

# KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> NA STANICI UHELNÁ

Zpráva za období 1. 1. 2022 – 31. 12. 2022

*RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D., Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany*

*Ing. William Patiño Gonzalez, Oddělení OME, ČHMÚ Praha-Komořany*

*Mgr. Ondřej Vlček, Oddělení OME, ČHMÚ Praha-Komořany*

*RNDr. Iva Hůnová, CSc., Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany*

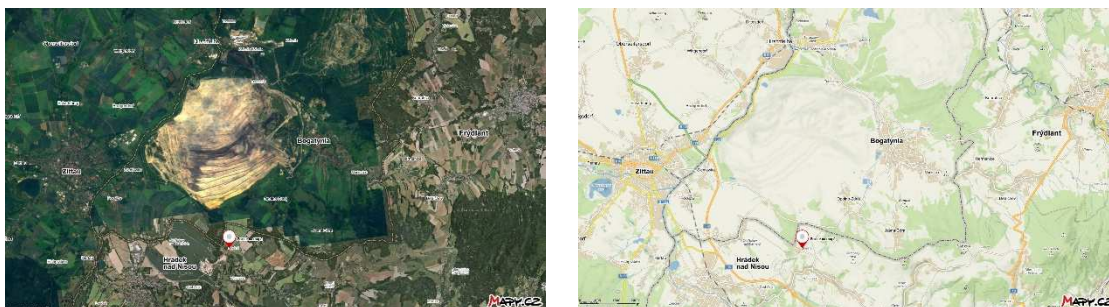
*Ing. Václav Novák, Oddělení ISKO, ČHMÚ Praha-Komořany*

# Obsah

I.	Charakteristika lokality.....	2
II.	Zhodnocení koncentrací suspendovaných částic $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ ve vztahu k plnění stávajících imisních limitů .....	3
III.	Zhodnocení výskytu nadlimitních koncentrací ve vztahu ke směru větru.....	6
IV.	Srovnání koncentrací naměřených na stanici Uhelná s koncentracemi na ostatních stanicích ležících na území Libereckého kraje v roce 2022.....	13
V.	Hodnocení koncentrací suspendovaných částic $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ v závislosti na rychlosti a směru větru .....	15
V.1	Suspendované částice $PM_{10}$ .....	16
V.2	Suspendované částice $PM_{2,5}$ .....	19
VI.	Poměry koncentrací $PM_{2,5}/PM_{10}$ .....	22
VII.	Měření koncentrací suspendovaných částic $PM_{10}$ v Polsku .....	27
VIII.	Závěr.....	28
	Literatura.....	31

# I. Charakteristika lokality

Stanice Uhelná se nachází v Libereckém kraji, na okraji obce Uhelná. Stanice je umístěna na zatravněném pozemku na dně otevřeného, provětrávaného údolí, cca 2 km jižně od jižního okraje lomu Turów (Obr. 1). Mezi další emisní zdroje v okolí stanice patří elektrárna Turów, zemědělská činnost, pískovna rozkládající se v jižním až jihozápadním směru od stanice Uhelná, lokální topeniště a zahradní aktivity ve vesnici (domy jsou osídleny částečně trvale, částečně využívány k rekreaci). Krajina v okolí stanice je částečně zastavěná. Stanice je klasifikována jako venkovská pozad'ová.



Obr. 1 Umístění stanice Uhelná (Zdroj: <https://mapy.cz/>)

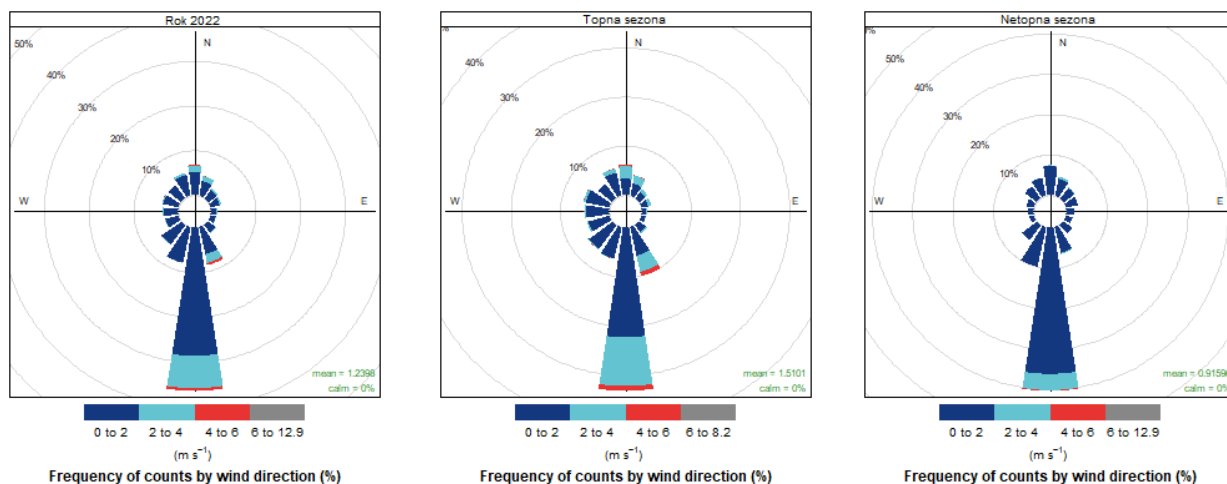
Stanice je aktivní a koncentrace látek znečišťujících ovzduší jsou na ní měřeny od 23. 10. 2020. Na stanici jsou měřeny koncentrace suspendovaných částic, a to  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ . Dále je zde měřena i početní koncentrace částic. Z meteorologických parametrů jsou na stanici měřeny teplota, směr a rychlost větru a relativní vlhkost vzduchu.

Na Obr. 2 jsou znázorněny větrné růžice pro stanici Uhelná pro celý rok 2022 a pro topnou a netopnou sezonu roku 2022<sup>1</sup>. Větrná růžice je graf znázorňující režim větru na určitém místě formou směrového (paprskového) diagramu. Délka paprsků, značících světové strany, vyjadřuje četnost větru z daného směru (ČMeS 2022). Větrná růžice zobrazuje tedy podíl jednotlivých směrů větru o určité rychlosti za dané časové období.

Z větrných růžic na Obr. 2 vyplývá, že na stanici Uhelná převažuje vítr z jižního směru. Z hlediska celého roku 2022 i topné a netopné sezony roku 2022 došlo k výskytu jižního, jihojihovýchodního a jihojihozápadního větru ve více než 50 % případů (konkrétně 54 %, 50 % a 57 % případů pro celý rok, pro topnou a netopnou sezonu). K výskytu severního, severo-severovýchodního, severovýchodního, severo-severozápadního a severozápadního větru (tj. větru ze směrů, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná, Obr. 1) došlo v roce 2022 v 23 %, v topné sezoně v 22 % a v netopné sezoně v 24 % případů. Během roku převažuje na stanici vítr o rychlosti do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , v topné sezoně při jižním a jihojihovýchodním proudění dochází i k výskytu větru o vyšších rychlostech, převážně do  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

---

<sup>1</sup> Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku a pravidla pro vytápění stanovuje vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 194/2007 Sb. Dodávka tepelné energie se v otopném období zahájí tehdy, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  ve dvou dnech po sobě a podle vývoje počasí nelze očekávat její zvýšení nad  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  ani pro následující den. Vytápění se omezí nebo přeruší v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad  $+13 \text{ }^\circ\text{C}$  ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den. Na základě naměřených teplot a průměrných denních teplot na stanici Uhelná byla topná sezona stanovena na dvě souvislá období od 1. 1. 2022 do 5. 5. 2022 a od 3. 11. 2022 do 31. 12. 2022. Nicméně toto rozdělení roku je teoretické, neboť v obci Uhelná lze předpokládat individuální přístup obyvatelstva k potřebě vytápění svých obydlí za využití lokálních tepelných zdrojů.



Obr. 2 Větrné růžice pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo), pro topnou (uprostřed) a netopnou sezónu (vpravo) v roce 2022

## II. Zhodnocení koncentrací suspendovaných částic $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ ve vztahu k plnění stávajících imisních limitů

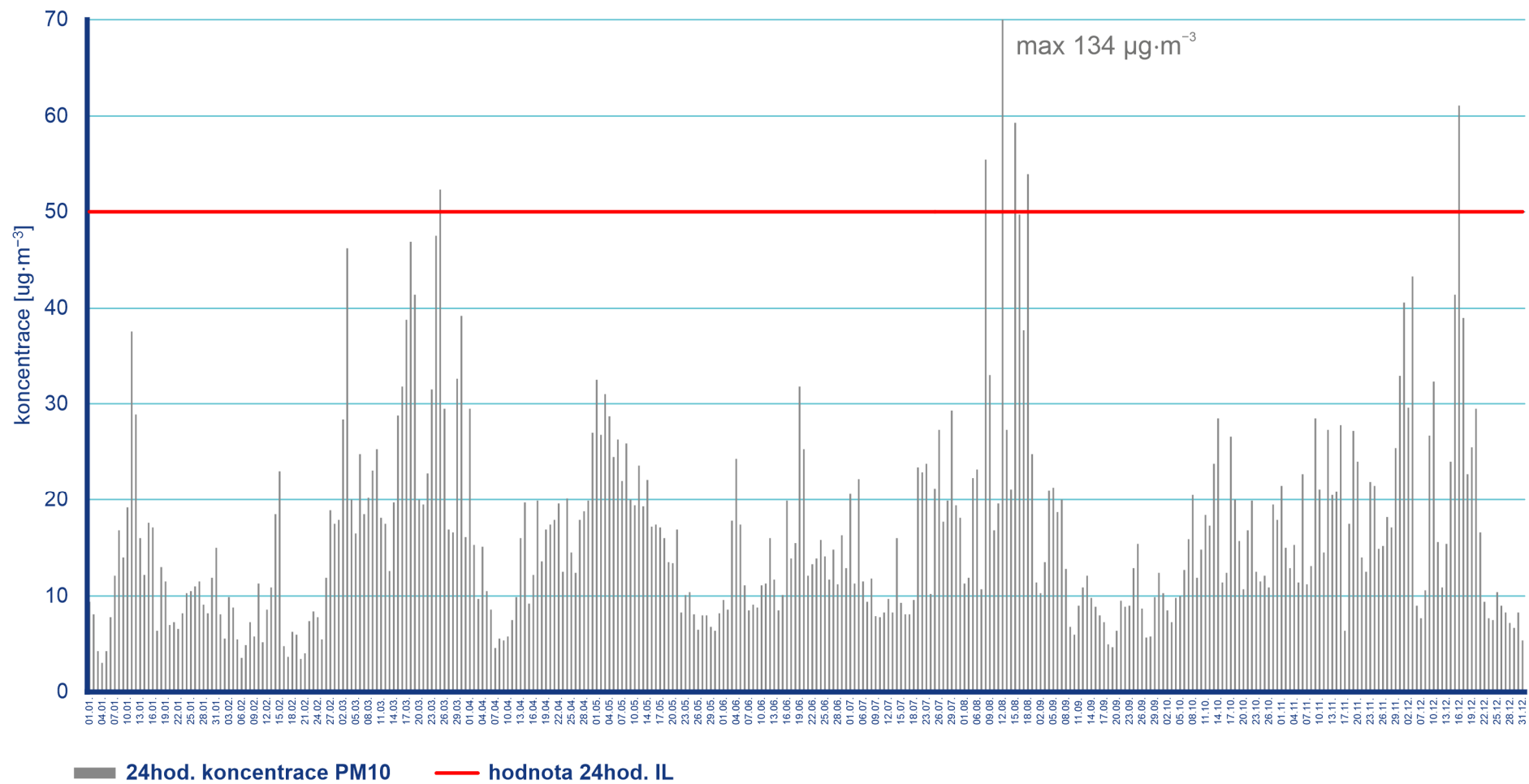
Suspendované částice jsou tvořeny směsí pevných a kapalných částic o aerodynamickém průměru menším než  $10 \mu m$  ( $PM_{10}$ ), resp.  $2,5 \mu m$  ( $PM_{2,5}$ ). Suspendované částice mají široké spektrum účinků na kardiovaskulární a respirační ústrojí. Od roku 2013 jsou zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (IARC 2015). Jejich vliv na lidské zdraví závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení. Jejich součástí mohou být i polycyklické aromatické uhlovodíky a těžké kovy (EEA 2013).

V této zprávě jsou vyhodnoceny koncentrace suspendovaných částic naměřené na stanici Uhelná za období od **1. 1. 2022 do 31. 12. 2022**. Veškeré časové údaje v této zprávě jsou uvedeny v UTC.

