malých zdrojov neboli v čase spracovania tejto analýzy k dispozícii údaje o množstve elektriny dodanej z distribučnej siete a prípadne aj tepla dodaného z externého zdroja mimo kataster napr. z podniku Duslo Šaľa. Bilancia spotreby elektriny bola spracovaná nasledovne:

- Základným parametrom bola spotreba elektriny v okrese Šaľa
- Od tejto spotreby bola odpočítaná spotreba elektriny v podniku Duslo a. s. na základe podkladov správy o úrovni činnosti
- Podľa podielu obyvateľstva mesta Šaľa bola normalizovaná spotreba elektrickej energie pre mesto
- Pre výpočet bola použitá odporúčaná lokálna hodnota EU pre SR, lebo nebola v čase spracovania k dispozícii merná hodnota tvorby CO<sub>2ekv</sub> na MW hodinu dodanú rozvodným závozom.

Tab. 6: Faktory pre spotrebu elektriny

Emisný faktor	t CO <sub>2ekv</sub> /MWh	
	štandardný	lokálny
Slovensko	0.252	0.353
EÚ-27	0.46	0.578

Nasledujúca tabuľka udáva výpočet tvorby emisií z externých zdrojov t. j. výroby elektriny

Tab. 7: Bilancia ekvivalentu tvorby CO<sub>2ekv</sub> zo spotreby elektriny v meste Šaľa

rok	OKRES	DUSLO	Ostatné	Podiel mesta	Mesto	EFCO <sub>2ekv</sub>	CO <sub>2ekv</sub>
	MWh	MWh	MWh	%	MWh	t/MWh	t
2017	333 035	283 280	49 755	40.55%	20 175	0.353	7 122
2018	275 337	233 352	41 985	40.55%	17 025	0.353	6 010
2019	271 058	235 957	35 101	40.55%	14 233	0.353	5 024
2020	282 258	247 247	35 011	40.55%	14 197	0.353	5 011
2021	241 422	205 210	36 212	40.55%	14 684	0.353	5 183

## 2.5 Emisie z manipulácie tuhých odpadov

V tejto skupine zdrojov sú zahrnuté emisie zo zmieseneného komunálneho odpadu (KO) a bio odpadu, ktorý predstavuje odpad zo záhrad a parkov.

Pre tieto komponenty boli použité nasledujúce emisné koeficienty:

Tab. 8: Emisné faktory pre jednotlivé odpady

BIO Odpad	0.06	kg CO <sub>2ekv</sub> / kg
Zmiesený KO	0.9	kg CO <sub>2ekv</sub> / kg

Údaje o zmiesenom KO neboli pre roky 2018 a 2019 k dispozícii. Pre znázornenie trendu bol vytvorený odhad na základe vývoja odpadu zo záhrad a parkov.

Pre úplnosť bilancie odpadového hospodárstva by mala byť zahrnutá aj bilancia emisií z odpadných vôd, pre ktorú však takisto nie sú k dispozícii údaje.

Nasledujúca tabuľka udáva výsledky výpočtu emisií pre túto skupinu

Tab. 9: Emisie z odpadov

Rok	Odpady zo záhrad a parkov		zmiesený komunálny odpad		Celkom odpady t CO <sub>2ekv</sub>
	t/rok	t CO <sub>2ekv</sub>	t/rok	t CO <sub>2ekv</sub>	
2018	3354	201	5848 *	5264	5465
2019	3329	200	5805 *	5225	5425
2020	2974	178	5147	4633	4811
2021	3083	185	4686	4218	4403
2022	3072	184	4254	3829	4013

\* Množstvo komunálneho odpadu pre roky 2018 a 2019 bolo dopočítané na základe vývoja odpadu z parkov a záhrad.

### 3 Vyjadrenie uhlíkovej stopy

Uhlíková stopa predstavuje intenzívnu veličinu vyjadrenú napríklad pre mestskú komunitu ako pomer tvorby skleníkových plynov GHG voči počtu obyvateľov v danej lokalite alebo na plochu katastrálnej oblasti.

Na úrovni riešeného územia je potrebné sa s ňou zaoberať, pretože:

- dáva jasný obraz o stave emisií a je schopná porovnávať aktivity zamerané na dekarbonizáciu pre jednotlivé mesta, bez ohľadu na ich veľkosť,
- je jedným z parametrov pri žiadosti o podporu aktivít dekarbonizácie z modernizačného fondu alebo iných podobných fondov SR resp. EÚ,
- na rozdiel od lokálnej bilancie tvorby emisií CO<sub>2,ekv</sub> v sebe zahŕňa aj vyjadrenie ekvivalentu emisií vytváraných mimo kataster mesta, ale vyvolaných jeho aktivitou – napr. dodávkou elektrickej energie a tepla zo zdrojov mimo danú lokalitu.
- umožňuje napr. odhaliť aj prenos tvorby emisií na iné subjekty napr. zmenou fosílnych zdrojov na elektrické ohrevy a pod.

Uhlíková stopa – CF (*Carbon footprints*) je rozdelená do troch kategórií:

Scope 1: Výpočet z emisií, ktoré vznikli v danom subjekte t. j. mesto, podnik atď., pre ktorý sa uhlíková stopa (CF) vypočítava.

Scope 2: Výpočet z emisií prenesených do daného subjektu napríklad dodávkou elektriny z distribučnej siete, tepla, alebo pary dodanej mimo stanovené hranice subjektu, v našom prípade mesta Šaľa.

Scope 3: predstavujú výpočet z nasledovných typov emisií:

- Emisie následkom dopravy produktov odberateľmi,
- Emisie z manipulácie tuhých odpadov,
- Emisie z odpadových vôd.

V rámci systému CDP (*Carbon Disclosure project*) bol spracovaný systém, ktorý pomáha miestnym samosprávam a ich mestám podávať správy o svojich environmentálnych aktivitách, sledovať pokrok, porozumieť ich vplyvu a podnikať kroky.

Preto aj tu uvedený postup výpočtu hodnoty uhlíkovej stopy CF vychádzajúci z metodiky systému CDP, ktorý je pre podniky a lokality presne stanovený a zahŕňa celý rad parametrov. Výpočet CF je vyžadovaný napríklad odberateľmi produktov, pričom niektoré podniky v SR už v tomto systéme participujú. Vychádzajúc z metodiky CDP pri stanovení a zahrnutí jednotlivých komponent CF boli do jednotlivých kategórií zaradené nasledovné vyššie vyrátané tvorby CO<sub>2,ekv</sub>.

Scope 1:

- Emisie zdrojov > 0.2MWt zaradených do databáze NEIS.
- Emisie zo spotreby individuálnych zdrojov a domácností. (Tieto neboli do výpočtu započítané, pretože neboli k dispozícii reprezentatívne vstupné údaje).
- Emisie z dopravy spôsobené vozidlami registrovanými pre mesto Šaľa.

Scope 2: Alikvotná tvorba emisií odpovedajúca elektrine dodanej z nadradenej elektrizačnej sústavy do mesta Šaľa.

Scope 3: Emisie z odpadov.

Výpočet bol vzťahnutý na tieto parametre (k 31. 12. 2022):

- Počet obyvateľov v riešenom území je 20.552, pre okres 50.684.
- Katastrálna výmera pre mesto je 44,97 km<sup>2</sup> a pre okres 355,9 km<sup>2</sup>

Nasledovná tabuľka zhrnuje prevedené bilancie CO<sub>2ekv</sub> ako základ pre výpočet uhlíkovej stopy.

Tab. 10: Celková bilancia emisií CO<sub>2ekv</sub>

	2018	2019	2020	2021	2022
Stacionárne zdroje *1	9 352	9 144	10 003	10 291	8 572
Mobilné zdroje *2	69 021	69 225	69 472	69 852	70 212
Externé zdroje *1	7 122	6 010	5 024	5 011	5 183
Odpady *1	201	200	4 811	4 403	4 013

\*1 Údaje pre kataster mesta Šaľa

\*2 Údaje pre celý okres Šaľa

Uhlíková stopa pre jednotlivé skupiny zdrojov bola vypočítaná v presnosti odpovedajúcej získaným dátam, ktoré sa podarilo získať pre riešené územie alebo pre celý okres.

Získané údaje boli základom pre lokálny mestský parameter alebo parameter okresný, podľa toho ako boli emisie bilancované – vid' nasledujúca tabuľka. V nej je stopa vzťahnutá pre stacionárne zdroje (elektrinu a odpady) na lokalitu mesta a pre mobilné zdroje prepočítaná z okresných údajov.

Pokiaľ sa podarí mestu v budúcnosti získať údaje pre zdroje < 0,2 MWt, bude možné alokovať uhlíkové stopy bilancovaných skupín nasledovne:

Scope 1: Všetky stacionárne ako aj mobilné zdroje

Scope 2: Alikvóta CO<sub>2ekv</sub> zo spotreby elektriny v meste Šaľa

Scope 3: Emisie z odpadov

Tab. 11: Uhlíkové stopa tCO<sub>2ekv</sub>/obyvateľstvo

Rok / obyvatelia	Počet obyvateľov	2018	2019	2020	2021	2022
Stacionárne zdroje 1*	20 552	0.455	0.445	0.487	0.501	0.417
Mobilné zdroje 2*	50 684	1.362	1.366	1.371	1.378	1.385
Externé zdroje 3*	20 552	0.347	0.292	0.244	0.244	0.252
Odpady 4*	20 552	0.266	0.264	0.234	0.214	0.195
Celkom	-	2.430	2.367	2.336	2.337	2.250

1\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa,

2\* podľa počtu obyvateľov okresu Šaľa,

3\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa, pričom spotreba MWh bola prerátaná z okresných dát podľa počtu obyvateľov a odrátania spotreby v Duslo Šaľa

4\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa v rokoch 2018 a 2019 odborný odhad

Tab. 12: Uhlíkové stopa tCO<sub>2ekv</sub> / km<sup>2</sup>

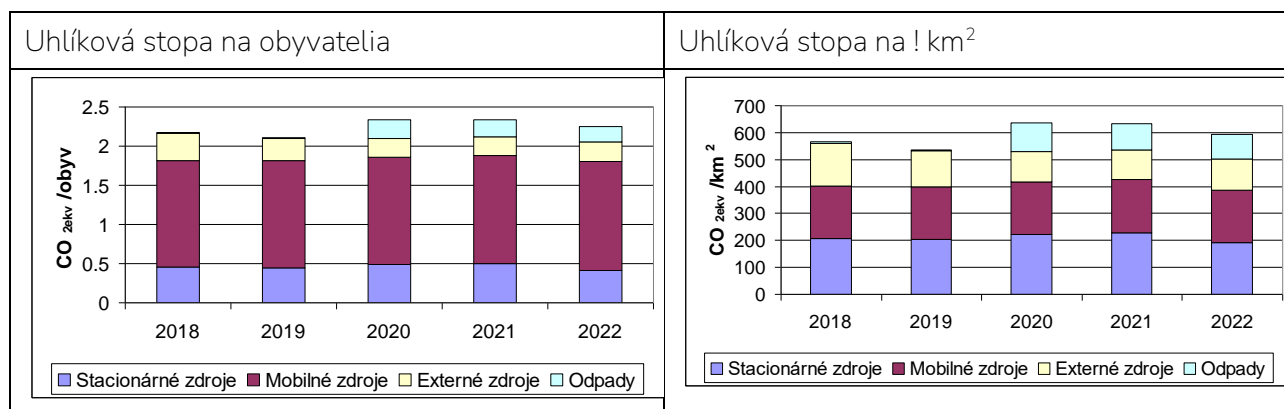
Rok / jednotka	km <sup>2</sup>	2018	2019	2020	2021	2022
Stacionárne zdroje <sup>1*</sup>	44.97	208.0	203.3	222.4	228.8	190.6
Mobilné zdroje <sup>2*</sup>	355.90	193.9	194.5	195.2	196.3	197.3
Externé zdroje <sup>3*</sup>	44.97	158.4	133.6	111.7	111.4	115.3
Odpady <sup>4*</sup>	44.97	4.5	4.4	107.0	97.9	89.2
Celkom		564.7	535.9	636.3	634.4	592.4

1\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa,

2\* podľa počtu obyvateľov okresu Šaľa,

3\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa, pričom spotreba MWh bola prerátaná z okresných dát podľa počtu obyvateľov a odrátania spotreby v Duslo Šaľa,

4\* podľa počtu obyvateľov mesta Šaľa v rokoch 2018 a 2019 odborný odhad



Obr. 3: Uhlíková stopa pre mesto Šaľa

Najnižší podiel na uhlíkovej stope predstavujú odpady. V rámci hodnotenia systému CDP sa tieto emisie zaradujú do Scope 3, čo je viac menej iba informačný údaj.

