



 **AEROSOL  
MAGEE SCIENTIFIC**

# **Vpliv virov in topografije na kakovost zraka**

## **Primerjava med Šaleško dolino in Ljubljansko kotlino z vidika ogljčnih delcev**

Dr. Asta Gregorič

*Strokovni posvet o onesnaženosti zraka z delci ob  
ogrevanju stavb*

Ljubljana, 21. 3. 2025



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSTVO,  
TURIZEM IN ŠPORT



Financira  
Evropska unija  
NextGenerationEU



AEROSOL  
MAGEE SCIENTIFIC

## Soavtorji

Dr. Matic Ivančič

Dr. Irena J. Brecelj

Dr. Balint Alföldy

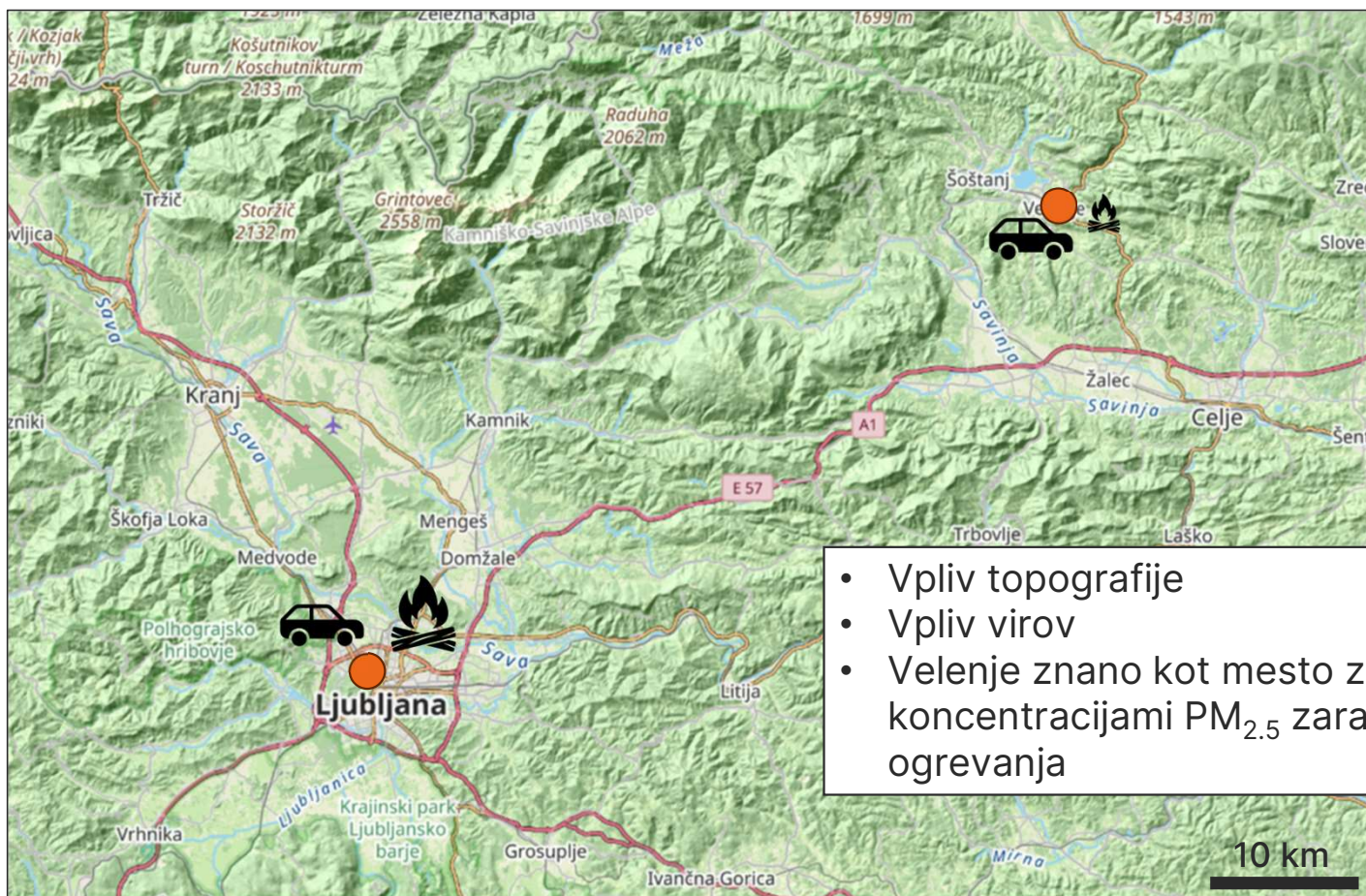
Dr. Martin Rigler



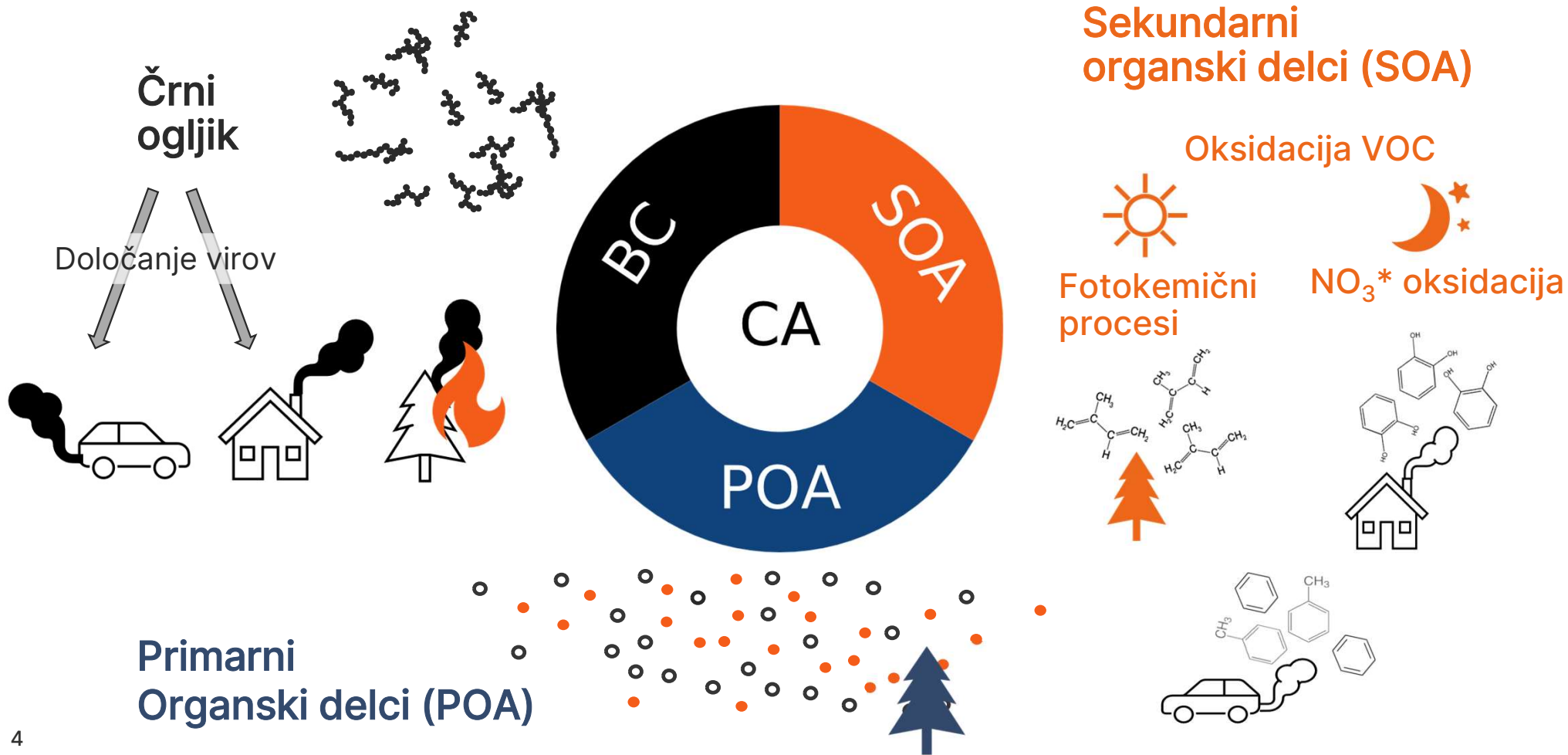
**IN**dikator **KA**kovosti **B**ivanja v  
urbanem okolju  
(**Z**rak, **Z**vok, **P**romet)



## Ljubljanska kotlina – Šaleška dolina



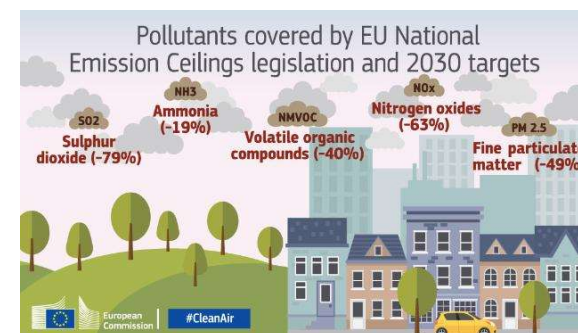
# Ogljični delci predstavljajo pomemben delež $PM_{2,5}$



# Direktiva EU o kakovosti zunanjega zraka

## Meritve črnega ogljika

- Znižanje mejnih vrednosti  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$
- Poudarek na meritvah nereguliranih parametrov: eBC