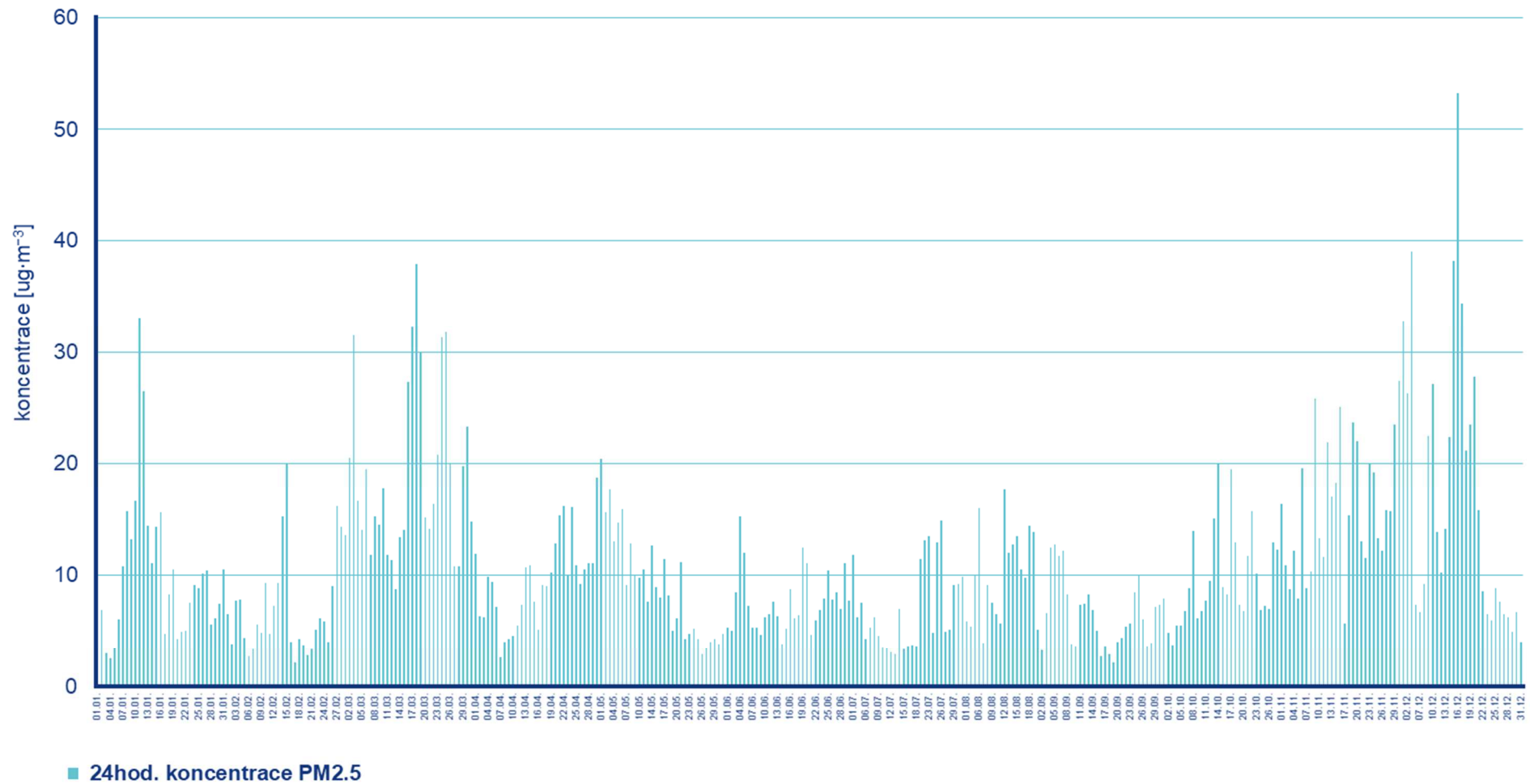
**Pro suspendované částice  $PM_{10}$**  je stanoven imisní limit pro ochranu lidského zdraví pro průměrnou 24hodinovou koncentraci a pro průměrnou roční koncentraci (Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění). Hodnota 24hod. imisního limitu  $PM_{10}$  je  $50 \mu g \cdot m^{-3}$ . Legislativa připouští na měřicí stanici nejvíce 35 překročení hodnoty imisního limitu za kalendářní rok; při vyšším počtu je imisní limit považován za překročený. Pro roční průměrnou koncentraci  $PM_{10}$  je stanoven imisní limit  $40 \mu g \cdot m^{-3}$ .

Od 1. 1. 2022 do 31. 12. 2022 byly na stanici Uhelná naměřeny **průměrné 24hod. koncentrace  $PM_{10}$**  v rozmezí  $3 \mu g \cdot m^{-3}$  až  $134 \mu g \cdot m^{-3}$  (Obr. 3). Hodnota 24hod. imisního limitu  $50 \mu g \cdot m^{-3}$  byla na stanici Uhelná v roce 2022 překročena 6x, a to 25. 3. 2022 ( $52 \mu g \cdot m^{-3}$ ), 8. 8. 2022 ( $56 \mu g \cdot m^{-3}$ ), 12. 8. 2022 ( $134 \mu g \cdot m^{-3}$ ), 15. 8. 2022 ( $59 \mu g \cdot m^{-3}$ ), 18. 8. 2022 ( $54 \mu g \cdot m^{-3}$ ) a 16. 12. 2023 ( $61 \mu g \cdot m^{-3}$ ). **Průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$**  o hodnotě  $16,9 \mu g \cdot m^{-3}$  na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2022 roční imisní limit ( $40 \mu g \cdot m^{-3}$ ).

Od 1. 1. 2022 do 31. 12. 2022 byly na stanici Uhelná naměřeny **průměrné denní koncentrace  $PM_{2,5}$**  v rozmezí  $2 \mu g \cdot m^{-3}$  až  $53 \mu g \cdot m^{-3}$  (Obr. 4). Pro suspendované částice  $PM_{2,5}$  je stanoven imisní limit pro ochranu lidského zdraví pouze pro průměrnou roční koncentraci. Roční imisní limit  $PM_{2,5}$  je stanoven na  $20 \mu g \cdot m^{-3}$  (do roku 2020 včetně platil imisní limit  $25 \mu g \cdot m^{-3}$ ). **Průměrná roční koncentrace  $PM_{2,5}$**  o hodnotě  $10,8 \mu g \cdot m^{-3}$  na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2022 roční imisní limit ( $20 \mu g \cdot m^{-3}$ ).



Obr. 3 Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> na stanici Uhelná, 1. 1. 2022 – 31. 12. 2022



Obr. 4 Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> na stanici Uhelná, 1. 1. 2022 – 31. 12. 2022

### III. Zhodnocení výskytu nadlimitních koncentrací ve vztahu ke směru větru

Hodnota 24hod. imisního limitu PM<sub>10</sub> (50 µg·m<sup>-3</sup>) byla na stanici Uhelná v roce 2022 překročena 6x, a to 25. 3. (52 µg·m<sup>-3</sup>), 8. 8. (56 µg·m<sup>-3</sup>), 12. 8. (134 µg·m<sup>-3</sup>), 15. 8. (59 µg·m<sup>-3</sup>), 18. 8. (54 µg·m<sup>-3</sup>) a 16. 12. (61 µg·m<sup>-3</sup>).

#### Situace 25. 3. 2022

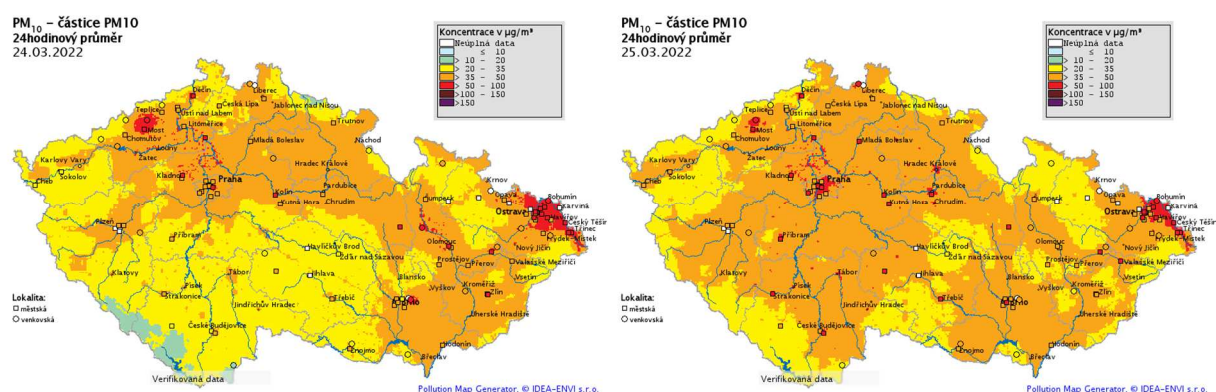
Ve dnech 24. 3. – 25. 3. 2022 panovaly na území České republiky mírně nepříznivé rozptylové podmínky (ČHMÚ, 2022a) a koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> překročily na některých lokalitách hodnotu 24hod. imisního limitu (

Obr. 5). Dne 25. 3. 2022 byla hodnota 24hod. imisního limitu PM<sub>10</sub> překročena i na stanici Uhelná.

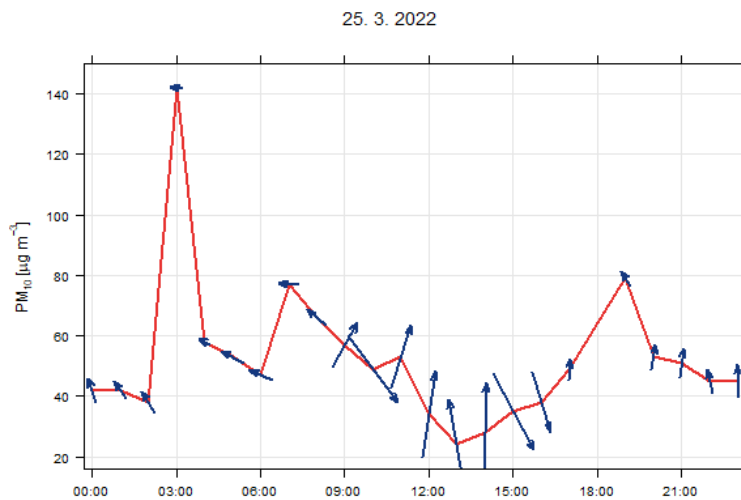
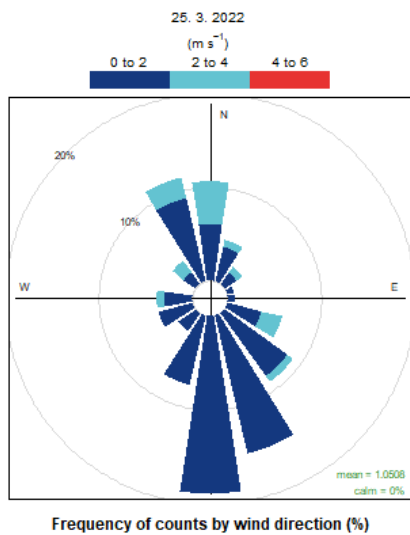
Dne 25. 3. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění z jižního až jihovýchodního směru s nízkými rychlostmi větru. Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> vystoupaly nad hodnotu 24hod. imisního limitu 50 µg·m<sup>-3</sup> v nočních až dopoledních hodinách (mezi 3:00 až 11:00 UTC), dále se koncentrace nad 50 µg·m<sup>-3</sup> objevily ve večerních hodinách mezi 19:00 až 21:00 UTC (

Obr. 6). Nejvyšší průměrné hodinové koncentrace nad 50 µg·m<sup>-3</sup> byly měřeny při proudění z východního až jihojihozápadního směru o rychlosti do 2,3 m·s<sup>-1</sup> (

Obr. 6). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (ČHMÚ 2022b). Poměr koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> se dne 25. 3. 2022 pohyboval v rozmezí 0,4–0,8, což indikuje převážně převahu jemných suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub>. Vzhledem k roční době a potřebě vytápění lze konstatovat, že překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 25. 3. 2022 bylo pravděpodobně způsobeno zejména emisemi z lokálních topenišť v kombinaci s vlivem nepříznivých rozptylových podmínek.



Obr. 5 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> ve dnech 24. 3 – 25. 3. 2022



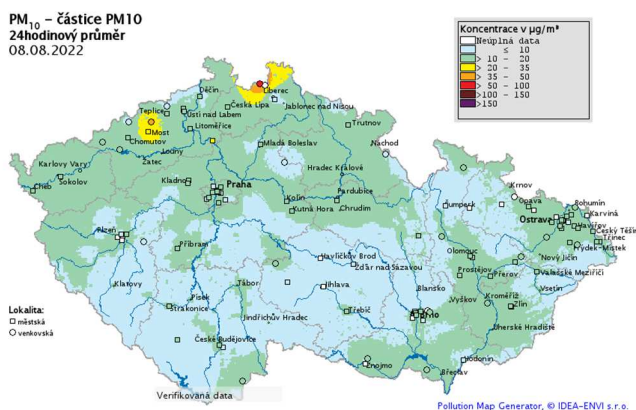
Obr. 6 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací  $\text{PM}_{10}$  s vyznačením směru a rychlosti (délka šípky) větru na stanici Uhelná dne 25. 3. 2022 (vpravo, hodinová data)



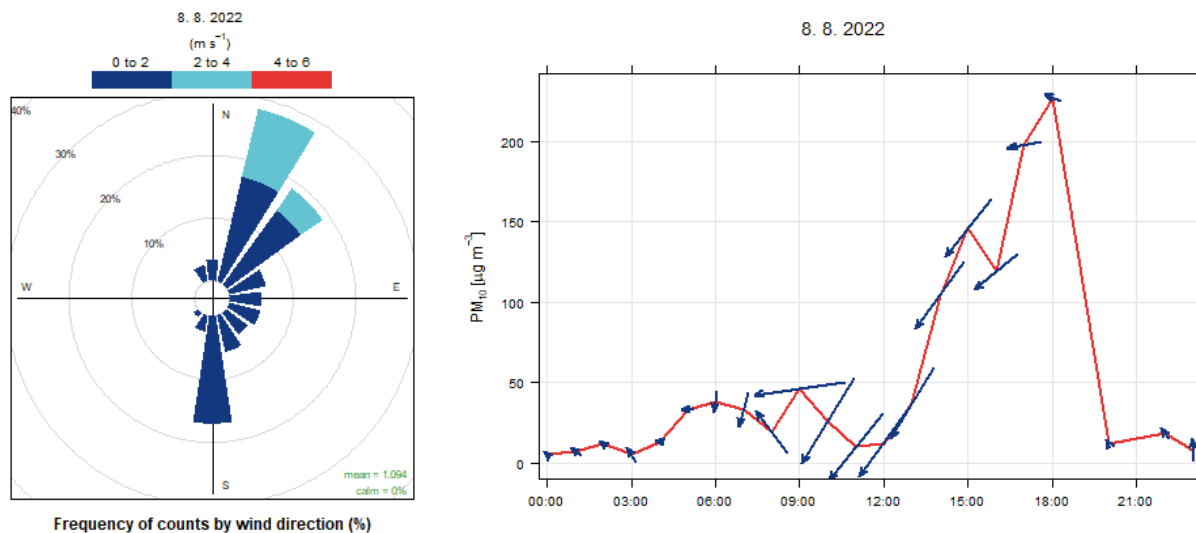
## Situace 8. 8. 2022

Dne 8. 8. 2022 byla situace z hlediska kvality ovzduší na území České republiky příznivá a koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> překročily hodnotu 24hod. imisního limitu pouze na stanici Uhelná (Obr. 7).

Dne 8. 8. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění ze severoseverovýchodního a severovýchodního směru, nejvyšší zaznamenaná rychlost větru byla 3 m·s<sup>-1</sup>. Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> větší než je hodnota 24hod. imisního limitu (50 µg·m<sup>-3</sup>) byly na stanici měřeny v odpoledních až večerních hodinách (mezi 14:00 až 18:00 UTC). Tyto koncentrace nad 50 µg·m<sup>-3</sup> byly měřeny při proudění ze severovýchodního, východoseverovýchodního a východojihovýchodního směru o rychlosti větru do 2 m·s<sup>-1</sup> (Obr. 8). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (ČHMÚ 2022a). Poměr koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> byl dne 8. 8. 2022 nejnižší právě mezi 14:00 až 18:00 (poměr 0,1; v daném dni nabýval poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> hodnot 0,1–0,6), což indikuje navýšení koncentrace hrubé frakce PM<sub>10</sub>. Vzhledem k převažujícím směrům proudění a okolí stanice lze konstatovat, že na překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 8. 8. 2022 mohly mít vliv emise z polních prací a/nebo z těžební činnosti.