Nasledujú externé zdroje – pomerná časť emisií zo spotreby elektrickej energie. V tom sa dá očakávať postupne znižujúci sa podiel vtedy, keď sa odstaví výroba elektriny z uhlia a zvýši sa podiel OZE a JE. Preto je potrebné, aby mesto pre budúce bilancie získalo od rozvodného závodu pre každý bilancovaný rok reprezentatívnu hodnotu tohto faktoru.

Relatívne nízky podiel na uhlíkovej stope predstavujú stacionárne zdroje, kde však chýbajú údaje pre zdroje 0.2 MWt. Pre túto skupinu zdrojov sa ďalšia časť analýzy zaoberá hodnotením možnosti dekarbonizácie.

U mobilných zdrojov, kde je hodnota CF najvyššia, bude pre budúce hodnotenie potrebná hlbšia analýza štruktúry vozidiel.

### 3.1 Možnosti dekarbonizácie v meste Šaľa

Z hľadiska perspektívy dekarbonizácie mesta Šaľa je treba brať do úvahy tieto skutočnosti:

- V rámci riešeného k. ú. Šaľa sa nenachádza žiadny významný podnik, kde by sa sústredením vhodných investícií dosiahlo podstatné zníženie emisií CO<sub>2</sub>-ekv.
- Naopak v tesnom susedstve sa nachádza podnik Duslo Šaľa, jeden z najväčších spotrebiteľov zemného plynu a tým dominantný emitent CO<sub>2</sub>.
- Podnik Dusla Šaľa je zaradený do systému ETS, kde sú priame ekonomické stimuly na znižovanie emisií CO<sub>2</sub>, predovšetkým postupne zvyšujúcich sa cien za nákup emisných povoleniek, tak aj postupne znižujúcej sa emisnej kvóty. Preto aj pozornosť na proces dekarbonizácie a prístup prostriedkov na potrebné investície bude v tejto oblasti sústredený na tento podnik.
- Vo vlastnom katastri (860182) nie je podľa posledných údajov NAP zaradený žiadny podnik v ETS a aj kotolňa firmy Mennert s identifikačným. číslom ETS 184 nie je v poslednej edícii NAP uvedená.
- Vyššie uvedená štruktúra spotreby palív v rámci zdrojov > 0.2MWt zaradených do NEIS ukazuje prevládajúci podiel ZP a biomasy.

Pre celoštátne projekcie pre Národné správy UNCCC a Bienal reporty sa aplikujú nasledné scenáre:

Scenár WOM – bez aplikácie opatrení (*without measures*), takisto systém *Business as usual*.

V tomto scenári sa uvažuje s vývojom danými makroekonomickými ukazovateľmi ako aj vplyvom globálneho otepľovania na konečnú spotrebu tepla pre vykurovanie

Scenár WEM – s prijatými opatreniami (*with existing measures*).

V tomto scenári sa uvažuje s opatreniami na strane spotreby - zateplenie apod. a s opatreniami na strane výroby a to hlavne zmenou palivovej základne.

Scenár WAM – s ďalšími opatreniami (*with additional measures*).

Tu sa uvažuje aj s novými, často aj nekonvenčnými opatreniami napr. použitie takzvaného zeleného vodíka ako paliva v stacionárnych a mobilných zdrojoch a v technológiách.

V rámci tejto analýzy nie sú spracované ucelené scenáre nakoľko nemáme relevantné podklady pre definíciu dopytu t. j. konečnej spotreby energie a technologických výrob špeciálne pre tento kataster mesta Šaľa. Namiesto toho sme sa zamerali na nasledujúce analýzy relevantné k technologickej štruktúre energetických zdrojov:

- Analýza vplyvu globálneho otepľovania na konečnú spotrebu tepla.
- Analýza možného potenciálu zníženia emisií cestou zmeny palivového mixu.

Ako ďalšiu možnosť, ktorá by mohla byť aplikovaná v rámci scenára WAM, uvádzame ďalšie nekonvenčné možnosti spolu s ich kritickým zhodnotením.



### 3.2 Vplyv klimatických zmien na zníženie spotreby tepla

Toto hodnotenie bolo implementované do scenárov na celoštátnej úrovni pre jednotlivé kraje SR. Boli použité výsledky štúdie SHMU, ktorá sa v súčasnosti aplikuje pre národné scenáre. V našom prípade sú podklady z tejto štúdie aplikované na energetické zdroje sektoru NACE 35 kategórie 1.1.2 v rámci databázy NEIS, čo v konkrétnom prípade Mesta Šaľa predstavuje zdroje na dodávku centralizovaného tepla.

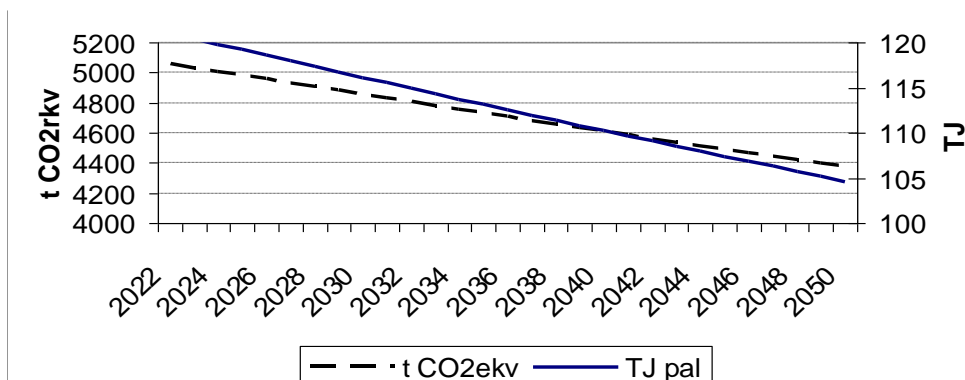
Spotrebu tepla u zdrojov je možné rozdeliť na dve skupiny:

- Teplo využívané v technológii t. j. procesné ohrevy a/alebo procesná para. Tu teplota okolia nehrá podstatnú úlohu.
- Teplo pre vykurovanie a prípravu TUV. Tu bude zrejímavý vplyv otepľovania.

Práve teplo pre vykurovanie bude ovplyvnené postupne zvyšujúcou sa teplotou. To bude mať za následok skracovanie vykurovacej sezóny, ktorá je ovplyvnená priemernou dennou teplotou. Podstatným parametrom pre možnosť vyčíslenia trendov v spotrebe tepla na vykurovanie sú mesačné priemerné teploty *DayGrade DG* pre jednotlivé oblasti SR.

Zvlášť pre systémy centrálného zásobovania teplom CZT platí, že toto vykurovanie je v prevádzke pokiaľ hodnota priemernej teploty je nižšia ako 13°C. Na základe tohto parametru sú v prílohe 4 vypracované predpoklady pre postupné znižovanie dopytu tepla v kraji Nitra, kam patrí aj mesto Šaľa. Nejedná sa o absolútne hodnoty, ale o predpoklady trendov spotreby tepla ako významného parametru pre určenie trendov vývoja emisií CO<sub>2ekv</sub>.

Nasledovný obrázok ukazuje trend postupného znižovania spotreby tepla a tým aj tvorby emisií skleníkových plynov u zdrojov výroby tepla v katastru mesta Šaľa. Vplyvom predpokladaného priebehu otepľovania by mali takto emisie CO<sub>2ekv</sub> pre energetické zdroje NACE 35 poklesnúť v roku 2050 na 86.5%.



Obr. 4: Vplyv otepľovania na spotrebu tepla tvorbu emisií

### 3.3 Potenciál zníženia tvorby skleníkových plynov zmenou palivového mixu

Ako je vyššie popísané, v rámci scenára WEM sa bežne uvažuje so zmenou palivovej základne. Tu je v prípade mesta Šaľa malý priestor pre zmenu palivovej základne vzhľadom k vysokému podielu ZP. Ako jediná zmena je použitie biomasy. Preto v rámci tejto štúdie sme previedli hodnotenie technického potenciálu zvýšenia podielu biomasy ako aj príklad ekonomického hodnotenia tejto zmeny palivovej základne zo ZP na biomasu. Zmenu palivového mixu môžeme z technického hľadiska predpokladať u zdrojov kategórie NEIS 1.1.2. U ostatných zdrojov by sme museli znáť reálne technické aplikácie, a preto ich do tejto analýzy nezahrnujeme.

Ako prvý krok k informácii o uplatnení biomasy v meste Šaľa sme stanovili technický potenciál zvýšeného uplatnenia biomasy u energetických zdrojov, a to náhradou ZP drewnou štiepkou.

Nasledovná tabuľka ukazuje výpočet tohto potenciálu a dosiahnutú úsporu CO<sub>2</sub>ekv.

Tab. 13: Bilancia náhrady ZP drewnou štiepkou

	Palivo	Teplo	CO <sub>2</sub> ekv	
	TJ	TJ	t	t/TJ tepla
Štiepka	21.72	16.29	40.62	2.49
Slama	9.517	7.14	17.80	2.49
MN	0.008	0.01	0.57	87.53
ZP	138.9	126.42	7736.93	61.20
Celkom	170.2	149.86	7795.92	52.02
Stav po nahradení ZP drewnou štiepkou				
Štiepka	190.3	142.71	355.83	2.49
Slama	9.517	7.14	17.80	2.49
MN	0.008	0.01	0.57	87.53
ZP	0	0.00	0	0
Celkom	199.8	149.86	374.20	2.50
Úspora emisií			7421.73	

Zmena paliva zo zemného plynu na spaľovanie štiepky však vyžaduje investíciu nového kotla na spaľovanie biomasy. V každom prípade je možné konštatovať, že vyššie uvedená bilancia ukazuje iba maximálny technický potenciál. V skutočnosti sa podniky v rozhodnutí o náhradu ZP biomasou budú rozhodovať na základe nasledujúcich kritérií:

- Ekonomická výhodnosť investície nového kotla na biomasu spolu s pomerom palivových nákladov na ZP a štiepku.
- Disponibilita štiepky alebo inej biomasy v danej lokalite.
- Legislatívne a ekonomické obmedzenia tvorby emisií, napr. cestou uhlíkovej dane.
- Zvyšková životnosť inštalovaných kotlov na ZP.