WHO, 2021



Priporočene vrednosti

Pollutant	Averaging time	AQG level
$PM_{2,5}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	5
	24-hour <sup>a</sup>	15
$PM_{10}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	15
	24-hour <sup>a</sup>	45

Nova direktiva

Pollutant	Averaging time	AQG level
$PM_{2,5}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	10
	24-hour <sup>a</sup>	25
$PM_{10}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	20
	24-hour <sup>a</sup>	45

# Meritve ogljičnih delcev



CASS – Carbonaceous Aerosol Speciation System  
(Aerosol Magee Scientific)

## TCA08:

- Termične meritve skupnega ogljika (TC) v delcih z visoko časovno ločljivostjo

## AE33, AE36, AE36s:

- Optične meritve ekvivalentnega črnega ogljika (BC) in absorpcije pri  $7\lambda$  oz.  $9\lambda$
- Določanje virov

## CASS:

- $OC(t) = TC(t) - BC(t)$
- Visoka časovna resolucija → primarni/sekundarni OC

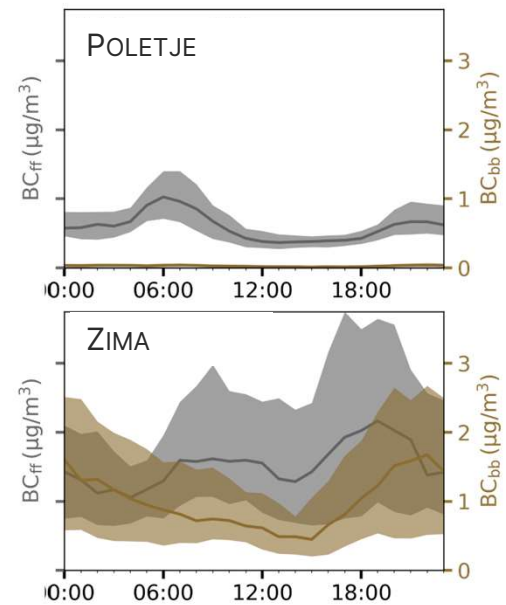
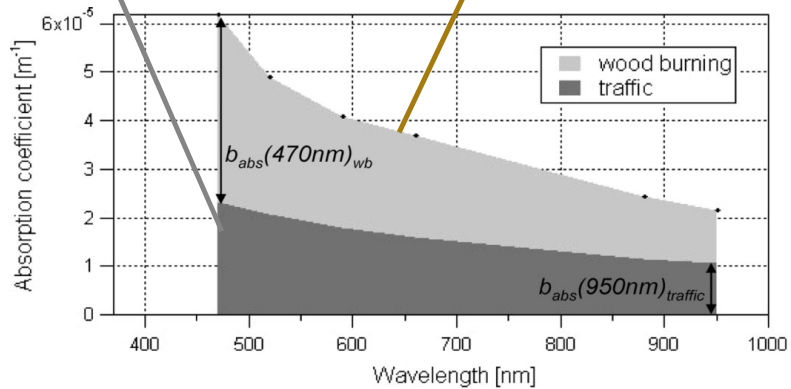
Vir:  
Ivančič et al., STOTEN, 2023  
Rigler et al., AMT, 2020

