

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA W KRAKOWIE

ANALIZA STĘŻEŃ NO₂



Kraków, listopad 2023 r.

Kwestia zanieczyszczenia powietrza jest dla Krakowa nieodmiennie ważna. **Zmiany wynikające z wprowadzenia w 2019 roku zakazu spalania węgla i drewna przełożyły się na znaczący spadek stężeń pyłów czy benzo(a)pirenu w powietrzu.** Dla przykładu, w 2012 roku na stacji pomiaru jakości powietrza na ul. Bujaka w Krakowie odnotowano 116 dni „smogowych”, a więc dni z przekroczeniem dobowej normy dla stężenia pyłu PM10. W 2022 ta liczba spadła do 40 dni, a w 2023 najprawdopodobniej będzie jeszcze niższa. Roczne stężenie drobnego pyłu PM2,5 spadło w tym czasie z 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a więc o ponad połowę¹.

O ile odnotowujemy znaczący spadek stężeń zanieczyszczeń związanych ze spalaniem paliw stałych (węgiel, drewno), o tyle **stężenie dwutlenku azotu, wciąż pozostaje na wysokim poziomie.** Podstawowym źródłem wysokich stężeń dwutlenku azotu w Krakowie jest ruch samochodowy, a dokładniej spaliny wyrzucane z silników aut. **W powietrzu wdychanym przez krakowian około 75% tej substancji jest pochodzenia transportowego².**

Dlatego jesienią 2022 r. władze Krakowa podjęły decyzję o utworzeniu Strefy Czystego Transportu (SCT). Pokrywa ona całe miasto i stawia wymagania jakościowe samochodom powiązane z wielkością emisji zanieczyszczeń z silników - od 1 lipca 2024 r. wjazd do Krakowa mają tylko samochody wyprodukowane przed 1992 r. jeśli mają silnik benzynowy, oraz wyprodukowane przed 1997 r. jeśli mają silnik Diesla. Od 1 lipca 2026 r. wymagania te zostaną zaostrzone - odpowiednio minimalny rok produkcji 2000 w przypadku pojazdów benzynowych i minimum 2009 r. w przypadku Diesli. Te ostatnie wymagania obowiązują też auta zarejestrowane po 1 marca 2023 r.

Wymagania krakowskiej strefy są stosunkowo mało restrykcyjne – zostały one obniżone w zamian za pokrycie strefą całego miasta. **W lipcu 2026 r., kiedy to wprowadzone zostaną ostateczne wymagania, po SCT będą mogły jeździć Diesle mające nawet 17 lat oraz auta benzynowe mające nawet 26 lat.** Te stosunkowo łagodne standardy mają na celu wyeliminowanie z ruchu miejskiego tych aut, które emitują najwięcej zanieczyszczeń, głównie starsze pojazdy Diesla. Przepisy te powinny doprowadzić do spadku emisji tlenków azotu do powietrza w Krakowie o około 50%, co ma szansę przełożyć się na istotną poprawę jakości powietrza³.

W celu monitorowania sytuacji z tym związanej, Krakowski Alarm Smogowy podjął współpracę z Zarządem Transportu Publicznego w Krakowie i przeprowadził **pasywny pomiar stężeń dwutlenku azotu w 50 punktach w mieście.** Badania trwały miesiąc i zostały przeprowadzone na przełomie czerwca i lipca. **Mają one dać obraz, jak stężenia NO₂ rozkładają się w mieście,** a nie jedynie na czterech stacjach krajowego monitoringu jakości powietrza. Planowane jest powtarzanie tych pomiarów w regularnych interwałach, w celu monitorowania spodziewanych w wyniku wprowadzenia SCT zmian.

1. Dane z oficjalnego monitoringu jakości powietrza prowadzonego przez Główny Inspektorat Jakości Powietrza

2. <https://www.nik.gov.pl/plik/id,23218,vp,25925.pdf> oraz Program ochrony powietrza dla województwa małopolskiego

3. Analizy prowadzone w ramach projektu CARES: <https://cares-project.eu/cares-remote-emission-sensing-campaign-krakow-completed/>

Szereg badań prowadzonych na świecie wskazuje na **znaczący wpływ wysokich stężeń dwutlenku azotu na zdrowie**. Wykazano, że długotrwałe oddychanie powietrzem o stężeniu NO₂ większym o 10 µg/m³ powoduje **wzrost ryzyka zachorowania na astmę nawet o 10-17%**. Wysokie stężenia NO₂ zwiększają **również ryzyko wystąpienia ostrych infekcji górnych dróg oddechowych u dzieci** – 9% dla stężenia wyższego o 10 µg/m³. Istnieje również związek między zapadalnością na cukrzycę, a wyższym zanieczyszczeniem powietrza NO₂. Badania epidemiologiczne potwierdzają również **wzrost ryzyka wystąpienia zgonu z powodu zapalenia płuc lub oskrzeli** – dla wzrostu stężenia NO₂ w powietrzu o 10 µg/m³, ryzyko rośnie to aż o 6%⁴.