V prílohe 5 je uvedený príklad tohto hodnotenia cestou výpočtu merného zníženia nákladov na 1t CO<sub>2</sub>ekv za dobu životnosti projektu. Pri uplatnení vstupných parametrov vychádza cena dekarbonizácie 106 EUR / tCO<sub>2,ekv</sub>, čo je relatívne vysoká cena, ale viac-menej leží v intervale predpokladanom EU pre nasledovné roky: Rok 2040: 85,- EUR/tCO<sub>2,ekv</sub>, rok 2045: 130,- EUR/tCO<sub>2,ekv</sub>

Výsledná hodnota ceny zníženia je veľmi citlivá na pomer cien palív spolu s ich časovým priebehom, ako aj na investičné náklady. Veľkú rolu tu hrá aj menovateľ tohto výpočtu, čo je objem zníženia emisií. Tento by bol podstatne vyšší napríklad pri uhlí ako pri palive v základnom scenári.

Okrem konvenčných postupov pre obmedzenie emisií CO<sub>2,ekv.</sub>, ako je zatepľovanie budov a riadenie procesu distribúcie centralizovaného tepla a vyššie spomenutej zmeny palivovej základne, pozornosť stále viac smeruje k OZE. Okrem použitia biomasy je to:

- Geotermálna energia, ktorá sa v tejto nachádza
- Tepelné čerpadla
- Fotovoltaika a veterné elektrárne

Posledné dve možnosti sa vzťahujú na dodávku a spotrebu elektrickej energie. Inštalácia fotovoltaiky a veterných elektrární je ovplyvnená obmedzeniami prepojenia vyrobenej elektrickej energie s nadradenou elektrizačnou sústavou. Ďalším obmedzením sú plochy pre ich výstavbu a zásah do krajiny.

Okrem biomasy predstavuje vodík čisté palivo pokiaľ bol vyrobený bez účasti fosílnych palív ako napr. elektrolýzou napájanou z OZE alebo JE. Použitie zeleného vodíka však môže mať väčší účinok u veľkých podnikov s vyškoleným technickým personálom.

Dokumentovať to môžeme napr. na podniku Duslo Šaľa, kde hlavnými výrobnými produktami sú amoniak a kyselina dusičná, ako komponenty pre výrobu umelých hnojív. Všetky základné komponenty je technicky možné vyrobiť aj bez pomoci fosílnych palív (tu zemného plynu). Takéto aplikácie už na rôznych miestach s lacným zdrojom elektrickej energie vo svete existujú. Postup je nasledovný:

- Elektrolýzou vody sa vyrobí vodík a kyslík  $2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
- Nízkoteplotnou rektifikáciou so zo vzduchu oddelí dusík a kyslík
- Zlučováním vodíka a dusíka sa vytvorí amoniak  $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 = 2 \text{NH}_3$
- Oxidáciou amoniaku sa vyrobí kyselina dusičná  $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Plným alebo čiastočným riešením pomocou navrhovaného postupu by došlo k úspore zemného plynu a zníženiu tvorby emisií, ktoré prevyšujú emisie zo stacionárnych zdrojov v rámci mestského katastru.

## 4 Záver

Bilanciu emisií CO<sub>2ekv</sub> môžeme hodnotiť nasledovne:

- Najviac dôveryhodnými vstupnými údajmi sú spotreby palív pre zdroje > 0.2 MWt, ktoré predstavujú skupinu zdrojov priamo alokovaných v katastri obce Šaľa. Spomenuté údaje slúžia pre výpočet emisií ZZL, a preto sú aj vhodné pre bilanciu emisií CO<sub>2ekv</sub>. Jedná sa tu o podniky, z ktorých najväčší podiel predstavujú energetické zdroje pre dodávku tepla. Na druhej strane, žiadny zo zdrojov tejto skupiny, už nie je dnes zaradený do ETS, a preto sa tu nebude prejavovať tlak zvýšených cien emisných povoleniek. Jedná sa tu o skupinu zdrojov, kde je potrebné prijať opatrenia na zníženie emisií uhlíka. Preto boli tieto zdroje podrobené analýze možností ďalšieho odbúravania uhlíka.
- Pre zdroje < 0.2 MWt neboli k dispozícii dostatočné údaje a jediný spôsob spracovania tejto skupiny zdrojov je navrhnutý v prílohe 2. Do tejto skupiny by patrila aj spotreba ZP pre zariadenia MU Šaľa, ale emisie zo spaľovania v tejto skupine zdrojov predstavujú iba 6.7% emisií pre skupinu zdrojov > 0.2 MWt. Je dôležité zahrnúť túto skupinu opatrení do bilancie a hodnotenia dekarbonizácie pri ďalšom spracovaní. Je dôležité zahrnúť túto skupinu opatrení do bilancie a hodnotenia dekarbonizácie pri ďalšom spracovaní.
- Pre mobilné zdroje bola určujúca databáza dát pre okres Šaľa, čo je dôvodom, že tu vychádza vyššia hodnota emisií ako pre zdroje > 0,2MWt. Aj pri výpočte uhlíkovej stopy normalizovanej na počet obyvateľ a/alebo km<sup>2</sup> je uhlíková stopa pre túto skupinu najvyššia. Pri spracovaní sa vychádzalo z dostupnej databáze, kde kategorizácia zdrojov neodpovedala podrobnejšej kategorizácii zdrojov v rámci NIR. Preto boli na výpočet použité vážené priemery parametrov pre vybrané skupiny zdrojov. V prílohe správy je navrhnutý postup ako túto bilanciu zlepšiť tak, aby reflektovala zmeny štruktúry zdrojov na elektrifikáciu dopravy a zmenu počtu vozidiel v jednotlivých kategóriách.
- Pre tvorbu CO<sub>2ekv</sub> odpovedajúcej spotrebe elektriny sa použili okresné dáta, ktoré boli upravené s ohľadom na spotrebu elektriny v Duslo a normalizované podľa počtu obyvateľov na mesto Šaľa. V prílohe je uvedené odporúčanie na zlepšenie tohto postupu aj s ohľadom na zmenené merané emisie na 1 MWh elektriny dodanej zo siete. Táto zmena bude súvisieť s odstávkou výroby elektriny z uhlia a väčšieho podielu OZE a JE na jej výrobe. Preto tu je potrebná spolupráca s distribučným závädom pre dodávku elektriny do mesta.
- Otázku odpadov berieme v trendoch čiastočne ako ilustratívnu, lebo neboli k dispozícii údaje pre celú sledovanú periódu. Tie boli (za roky 2018 a 2019) doplnené na základe odborného odhadu.

## 5 Úvod k sekvestracii

Rastliny, na rozdiel od zvierat môžu viazať anorganický uhlík získaný z atmosféry do svojich orgánov. To z nich robí dôležitých pomocníkov v boji proti zmene klímy, pretože uhlík vo forme CO<sub>2</sub> v atmosfére pôsobí ako skleníkový plyn: neprenáša odrazené slnečné žiarenie zo zemského povrchu späť do vesmíru, ale uzamkne túto energiu v atmosfére a tým spôsobuje zahrievanie celého povrchu Zeme.

Viazanie uhlíka uvoľňovaného spaľovaním fosílnych palív späť do biomasy rastlín pomôže tento proces spomaliť.

Aby sme mohli optimalizovať využitie krajiny z hľadiska hospodárenia a súčasne maximalizovať žiaduce ukotvenie atmosférického uhlíka do biomasy (sekvestrácia), musíme najprv poznať súčasný stav vecí. To sa vykonáva výpočtom uhlíkovej bilancie jednotlivých druhov porastov a rastlín.

### 5.1 Sekvestrácia podľa typu rastlín

#### Sekvestrácia uhlíku bylinami

Trávniky, ktoré sú zvyčajne plytko zakorenené, sú náchylnejšie na stres spôsobený suchom. V prípade sucha veľmi skoro uzatvárajú prieduchy a obmedzujú fotosyntetické procesy do tej doby, kým sucho nezmizne. To sa stane spravidla ráno a večer, byliny však už nemôžu využiť slnko ako zdroj energie pre fotosyntézu v maximálnej mierke. Naproti tomu respirácia pôdy nie je toľko závislá na dostatku pôdnej vlhkosti, ale predovšetkým na teplote a koná sa prakticky neustále. V dôsledku týchto procesov prebieha u luk a trávnikov v lokalitách s nižšími úhrny zrážok uvoľňovanie uhlíka do atmosféry namiesto žiaducej sekvestrácie. Ďalším podstatným efektom znižujúcim mieru sekvestrácie je kosenie. Odstránenie zelených orgánov rastlín výrazne znižuje možnosť ich fotosyntézy a týmto sa opäť znižuje celková bilancia sekvestrácie uhlíka. Súčasne sa kosením v období najväčšieho sucha odstráni izolačná vrstva, ktorá zamedzuje vysychaniu a otepľovaniu pôdy cez deň. Táto situácia sa dá ovplyvniť voľbou druhového zloženia rastlín s uprednostnením bylín s hlbšími koreňmi.

Celková uhlíková bilancia trávnych porastov v suchších a teplejších oblastiach sa pohybuje okolo 0 kg(CO<sub>2</sub>)/ ha / rok (neutrálna bilancia).

V závislosti na intenzite kosenia a vodnej bilancii môže dochádzať aj k uvoľňovaniu uhlíka do atmosféry. Preto je veľmi žiaduce rastliny počas najsuchších období vegetačnej sezóny zavlažovať a vyhnúť sa koseniu cez vrcholné leto, keď rastliny v dôsledku nedostatku vody nezvládnu zregenerovať svoju listovú plochu.

#### Sekvestrácia uhlíku poľnými plodinami

*Uhlíková bilancia poľných plôch dosahuje 0 - 1800 kg(CO<sub>2</sub>)/ ha / rok v závislosti na plodine a managementu obhospodarovania. V celkovej bilancii pre riešená území sa nezahrnuje sekvestrácia do nadzemnej časti rastlín, ktorá je spravidla z ekosystému odobraná a odvezená pre ďalšie využitie (výnos plodín, slama, odpadná biomasa), v dôsledku čoho je sekvestrovaný uhlík vrátený späť do obehu. V prípade, že sa nadzemné časti plodín spracovávajú a ďalej využívajú v riešenom území, je možné množstvo sekvestrovaného uhlíka odhadnúť z výnosov, ktoré sú spravidla známe.*

Holá pôda nemá sekvestráciu a naopak uhlík produkuje, pričom dosahuje strát až 1800 kg(CO<sub>2</sub>)/ ha / rok. Pôdna respirácia veľmi závisí na teplote, preto je potreba predovšetkým v oblastiach s vyššími teplotami minimalizovať množstvo takých plôch bez vegetácie.

#### Sekvestrácia uhlíka prostredníctvom drevín

V porovnaní s trávnatým porastom, dreviny prakticky nikdy nedosiahnu zápornej ročnej uhlíkovej bilancie. Miera sekvestrácie je opäť veľmi závislá na konkrétnych meteorologických podmienkach daného územia. Staršie dreviny do seba ukladajú (sekvestrujú) o veľa viac ako mladšie.