# Določanje virov črnega ogljika

## Optične lastnosti delcev (7 valovnih dolžin)

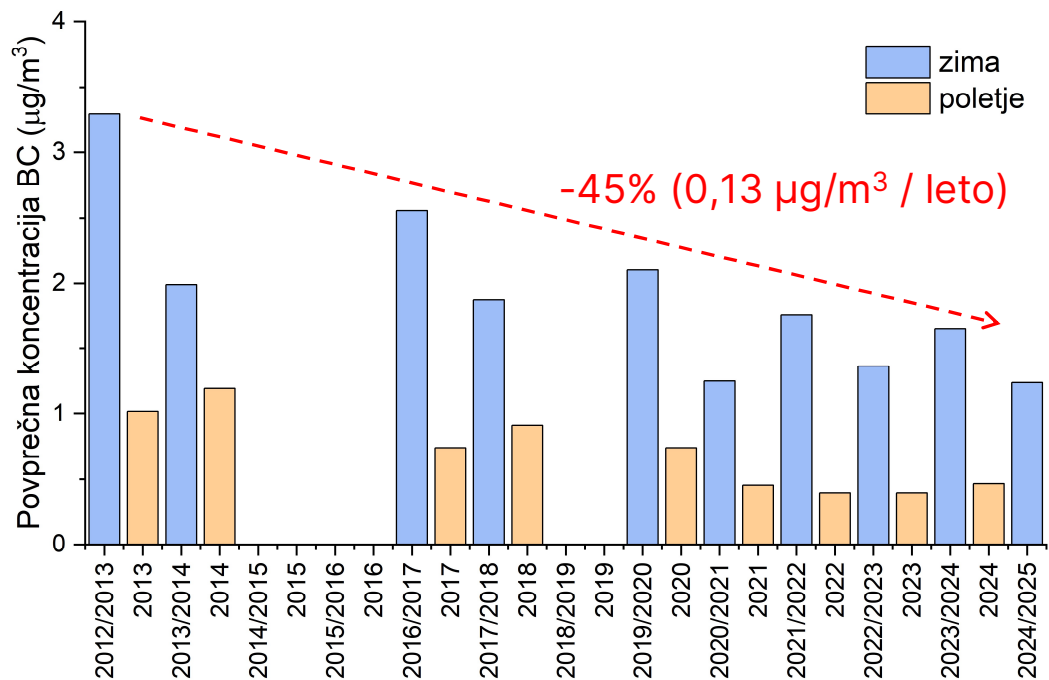
Prometni viri: AAE  $\approx 1$

Zgorevanje lesa: AAE  $\approx 2$



Vir: Sandradewi et al., 2008

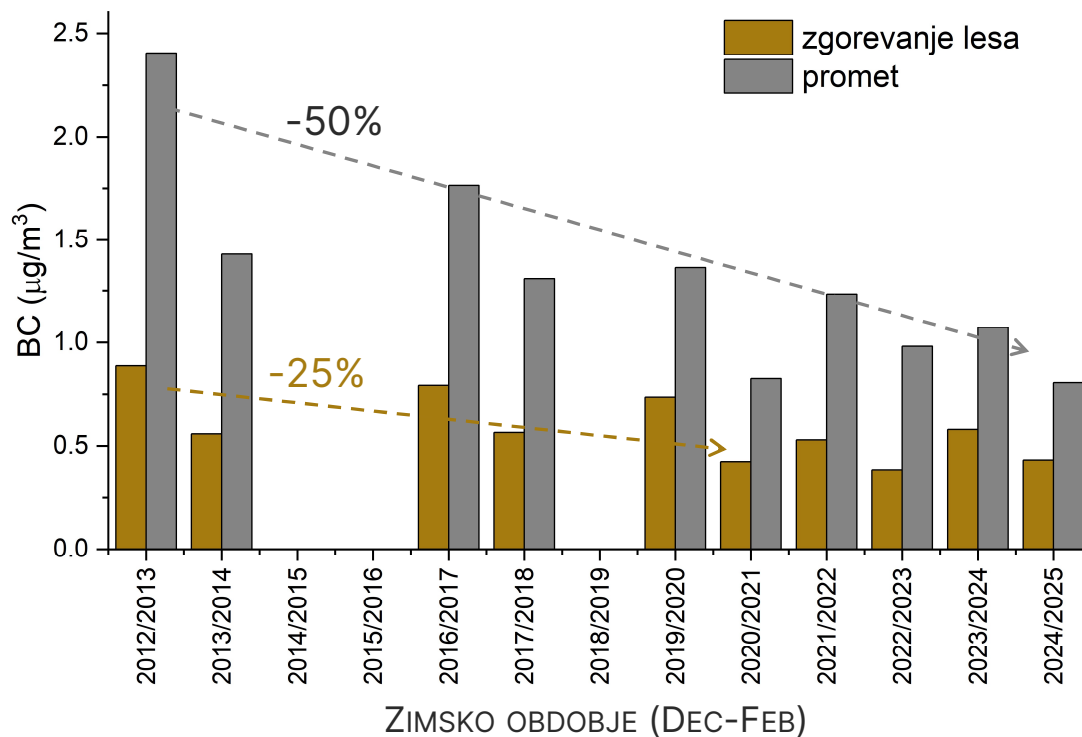
## Koncentracije BC v Ljubljani 2012 – 2025 padajo



- Nižanje koncentracij vidno predvsem v zimskih mesecih, ko je redčenje emisij omejeno.