Obr. 7 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> dne 8. 8. 2022

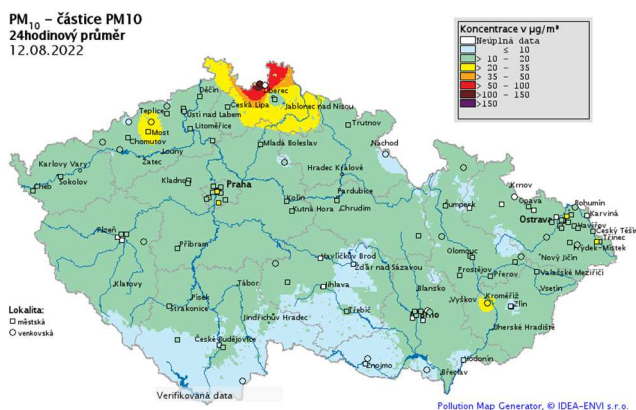


Obr. 8 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací PM<sub>10</sub> s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 8. 8. 2022 (vpravo, hodinová data)

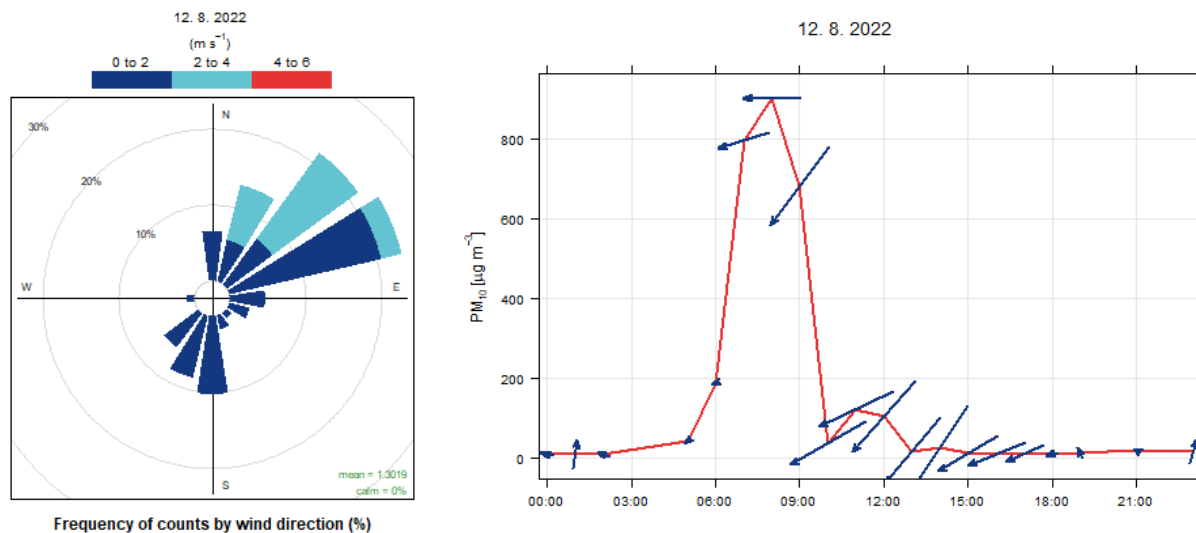
## Situace 12. 8. 2022

Dne 12. 8. 2022 byla situace z hlediska kvality ovzduší na území České republiky příznivá a koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  překročily hodnotu 24hod. imisního limitu pouze na stanici Uhelná (Obr. 9).

Dne 12. 8. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění ze severoseverovýchodního až východoseverovýchodního směru, nejvyšší zaznamenaná rychlost větru byla  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Průměrné hodinové koncentrace  $PM_{10}$  větší než je hodnota 24hod. imisního limitu ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byly na stanici měřeny v ranních až dopoledních hodinách (mezi 6:00 až 12:00 UTC). Tyto koncentrace nad  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byly měřeny při proudění ze severovýchodního až východního směru o rychlosti větru do  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Obr. 10). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (ČHMÚ 2022a). Poměr koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  byl dne 12. 8. 2022 nejnižší právě mezi 6:00 až 12:00 (poměr 0,1; v daném dni nabýval poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  hodnot 0,1–0,5), což indikuje navýšení koncentrace hrubé frakce  $PM_{10}$ . Vzhledem k převažujícím směrům proudění a okolí stanice lze konstatovat, že na překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 12. 8. 2022 mohly mít vliv emise z polních prací a/nebo z těžební činnosti.



Obr. 9 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  dne 12. 8. 2022

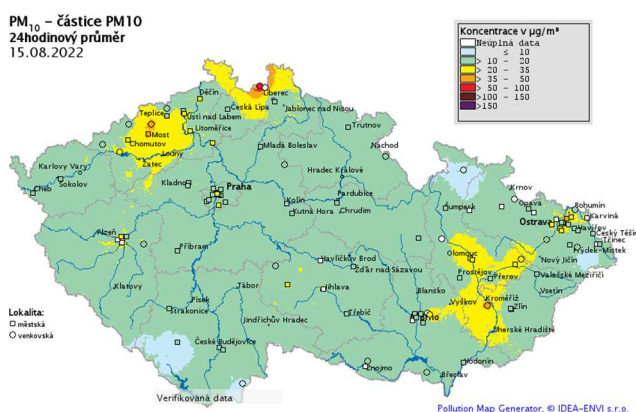


Obr. 10 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací  $PM_{10}$  s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 12. 8. 2022 (vpravo, hodinová data)

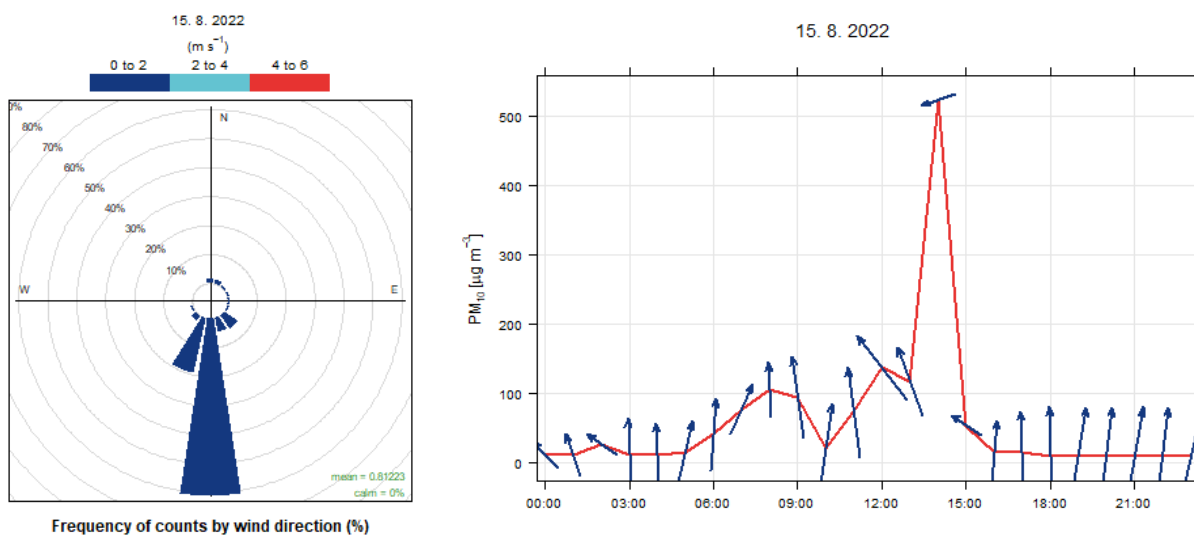
## Situace 15. 8. 2022

Dne 15. 8. 2022 byla situace z hlediska kvality ovzduší na území České republiky příznivá a koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  překročily hodnotu 24hod. imisního limitu pouze na stanici Uhelná (Obr. 11).

Dne 15. 8. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění z východojihovýchodního až jihojihozápadního, nejvyšší zaznamenaná rychlost větru byla  $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Průměrné hodinové koncentrace  $PM_{10}$  větší než je hodnota 24hod. imisního limitu ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byly na stanici měřeny v ranních až odpoledních hodinách (mezi 7:00 až 15:00 UTC). Tyto koncentrace nad  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byly měřeny při proudění z východoseverovýchodního až jihojihozápadního směru o rychlosti větru do  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Obr. 12). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (ČHMÚ 2022a). Poměr koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  byl dne 15. 8. 2022 nejnižší právě mezi 7:00 až 15:00 (poměr 0,1–0,2; v daném dni nabýval poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  hodnot 0,1–0,8), což indikuje navýšení koncentrace hrubé frakce  $PM_{10}$ . Vzhledem k převažujícím směrům proudění a okolí stanice lze konstatovat, že překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 15. 8. 2022 bylo pravděpodobně způsobeno vlivem emisí z polních prací, pískovny nebo místním ovlivněním (zahradní aktivity).



Obr. 11 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  dne 15. 8. 2022

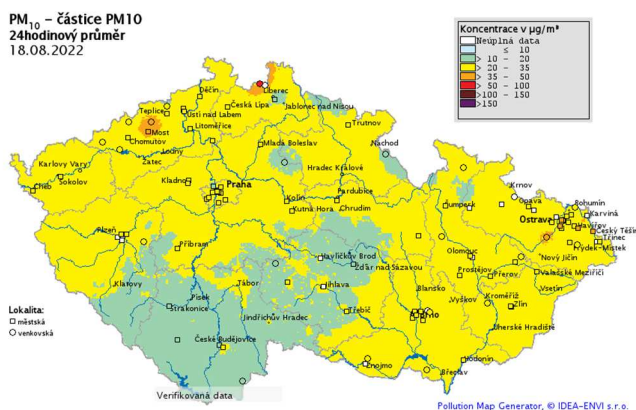


Obr. 12 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací  $PM_{10}$  s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 15. 8. 2022 (vpravo, hodinová data)

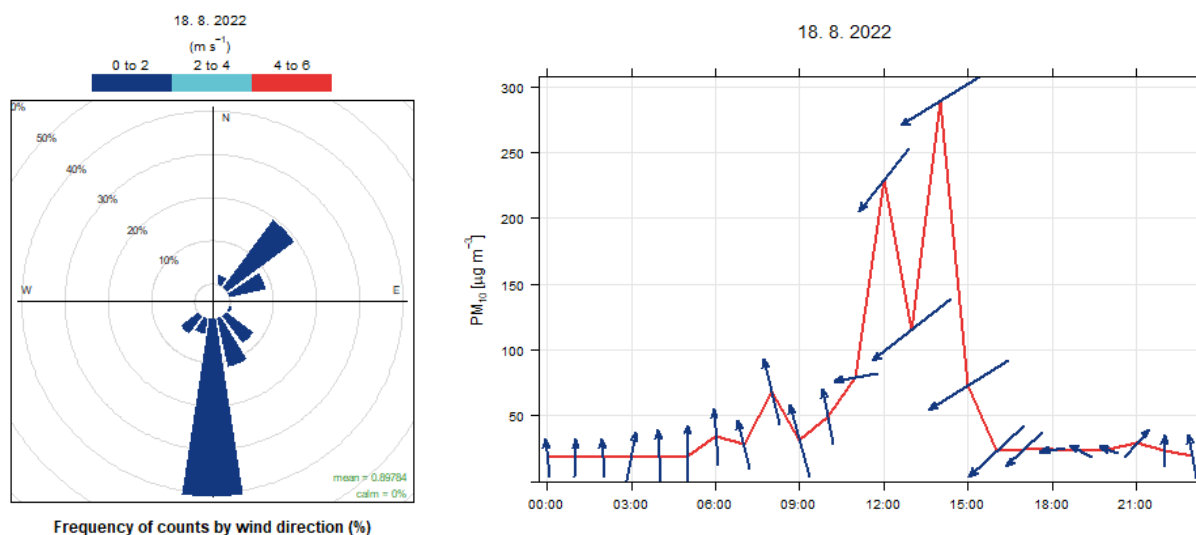
## Situace 18. 8. 2022

Dne 18. 8. 2022 byla situace z hlediska kvality ovzduší na území České republiky příznivá a koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> překročily hodnotu 24hod. imisního limitu pouze na stanici Uhelná (Obr. 13).

Dne 18. 8. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění z jižního a severovýchodního směru, nejvyšší zaznamenaná rychlost větru byla 2 m·s<sup>-1</sup>. Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> větší než je hodnota 24hod. imisního limitu (50 µg·m<sup>-3</sup>) byly na stanici měřeny v ranních až odpoledních hodinách (mezi 8:00 až 15:00 UTC). Tyto koncentrace nad 50 µg·m<sup>-3</sup> byly měřeny při proudění ze severovýchodního až jižního směru o rychlosti větru do 2 m·s<sup>-1</sup> (Obr. 14). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (ČHMÚ 2022a). Poměr koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> byl dne 18. 8. 2022 nejnižší právě mezi 7:00 až 15:00 (poměr 0,1–0,2; v daném dni nabýval poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> hodnot 0,1–0,6), což indikuje navýšení koncentrace hrubé frakce PM<sub>10</sub>. Vzhledem k převažujícím směrům proudění a okolí stanice lze konstatovat, že na překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 18. 8. 2022 se pravděpodobně podílely emise z polních prací a/nebo z těžební činnosti, částečně mohlo dojít i k místnímu ovlivnění (zahradní aktivity).