Miera sekvestrácie je priamo závislá na veľkosti stromov, pričom je treba počítať s tým, že s rastúcim vekom drevín obvykle dochádza k spomaleniu ich rastu. Na pamäti je treba mať, že:

- Sekvestrácia je efektívnejšia u lesných porastov, než u solitérov
- Dreviny sekvestrujú efektívnejšie vo zmiešanej druhovej skladbe stromov než monokultúry

Lesné ekosystémy obvykle sekvestrujú v závislosti na ich type medzi 10 000- 25 000 kg(CO<sub>2</sub>)/ ha / rok.

#### Pôdna respirácia

Pôdna respirácia je proces, ktorý sa nedá zastaviť ani príliš ovplyvniť. Jedná sa o uvoľňovanie CO<sub>2</sub> späť do atmosféry v dôsledku rozkladu odumrelej biomasy pôdnymi mikroorganizmami. Tento proces rozkladu je potrebný, lebo bez neho by pôda nemohla plniť svoju funkciu. Respirácia je veľmi závislá na teplote a čiastočne aj na pôdnej vlhkosti. Tento proces nie je možné vo výpočtoch zanedbať, lebo dosahuje vysokých hodnôt.

## 5.2 Hlavné faktory ovplyvňujúce sekvestráciu

#### Jarné sucho

Ak nastane sucho v období zakladaní nových vodivých pletív drevín, reagujú rastliny zastavením ich tvorby a to sa premietne do obmedzenia ich rastu. Tvorba vodivých pletív je limitovaná množstvom živín, ktoré sa cez pletiva poškodená počas zimy nedostanú od koreňového systému do ostatných orgánov rastliny. Dôsledkom je znížená tvorba listov a menšie prírastky drevnej hmoty. Obnova rastu nastane až potom, keď odznejú stresové podmienky - v tomto prípade sucho.

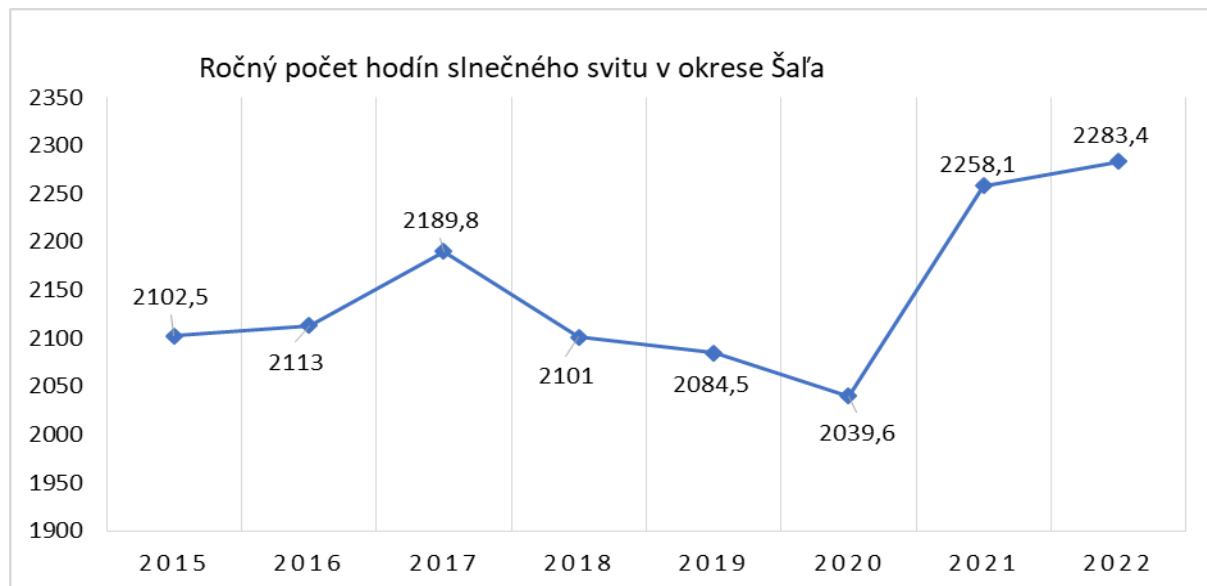
U bylín je situácia kritickejšia. V konečnom dôsledku môže zahynúť celá rastlina, lebo mladé organizmy sú k stresu veľmi náchylné.

#### Letné sucho

Počas leta dochádza k najväčším prírastkom biomasy vďaka optimálnym svetelným podmienkam (dlhé dny, intenzívny slnečný svit). Pokiaľ v tomto období nastane sucho, rastlina privrie alebo úplne zavrie prieduchy, aby obmedzila stratu vody a zamedzila uschnutiu. Sekundárnym dôsledkom je útlm fotosyntézy (prieduchy slúži súčasne ako vstupná brána pro CO<sub>2</sub>). K obnoveniu sekvestrácie dochádza po odznení nepriaznivých podmienok, rastlina však obvykle nie je schopná stratu dohnať. U drevín sa taký stres prejaví zníženým prírastkom drevnej hmoty, u poľných plodín malými výnosmi.

### Nedostatok slnečných dní

Na opačnej strane limitujúcich faktorov stojí dlhotrvajúci nedostatok slnečných dní, keď pretrváva obdobie so zvýšenou oblačnosťou, nízkymi teplotami a dažďom. V takom prípade rastlina, hoci netrpí suchom, nie je schopná naplno využiť fotosyntetický potenciál v dôsledku chýbajúcej energie zo slnečného žiarenia.



Obr. 5: Dĺžka slnečného svitu

Zdroj: SHMÚ, Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja mesta Šaľa na roky 2023 - 2030

### Škodcovia a špatný zdravotný stav

Tieto faktory prirodzene znižujú sekvestráciu.

### Raný nástup rastovej sezóny

Pokiaľ do krajiny jaro príde skoro (cez všetky dôsledky z toho vyplývajúce) a letné podmienky nie sú príliš priaznivé, môže dôjsť k zvýšenej sekvestracii jednoducho preto, že rastlina má viac času pre svoj rast. U drevín sa to však môže odraziť zníženou sekvestraciou v nasledujúcej sezóne, lebo stromy potrebujú dostatok času na odpočinok a ak sa zide v jednom roku časnú jaru a dlhá jeseň, môže to dreviny vyčerpať. V prípade, že sú pole v takýchto podmienkach dlho holé, dochádza k pôdnej respirácii, ktorá nie je kompenzovaná sekvestraciou plodín.

### Dlhá jeseň

Dlhá jeseň ovplyvňuje predovšetkým stále zelené dreviny, ktoré nezhadzujú listy, typicky ihličnany. V prípade, že pretrváva dlhá jeseň s vyššími teplotami a následne mierna zima, môžu tieto dreviny sekvestrovať počas celej zimy. Negatívnym dôsledkom je opäť to, že si rastliny neoddychnu, tak v nasledujúcom roku môžu byť vyčerpané. Listnaté opadavé stromy majú proti vysokým teplotám neskorej jeseni genetickú "poistku". Ak je slnko nižšie nad obzorom, absorbuje sa modrá zložka svetla v atmosfére a dreviny na jej znížené množstvo reagujú zhodením listov. Ich sekvestrácia ďalej nepokračuje.

## Zhrnutie

Sekvestráciu počas roka ovplyvňuje mnoho faktorov, ktoré sa navzájom kombinujú. Môžeme stanoviť „štandardnú“ mieru sekvestrácie, ktorá je však pre rôzne roky v reálnom čase viac či menej odlišná. V každom roku sa vyskytne časové obdobie, ktoré sa svojimi charakteristikami vymyká z normálu.

Sekvestrácia môže byť zvýšená aj znížená v rozptylu až 100% (aj viac). To sa týka predovšetkým nižších rastlín (poľných plodín, trávnikov), ktoré pri extrémnych podmienkach môžu uhynúť v celých lánoch (dochádza iba k pôdnej respirácii so zápornou bilanciou sekvestrácie). Pri záplavách, ktoré našťastie Ťali takmer nehrozia, sa objavuje ďalší významný skleníkový plyn - metán, ktorý sa uvoľňuje zo zaplavenej pôdy.

Naopak za veľmi priaznivých podmienok vedia rýchlo rastúce dreviny optimalizovať produkciu a zvýšiť ju o viac ako polovicu, napr.

- lúky za nepriaznivých podmienok vypustia do atmosféry až 3,5 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok, pri extrémne dobrých podmienkach sekvestrujú až 3,5 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.
- ihličnaté porasty sekvestrujú obvykle cca 18 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. V prípade polomu môže ukladanie uhlíka poklesnúť až na 3,5-7 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. Za priaznivých podmienok však porast sekvestruje až 30-36 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.
- listnaté dreviny sa svojim záchyтом uhlíka pohybujú na pomedzí 12,5 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. Nie sú u nich príliš veľké výkyvy, aj tak môžeme počítat sekvestráciu v rozmedzí 7-20 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.

Tab. 14: Typická uhlíková bilancia základných druhov porastov [t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok]

Porast	Priemerná sekvestrácia	Minimálna sekvestrácia	Maximálna sekvestrácia
Ihličnatý les	18	7	30
Listnatý les	12,5	3,5	22
Lúka	1,8	-3,5	3,5
Pole	1	0	2



## 6 Metodika výpočtu sekvestrácie

Metodika výpočtu sekvestrácie bola stanovená s ohľadom na množstvo a kvalitu dát, ktoré sú aktuálne k dispozícii. Spracovateľ mal pre tento účel k dispozícii:

- passport cca 8 tisíc stromov na plochách verejných priestranstiev sídelného územia Šale a Veči, ktorý poskytuje obmedzené množstvo potrebných informácií, len druh dreveniny a jej obvod kmeňa. Chýba napr. výška drevín a iné parametre.
- Posudok na stanovenie sekvestrácie v lesoparku v medzi-hrádzovom priestore realizovaný pre plochu 4,1 ha a prepočítaný na celkovú plochu 10,46 ha,

Na základe vyššie uvedených charakteristík vstupných dát bola použitá metodika, ktorá využíva rastový faktor, typ dreveniny a jej vek. Vek drevín bol identifikovaný podľa priemeru kmeňov a rastového faktora (M. Abdurrazaque) takto:

$$\text{Vek} = \text{Rastový faktor} * \text{priemer kmeňa}$$

Stromy boli kategorizované na skupiny podľa typu dreveniny - ihličnaté/listnaté - a v rámci každej kategórie rozdelené podľa rýchlosti rastu na: pomaly, stredne a rýchle rastúce dreveniny. Každú z kategórií charakterizuje exponenciálna rastová krivka s rôznymi parametrami. Parametre  $b$  a  $c$  boli odvodené empiricky podľa tabuľky rastových hodnôt popísaných v nižšie citovanom metodickom manuáli.

$$\text{Sekvestrácia uhlíka} = a^{(\text{vek}+b)} + c$$

Tab. 15: Parametre pre výpočet sekvestrácie uhlíka jednotlivými drevinami

	Rastový faktor	a	b	c
Rýchlo rastúce listnaté	1,5	1,01	304,7	-20,33
Stredne rýchlo rastúce listnaté	2	1,01	387,1	-46,76
Pomaly rastúce listnaté	2,5	1,01	447,67	-85,95
Rýchlo rastúce ihličnaté	1,5	1,015	152,4	-9,58
Stredne rýchlo rastúce ihličnaté	2	1,015	211,16	-23,41
Pomaly rastúce ihličnaté	2,5	1,015	254,42	-45,02

Metóda bola vyvinutá v rámci programu "Voluntary Reporting of Greenhouse Gases", U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Dostupné na [URL1](#).