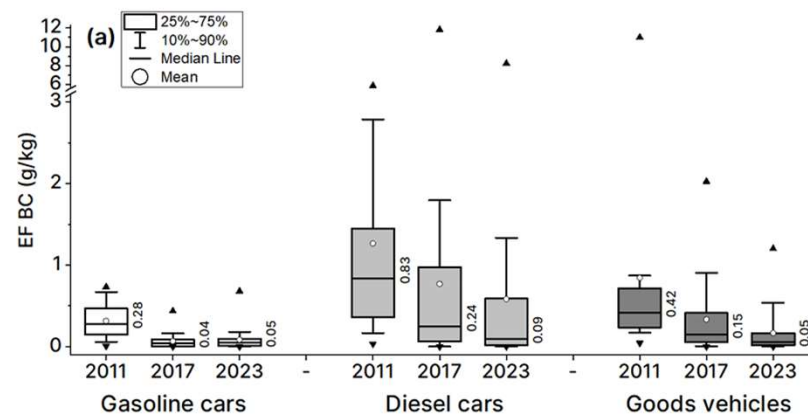
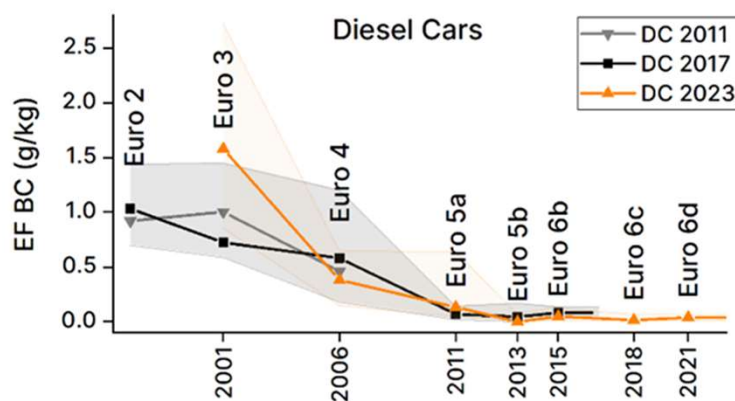
## Koncentracije BC v Ljubljani 2012 – 2025 padajo Razlog: nižje emisije BC iz prometa



- Večina znižanja na račun novejših vozil z nižjimi emisijami BC.
- Milejše zime z redkejšim pojavljanjem temperaturnih inverzij.
- V obdobju 2020 – 2025 ni opaznega trenda v koncentracijah BC iz zgorevanja lesa.