Obr. 13 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> dne 18. 8. 2022

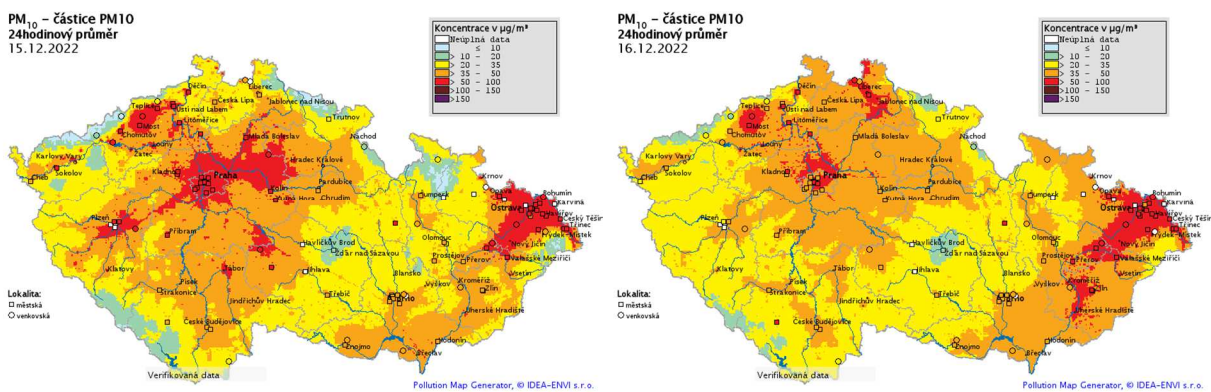


Obr. 14 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací PM<sub>10</sub> s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 18. 8. 2022 (vpravo, hodinová data)

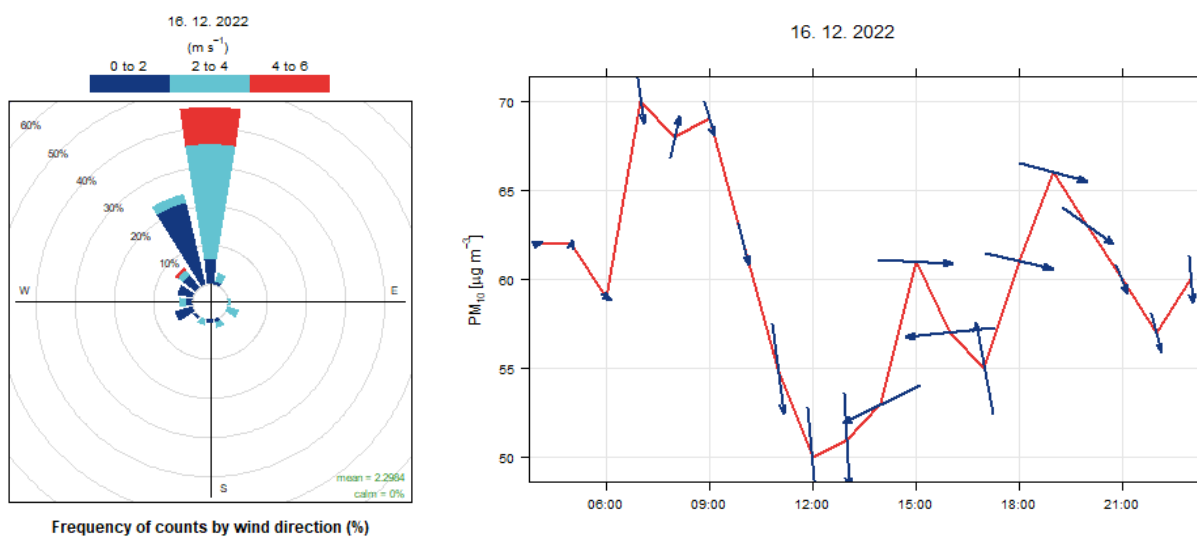
## Situace 16. 12. 2022

V polovině prosince panovaly na území České republiky mírně nepříznivé rozptylové podmínky a inverzní ráz počasí (ČHMÚ, 2022b). Koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  překročily v těchto dnech hodnotu 24hod. imisního limitu na řadě lokalit, nejvyšší koncentrace byly měřeny ve dnech 15. 12. 2022 a 16. 12. 2022 (ČHMÚ, 2022b). Dne 16. 12. 2022 byla hodnota 24hod. imisního limitu  $PM_{10}$  překročena i na stanici Uhelná (Obr. 15).

Dne 16. 12. 2022 převažovalo na stanici Uhelná proudění ze severního a severoseverozápadního směru, nejvyšší zaznamenaná rychlost větru byla  $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Průměrné hodinové koncentrace  $PM_{10}$  větší než je hodnota 24hod. imisního limitu ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byly na stanici měřeny celý den. Tyto koncentrace nad  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byly měřeny při proudění z rozličných směrů (Obr. 16). Informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (ČHMÚ 2022a). Poměr koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  se dne 16. 12. 2022 pohyboval v rozmezí 0,8–0,9, což indikuje převahu jemných suspendovaných částic  $PM_{2,5}$ . Vzhledem k roční době a potřebě vytápění lze konstatovat, že překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 16. 12. 2022 bylo pravděpodobně způsobeno zejména emisemi z vytápění z okolních sídel. Tuto domněnku potvrzuje i fakt, že koncentrace vyšší než  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byly měřeny již od večera 15. 12. 2022 a v tento den převládalo na stanici jižní proudění. Nicméně vzhledem k převaze částic  $PM_{2,5}$  a k převažujícímu proudění ze severního směru dne 16. 12. 2022 nelze ani vyloučit významný příspěvek jiného zdroje  $PM_{2,5}$ .



Obr. 15 Pole průměrné 24hod. koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  ve dnech 15. 12. – 16. 12. 2022



Obr. 16 Větrné růžice (vlevo, 10minutová data) a chod koncentrací  $PM_{10}$  s vyznačením směru a rychlosti (délka šipky) větru na stanici Uhelná dne 16. 12. 2022 (vpravo, hodinová data)

## IV. Srovnání koncentrací naměřených na stanici Uhelná s koncentracemi na ostatních stanicích ležících na území Libereckého kraje v roce 2022

V roce 2022 byly v rámci Libereckého kraje koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> měřeny na šesti stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení) a koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> měřeny na třech stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení), viz Tab. 1.

Roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> se na těchto šesti stanicích pohybovaly v rozmezí od 14,2 do 16,9 μg·m<sup>-3</sup> (průměr ze všech stanic je 16,1 μg·m<sup>-3</sup>). V rámci těchto šesti stanic byla na stanici Uhelná naměřena 1. nejvyšší koncentrace o hodnotě 16,9 μg·m<sup>-3</sup>. Roční imisní limit pro PM<sub>10</sub> (40 μg·m<sup>-3</sup>) nebyl v roce 2022 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1, Obr. 17)

Na pěti měřicích stanicích v Libereckém kraji došlo alespoň k jednomu překročení hodnoty 24hod. imisního limitu (50 μg·m<sup>-3</sup>), přičemž je povoleno překročit tuto hodnotu 35× za rok. K nejvyššímu počtu překročení hodnoty imisního limitu došlo na stanici Uhelná (šest překročení hodnoty 24hod. limitu). 24hod. imisní limit pro PM<sub>10</sub> (50 μg·m<sup>-3</sup>) nebyl v roce 2022 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1,

Obr. 18).

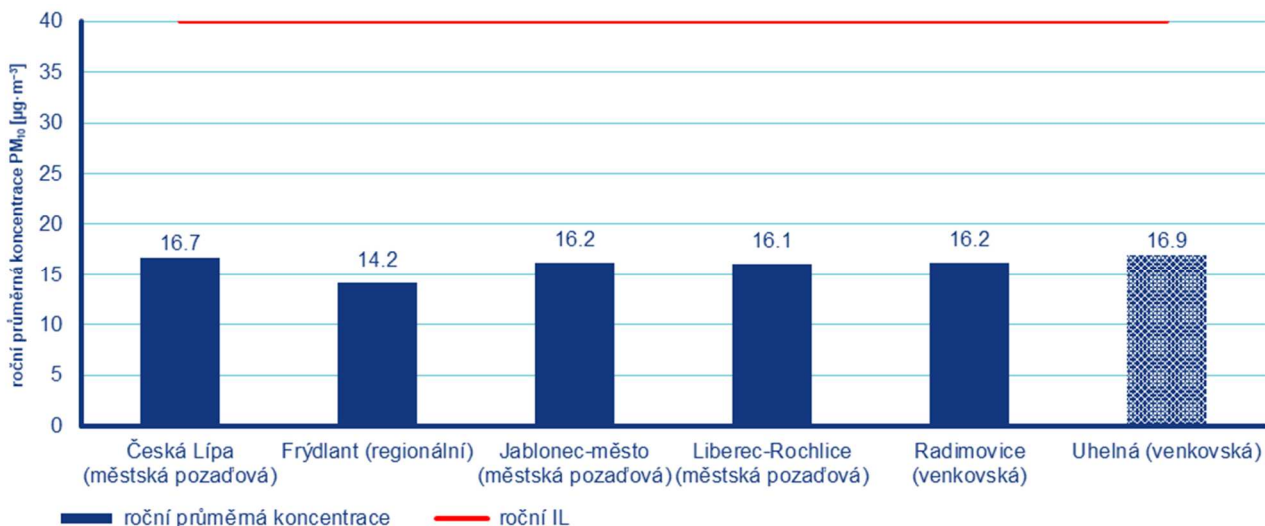
V roce 2022 byly koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> měřeny na třech stanicích (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení, Tab. 1). Roční průměrné koncentrace se na těchto třech stanicích pohybovaly v rozmezí od 10,1 do 12,2 μg·m<sup>-3</sup> (průměr ze všech stanic je 11,0 μg·m<sup>-3</sup>). Na stanici Uhelná byla naměřena koncentrace o hodnotě 10,9 μg·m<sup>-3</sup>. Roční imisní limit pro PM<sub>2,5</sub> (40 μg·m<sup>-3</sup>) nebyl v roce 2022 překročen na žádné stanici Libereckého kraje (Tab. 1,

Obr. 19).

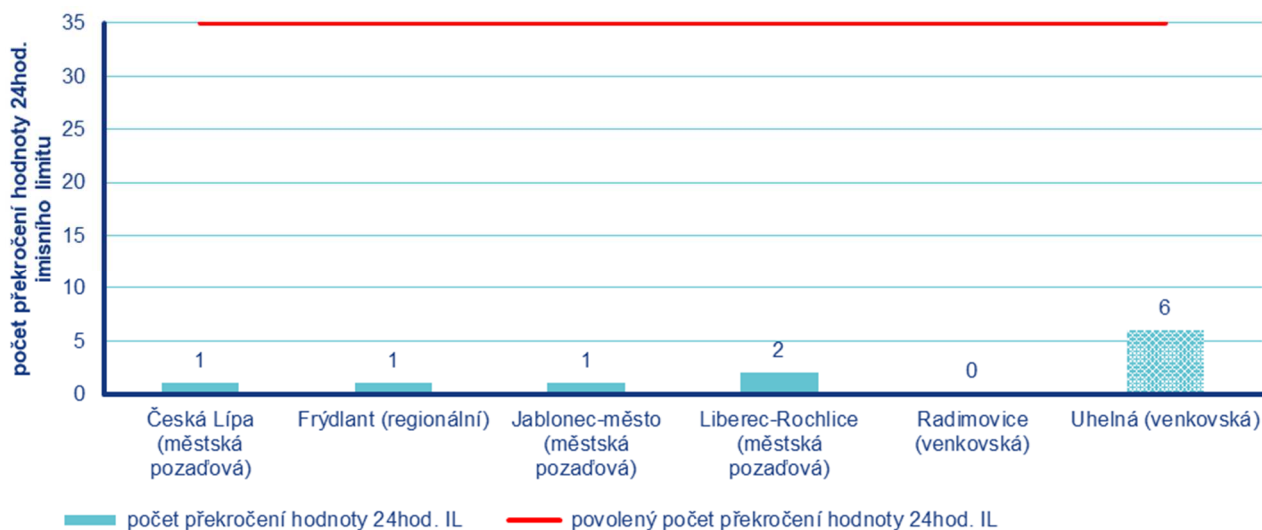
**Tabulka 1 Přehled měřicích stanic na území Libereckého kraje s koncentracemi PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, rok 2022**

stanice	klasifikace		charakteristika lokality	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>
				roční prům.	pIL 24hod	36. max	roční prům.
Česká Lípa	B/U/R	městská požadová	Mírně svažité travnatá plocha na školním pozemku, v sídlišti na okraji města.	16,7	1	29	
Frydlant	B/R/N-REG	regionální	Náhorní rovina, otevřená krajina, mimo obydlenou obec, travnatý povrch.	14,2	1	23	10,1
Jablonec-město	B/U/R	městská požadová	V městské zástavbě, u nemocnice, mimo přímý vliv dopravy.	16,2	1	27	
Liberec-Rochlice	B/U/R	městská požadová	Okraj sídliště, vedle parkoviště, okraj obytné části města otevřené k městu.	16,1	2	27	12,2
Radimovice	B/R/NA-NCI	venkovská	Okraj obce, na okraji pole za domkem, domek ve vzdálenosti asi 50m.	16,2	0	28	
Uhelná	B/R/NA-NCI	venkovská	Na okraji malé obce, na zatravněném pozemku s výhledem na příhraniční oblast s Polskem.	16,9	6	29	10,8

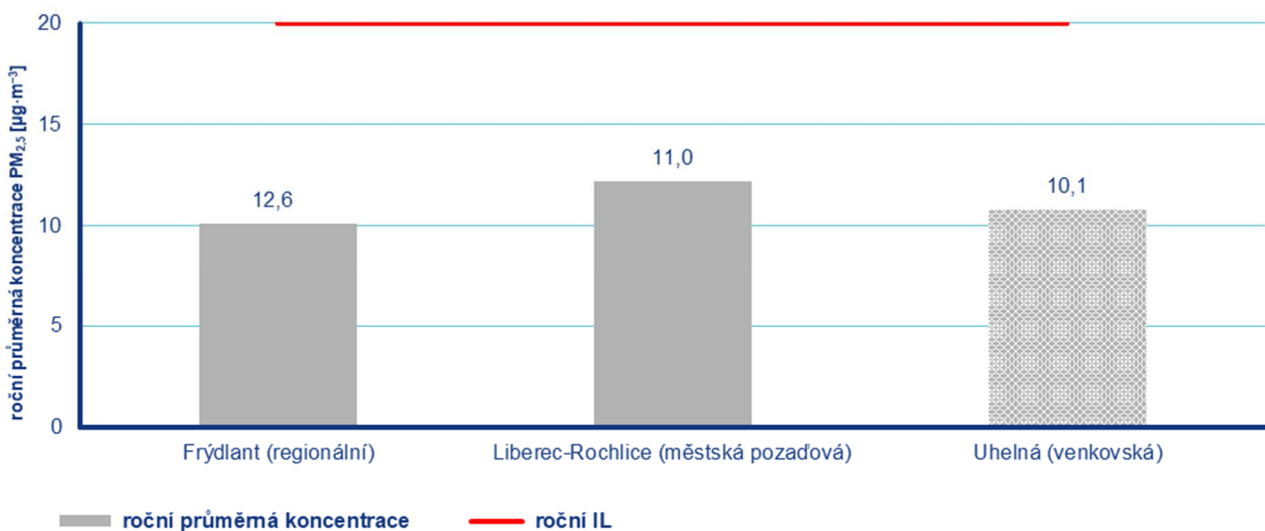
Vysvětlivky: roční prům. – roční průměrná koncentrace; pIL 24hod. – počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu (hodnotu 24hod. imisního limitu 50 μg·m<sup>-3</sup> je povoleno překročit 35× za rok); 36. max – 36. maximální 24hodinová koncentrace)



Obr. 17 Roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> na měřicích stanicích v Libereckém kraji s vyznačením hodnoty ročního imisního limitu, 2022



Obr. 18 Počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu PM<sub>10</sub> v Libereckém kraji s vyznačením maximálního povoleného počtu překročení hodnoty 24hod. imisního limitu PM<sub>10</sub>, 2022



## V. Hodnocení koncentrací suspendovaných částic $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ v závislosti na rychlosti a směru větru

Koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v závislosti na rychlosti a směru větru jsou vyhodnoceny s využitím polárních grafů, vážených koncentračních růžic, koncentračních růžic a anulárních růžic. Následující výstupy byly vytvořeny v programu R (R Core Team 2020). Následující popis interpretace polárních grafů a růžic vychází z několika zdrojů (Carlsaw 2012, Keder 2014, Brzezina 2019).