Pre výpočet sekvestrácie uhlíka u plôch, v ktorých nie je k dispozícii passport zelene, boli použité namerané priemerné hodnoty z oblastí, kde sú veľmi podobné až zhodné klimatické podmienky. V takých oblastiach prebieha meranie celkovej uhlíkovej bilancie na špecializovaných staniach metódou *eddy kovariancie* \* umožňujúci kontinuálne meranie tokov skleníkových plynov medzi ekosystémy a atmosférou.

\* Metóda eddy kovariancie je veľmi presná a dáta z takýchto staníc sú po desiatky let pre *lesné porasty* validované „rozbornami“ (rozdelenie stromu na jednotlivé časti a ich premeranie) a pre *pole* fyzickými meraniami výnosov. Metóda má nespochybniteľnú výhodu v tom, že ide o priame merania, nie o odhady a výpočty, ako je to u ostatných metód stanovenia prírastkov. Táto dáta sú dostupná v databázy ICOS (Integrated Carbon Observation System, [na URL2](#)) alebo na vyžiadanie u prevádzkovateľov jednotlivých staníc.

## 7 Celková uhlíková bilancia oblasti

### 7.1 Sídelná časť Šaľa (sektor A1 - K2)

Riešené územie má rozlohu 362 ha, V oblasti sídelnej časti Šaľa (podľa pasportu zelene sektory A1-K2) bol výpočet zhotovený na dreviny uvedené v pasportu zelene, lebo zvyšok územia je zastavený.

Plocha sídelnej zástavby rodinných domov (RD) vr. ich záhrad bola identifikovaná ako polovina z celkovej plochy sídelnej oblasti, čo je 181 ha. Priemerná plocha záhrad RD bola stanovená ako 55 % ich pozemkov (99,55 ha). Množstvo zelene v záhradách bolo stanovené na 20% stromov s prevahou ovocných druhov, 10 % krov a 15 % záhonov.

Trávnaté plochy majú uhlíkovú bilanciu v priemere neutrálnu (viď vyšie) a vo výsledku výpočtu sa neprejaví.

Priemerná sekvestrácia bola vypočítaná na 1003,2 t(CO<sub>2</sub>)/rok, čo je približne 2771 kg(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.

Tab. 16: Sekvestrácia podľa pasportu zelene verejných priestranstiev v sídelnej časti Šaľa

	Počet jedincov	Sekvestrácia [kg(CO <sub>2</sub> )/jedinec/rok]	Sekvestrácia celkom [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Celkom drevín	6823	117,92	804,4
- z toho známych údajov	5650	136,85	773,2
- z toho kríky a malé stromy	1138	27,39	31,2
- z toho suché	35	0	0

Tab. 17: Sekvestrácia záhrad rodinných domov v sídelnej časti Šaľa

	Plocha [ha]	Sekvestrácia [kg(CO <sub>2</sub> )/ha/rok]	Sekvestrácia celkom [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Záhrady	99,55	1 995,4	198,8
- z toho stromov	19,91	7 845,2	156,2
- z toho kroviny	9,96	1 569,0	15,8
- z toho záhonov	10,45	2 566,0	26,8
- z toho trávnikov	59,23	0	0



## 7.2 Sídelná časť Veča (sektor L1-N)

Riešené územie má rozlohu 161 ha. V oblasti sídelnej časti Veča (podľa pasportu zelene sektory L1-N) bol výpočet zhotovený na dreviny uvedené v pasportu zelene, lebo zvyšok územia je zastavený.

Plocha sídelnej zástavby rodinných domov vr. ich záhrad bola identifikovaná ako 53 % z celkovej plochy sídelnej oblasti, čo je 85,3 ha. Priemerná plocha záhrad RD bola stanovená ako 55 % ich pozemkov (47 ha). Množstvo zelene v záhradách bolo stanovené na 20% stromov s prevahou ovocných druhov, 10 % krov a 15 % záhonov.

Plocha záhradkárskej osady (po odpočtu drobných stavieb) bola identifikovaná ako 12 % z celkovej plochy sídelnej oblasti, čo je 19,3 ha. Množstvo zelene v záhradách bolo stanovené na 35 % stromov s prevahou ovocných druhov, 10 % krovín a 15 % záhonov. Trávnaté plochy majú uhlíkovú bilanciu v priemere neutrálnu (viď vyšie) a vo výsledku výpočtu sa neprejaví.

Priemerná sekvestrácia bola vypočítaná na 204,6 t(CO<sub>2</sub>)/rok, čo je približne 1268 kg(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.

Tab. 18: Sekvestrácia podľa pasportu zelene v sídelnej časti Veča

	Počet jedincov	Sekvestrácia [kg(CO <sub>2</sub> )/jedinec/rok]	Sekvestrácia celkom [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Celkom drevín	1218	41,5	50,6
- z toho známych údajov	286	107,2	30,8
- z toho kríky a malé stromy	930	21,4	19,8
- z toho suché	2	0	0

Tab. 19: Sekvestrácia záhrad rodinných domov sídelnej oblasti Veča

	Plocha [ha]	Sekvestrácia [kg(CO <sub>2</sub> )/ha/rok]	Sekvestrácia celkom [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Záhrady	46,93	1 995,4	93,5
- z toho stromov	9,39	7 845,2	73,7
- z toho kroviny	4,69	1 569,0	7,3
- z toho záhonov	4,93	2 566,0	12,5
- z toho trávnikov	27,92	0	0

Tab. 20: Sekvestrácia záhradkárskej kolónie v sídelnej oblasti Veča

	Plocha [ha]	Sekvestrácia [kg(CO <sub>2</sub> )/ha/rok]	Sekvestrácia celkom [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Záhrady	19,3	3 119	60,2
- z toho stromov	6,8	7 845,2	53,3
- z toho kroviny	1,9	1 569,0	3,0
- z toho záhonov	1,6	2 566,0	4,1
- z toho trávnikov	9,0	0	0



Obr. 6: Sídelná časť Veča

### 7.3 Medzihrádzový priestor (mestský lesopark)

Mestský lesopark sa rozkladá na ploche 10,46 ha a je utváraný listnatými drevinami rôzneho veku v prevažne dobrom zdravotnom stave. Na území sa dá nájsť ako druhovo zmiešaný listnatý les. Za optimálnych podmienok sa dá sekvestrácia očakávať v úrovni 4-6 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok, čo odpovedá výsledkom posudku na stanovenie sekvestrácie uhlíka (viď zdroje) od doc. Mindáše a dr. Ďurského, ktorí vypočítali celkovú bilanciu na 20,5 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.



Obr. 7: mestský lesopark v medzihrádzovom priestore

## 7.4 Lesné porasty pri Váhu a v krajine (bez lesoparku)

Ostatné lesné porasty v krajine sú predovšetkým zastúpené opadavými listnatými drevinami. Taký typ porastov sekvestruje v priemere okolo 13 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. Za predpokladu dobrého obhospodarovania a údržby hodnota môže dosiahnuť až na 18 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. Dá sa predpokladať, že v okolí vodného toku nebudú dreviny trpieť suchom, ako hlavným stresovým faktorom ovplyvňujúcim sekvestráciu v miernom klimatickom páse. Celkovú sekvestráciu tak môžeme viac očakávať pri hornej hranici daného intervalu.

Tieto porasty aktuálne zaberajú plochu 290 ha, celková uhlíková bilancia v priemere odpovedá 4785 t(CO<sub>2</sub>)/rok.



Obr. 8: Lesné porasty pri Váhu

## 7.5 Poľnohospodárska krajina

U poľnohospodárskej krajiny množstvo naviazaného uhlíka do pôdy závisí predovšetkým na managementu obhospodarovania. Poľné plodiny, rovnako ako iné rastliny, viažu uhlík do biomasy. Od sekvestrácie ostatných porastov sa odlišuje tým, že táto biomasa neostáva v krajine, ale je z nej odobraná k ďalšiemu spracovaniu.

Do celkovej bilancie sa dá započítať iba malá časť, ktorá zostane na poli (korene, zaorané zbytky rastlín). Tieto časti rastlín však, rovnako ako u iných rastlín, podliehajú pôdnej respirácii a uhlík sa uvoľní naspäť do atmosféry cez pôdne mikroorganizmy, ktoré biomasu rozkladajú. V závislosti na typu manažmentu je možné stanoviť, aké množstvo uhlíka v pôde zostane.

Tab. 21: Uhlíková bilancia podľa managementu polí

Typ manažmentu	Celková uhlíková bilancia [kg(CO <sub>2</sub> )/ha/rok]
Holý úhor	-1800
Zavlažovanie	0
Minerálna hnojiva	0
Rotácia plodín	700
Zaoranie zbytkov rastlín	700
Bio poľnohospodárstvo	900
Hnojenie hnojom z poľnohospodárskych prevozov	1100
Obmedzenie hĺbokej orby	1100
Hlboko koreniace plodiny	1100
Medziplodiny	1500
Žiadna orba	1500
Kompost	2500

Z tabuľky 5 je zrejmé, že pri správnom manažmente sa môže jednať až o 1,8 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok. S ohľadom na to, že nám nie sú známe rozlohy polí, na ktorých sa prevádzkuje taký či onaký typ manažmentu obhospodarovania, na informácie poskytnuté Roľníckym družstvom Šaľa a čiastočný terénny prieskum bola stanovená stredná hodnota 1,3 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok, čo znamená celkový záchyt uhlíka v množstve 4166,5 t(CO<sub>2</sub>)/rok na ploche 3205 ha.



## 7.6 Lúky

Lúky a trávne porasty môžu uhlík ukladať aj uvoľňovať. Všetko závisí od obhospodarovania a vodnej bilancie riešeného územia. Pre výpočet sme použili predpoklady

- priemerného množstva zrážok vo výške 600 mm/rok, ktoré je odpovedajúce pre nulovú bilanciu
- a zodpovedné obhospodarovanie, ktoré posúva bilanciu sekvestrácie do kladných hodnôt okolo 700 kg(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.

Lúky sa v katastri Šala nachádzajú na rozlohe 468 ha, celková sekvestrácia tak činí 327,6 t(CO<sub>2</sub>)/ha/rok.

## 7.7 Celková bilancia riešeného územia katastru obce Šala

Tab. 22: Celková uhlíková bilancia oblasti katastru Šala podľa jednotlivých podoblastí

Území	Plocha [ha]	Sekvestrácia na hektár [kg(CO <sub>2</sub> )/ha/rok]	Celková sekvestrácia [t(CO <sub>2</sub> )/rok]
Sídlná oblasť Šala	362,0	2 771	1 003,2
Sídlná oblasť Veča	161,0	1 268	204,6
Lesopark	10,5	20 519	215,4
Lesy	290,0	16 500	4 785,0
Pole	3205,0	1 300	4 166,5
Trávne porasty, lúky	468,0	700	327,6
<i>Celkom</i>	<i>4496,5</i>	<i>2380</i>	<i>10 702,3</i>

### Perspektíva:

V celej riešenej oblasti je veľa miest, kde je možné zvýšiť sekvestračný potenciál. Najefektívnejšou cestou je výsadba nových stromov vo verejnom prostredí sídelného územia a výsadba vetrolamov a lesných porastov v poľnohospodárskej krajine.