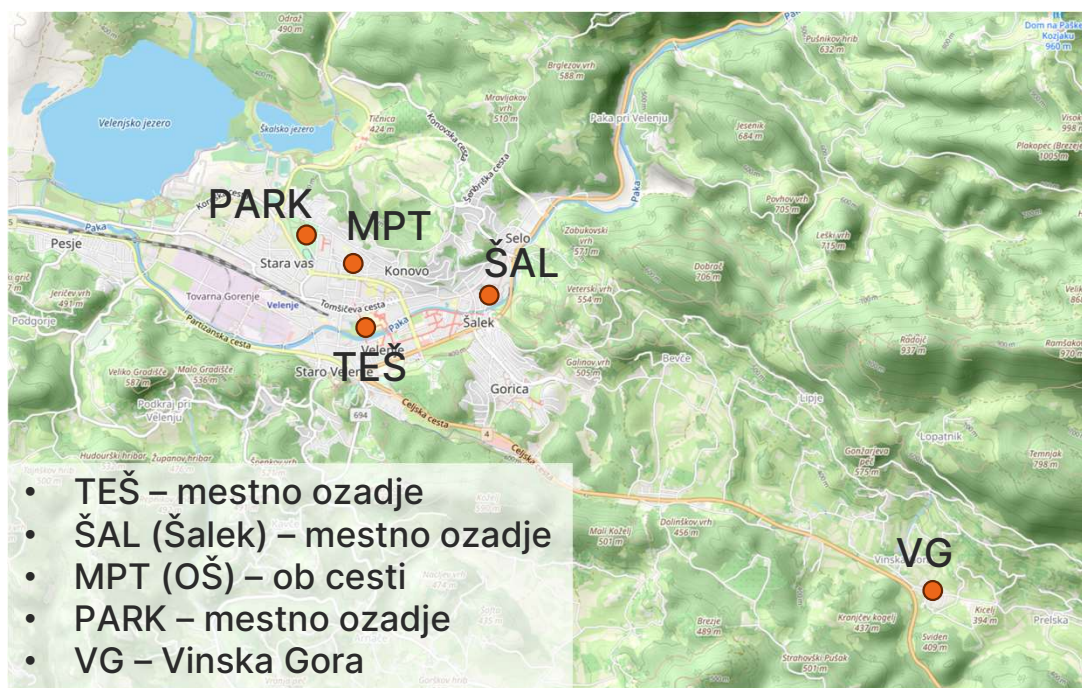
# Emisijski faktorji BC iz vozil

## Meritve EF z zasledovanjem vozil



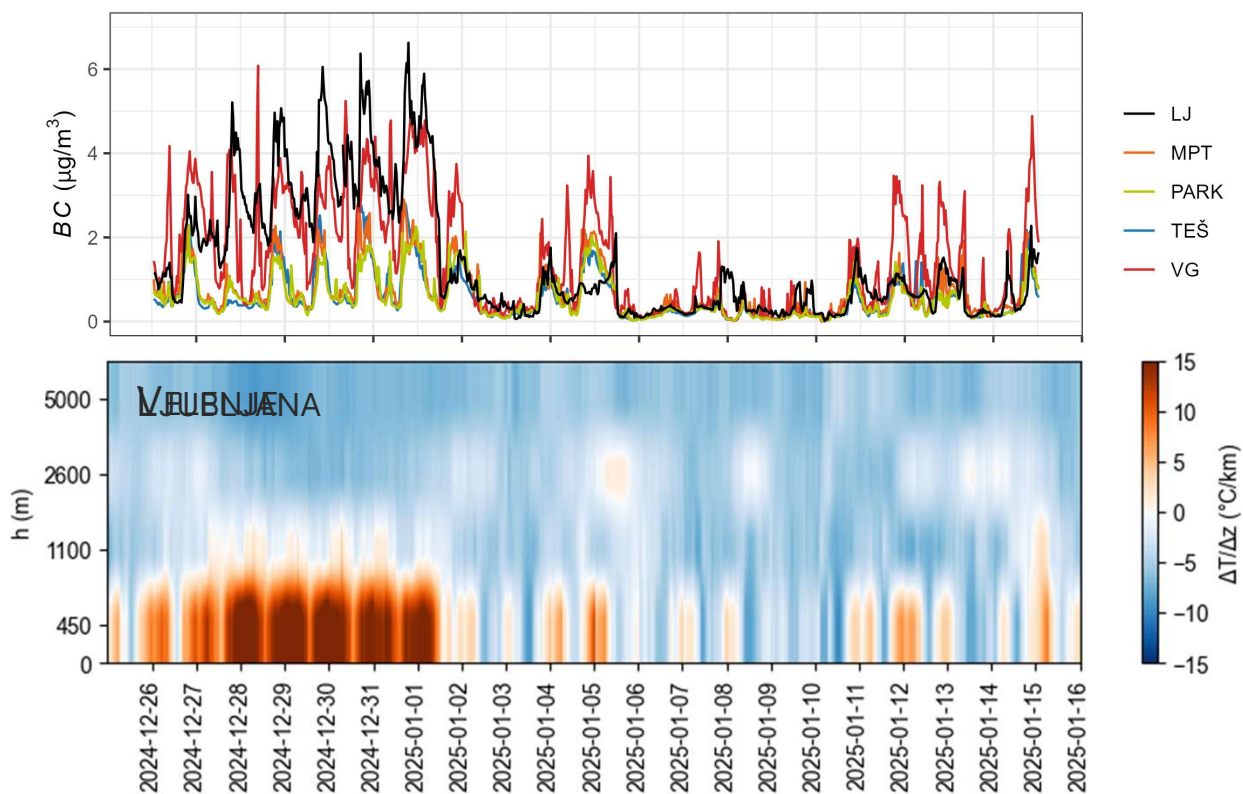
Večina znižanja na račun novejših vozil z nižjimi emisijami BC.

## Meritve BC v Mestni občini Velenje Februar 2024 -



# Časovni potek koncentracij BC (Ljubljana – Velenje)

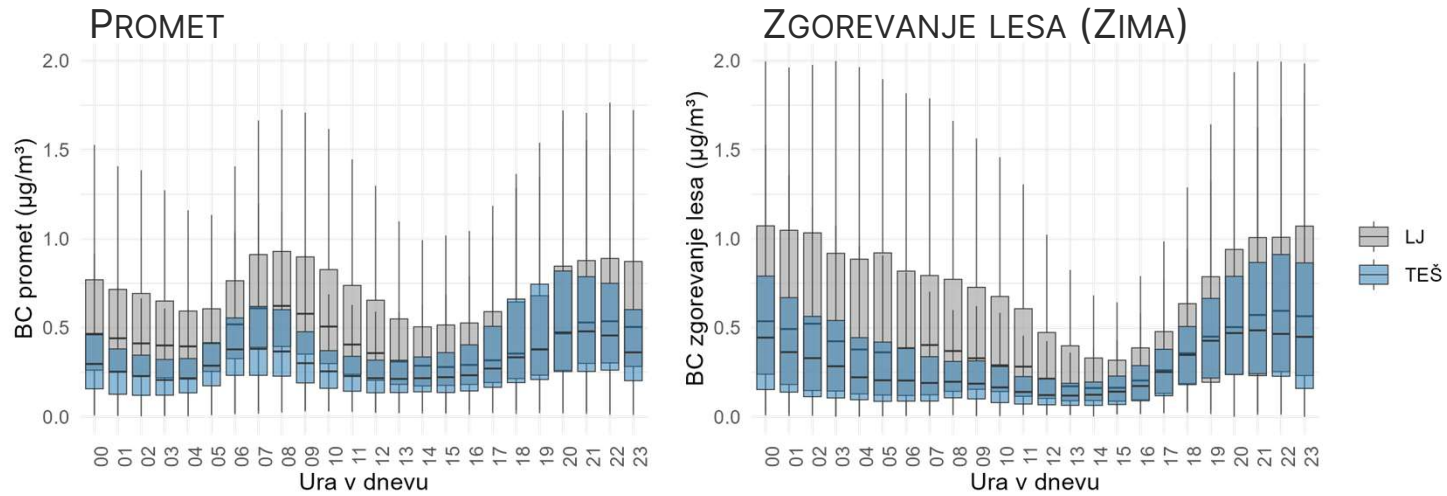
## Vpliv meteorologije



- Vinska Gora: Lokalni viri pomembno vplivajo na koncentracije BC.
- Neprekinjena temperaturna inverzija povzroči kopičenje onesnaževal v Ljubljanski kotlini.