Níže uvedené grafy slouží jako nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data koncentrací látek znečišťujících ovzduší a meteorologických prvků (v našem případě rychlosti a směru větru).

**Polární graf** ukazuje závislost naměřené koncentrace na směru a rychlosti větru. Směr větru je vyjádřen na kruhu stejně jako v případě větrné růžice, rychlost větru je vyjádřena vzdáleností od středu růžice. Barva vyjadřuje průměrnou koncentraci látky znečišťující ovzduší při dané kombinaci směru a rychlosti větru. **Polární graf tedy ukazuje, jaké koncentrace jsou v průměru dosahovány při daných rychlostech a směrech větru.** Je třeba zdůraznit, že v polárním grafu jsou interpolovány hodnoty mezi jednotlivými sektory směru a rychlosti větru a hodnoty v grafu tak neposkytují přesnou informaci např. o průměrné koncentraci, ale spíše o plošném charakteru zobrazené veličiny.

**Anulární růžice** poskytují *informace o denním, týdenním a ročním chodu koncentrací. Barevně je zobrazena průměrná koncentrace látky znečišťující ovzduší.* V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě týdenního chodu je u středu neděle a na okraji sobota. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směr větru je opět vyjádřen na kruhu stejně jako v předešlých případech.

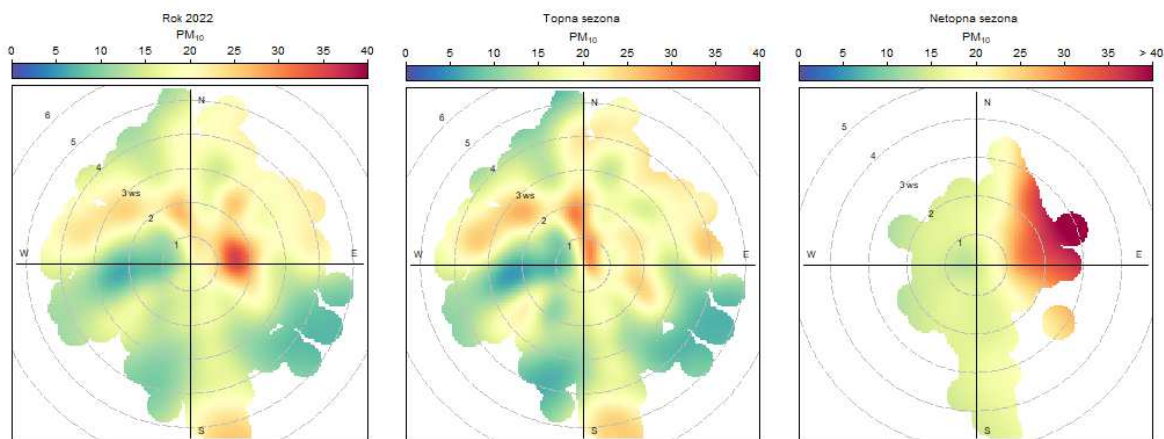
**Vážená koncentrační růžice** znázorňuje koncentraci znečišťující látky váženou rychlostí a směrem větru. Kruh opět značí směr větru, vzdálenost od středu rychlost větru. **Jednotlivé segmenty růžice resp. jejich zbarvení znázorňují procentuální příspěvek** znečištění při dané kombinaci směru a rychlosti větru k celkové průměrné koncentraci v daném místě.

**Koncentrační růžice** ukazuje, jak jednotlivé úrovně koncentrací při daných směrech větru přispívají k tvorbě průměrné koncentrace naměřené na stanici. Kruh opět značí směr větru, poloměr (vzdálenost od středu) odpovídá procentuálnímu příspěvku dané úrovně koncentrace k průměrné koncentraci. **S využitím této růžice lze tedy získat dobrou představu o tom, které směry větru a jaké úrovně koncentrací přispívají nejvíce k průměrné koncentraci na daném místě (měřicí stanici).**



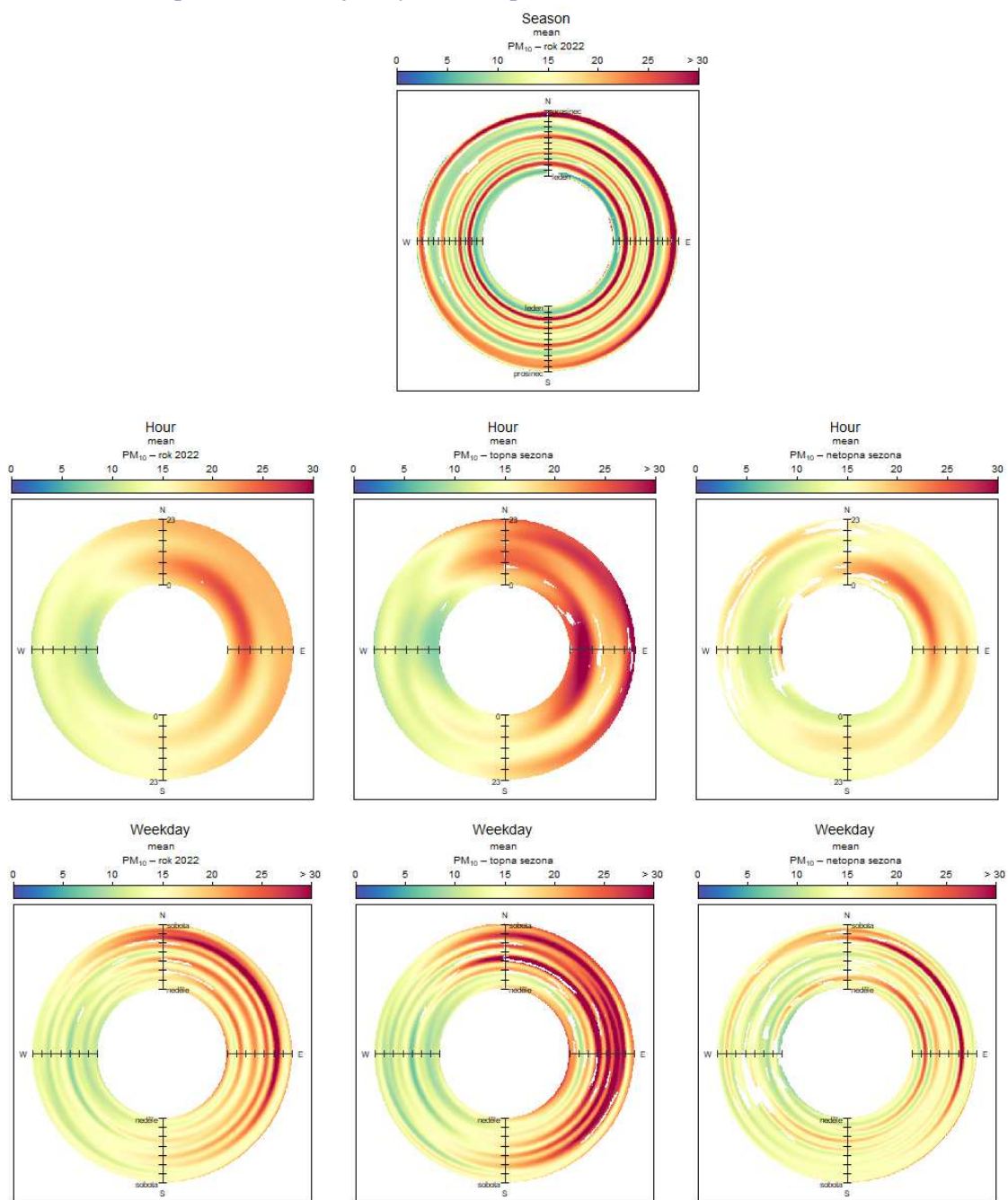
## V.1 Suspendované částice PM<sub>10</sub>

Z polárních grafů pro částice PM<sub>10</sub> na stanici Uhelná vyplývá, že nejvyšší průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> byly v roce 2022 na stanici Uhelná zaznamenány při proudění z východoseverovýchodního až východního směru o rychlosti větru do 2 m·s<sup>-1</sup>, vyšší koncentrace se objevují i z jiných směrů (severozápad a jih; Obr. 20). Na základě podrobnější analýzy, kdy hodnotíme v rámci roku 2022 zvláště situaci pro topnou a netopnou sezonu lze konstatovat následující: během topné sezony byly nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Uhelná zaznamenány při severním až severozápadním větru o rychlosti do 3 m·s<sup>-1</sup>. V netopné sezoně byly v roce 2022 na stanici Uhelná nejvyšší koncentrace měřeny při severoseverovýchodním až východním větru o rychlosti do cca 3 m·s<sup>-1</sup>.



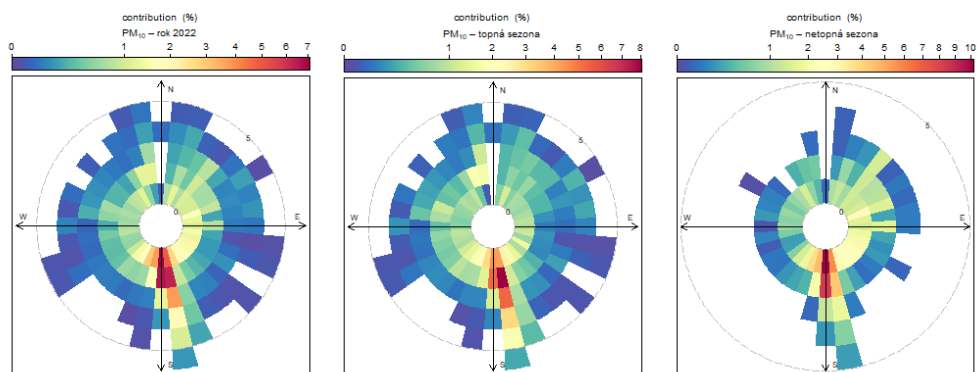
Obr. 20 Polární graf PM<sub>10</sub> pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022

**Z anulárních růžic** lze usuzovat i na roční, denní a týdenní chod koncentrací  $PM_{10}$  na stanici Uhelná. V roce 2022 byly na stanici zaznamenány zvýšené průměrné koncentrace během prosince, především při severním až východním proudění. Vyšší koncentrace byly zaznamenány i na přelomu února a března a v srpnu při proudění téměř ze všech směrů (Obr. 21, nahoře). Nejvyšší průměrné koncentrace byly zaznamenány v nočních hodinách, podrobnější analýza opírající se o rozdělení roku na topnou a netopnou sezonu potvrzuje, že k výskytu nejvyšších průměrných koncentrací docházelo v topné sezoně, a to v nočních a odpoledních hodinách při severním až východjihovýchodním proudění (Obr. 21, uprostřed); z hlediska týdenního chodu byly nejvyšší koncentrace zaznamenány o pátcích a sobotách, v topné sezoně byly nejvyšší koncentrace zaznamenány od středy do soboty, v netopné sezoně v pátky; ve všech případech se jednalo o výskyt nejvyšších koncentrací při severním až jihovýchodním proudění (Obr. 21, dole).



Obr. 21 Anulární růžice  $PM_{10}$  pro stanici Uhelná pro roční chod (nahoře), denní chod (uprostřed – pro celý rok a pro topnou a netopnou sezonu) a týdenní chod (dole – pro celý rok a pro topnou a netopnou sezonu), 2022

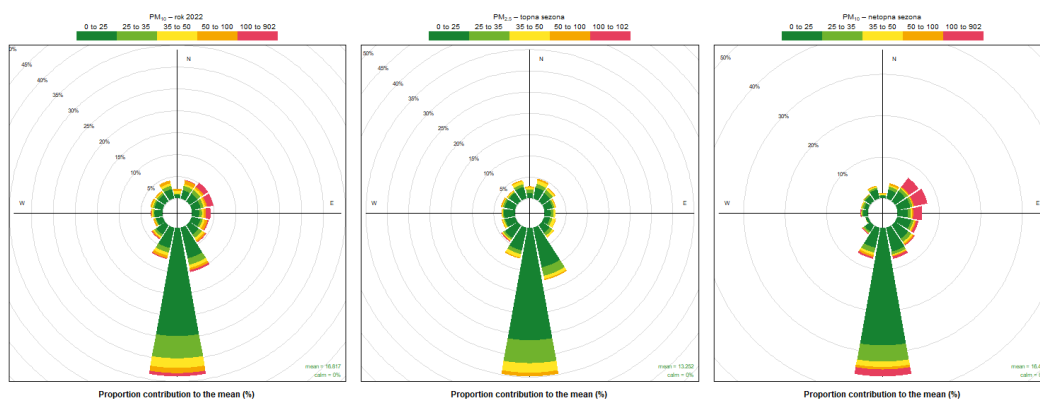
Na základě **vážené koncentrační růžice** (Obr. 22) lze konstatovat, že k celkové průměrné roční koncentraci  $PM_{10}$  na stanici Uhelná relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním větru o rychlosti do  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V topné i netopné sezoně je situace podobná. V netopné sezoně byl významnější podíl zaznamenán i pro koncentrace měřené jihovýchodním větru o rychlosti do  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Koncentrace z jižního směru vzhledem k převažujícímu proudění (Obr. 2) tak tvoří větší podíl na roční průměrné koncentraci na stanici Uhelná ve srovnání s méně častými nejvyššími koncentracemi měřeny při severním až východním proudění (Obr. 20).



Obr. 22 Vážená koncentrační růžice  $PM_{10}$  pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022

S využitím **koncentračních růžic** (Obr. 23) lze lépe kvantifikovat výše uvedené: k průměrné roční koncentraci  $PM_{10}$  měřené na stanici Uhelná nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jihojihozápadním a jihojihovýchodním větru, a to cca 52 % v rámci roku, topné i netopné sezony. Nejvyšší zaznamenaná ale méně časté koncentrace (Obr. 20) přispívají k průměrné roční koncentraci  $PM_{10}$  cca 9 %, v topné sezoně cca 11 % a v netopné cca 24 %.