Na jeden vyrastený (priemerne rýchlo rastúci) listnatý strom pripadá sekvestrácia:

- 18 kg (CO<sub>2</sub>)/rok vo veku 10 rokov,
- 37 kg (CO<sub>2</sub>)/rok vo veku 20 rokov,
- 86 kg (CO<sub>2</sub>)/rok vo veku 40 rokov.

V rátaní pre 1000 nových stromov vysadených do zastaveného územia sa pri zachovaní súčasných podmienok výsadbou zvýši celková ročná sekvestrácia za 10 rokov o 18 t, za 20 rokov 37 t a za 40 rokov až o 86 t. Pri zalesnení 1% poľnohospodárskej pôdy sa za 10 rokov zvýši sekvestrácia oblasti až o 190 t(CO<sub>2</sub>)/rok, za 40 rokov to bude až 430 t(CO<sub>2</sub>)/rok.

Výzia: Pokiaľ budeme rátať so zalesnením 4% ornej pôdy a výsadbou 1000 nových stromov v sídelnej oblasti, za 40 rokov sa celková sekvestrácia území zvýši o viac ako 1 800 t(CO<sub>2</sub>) za rok.

Pri súčasnom prechode na šetrnejší spôsob managementu obhospodarovania polí je možné zvýšiť sekvestráciu o ďalších vyše 2200 ton CO<sub>2</sub> za rok, čo je spolu viac ako 37 % aktuálnej sekvestrácie.

## Príloha 1: Výpočet emisií u stacionárnych zdrojov spaľovania palív >0.2MWt

Výpočet emisií musí byť plne konzistentný s metodikou použitou pri spracovaní Národnej inventarizácie skleníkových plynov a to v rámci národných správ UNFCCC, tak aj pre Bional reportov v rámci EU. To značí, že je plne aplikovaná IPCC metodika.

Všeobecne je výpočet emisií zo spaľovania fosílnych palív daný súčtom emisií CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O, kedy množstvá emisií CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O sú vynásobené koeficientom GWP predstavujúcim ich pomerný účinok na otepľovanie.

Celý výpočet je vyjadrený nasledujúcim vzťahom:

$$EF [tCO_{2,ekv}] = EFCO_2[tCO_2/TJ] + EFN_2O[kgN_2O/TJ]/1000 * 310 + EFCH_4[kgCH_4/TJ]/1000 * 21$$

$$Em [t CO_{2,ekv}/rok] = Aktivita [TJ/rok] * EF [tCO_{2,ekv}/TJ]$$

$$Aktivita [TJ/rok] = Spotreba [t/rok \text{ resp. tis.m}^3/rok] * NCV [GJ/t \text{ resp. GJ/tis.m}^3]/1000$$

Vysvetlivky:

EF = emisný faktor

EM = Emisie

Čísla 21 a 310 predstavujú GWP, *Global Warming Potential*, pre prepočet emisií na CO<sub>2ekv</sub>

Pre zdroje zaradené do NEIS – podnikateľské aktivity, boli z SHMU získané údaje z databázy NEIS v katastri mesta Šala a ukázalo sa, že sa tu vyskytujú nasledovné paliva:

Tab. P 1: Spaľované palivá

Palivo	Nom	m.j.
Biomasa – drevo a drevné štiepky	11160	t/rok
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	11170	t/rok
nafta (plynový olej)	21000	t/rok
zemný plyn naftový domáci a dovoz	30100	tis m <sup>3</sup> /rok
propán – bután, LPG	30301	t/rok

Nasledujúce tabuľky udávajú základné parametre použité pre výpočet emisií a výsledky ich bilancie

Tab. P 2: Základné parametre

	LHV	EF CO <sub>2</sub>	EF CH <sub>4</sub>	EF N <sub>2</sub> O
	GJ/t GJ/tis.m <sup>3</sup>	t CO <sub>2</sub> {TJ	g CH <sub>4</sub> /GJ	g N <sub>2</sub> O/GJ
Biomasa – drevo a drevné štiepky	9.97	0	30	4
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	10.23	0	30	4
nafta (plynový olej)	42.12	74.15	3	1
zemný plyn naftový domáci a dovoz	34.92	55.64	1	0
propán – bután, LPG	44.00	70.00	1	0



Tab. P 3: Bilancia emisií stacionárnych zdrojov >0.2MWt

	AKTIVITY		Energia		Emisie GHG	
	t tis,m <sup>3</sup>	TJ	t CO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2ekv</sub>
ROK 2018						
Biomasa – drevo a drevné štiepky	1376.52	13.73	0.00	0.41	0.05	25.67
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	1054.83	10.79	0.00	0.32	0.04	20.18
nafta (plynový olej)	0.33	0.01	1.04	0.00	0.00	1.04
zemný plyn naftový domáci a dovoz	4661.67	162.79	9057.80	0.16	0.02	9066.26
propán – bután, LPG	77.39	3.41	238.36	0.00	0.00	238.54
Celkom		190.73	9297.20	0.90	0.11	9351.70
ROK 2019						
Biomasa – drevo a drevné štiepky	1454.98	14.51	0.00	0.44	0.06	27.14
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	1023.68	10.47	0.00	0.31	0.04	19.58
nafta (plynový olej)	6.47	0.27	20.22	0.00	0.00	20.29
zemný plyn naftový domáci a dovoz	4560.36	159.25	8860.97	0.16	0.02	8869.25
propán – bután, LPG	67.24	2.96	207.11	0.00	0.00	207.26
Celkom		187.47	9088.30	0.91	0.12	9143.52
ROK 2020						
Biomasa – drevo a drevné štiepky	1611.22	16.07	0.00	0.48	0.06	30.05
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	1282.48	13.12	0.00	0.39	0.05	24.53
nafta (plynový olej)	4.86	0.20	15.18	0.00	0.00	15.24
zemný plyn naftový domáci a dovoz	5046.26	176.22	9805.08	0.18	0.02	9814.24
propán – bután, LPG	38.61	1.70	118.91	0.00	0.00	119.00
Celkom		207.31	9939.18	1.05	0.13	10003.06
ROK 2021						
Biomasa – drevo a drevné štiepky	1453.11	14.49	0.00	0.43	0.06	27.10
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	1251.04	12.80	0.00	0.38	0.05	23.93
nafta (plynový olej)	6.07	0.26	18.95	0.00	0.00	19.01
zemný plyn naftový domáci a dovoz	5199.82	181.58	10103.45	0.18	0.02	10112.90
propán – bután, LPG	34.90	1.54	107.50	0.00	0.00	107.57
Celkom		210.67	10229.90	1.00	0.13	10290.52
ROK 2022						
Biomasa – drevo a drevné štiepky	2088.85	20.83	0.00	0.63	0.08	38.96
Biomasa – iná rastlinná hmota (napr. slama)	930.32	9.52	0.00	0.29	0.04	17.80
nafta (plynový olej)	2.49	0.10	7.77	0.00	0.00	7.80
zemný plyn naftový domáci a dovoz	4329.94	151.21	8413.24	0.15	0.02	8421.10
propán – bután, LPG	27.87	1.23	85.85	0.00	0.00	85.91
Celkom		182.89	8506.86	1.06	0.14	8571.57

## Príloha 2: Výpočet emisií u stacionárnych zdrojov spaľovania palív <0.2MWt

Pre určenie spotreby zemného plynu (ZP) u zdrojov < 0.2MWt boli vstupnými údajmi:

- celková spotreba ZP v okrese Šaľa podľa získaných údajov
- celková spotreba ZP v DUSLO Šaľa z údajov podkladov pre výročné správy ETS
- spotreba ZP v databáze NEIS pre zdroje > 0.2MWt z údajov rokov 2018 a 2022 bez spotreby ZP v DUSLO Šaľa

Pre zdroje <0.2MWt pre okres Šaľa sa jedná o rozdiel celkovej spotreby okresu bez spotreby v Duslo Šaľa a ostatných zdrojov >0.2 MWt v okrese.

Nasledovná tabuľka udáva výpočet spotreby ZP zdrojov <0.2MWt pre okres Šaľa

Tab. P 4: Bilancia ZP okresu Šaľa

ROK	OKRES	NEIS	Duslo	<0,2MWt
	tis m3			
2018	600 460	8 554	542 159	49 747
2019	474 230	8 795	462 886	2 549
2020	503 406	9 043	492 459	1 904
2021	529 315	9 299	518 331	1 686
2022	420 753	9 561	414 890	-3 698

Z bilancie je zrejmé, že sa jedná o nekonzistentné údaje a tento výpočet nie je možné aplikovať.

Pre správny výpočet je vhodné použiť nasledovný postup:

- Od distribútora ZP SPP vyžiadať údaje o spotrebe ZP pre daný register
- SPP účtuje spotrebu plynu v kWh v ekvivalente spalného tepla pre výpočet emisií sa však vychádza z tepelného ekvivalentu výhrevnosti ZP Pre prepočet je možné použiť vzťah:

$$\text{Spot [TJ}_{\text{LHV}}\text{]} = \text{Spot [kWh}_{\text{HHV}}\text{]} * 0.923 * 3.6 / 1000000$$

### Vysvetlivky:

Spot [TJ<sub>LHV</sub>] = Spotreba plynu v TJ ako ekvivalent výhrevnosti

Spot [kWh<sub>HHV</sub>] = Spotreba plynu v kWh ako ekvivalent spalného tepla

koeficient na ako reprezentatívna priemerná hodnota z údajov SPP vyjadrujúcej pomer výhrevnosti ku spalnému teplu

- Na základe bilancie celkovej spotreby plynu v TJ a spotreby plynu z údajov NEIS je možné vyrátať spotrebu plynu pre zdroje < 0.2MWt

$$\text{Spot}_{\text{mz}}[\text{TJ}_{\text{LHV}}] = \text{Spot}[\text{TJ}_{\text{LHV}}] - \text{Spot}_{\text{vz}}[\text{TJ}_{\text{LHV}}]$$

### Vysvetlivky:

Spot<sub>mz</sub>[TJ<sub>LHV</sub>] = spotreba zdrojov <0.2 MWt

Spot<sub>vz</sub>[TJ<sub>LHV</sub>] = spotreba zdrojov >0.2 MWt, teda spotreba plynu v rámci katastra mesta Šaľa uvedená v NEIS v TJ

- S použitím emisného faktoru vyrátame emisie pre zdroje < 0.2MWt rovnakým spôsobom, ako sa postupovalo pre zdroje > 0.2 MWt, popísané v prílohe 1

### Pre porovnanie:

MÚ Šaľa má pre svoje budovy fakturovanú spotrebu ZP 1814.786 MWh, čo predstavuje 6.03 TJ plynu bilancovaného v energetickom ekvivalente na výhrevnosť.

Pri použití výpočtu podľa metodiky popísanej v prílohe 1 je to 336 t CO<sub>2ekv</sub>. To predstavuje 6.7 % oproti emisiám produkovaným v roku 2022 stacionárnymi zdrojmi > 0.2MWt.