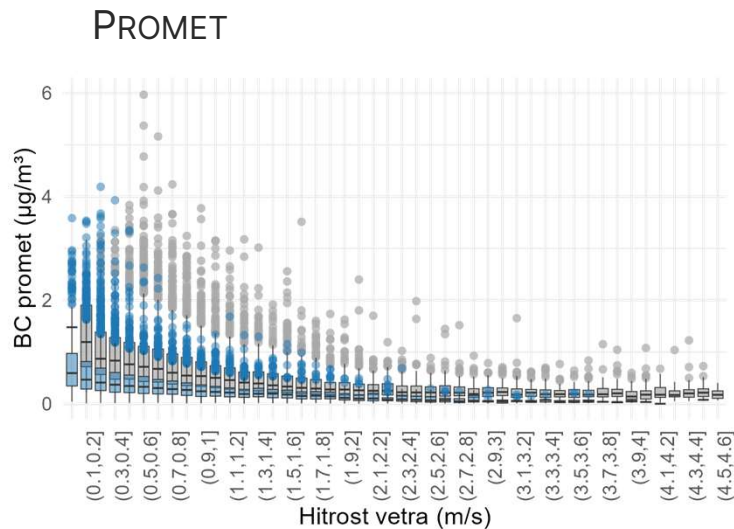
# Primerjava med Ljubljano in Velenjem

## Feb 2024 – Feb 2025

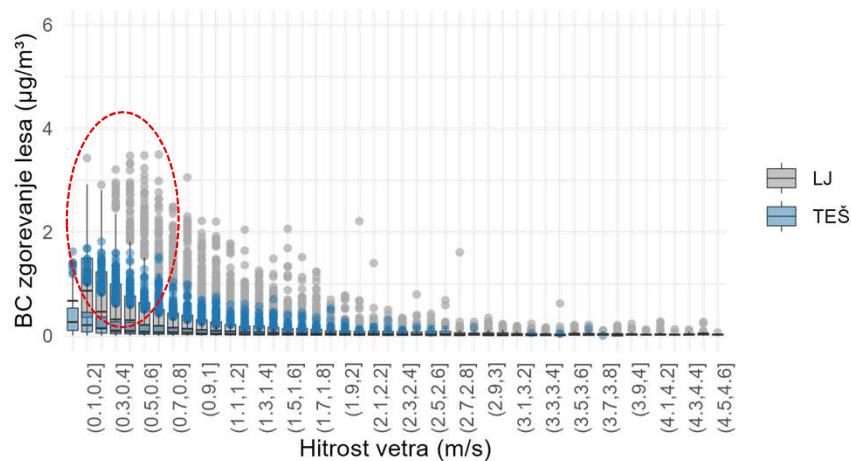


## Primerjava med Ljubljano in Velenjem

### Veter: v stabilnih razmerah so koncentracije višje



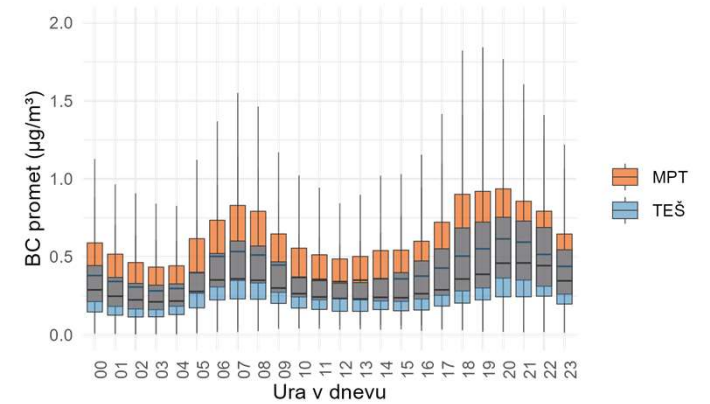
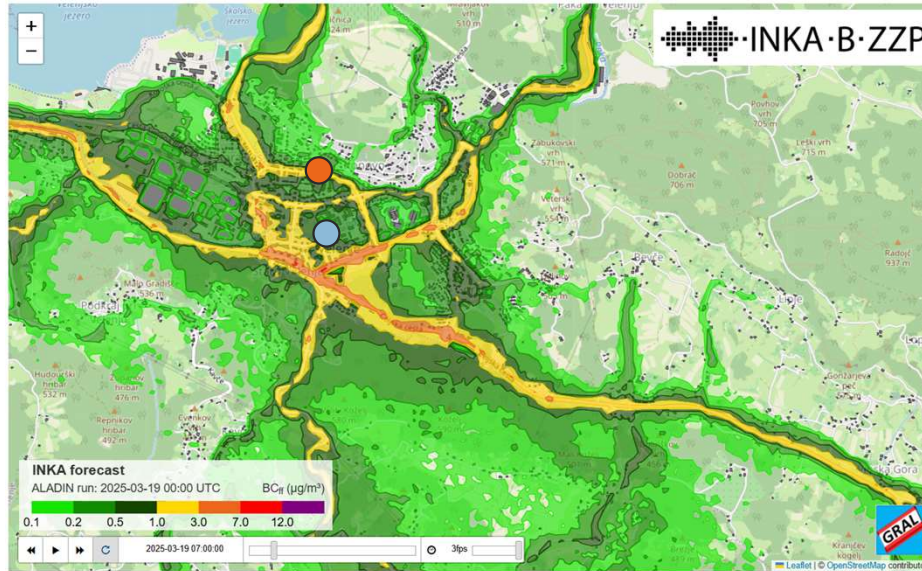
ZGOREVANJE LESA