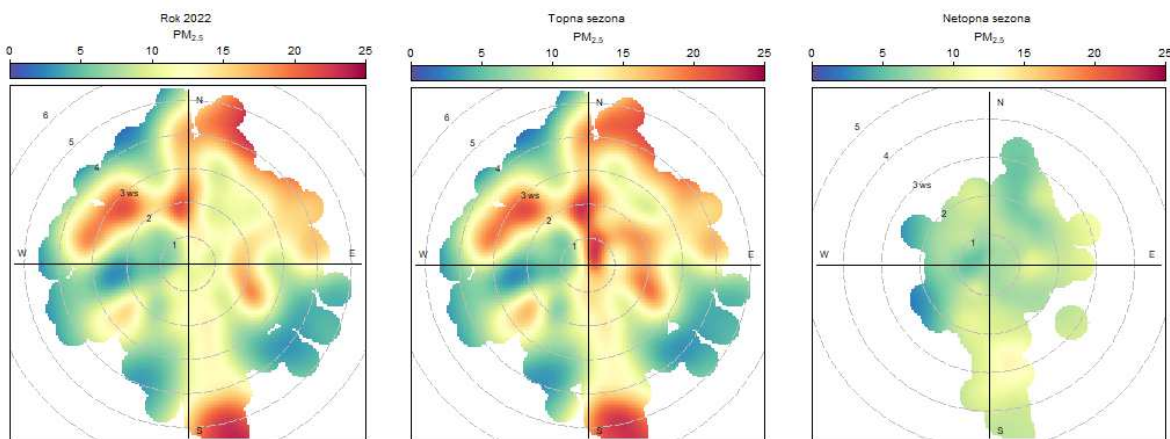
Koncentrace  $PM_{10}$  zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 19 %, v topné sezoně cca 20 % a v netopné sezoně cca 17 %.



Obr. 23 Koncentrační růžice  $PM_{10}$  pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022

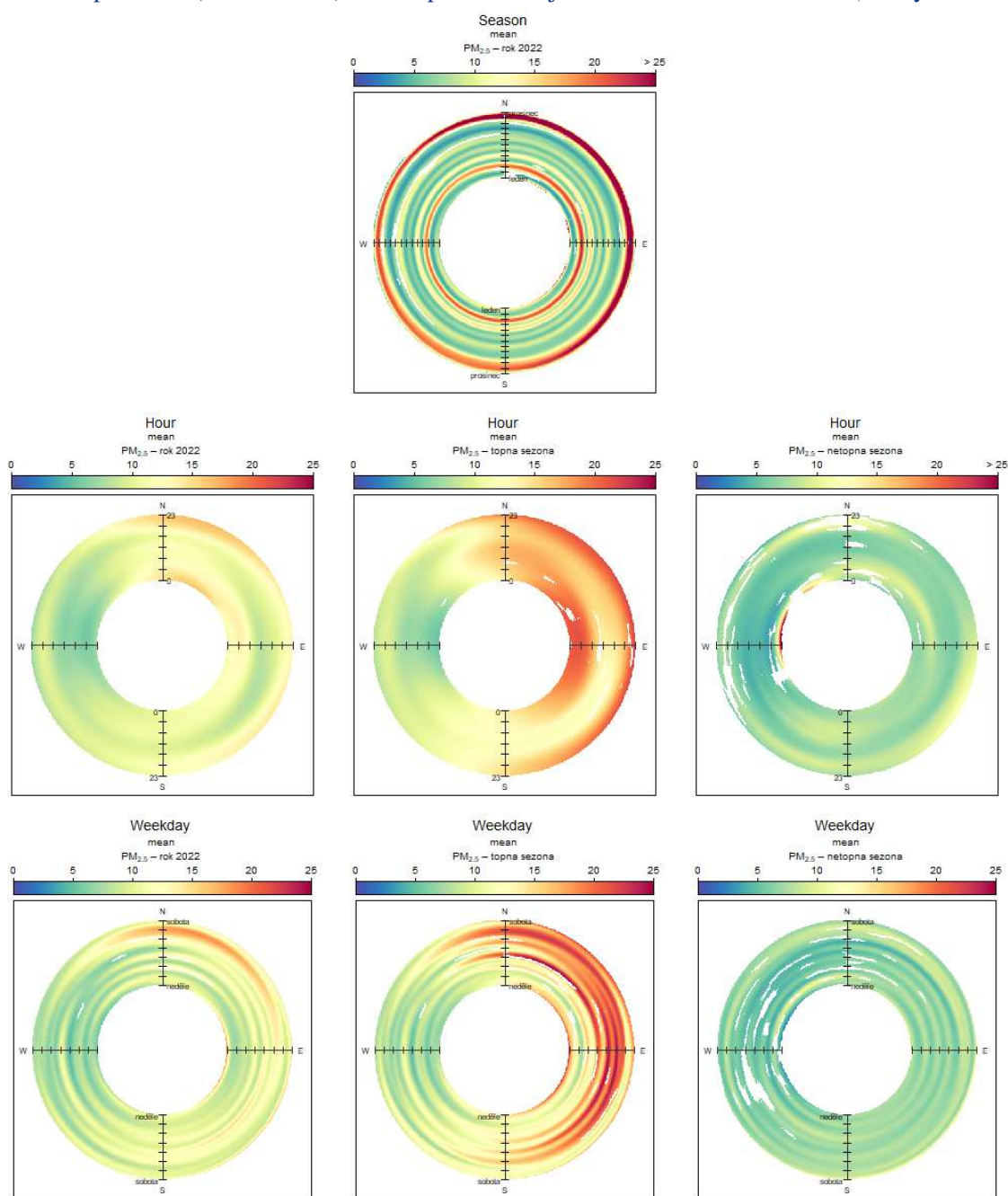
## V.2 Suspendované částice PM<sub>2,5</sub>

Z polárních grafů (Obr. 24) pro částice PM<sub>2,5</sub> pro stanici Uhelná vyplývá, že v rámci roku a topné sezony byly nejvyšší koncentrace v roce 2022 zaznamenány při proudění ze západního až severoseverovýchodního směru o rychlosti větru 2–5 m·s<sup>-1</sup>. Vyšší koncentrace byly zaznamenány i při proudění z jižního a jihovýchodního směru. Vzhledem k tomu, že se jedná o jemnou frakci suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> lze předpokládat, že nejvyšší koncentrace zaznamenané při proudění z těchto směrů pocházejí z lokálního vytápění z okolních malých sídel. Tuto domněnku potvrzuje i porovnání rozložení koncentrací PM<sub>2,5</sub> v topné a netopné sezoně (Obr. 24, uprostřed a vpravo). V netopné sezoně není rozložení PM<sub>2,5</sub> tak výrazné, nejvyšší koncentrace jsou měřeny při proudění jižního až jihovýchodního směru.



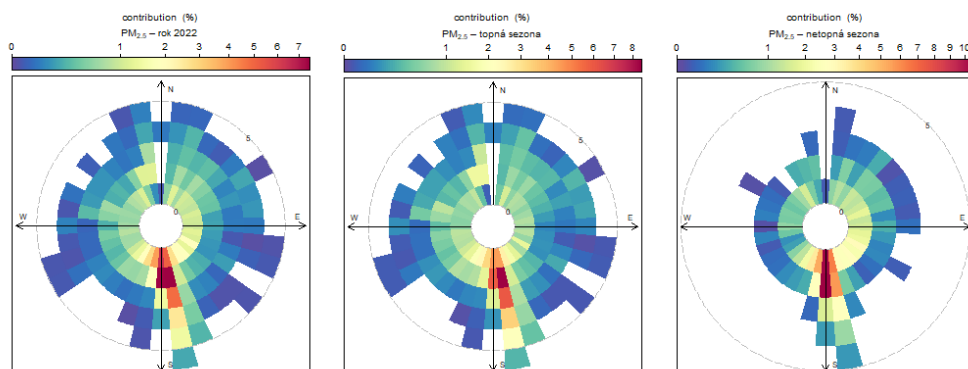
Obr. 24 Polární graf PM<sub>2,5</sub> pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022

**Z anulárních růžic** lze usuzovat i na roční, denní a týdenní chod koncentrací  $PM_{2,5}$  na stanici Uhelná. V roce 2022 byly na stanici zaznamenány nejvyšší koncentrace během prosince, především při severním až východním proudění. Vyšší koncentrace byly zaznamenány i na přelomu února a března při proudění téměř ze všech směrů (Obr. 25, nahoře). Nejvyšší průměrné koncentrace byly zaznamenány v nočních až ranních hodinách, podrobnější analýza opírající se o rozdělení roku na topnou a netopnou sezonu potvrzuje, že k výskytu nejvyšších koncentrací docházelo v topné sezoně, a to v nočních a ranních hodinách při severním až východojihovýchodním proudění (Obr. 25, uprostřed); z hlediska týdenního chodu byly nejvyšší koncentrace zaznamenány o pátcích a sobotách, v topné sezoně byly nejvyšší koncentrace zaznamenány od středy do soboty; ve všech případech se jednalo o výskyt nejvyšších koncentrací při severním až jihovýchodním proudění (Obr. 25, dole). V netopné sezoně je rozložení koncentrací  $PM_{2,5}$  nevýrazné.



Obr. 25 Anulární růžice  $PM_{2,5}$  pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2022

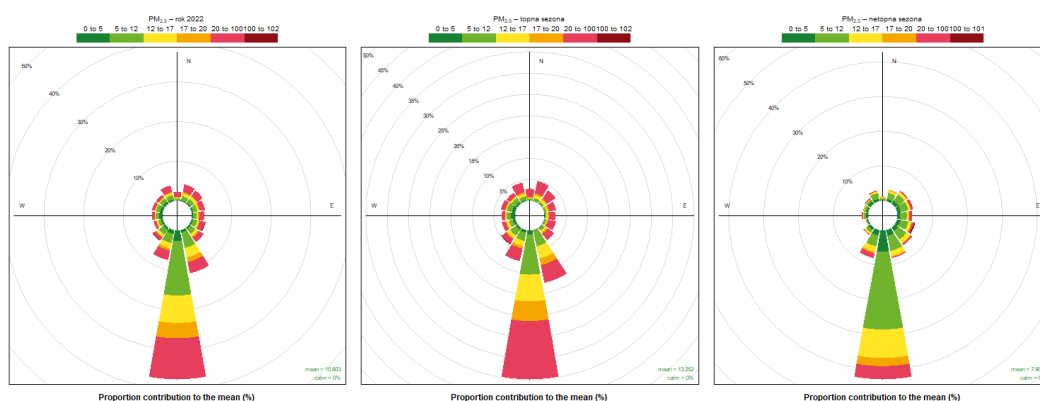
Na základě **vážené koncentrační růžice** (Obr. 26) lze konstatovat, že k celkové průměrné roční koncentraci  $PM_{2,5}$  na stanici Uhelná relativně nejvíce přispívají koncentrace měřeny při jižním větru o rychlosti do  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V topné i netopné sezoně je situace podobná. V netopné sezoně byl významnější podíl zaznamenán i pro koncentrace měřené jihovýchodním větru o rychlosti do  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Koncentrace z jižního směru vzhledem k převažujícímu proudění (Obr. 2) tak tvoří větší podíl na roční průměrné koncentraci na stanici Uhelná ve srovnání s méně častými nejvyššími koncentracemi měřeny při severním až východním proudění (Obr. 24).



Obr. 26 *Vážená koncentrační růžice  $PM_{2,5}$  pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022*

S využitím **koncentračních růžic** (Obr. 27) lze lépe kvantifikovat výše uvedené: k průměrné roční koncentraci  $PM_{2,5}$  měřené na stanici Uhelná nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jihojihozápadním a jihojihovýchodním větru, a to cca 56 % v rámci roku, v topné sezoně cca 55 % a v netopné sezoně cca 59 %. Nejvyšší ale méně časté koncentrace zaznamenané při západním až severoseverovýchodním proudění (Obr. 20) přispívají k průměrné roční koncentraci  $PM_{10}$  cca 23 %, v topné sezoně cca 25 % a při jižním až jihojihovýchodním proudění v netopné sezoně cca 51 %.

Koncentrace  $PM_{2,5}$  zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná (Obr. 1), přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 17 %, v topné sezoně cca 19 % a v netopné sezoně cca 14 %.



Obr. 27 *Koncentrační růžice  $PM_{2,5}$  pro stanici Uhelná pro rok 2022 (vlevo) a pro topnou (uprostřed) a netopnou sezonu (vpravo) v roce 2022*

## VI. Poměry koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>

V kapitolách výše byly odděleně hodnoceny zejména celkové koncentrace PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Důležitou informaci ohledně možného zdroje znečištění lze získat z poměrů koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>. Použijeme přitom zjednodušený, ale poměrně dobře platný předpoklad, že všechny sekundární aerosolové částice jsou menší než 2,5 μm a jejich podíl v PM<sub>2,5</sub> označíme jako  $R_{SA}$ . Celkovou koncentraci primárních částic menších než 2,5 (10) μm označíme  $PRM_{2,5}$  ( $PRM_{10}$ ). Naměřené koncentrace PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> lze vyjádřit jako součet primárních a sekundárních částic a pro jejich podíl pak platí

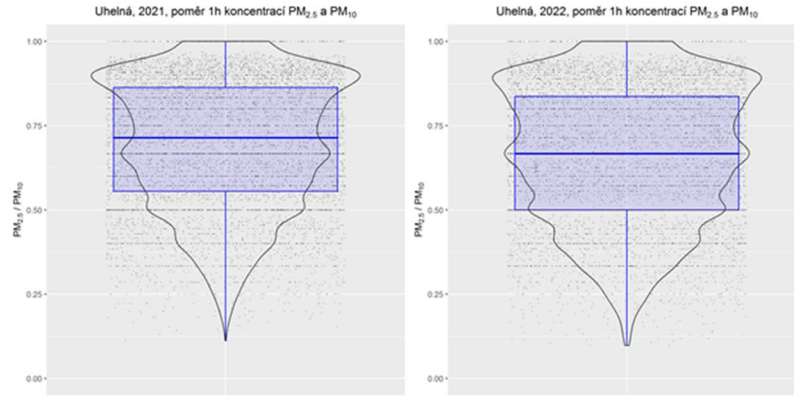
$$\frac{PM_{2,5}}{PM_{10}} = \frac{PRM_{2,5} + PM_{2,5} \cdot R_{SA}}{PRM_{10} + PM_{2,5} \cdot R_{SA}} = \frac{PRM_{2,5} + \frac{PRM_{2,5}}{(1-R_{SA})} \cdot R_{SA}}{PRM_{10} + \frac{PRM_{2,5}}{(1-R_{SA})} \cdot R_{SA}} = \frac{PRM_{2,5/10} + \frac{R_{SA}}{(1-R_{SA})} \cdot PRM_{2,5/10}}{1 + \frac{R_{SA}}{(1-R_{SA})} \cdot PRM_{2,5/10}}, \quad (1)$$

kde  $PRM_{2,5/10}$  představuje poměr primárních částic v obou frakcích. Podle emisních inventur je převládajícím zdrojem emisí primárních částic v dané oblasti důlní činnost a lokální vytápění. Z emisních faktorů Tier 1 pro kategorii zdrojů 1.B.1.a (EEA 2019) vyplývá, že poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> v emisích primárních částic z uhelných dolů činí 0,12. Celorepublikový průměr tohoto poměru v emisích z lokálního vytápění domácností je pro tuhá paliva cca 0,98. Za těchto předpokladů lze vypočítat **orientační** poměry celkových koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> pro případy, kdy by všechny primární částice pocházely pouze z uhelného dolu nebo z vytápění domácností (Tab. 2). Podíly  $R_{SA}$  sekundárních aerosolů na celkové koncentraci použité v tabulce Tab. 2 odpovídají hodnotám, které lze dle dostupných měření reálně očekávat (viz např. Vlček a Corbet 2011). Je samozřejmě třeba zmínit, že samotný nízký poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> neznamena automaticky vliv dolu, ale může být způsoben např. vlivem polních prací a podobně.