## Príloha 3: Výpočet emisií u mobilných zdrojov spaľovania palív

Tvorba emisií CO<sub>2ekv</sub> sa vypočítala pre jednotlivé typy vozidiel podľa vzťahu:

$$EM[t \text{ CO}_{2ekv}] = PV * RP[km/rok] * EF \text{ CO}_{2ekv} [g /km] * 10^6$$

### Vysvetlivky:

PV = počet registrovaných vozidiel, ktoré sú v danom roku v prevádzke. Údaje sú z poskytnutej databázy.

RP = ročný priebeh vozidiel podľa NIR

EF CO<sub>2ekv</sub> = emisný faktor CO<sub>2ekv</sub> pre jednotlivé typy vozidiel a spaľovaných palív je daný súčtom tvorby emisií CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O vynásobených svojimi faktormi otepľovania - GWP

Jedná sa o rovnaký postup ako v prípade emisií zo stacionárnych zdrojov s tým rozdielom, že emisie sú vzťahované na km cestnej premávky.

$$EF \text{ CO}_{2ekv} [g /km] = EFCO_2[g /km] + EF \text{ CH}_4[mg /km] * 21/1000 + EFN_2O[mg /km] * 310/1000$$

Nasledujúca tabuľka udáva aplikované emisné faktory

Tab. P 5: Aplikované emisné faktory

Palivo	Vozidlo	gCO <sub>2</sub> /km	mgCH <sub>4</sub> /km	mgN <sub>2</sub> O/km	gCO <sub>2ekv</sub> /km
Benzín	malý motocykel	80.78	30.70	1.30	81.83
Nafta	autobus diaľkový triedy B	721.41	20.41	19.18	727.78
Benzín	motocykel	80.78	30.70	1.30	81.83
Benzín	nákladné vozidlo	145.68	0.75	5.75	147.48
Nafta	nákladné vozidlo	446.32	10.42	26.48	454.75
Nafta	nákladné vozidlo - ťahač návesu	446.32	10.42	26.48	454.75
Nafta	nákladné vozidlo špeciálne	446.32	10.42	26.48	454.75
Benzín	osobné vozidlo	146.52	11.54	2.06	147.40
BA 95 B + ELEKTRINA	osobné vozidlo	88.50	12.38	1.21	89.14
Nafta	osobné vozidlo	145.68	0.75	5.75	147.48
Nafta + elektrický pohon nie plug-in	osobné vozidlo	88.50	12.38	1.21	89.14
Benzín + CNG	osobné vozidlo	169.35	45.74	1.31	170.72
Benzín + LPG	osobné vozidlo	176.12	25.25	3.78	177.82

### Postup výpočtu:

Pre riešené územie k. ú. Šaľa nie sú dostupné dáta o registrovaných vozidlách, preto boli ako základ využité vstupné údaje pre okres Šaľa z roku 2017. V týchto údajoch neboli vozidlá rozlíšené do jednotlivých kategórií. Ďalej boli k dispozícii údaje o zmene registrácie vozidiel v okrese Šaľa v ďalších rokoch, v ktorých boli vozidlá do vyššie uvedených kategórií (viď Tab. P5) už rozlíšené.

Pre nekonzistenciu vzájomných údajov boli základom pre vybrané skupiny údaje NIR. Pre jednotlivé skupiny zdrojov boli urobené vážené priemery údajov  $RP[\text{km/rok}]$  a  $EF_{CO_{2ekv}} [\text{g/km}]$  z databázy NIR podľa vzťahov

$$RP[\text{km/rok}] = \sum RP_i[\text{km/rok}] * \square_i$$

$$EF_{CO_{2ekv}} [\text{g/km}] = \sum EF_i_{CO_{2ekv}} [\text{g/km}] * \square_i$$

#### Vysvetlivky

$RP_i[\text{km/rok}]$  = ročný priebeh vozidiel i-tej kategórie v rámci databázy NIR

$EF_i_{CO_{2ekv}}$  = emisný faktor vozidiel i-tej kategórie v rámci databázy NIR

$\square_i$  = podiel i-tej kategórie vozidiel v rámci databázy NIR v integrovanej skupine napr. osobné autá, nákladné autá, autobusy a pod.

Tento spôsob v danej fáze je dostačujúci pre určenie súčasných trendov v oblasti dopravy, ale pre hlbšie analýzy by bola potrebná databáza skutočného počtu vozidiel v jednotlivých kategóriách tak, ako je to v databáze NIR. Následne by sa im dali priradovať reálnejšie dáta ročných priebehov a emisných faktorov. To by umožnilo napr. lepšie sledovať zmeny vozového parku na elektrické vozidlá alebo vozidlá s pohonom CNG, podielom biopalív apod.

## Príloha 4: Metodika určenia trendov v spotrebe tepla

Podstatným parametrom pre možnosť vyčíslenia trendov v spotrebe tepla na vykurovanie sú mesačné priemerné teploty *DayGrade DG* pre jednotlivé oblasti SR.

Pre stanovenie trendov je možný nasledovný postup:

- 1) Pre každý mesiac, rok a oblasť s použitím nasledovného príkazu sa dá získať výraz:

$$\text{Min}_i = \text{IF}(13 - \text{DG}_i < 0; 0; 13 - \text{DG}_i) * \text{MD}_i$$

kde  $\text{Min}_i$  predstavuje násobok rozdielu priemernej mesačnej teploty  $\text{DG}_i$  od teploty kedy by začalo vykurovanie t.j.  $13^\circ\text{C}$  a to celé vynásobené počtom dni v mesiaci  $\text{MD}_i$

- 2) Pre každý rok  $j$  sa sumarizujú mesačné hodnoty  $\text{Min}_j$

$$\text{SMin}_j = \sum \text{Min}_j$$

- 3) Vyrátajú sa medziročné nárasty *AGR* - *annual growth rate* pre tento indikátor ako ukazovateľ spotreby tepla na vykurovanie

$$\text{AGR}_j = (\text{SMin}_j / \text{SMin}_{j-k})^{1/(j-k)}$$

kde  $j$  a  $k$  sú roky, pre ktoré boli k dispozícii zdrojové dáta.

Pozn.: SHMU dodal údaje pre nasledujúce roky: 2009, 2015, 2020, 2025, 2050

- 4) Indikátor  $\text{SMin}_j$  sa vzťahuje na potrebu tepla na vykurovanie. Treba vziať do úvahy aj skutočnosť, že okrem tepla na vykurovanie je potreba dodať aj teplo na výrobu TUV, ktoré by nemalo byť tak silne klimatickými zmenami ovplyvnené. V rámci tejto štúdie však túto skutočnosť zanedbávame, nakoľko podstatne neovplyvní sledované trendy.
- 5) Pokiaľ máme spotrebu tepla pre základný rok napr. 2018  $\text{HD}_{2018}$  v TJ, potom pre jednotlivé prierezové roky môžeme uplatniť nasledovný výpočet spotreby tepla *HD* (*heat demand*)

$$\text{HD}_{2020} = \text{HD}_{2018} * (\text{AGR}_{2020})^2$$

$$\text{HD}_{2025} = \text{HD}_{2020} * (\text{AGR}_{2025})^5$$

Pre ostatné roky  $j$  2025 až 2050 postupujeme obdobne

$$\text{HD}_j = \text{HD}_{j-5} * (\text{AGR}_j)^5$$

Nasledujúca tabuľka udáva výsledky modelu pre prognózu priemerných mesačných teplôt

Tab. P 6: Priemerné mesačné teploty v regiónu Nitra, v  $^\circ\text{C}$

Rok/ mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	-1.7	1	5.5	15.2	16.8	18.6	22.1	21.6	17.4	9.9	6.5	1
2015	-1.03	1.39	5.37	10.75	15.25	19.01	20.21	19.87	16.13	11.35	4.90	0.19
2020	-0.99	1.45	5.40	10.77	15.28	19.05	20.25	19.92	16.16	11.38	4.93	0.25
2025	-0.81	1.74	5.57	10.87	15.46	19.23	20.46	20.16	16.35	11.53	5.08	0.58
2050	0.11	3.21	6.42	11.38	16.34	20.15	21.52	21.37	17.28	12.26	5.81	2.22

Tab. P 7: Výpočet medziročných nárastov/poklesov spotreby tepla v regiónu 4 Nitra

Rok/mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SMin <sub>j</sub>	AGR
2009	456	336	233	0	0	0	0	0	0	96	195	372	1687	1.0066
2015	435	325	237	68	0	0	0	0	0	51	243	397	1755	0.9991
2020	434	324	236	67	0	0	0	0	0	50	242	395	1747	0.9952
2025	428	315	230	64	0	0	0	0	0	46	238	385	1706	0.9948
2050	400	274	204	49	0	0	0	0	0	23	216	334	1499	

Pre prípad projekcií v rámci scenára WOM sa nepredpokladá zmena technológií a palivového mixu u týchto zdrojov, a preto aj emisie sú priamo úmerné spotrebe tepla.

Vplyvom predpokladaného priebehu otepľovania by mali takto emisie CO<sub>2ekv</sub> pre energetické zdroje NACE 35 poklesnúť v roku 2050 na 86.5%.

## Príloha 5: Metodika výpočtu merných nákladov zníženia CO<sub>2,ekv</sub>

Pre bežné hodnotenie ďalej uvádzame modelový príklad výpočtu nákladov na dekarbonizáciu cestou zámény ZP za biomasu.

Pre toto hodnotenie sa uplatňuje výpočet tzv. Abatement cost AC, teda merné náklady zníženia emisií CO<sub>2</sub> za dobu životnosti projektu vyjadrené vzťahom:

$$AC = \Delta PC / \Delta EM_{CO_2}$$

Vysvetlivky:

AC Abatement cost = cena zníženia emisií CO<sub>2,ekv</sub> EUR/t CO<sub>2,ekv</sub>

$\Delta PC$  = zmena diskontovaných výrobných nákladov *production cost* za dobu životnosti projektu

Výraz  $\Delta$  je identifikácia rozdielu nákladov a emisií medzi aplikovaným scenárom a referenčným scenárom predstavujúci stav bez zmeny spotreby palív a technologickej štruktúry t.j. tak zv. *Business as usual*

Do výrobných nákladov PC zahrňujeme iba tie náklady, ktoré sa po dobu životnosti menia a to:

Palivové náklady FC fuel cost

$$FC_j [\text{tis.EUR}] = \sum_{i=1}^{i=n} (Q_{pal,ij} [\text{TJ}] * C_{ij} [\text{EUR/GJ}])$$

Vysvetlivky:

FC<sub>i</sub> = palivové náklady pre *n* palív a v roku *j*

Q<sub>pal,ij</sub> = spotreba *i-tého* paliva v *j-tom* roku

C<sub>ij</sub> = cena *i-tého* paliva v *j-tom* roku

Investičné náklady INV<sub>j</sub> aplikované v *j. tom* roku, v našom prípade náklady na nový kotol na štiepku. Ročné diskontované náklady predstavujú sumu palivových a investičných nákladov diskontované k prvému roku aplikovaného scenára t.j. 2022

$$PC_j = (FC_j + INV_j) * (1-DR)^{(j-2022)}$$

DR = diskontná sadzba. Použili sme hodnotu 2%

Nasleduje príklad výpočtu nákladov dekarbonizácie pre typický zdroj na dodávku tepla v k. ú. Šaľa