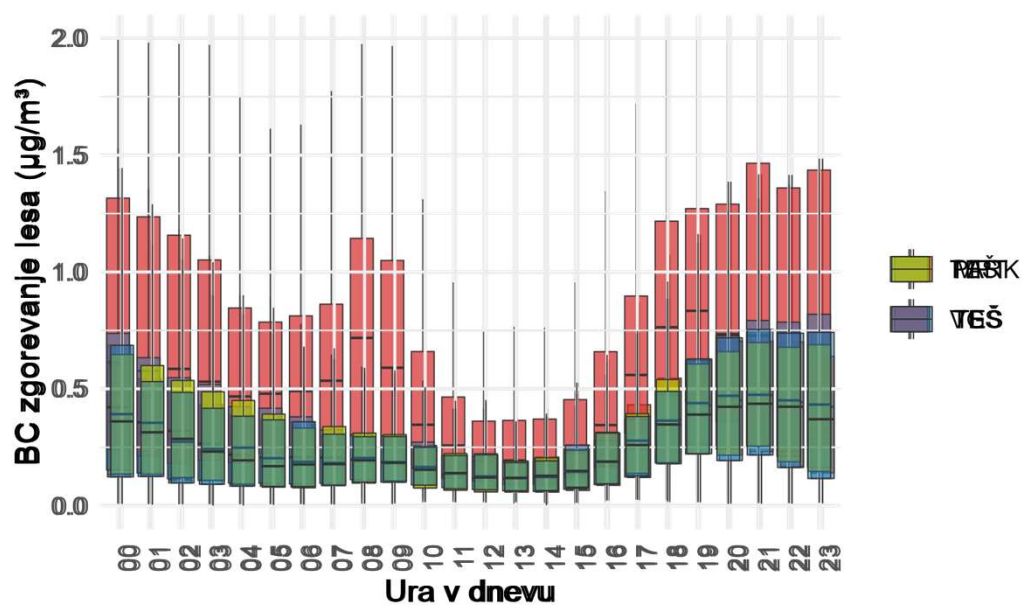
V najbolj stabilnih obdobjih koncentracije BC iz zgorevanja lesa v Ljubljani dosežejo okrog  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , v Velenju pa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

# Prispevek virov BC v Velenju in okoliških krajih

## Vpliv prometnih virov na porazdelitev koncentracij BC v mestu



## Prispevek zgorevanja lesa ni zanemarljiv Vpliv okoliških naselij



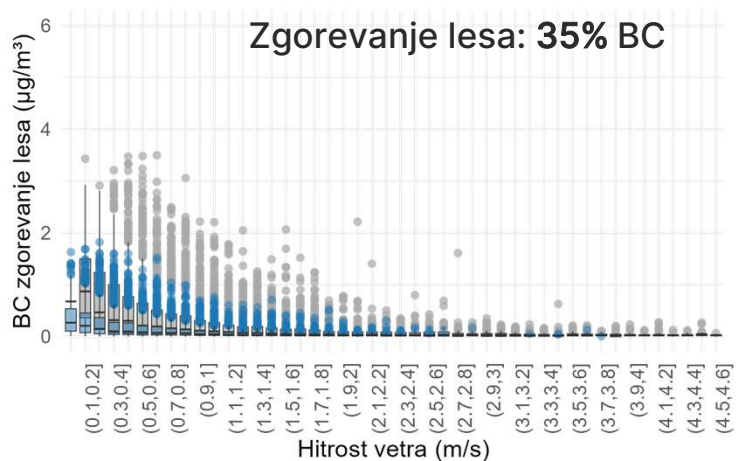
- Lesni dim je enakomerno porazdeljen po mestu (30% – 40% BC).
- Velik vpliv lokalnih emisij na lokalno kakovost zraka v okoliških naseljih (primer: Vinska Gora).



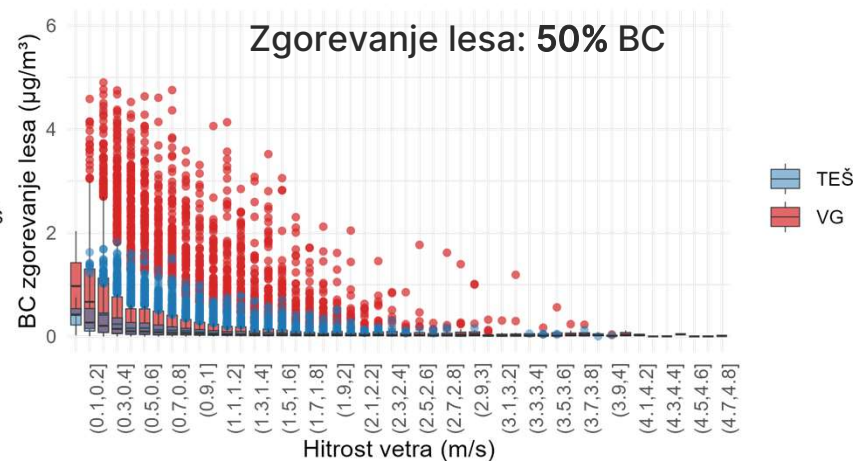
# Primerjava med Ljubljano in Vinsko Goro