**Tabulka 2 Poměry celkových koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> pro různé hodnoty podílu sekundárních částic na celkové koncentraci PM<sub>2,5</sub> ( $R_{SA}$ ) a pro případy, kdy by všechny primární částice pocházely pouze z vytápění domácností ( $PRM_{2,5/10} = 0,98$ ) nebo uhelného dolu ( $PRM_{2,5/10} = 0,12$ )**

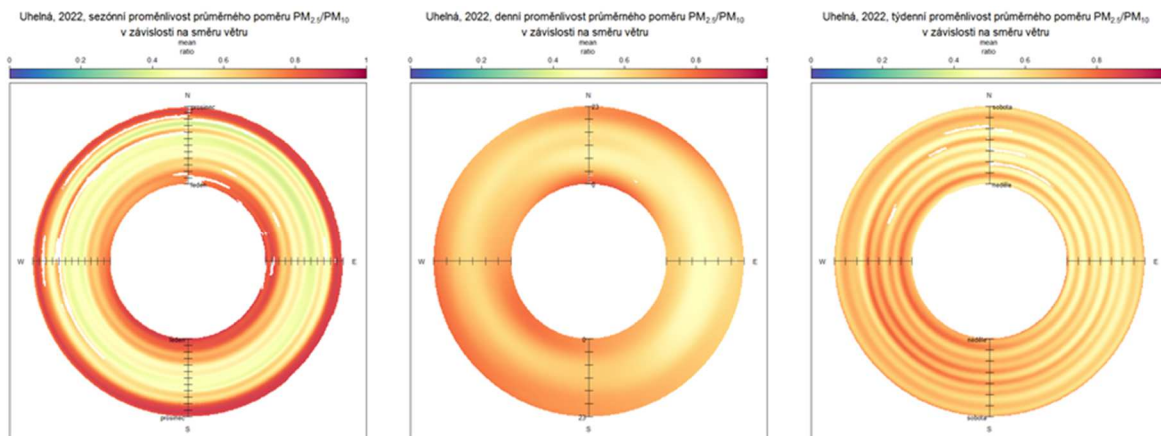
$R_{SA}$	$PRM_{2,5/10}$	
	0,98	0,12
0,33	0,99	0,17
0,50	0,99	0,21
0,66	0,99	0,29

Zastoupení poměrů PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> v letech 2021 a 2022 je na Obr. 28. V porovnání s rokem 2021 se v roce 2022 hodnoty poměrů posunuly lehce k nižším hodnotám. Medián a průměr poměru PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> na stanici Uhelná v roce 2022 činil 0,7. Interkvartilní rozsah mezi 0,5 a 0,8 ukazuje na vysoké procento naměřených jemných částic. Ačkoli existuje značná odchylka směrem k menším poměrům, houslový boxplot ukazuje, že největší množství pozorování bylo zjištěno nad 0,5 s významnou částí dat kolem 0,9. Toto indikuje, že nejširší rozsah koncentrací na stanici Uhelná může být dominantně ovlivněn jinými emisními zdroji, s větším obsahem jemných částic než uhelným dolem.



Obr. 28 Houslový boxplot poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  na stanici Uhelná v roce 2021 (vlevo) a 2022 (vpravo). Obdélník vyznačuje rozsah spodního a horního kvartilu, horizontální čára v něm pak medián. Černou čarou je znázorněna hustota rozložení poměrů. Tečky odpovídají individuálním hodnotám.

Jak se dalo očekávat, nejvyšší poměry se vyskytují během topné sezóny, zejména od ledna do dubna a od listopadu do prosince. Hodinové a týdenní grafy anulárních růžic naznačují, že nejnižší průměrné poměry  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (mezi 0,5 a 0,6) lze nalézt při východním proudění mezi 6 a 20 hodinou a jejich rozložení během týdne je při východním proudění přibližně rovnoměrné (Obr. 29).

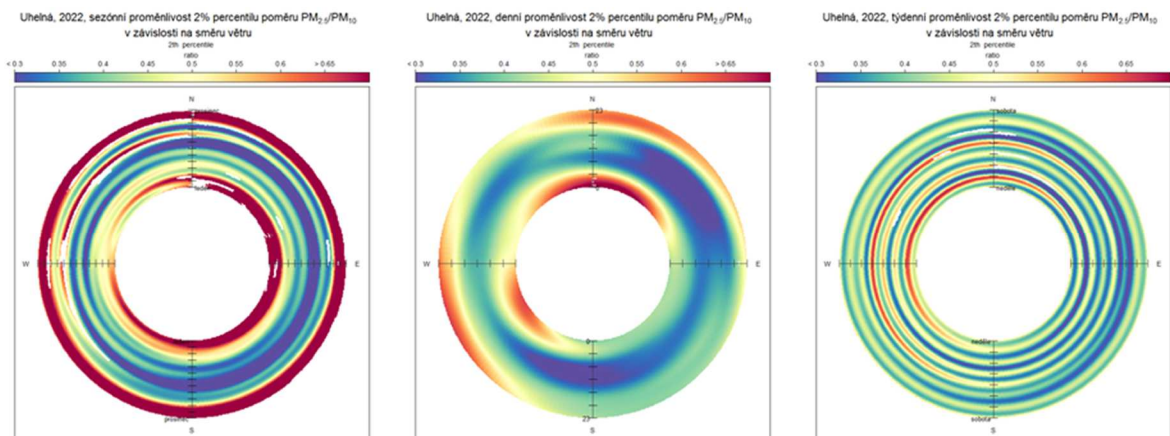


Obr. 29 Anulární růžice průměrných poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2022

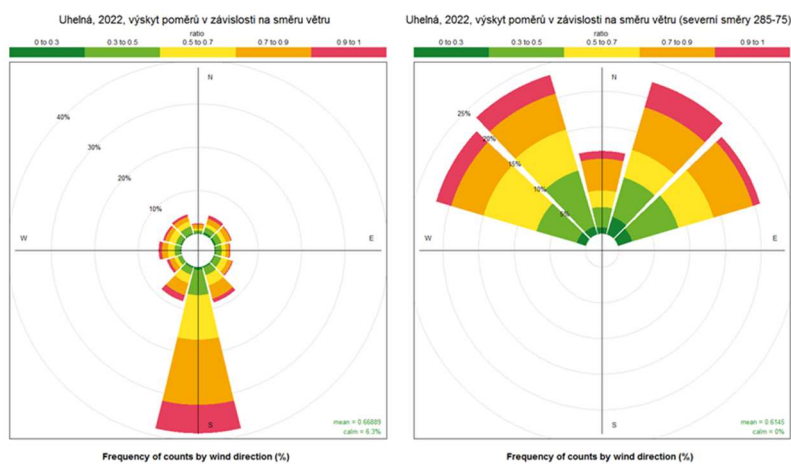
Pro představu, jaká je přibližně spodní hranice poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v závislosti na směru proudění, je na obrázku

Obr. 30 vykreslen jejich 2. percentil (nebylo vykresleno minimum, aby nedošlo ke zkreslení odlehlými hodnotami). Nejnižší poměry pod 0,35 se vyskytovaly při severovýchodním proudění mezi 8:00 a 20:00 a při jižním proudění mezi 8:00a 16:00, během července a srpna a v pondělí, čtvrtek a pátek.

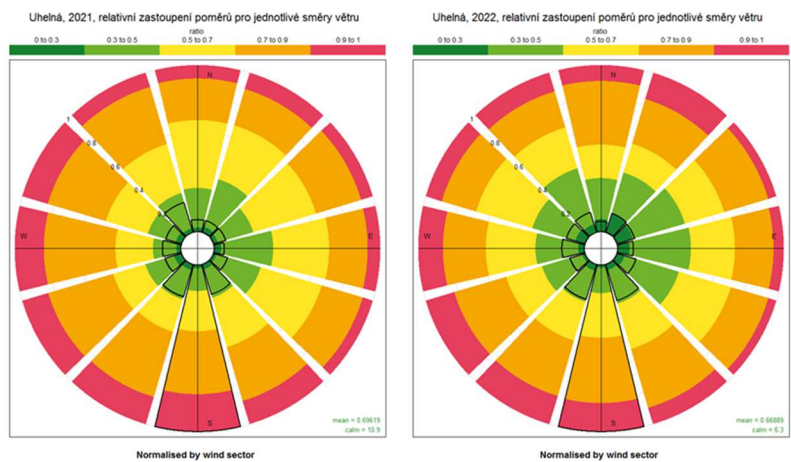




Obr. 30 Anulární růžice 2. percentilu poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  pro stanici Uhelná pro roční (vlevo), denní (uprostřed) a týdenní (vpravo) chod v roce 2022



Obr. 31 Růžice četnosti výskytu poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v daném rozmezí pro stanici Uhelná pro celý rok (vlevo) a pro případy proudění ze severních směrů (vpravo), 2022



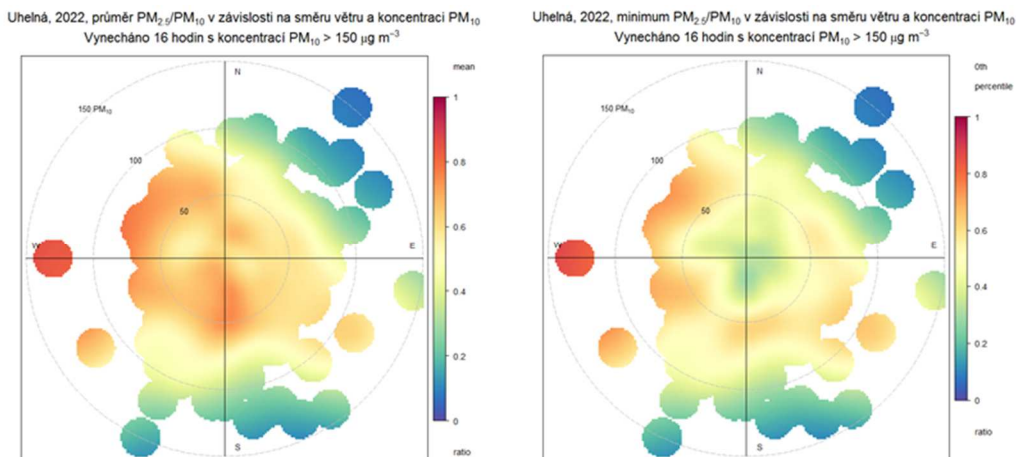
Obr. 32 Růžice relativního zastoupení poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  pro jednotlivé směry větru pro stanici Uhelná v roce 2021 (vlevo) a 2022 (vpravo). Skutečný tvar větrné růžice vyznačuje černá čára.

Na základě různých vyjadřujících četnosti poměru PM v daném rozmezí v závislosti na směru větru (

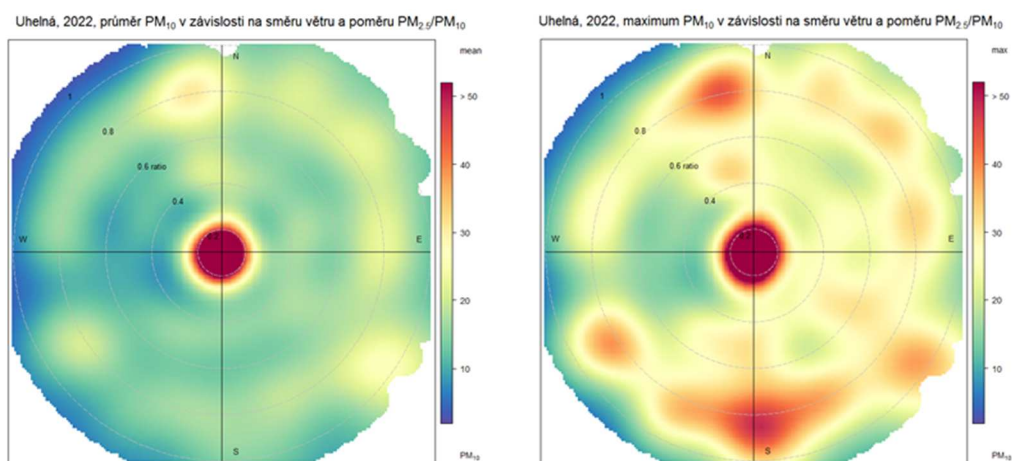
Obr. 31) lze konstatovat velmi malé zastoupení případů proudění ze severních směrů (ZSZ–VSV) s poměrem PM pod 0,3 (1,7 % hodin za rok; levý graf). Po filtrování dat pro severní proudění (ZSZ–VSV; pravý graf) je patrné, že ve většině případů (62 %) poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  překračuje 0,5. Ze 138 hodin, kdy vítr vanul ze severu (ZSZ–VSV) a poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  byl zároveň nižší nebo roven 0,3, přesáhla koncentrace  $PM_{10}$  hodnotu  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pouze ve 27 h (20 %), což poukazuje na celkově nízké koncentrace  $PM_{10}$  za situací, kdy by bylo možné očekávat dominantní vliv dolu Turów. Zajímavé je relativní zastoupení poměrů pro jednotlivé směry větru (Obr. 32), ze kterého je patrné, že v roce 2021 bylo relativní zastoupení poměrů pod 0,3 relativně rovnoměrné, v roce 2022 bylo relativně vyšší při proudění ze severního sektoru, ale zejména ze SV.