Uplatnili sme tieto vstupné podklady:

- Tepelný výkon kotla 15.19 MWt
- Investičné náklady pre výhrevňu na BM pre zdroje <50MWt eur/kW 360EUR/kWt

Pre cenu palív EUR/GJ boli základom nasledujúce aktuálne a očakávané hodnoty:

Tab. P 8: Ceny palív v EUR/GJ, predikcia pre jednotlivých rokov

	2022	2030	2035	2040	2045	2050
NG	5.5	11.3	11.3	11.3	11.3	11.8
BM	5.5	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3

Pre zabezpečenie efektívnej výroby tepla v kotli na zemný plyn sme použili účinnosť 91% a pre kotol na biomasu 75%. Vývoj spotreby tepla bol predpokladaný v súlade s vplyvom postupného otepľovania. Využitie kotla na biomasu sa plánuje od roku 2031, s termínom realizácie v roku 2030. Zvyšková diskontovaná cena investície je daná vzťahom

$$ZC_{inv} = (INV_j * 15/35 * (1-DR)^{(2051-2022)})$$

Vysvetlivky:

35 predstavuje životnosť kotla

15 zvyšné roky životnosti investície

Nasledovná tabuľka udáva výpočty potrebných parametrov pre prierezové roky

Tab. P 9: Výpočty základných parametrov pre prierezové roky

Základný stav	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NG TJ	42.24	41.04	35.31	26.67	17.68	10.29	5.26
Teplo TJ	38.44	37.35	32.13	24.27	16.09	9.36	4.78
Palivo tis.EUR	234	542	399	301	200	116	62
Diskontované náklady DR 2%	234	510	339	232	139	73	35
tCO <sub>2</sub>	2353	2286	1966	1485	985	573	293
Aplikácia biomasy	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NG TJ	42.24	41.04	35.31				
BM TJ				32.36	21.45	12.48	6.38
Q	38.44	37.35	32.13	24.27	16.09	9.36	4.78
Palivo tis.EUR	234	542	399	190	129	77	40
Investície tis EUR			5468				
Vyvolané náklady tis.EUR	234	542	5867	190	129	77	40
Diskontované náklady DR 2%		510	4992	146	90	48	23
tCO <sub>2</sub> ekv	2353	2286	1966	61	40	23	12

Z údajov pre všetky roky scenára t.j. 2022-2050 dostaneme údaje pre výpočet ceny dekarbonizácie:

Tab. P 10: Cena dekarbonizácie

Scenár	Suma vyvolaných palivových a Investičných nákladov	Zvyšková diskontovaná cena investície	Vyvolané Výrobné náklady	Emisie	Cena zníženia emisií
	tis EUR			t CO <sub>2</sub> ekv	EUR/ CO <sub>2</sub> ekv
Základný stav	6448	0	6448	39801	
Aplikácia BM	9787	1304	8482	20673	
Rozdiel			2035	19128	106



Pri uplatnených vstupných parametroch je cena dekarbonizácie relatívne vysoká, ale pohybuje sa viac menej v intervale predpokladanom EU pre nasledovné roky:

rok	EUR/tCO <sub>2,ekv</sub>
2040	85
2045	130

Výsledná hodnota zníženia ceny je veľmi citlivá na pomer cien palív spolu s ich časovým priebehom a na investičné náklady. Veľkú rolu tu zohráva aj menovateľ tejto funkcie AC, čo je objem znížených emisií. Ten by bol podstatne vyšší, napríklad pri uhlí, ako palive v základnom scenári.

Predložený príklad vychádza z distribuovateľného programu pre proces preverovania opatrení, ktorý je možné si obstaráť spolu s programom pre výpočet uhlíkovej stopy od firmy ASTRAIA s,r,o, Nitra.

## Zoznam obrázkov

Obr. 1: Priebeh spotreby palív a emisií v období rokov 2018 - 2022 .....	6
Obr. 2: Spotreba palív a tvorba emisií u zdrojov na dodávku tepla .....	9
Obr. 3: Uhlíková stopa pre mesto Šaľa .....	15
Obr. 4: Vplyv otepľovania na spotrebu tepla tvorbu emisií .....	17
Obr. 5: Dĺžka slnečného svitu .....	23
Obr. 6: Sídlna časť Veča .....	28
Obr. 7: mestský lesopark v medzihrádzovom priestore .....	28
Obr. 8: Lesné porasty pri Váhu .....	29

## Zoznam tabuliek

Tab. 1: Tvorba emisií a spotreba palív zdrojov s príkonom nad 0.2 MWt .....	7
Tab. 2: Tvorba emisií a spotreba palív zdrojov kategórie NACE 1.1.2 – kotlové zariadenia .....	8
Tab. 3: Bilancie emisií zo zdrojov pre centralizované zásobovanie teplom CZT v meste Šaľa .....	8
Tab. 4: Vstupné údaje pre výpočet emisií .....	10
Tab. 5: Emisie z dopravy o okrese Šaľa .....	10
Tab. 6: Faktory pre spotrebu elektriny .....	11
Tab. 7: Bilancia ekvivalentu tvorby CO <sub>2ekv</sub> zo spotreby elektriny v meste Šaľa .....	11
Tab. 8: Emisné faktory pre jednotlivé odpady .....	12
Tab. 9: Emisie z odpadov .....	12
Tab. 10: Celková bilancia emisií CO <sub>2ekv</sub> .....	14
Tab. 11: Uhlíkové stopa tCO <sub>2ekv</sub> /obyvateľstvo .....	14
Tab. 12: Uhlíkové stopa tCO <sub>2ekv</sub> /km <sup>2</sup> .....	15
Tab. 13: Bilancia náhrady ZP drevnou štiepkou .....	18
Tab. 14: Typická uhlíková bilancia základných druhov porastov [t(CO <sub>2</sub> )/ha/rok] .....	24
Tab. 15: Parametre pre výpočet sekvestrácie uhlíka jednotlivými drevinami .....	25
Tab. 16: Sekvestrácia podľa pasportu zelene verejných priestranstiev v sídelnej časti Šaľa .....	26
Tab. 17: Sekvestrácia záhrad rodinných domov v sídelnej časti Šaľa .....	26
Tab. 18: Sekvestrácia podľa pasportu zelene v sídelnej časti Veča .....	27
Tab. 19: Sekvestrácia záhrad rodinných domov sídelnej oblasti Veča .....	27
Tab. 20: Sekvestrácia záhradkárskej kolónie v sídelnej oblasti Veča .....	27
Tab. 21: Uhlíková bilancia podľa managementu polí .....	30
Tab. 22: Celková uhlíková bilancia oblasti katastru Šaľa podľa jednotlivých podoblastí .....	31

## Zoznam tabuliek - prílohy

Tab. P 1: Spaľované palivá .....	32
Tab. P 2: Základné parametre .....	32
Tab. P 3: Bilancia emisií stacionárnych zdrojov >0.2MWt .....	33
Tab. P 4: Bilancia ZP okresu Šaľa .....	34

Tab. P 5: Aplikované emisné faktory .....	35
Tab. P 6: Priemerné mesačné teploty v regiónu Nitra, v °C .....	37
Tab. P 7: Výpočet medziročných nárastov/poklesov spotreby tepla v regiónu 4 Nitra .....	38
Tab. P 8: Ceny palív v EUR/GJ, predikcia pre jednotlivých rokov .....	39
Tab. P 9: Výpočty základných parametrov pre prierezové roky .....	40
Tab. P 10: Cena dekarbonizácie .....	40

## Zdroje

- Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/2001 z 11. decembra 2018 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov (prepracované znenie), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>
- Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja mesta Šaľa na roky 2023 – 2030, Mesto Šaľa, 2024
- Abdurrazaque, M.: Tree Age Calculator. Available at: <https://www.omnicalculator.com/biology/tree-age>. Accessed: 29 January 2024.
- Tiefenbacher, A. et al.: Optimizing Carbon Sequestration in Croplands: A Synthesis, *Agronomy*, 2021, 11(5), 882; <https://doi.org/10.3390/agronomy11050882>
- J. Balajka, Podklady projekcií GHG, interný pracovný materiál SHMU 2023
- Technická príloha k pokynom na vyplnenie vzoru SEAP - Emisné faktory [Technical\\_annex\\_sk.pdf](https://soglasheniemerov.eu/IMG/pdf/technical_annex_sk.pdf) [https://soglasheniemerov.eu/IMG/pdf/technical\\_annex\\_sk.pdf](https://soglasheniemerov.eu/IMG/pdf/technical_annex_sk.pdf)
- CORDEX\_denno-stupne, interný materiál SHMU Bratislava
- Kvantifikácia emisií: Metodický postup pre tvorbu regionálnych nízkouhlíkových stratégií CEPA2920, <https://cuegemer.sk/wp-content/uploads/2020/12/Metodika-postupy-energ-planovanie.pdf>
- Záznamy o zmene registrácie vozidiel 2018 - 2022, Mestský úrad Šaľa
- Počet evidovaných vozidiel podľa kategórie vozidla pre rok 2017, [https://www.mindop.sk/files/statistika\\_vud/reg\\_prev\\_ukazovatele.htm](https://www.mindop.sk/files/statistika_vud/reg_prev_ukazovatele.htm)
- Podklady pre výročné správy ETS, interný materiál Astraia s.r.o

## Odkazy

URL1: <https://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/method-calculating-carbon-sequestration-trees-urban-and-suburban-settings.pdf>

URL2: [www.icos-cp.eu](http://www.icos-cp.eu)

<https://www.air.sk/NEIS>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_footprint](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_footprint)

<https://www.cdp.net>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental\\_Panel\\_on\\_Climate\\_Change](https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change)

<https://en.wikipedia.org/?title=UNFCC&redirect=no>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming\\_potential](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential)

<https://datacube.statistics.sk/>

<https://oeab.shmu.sk>

[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en)

[http://emisie.icz.sk/files/NAT\\_2021-2025\\_SK.pdf](http://emisie.icz.sk/files/NAT_2021-2025_SK.pdf)

## Nomenklatúra a skratky

AC	Abatement cost; náklady zníženia emisií
BM	Biomasa
Bienal report	Dvojročné správy pre EU o emisiách a projekciách skleníkových plynov
CF	Carbon footprint; uhlíková stopa
CDP	Carbon disclosure project; projekt pre zverejnení politiky a opatrení v oblasti tvorby skleníkových plynov
CO <sub>2ekv</sub>	Ekvivalent skleníkových plynov vyjadrený v t CO <sub>2</sub> na základe ich účinku na otepľovanie zemskej atmosféry
DG	Day Grade; denné priemerné stupne teploty
ETS	Emission trading systém - európsky systém s obchodovaním emisných povoleniek CO <sub>2</sub>
GHG	Greenhouse gases; skleníkové plyny
GWP	Global warming potential; potenciál účinku otepľovania skleníkového plynu v pomere s účinkom CO <sub>2</sub>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change; medzivládny panel pre zmenu klímy
NACE	Štruktúra štatistickej klasifikácie ekonomických činností
NAP	National Allocation Plan; národný plán alokácie emisných povoleniek
NEIS	Národný emisný informačný systém (NEIS)
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
TUV	Teplá úžitková voda
UNFCCC	United National Framework on Climate Change
ZP	Zemný plyn