## Zima 2024/25

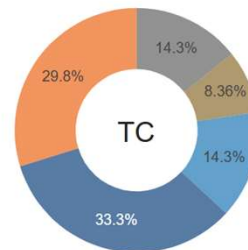
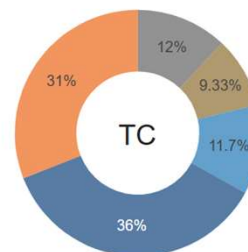
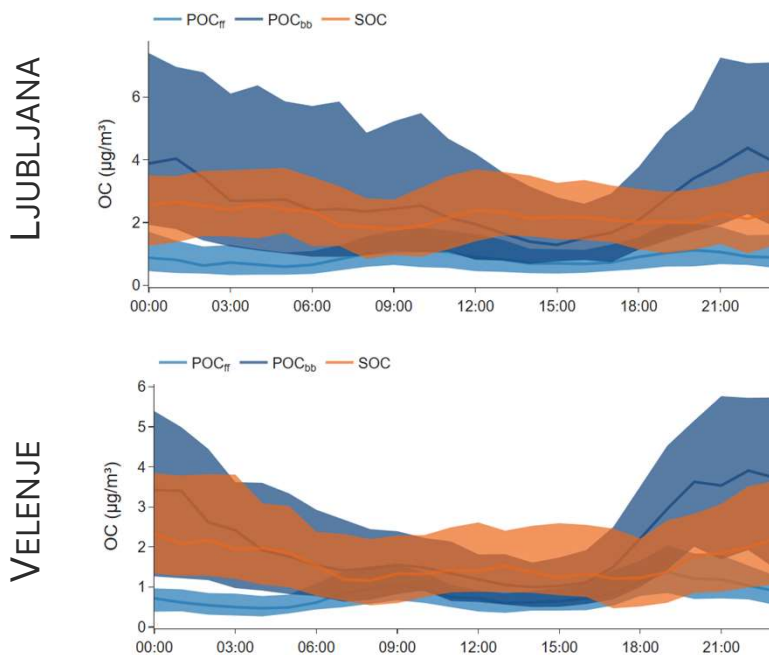
### LJUBLJANA



### VINSKA GORA

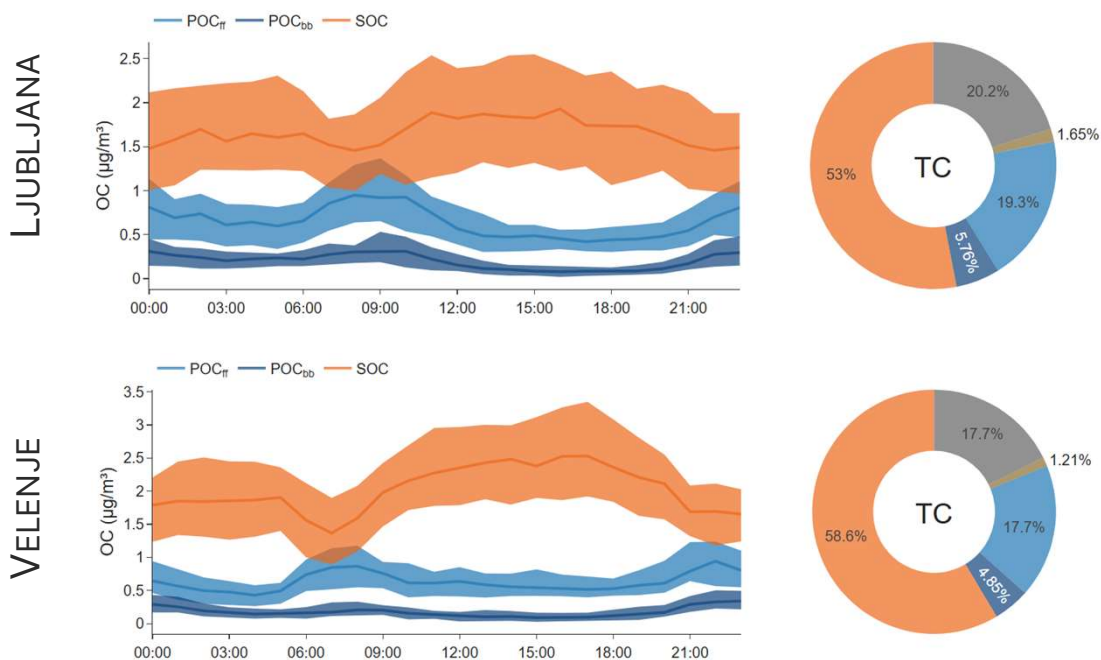


## Prispevek organskih delcev Pozimi prevladuje primarni OC



- BC predstavlja ~20% TC v Ljubljani in Velenju
- 50% TC predstavlja primarni OC.
- Glavni vir primarnega OC je zgorevanje lesa.

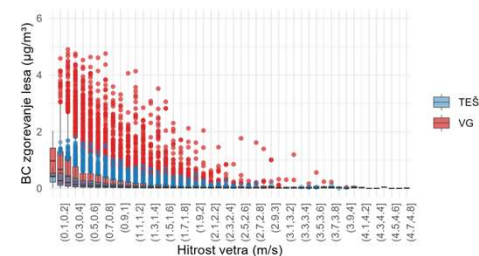
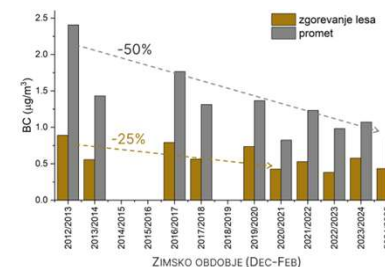
## Prispevek organskih delcev Poleti prevladuje sekundarni OC



- BC predstavlja ~20% TC v Ljubljani in ~17% v Velenju
- Prevladuje sekundarni organski ogljik

## Zaključki

- Koncentracije BC v Ljubljani so se od leta 2012 **znižale za 45%**, v večji meri zaradi strožjih emisijskih standardov vozil.
- Prispevek kurjenja lesa za ogrevanje ostaja konstanten v zadnjih 5 letih. Pomembno prispeva k ogljičnim delcem.
- Lokalni viri emisij iz zgorevanja lesa ključno vplivajo na kakovost zraka tudi v manjših naseljih/vaseh.





AEROSOL  
MAGEE SCIENTIFIC

# Hvala za pozornost!

agregoric@aerosolmageesci.com

## Zahvala:

- Ana Kočar, Mestna občina Velenje
- INKA-B-ZZP (DEMO-PILOTI) financira Evropska Unija - NextGenerationEU



Financira  
Evropska unija  
NextGenerationEU



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSTVO,  
TURIZEM IN ŠPORT