Na Obr. 33 a Obr. 34 jsou pak dány do souvislosti měřené koncentrace  $PM_{10}$  a poměry  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v závislosti na směru větru. Při vykreslování obrázku Obr. 33 přitom bylo vynecháno 16 odlehlých hodnot, kdy průměrná 1h koncentrace  $PM_{10}$  přesáhla  $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , aby v důsledku interpolace hodnot nedošlo ke zkreslení grafu. Z Obr. 33 vyplývá, že průměrná hodnota poměru se při 1h koncentracích  $PM_{10}$  pod cca  $70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pohybuje v rozmezí 0,5–0,8. Při vyšších koncentracích se nízké průměrné hodnoty poměru vyskytují při jižním a severovýchodním proudění. Obdobnou informaci dává graf minimálních hodnoty poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (Obr. 33 vpravo) s tím rozdílem, že nižší hodnoty poměru byly zaznamenány i při koncentracích pod  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  bez ohledu na směr proudění. Z uvedeného lze odhadovat, že v případech, kdy není možné vyloučit dominantní vliv dolu (nízký poměr a severovýchodní proudění), jsou měřené koncentrace buď relativně nízké, nebo jde o ojedinělé případy vysokých koncentrací.

Z Obr. 34 vlevo je pak patrné, že nejvyšší průměrné koncentrace  $PM_{10}$  (nad  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nastaly při velmi nízkých hodnotách poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$ . Nicméně jsou dány malým počtem hodin s velmi vysokými koncentracemi. Další lokální maximum průměrných koncentrací  $PM_{10}$  je při SSZ proudění a hodnotách poměru kolem 0,8. Při pohledu na maximální koncentrace  $PM_{10}$  (Obr. 34 vpravo) lze říci, že nastaly buď při velmi nízkých hodnotách poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (malý počet hodin), nebo jsou spojeny s poměrem kolem 0,8 a prouděním z jižního sektoru a dále ze SSZ a SV směru, což ukazuje spíše na vliv lokálního vytápění (nebo jiného zdroje s velkým podílem jemné frakce).



Obr. 33 Polární graf průměru (vlevo) a minima (vpravo) poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v závislosti na směru větru a průměrné 1h koncentraci  $PM_{10}$  měřené na stanici Uhelná v roce 2022. Vyloučeno bylo 16 odledlých hodnot, v nichž 1h průměr  $PM_{10}$  přesáhl  $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .



Obr. 34 Polární graf průměrné (vlevo) a maximální (vpravo) koncentrace  $PM_{10}$  v závislosti na směru větru a poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  na stanici Uhelná v roce 2022

I když tedy nelze vyloučit určitý vliv emisí z uhelného lomu, na základě výsledků lze usoudit, že významnější příspěvek mají jiné zdroje. Toto dokládá poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , který je zpravidla výrazně vyšší, než by tomu bylo za situace, kdy by byl uhelný důl hlavním zdrojem primárních PM (tj. hodnota poměru cca pod 0,3).

## VII. Měření koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v Polsku

V roce 2022 bylo provedeno měření koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> na deseti místech v Polsku v okolí lomu Turów<sup>2</sup>. Nicméně v každém bodě byla provedena pouze dvě 24hodinová měření suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, a to v období 23. 5. – 12. 6. 2022.

24hodinové průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> dosáhly v rámci těchto měření hodnot v rozmezí 9–43 µg·m<sup>-3</sup>. Z 20 získaných hodnot tedy ani jedna nepřekročila hodnotu 24hod. imisního limitu (50 µg·m<sup>-3</sup>).

Nicméně je třeba si uvědomit a zdůraznit, že se jedná o měření pro velice krátký časový úsek (2 dny na každém měřicí bodě) s absencí charakteristiky lokality a popisu umístění měřicího zařízení a s absencí měření doprovodných meteorologických prvků. Vzhledem k tomu, že se jedná o měření pro velice krátký časový úsek, nelze z těchto dat vyhodnotit plnění imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou koncentraci v daném roce a pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>10</sub> v roce 2022.

Překročení hodnoty imisního limitu jakožto i rovnocenně výskyt koncentrací pod hodnotou limitu může být náhodný a bez koncentračních dat a výše zmíněných doprovodných údajů pro delší časový úsek nelze výsledky z měření na území Polska blíže a kvalitně komentovat.

---

<sup>2</sup> Měření koncentrace částic PM<sub>10</sub> byla provedena v rámci akreditace zkušebny č. AB 1058 vydané Polským akreditačním centrem (Polskie Centrum Akredytacji) dle normy PN-EN 12341:2014-7.

## VIII. Závěr

V této zprávě jsou vyhodnoceny koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  naměřené na stanici Uhelná za období od **1. 1. 2022 do 31. 12. 2022**. **Veškeré časové údaje v této zprávě jsou uvedeny v UTC.**

Stanice Uhelná je umístěna v Libereckém kraji, na okraji obce Uhelná cca 2 km jižně od jižního okraje lomu Turów. Na stanici Uhelná převažuje vítr z jižního směru. **Z hlediska celého roku 2022 i topné a netopné sezony došlo k výskytu jižního, jihojihovýchodního a jihojihozápadního větru ve více než 50 % případů** (konkrétně 54 %, 50 % a 57 % případů pro celý rok, pro topnou a netopnou sezonu). K výskytu severního, severoseverovýchodního, severovýchodního, severoseverozápadního a severozápadního větru (tj. větru ze směrů, ve kterých se rozkládá lom Turów vzhledem k pozici stanice Uhelná, Obr. 1) došlo v roce 2022 v 23 %, v topné sezoně v 22 % a v netopné sezoně v 24 % případů.

**Průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$  o hodnotě  $16,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2022 svůj roční imisní limit ( $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Průměrná roční koncentrace  $PM_{2,5}$  o hodnotě  $10,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na stanici Uhelná nepřekročila v roce 2022 svůj roční imisní limit ( $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).**

Od 1. 1. 2022 do 31. 12. 2022 byly na stanici Uhelná naměřeny **průměrné 24hod. koncentrace  $PM_{10}$**  v rozmezí  $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  až  $134 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Hodnota 24hod. imisního limitu  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byla na stanici Uhelná v roce 2022 překročena 6x, a to 25. 3. 2022 ( $52 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), 8. 8. 2022 ( $56 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), 12. 8. 2022 ( $134 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), 15. 8. 2022 ( $59 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), 18. 8. 2022 ( $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a 16. 12. 2023 ( $61 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Vzhledem k povolenému počtu překročení hodnoty 24hodinového imisního limitu (35x v kalendářním roce) **nedošlo na stanici Uhelná k překročení 24hodinového imisního limitu pro  $PM_{10}$ .**

**Na základě analýzy směru proudění, chodu koncentrací částic v dané dny a poměru koncentrací jemné a hrubé frakce PM (tj.  $PM_{2,5}/PM_{10}$ ) lze konstatovat následující:**

- překročení hodnoty 24hodinového imisního limitu ve dnech 25. 3. 2022 a 16. 12. 2022 bylo pravděpodobně způsobeno zejména emisemi z lokálních topenišť v kombinaci s vlivem nepříznivých rozptylových podmínek.
- na překročení hodnoty 24hod. imisního limitu ve dnech 8. 8. 2022, 12. 8. 2022 a 18. 8. 2022 se pravděpodobně podílely emise z polních prací a/nebo z těžební činnosti, částečně mohlo dojít i k místnímu ovlivnění (zahradní aktivity).
- překročení hodnoty 24hod. imisního limitu dne 15. 8. 2022 bylo pravděpodobně způsobeno kombinací vlivu emisí z polních prací, pískovny nebo místním ovlivněním (zahradní aktivity).

V roce 2022 byly **v rámci Libereckého kraje koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  měřeny na šesti stanicích** (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení) a koncentrace suspendovaných částic  $PM_{2,5}$  **měřeny na třech stanicích** (s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení).

Roční průměrné koncentrace  $PM_{10}$  se na těchto šesti stanicích pohybovaly v rozmezí od  $14,2$  do  $16,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (průměr ze všech stanic je  $16,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). V rámci těchto šesti stanic byla na stanici Uhelná naměřena první nejvyšší koncentrace o hodnotě  $16,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Na pěti měřicích stanicích v Libereckém kraji došlo alespoň k jednomu překročení hodnoty 24hod. imisního limitu  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), přičemž k nejvyššímu počtu překročení hodnoty imisního limitu došlo na stanici Uhelná (šest překročení hodnoty 24hod. limitu). Roční průměrné koncentrace  $PM_{2,5}$  se na třech stanicích v Libereckém kraji pohybovaly v rozmezí od  $10,1$  do  $12,2$

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (průměr ze všech stanic je  $11,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Na stanici Uhelná byla naměřena koncentrace o hodnotě  $10,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Na základě analýzy **koncentrací suspendovaných částic  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$  v závislosti na rychlosti a směru větru** na lokalitě lze konstatovat následující:

- **Nejvyšší průměrné koncentrace  $\text{PM}_{10}$**  byly v roce 2022 na stanici Uhelná zaznamenány při proudění z východoseverovýchodního až východního směru. Během topné sezony byly nejvyšší koncentrace  $\text{PM}_{10}$  na stanici zaznamenány při severním až severozápadním větru. V netopné sezoně byly v roce 2022 na stanici Uhelná nejvyšší koncentrace měřeny při severoseverovýchodním až východním proudění.
- Tyto nejvyšší ale méně časté koncentrace přispívají k průměrné roční koncentraci  $\text{PM}_{10}$  na stanici Uhelná cca 9 %, v topné sezoně cca 11 % a v netopné cca 24 %. K průměrné roční koncentraci  $\text{PM}_{10}$  měřené na stanici Uhelná **nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jihojihozápadním a jihojihovýchodním větru, a to cca 52 % v rámci roku, topné i netopné sezony.**
- **Koncentrace  $\text{PM}_{10}$  zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów** vzhledem k pozici stanice Uhelná, **přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 19 %, v topné sezoně cca 20 % a v netopné sezoně cca 17 %.**
- V rámci roku a topné sezony byly **nejvyšší koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$**  v roce 2022 zaznamenány při proudění ze západního až severoseverovýchodního směru. V netopné sezoně není rozložení koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  tak výrazné, nejvyšší koncentrace jsou měřeny při proudění jižního až jihojihovýchodního směru.
- Tyto nejvyšší ale méně časté koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$ , zaznamenané při západním až severoseverovýchodním proudění přispívají k průměrné roční koncentraci  $\text{PM}_{10}$  cca 23 %, v topné sezoně cca 25 % a v při jižním až jihojihovýchodním proudění v netopné sezoně cca 51 %.
- K průměrné roční koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$  měřené na stanici Uhelná **nejvíce přispívají koncentrace zaznamenané při jižním, jihojihozápadním a jihojihovýchodním větru, a to cca 56 % v rámci roku, v topné sezoně cca 55 % a v netopné sezoně cca 59 %.**
- **Koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  zaznamenané při severozápadních až severovýchodních směrech, tj. směrech, ve kterých se rozkládá lom Turów** vzhledem k pozici stanice Uhelná, **přispívají k průměrné roční koncentraci na stanici Uhelná cca 17 %, v topné sezoně cca 19 % a v netopné sezoně cca 14 %.**
- **V roce 2024 bude možné na stanici Uhelná blíže vyhodnotit zdroje znečištění s využitím metody PMF (Positive Matrix Factorisation).** V Uhelné probíhá/bude probíhat měření od 1. 1. 2023–31. 12. 2023. Budou stanoveny imisní koncentrace všech analytů, potřebných pro identifikaci a kvantifikaci podílů zdrojů a typů znečištění na celkové koncentraci atmosférického aerosolu  $\text{PM}_{10}$  pomocí modelu PMF. Tato kvantifikace bude využitelná jak pro posouzení sezonních poměrů, tak i průměrných ročních hodnot. Mimo jiné umožní identifikovat podíl minerálních anorganických částic, souvisejících z těžbou nerostných surovin, pokud bude jejich podíl relativně významný (minimálně jednotky % hmotnostního podílu v  $\text{PM}_{10}$ ). Výsledky měření směru a rychlosti větru budou využity pro imisně-

meteorologické hodnocení a interpretaci výsledků modelu PMF. Měření těchto meteorologických parametrů umožní ve spojení s modelovými výsledky kvantifikovat také bilanci přeshraničního přenosu znečištění, včetně minerálních částic pocházejících z povrchové těžby.

I když nelze vyloučit určitý vliv emisí z uhelného lomu, **analýza poměru koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$  rovněž potvrzuje, že významnější příspěvek ke koncentracím měřených na stanici Uhelná mají zpravidla jiné zdroje.** Pokud by byl lom dominantním zdrojem primárních částic ve frakci  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$  nepřekročil by pravděpodobně poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  hodnotu 0,3. Toto dokládá poměr koncentrací. Nicméně analýzy naznačují, že průměrný poměr při severním proudění je zpravidla vyšší než 0,5.

## Literatura

Brzezina, J., 2019. Vizualizace a grafy používané k hodnocení kvality ovzduší – jak je interpretovat. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://chmibrno.org/blog/2019/04/22/vizualizace-a-grafy-pouzivane-k-hodnoceni-kvality-ovzdusi-jak-je-interpretovat/#intro>.

Carslaw, D.C., 2012. The openair manual—open-source tools for analysing air pollution data. Manual for version 0.6-0, King's College London. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://davidcarslaw.com/files/openairmanual.pdf>.

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.

ČHMÚ 2022a. Kvalita ovzduší na území České republiky. Březen 2022. [online]. [cit. 23. 2. 2023]. Dostupné z WWW: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes\\_zpravy/BREZEN\\_2022.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/BREZEN_2022.pdf).

ČHMÚ 2022b. Uhelná 2021. Koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> na stanici Uhelná. Zpráva za období 1. 1. 2021 – 31. 12. 2021.

ČHMÚ 2022c. Kvalita ovzduší na území České republiky. Prosinec 2022. [online]. [cit. 23. 2. 2023]. Dostupné z WWW: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes\\_zpravy/PROSINEC\\_2022.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/PROSINEC_2022.pdf).

EEA, 2013. Every breath we take. Improving air quality in Europe. Copenhagen: EEA. [online]. [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://www.eea.europa.eu/publications/eea-signals-2013>.

EMEP/EEA, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>.

IARC, 2015. IARC monographs on the evaluation of carcino-genic risks to humans: „Outdoor air pollution“, Vol. 109. A re-view of human carcinogens. Lyon, France – 2015. [online]. [cit. 21. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/mono109.pdf>.

Keder 2014. Detekce fugitivních emisí z povrchových uhelných lomů. Konference Těžba a její dopady na životní prostředí V, 2. 4. – 3. 4. 2014, Ostrava. [online]. [cit. 28. 2. 2022]. Dostupné z WWW: <http://www.ekomonitor.cz/seminare/2014-04-02-tezba-a-jeji-dopady-na-zivotni-prostredi-v#hlavni>.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Vlček, O. a Corbet L., 2011. Porovnání výstupů eulerovského modelu CAMx s měřeními ze staniční sítě ČR – část 1: aerosoly. Meteorologické zprávy, Vol. 64, No. 5, p. 142–151. Dostupné z WWW: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/ke\\_stazeni\\_download.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/ke_stazeni_download.html)

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.