Nie można również zapomnieć o krótkotrwałym wpływie zanieczyszczeń pochodzących ze spalin na zdrowie, szczególnie wśród dzieci. Badania przesiewowe prowadzone w szkołach w obrębie Barcelony⁵ wskazują, że w zależności od lokalizacji szkoły względem jakości powietrza, uczniowie wypadają odmiennie w testach badających ich zdolności poznawcze, możliwości skupienia się, jakości pamięci krótkotrwałej i długotrwałej. **Dzieci ze szkół znajdujących się w najbardziej zanieczyszczonych lokalizacjach miały wyniki gorsze o 8-23% od dzieci ze szkół z osiedli z lepszym powietrzem** (ze względu na ukształtowanie terenu w Barcelonie możliwe było wybranie szkół o istotnie różnych warunkach) zależnie od badanych funkcji.

Zbliżone wyniki, choć na mniejszej grupie badanych dzieci, uzyskali psychologowie Uniwersytetu Jagiellońskiego⁶, którzy ustalili, że **w okresach wysokich stężeń dwutlenku azotu w miejscach, w których uczą się dzieci, notuje się ich obniżoną zdolność do podtrzymania uwagi w zakresie potrzebnym do zapamiętywania i rozumowania**. W badaniu porównywano wyniki testów dzieci, które prowadzono w różne dni, w tym w dni z wysokimi stężeniami dwutlenku azotu w powietrzu – zanotowano pogorszenie wyników w czasie testów od kilku do nawet 20 procent. Wyniki te nie są jedynie statystyką dla badanej grupy - także w pojedynczych przypadkach widoczna była korelacja ze stanem powietrza: to samo dziecko w dni wysokiego stężenia dwutlenku azotu miało gorsze wyniki niż w dni z niższymi stężeniami.

Starania o obniżenie wielkości emisji spalin, w tym w szczególności emisji tlenków azotu mają więc przełożenie nie tylko w długiej perspektywie na obniżenie liczby zachorowań i przedwczesnych śmierci, ale także bieżący wpływ na tempo rozwoju dzieci.

4. <https://healpolska.pl/aktualnosci/jak-dwutlenek-azotu-wplywa-na-zdrowie-nowy-przeglad-naukowy/>

5. <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1001792>

6. https://www.uj.edu.pl/wiadomosci/-/journal_content/56_INSTANCE_d82IKZvhit4m/10172/152907308,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972303382X?via=ihub>

W ramach badań uzyskano wyniki z 44 lokalizacji w Krakowie⁷. **W żadnej lokalizacji stężenie nie spełniło normy Światowej Organizacji Zdrowia**, która określona jest na poziomie $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO określiło tę normę kierując się jedną przesłanką – zdrowiem mieszkańców. Oznacza to, że nawet w miejscach oddalonych od ulic z dużym ruchem samochodowym (np. Rynek Główny) mieszkańcy i mieszkańcy Krakowa nie mogą oddychać powietrzem spełniającym normy zdrowotne.

W aż 16 lokalizacjach zostały przekroczone obowiązujące obecnie w Polsce normy jakości powietrza ustanowione dla stężenia NO_2 w powietrzu – a więc próg $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jest to wartość aż czterokrotnie wyższa niż zalecenia WHO. Mimo to została on przekroczona w aż 16 lokalizacjach na 44 zbadane. Są to okolice głównych ulic o dużym natężeniu ruchu samochodowego. W tej przestrzeni znajduje się dużo budynków, zarówno użyteczności publicznej jak i mieszkalnych, piesi czekają na przystankach lub przemieszczają się wzdłuż ulic – to wszystko oznacza, że wiele osób narażonych jest na wdychanie powietrza o bardzo wysokim stężeniu NO_2 .

Ze względu na przekraczanie w Polsce od wielu lat norm jakości powietrza dla stężenia NO_2 , Komisja Europejska rozpoczęła wobec naszego kraju procedurę naruszenia Dyrektywy 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza i czystego powietrza dla Europy (znak: INFR(2016)2010). W dniu 18 lutego 2021 r. Komisja skierowała uzasadnioną opinię wzywając do niezwłocznego wdrożenia działań prowadzących do obniżenia stężeń dwutlenku azotu w powietrzu, w szczególności w miastach, w których notowane są przekroczenia dopuszczalnych prawem poziomów (na liście znalazły się Warszawa, Kraków, Wrocław i Katowice).

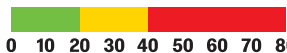
W 25 lokalizacjach obowiązująca w UE norma dla stężenia NO_2 została spełniona, ale nie spełniono nowej, bardziej restrykcyjnej normy, która niedługo ma zostać wprowadzona na terenie Unii Europejskiej. Obecnie kończą się prace nad nowymi normami jakości powietrza w UE, które mają zbliżyć normy europejskie to wytycznych WHO, a więc do tego co jest rekomendowane ze względu na ochronę zdrowia. Nowa roczna norma dla stężenia NO_2 ma zostać ustanowiona na $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i ma zacząć obowiązywać od 2030 r.

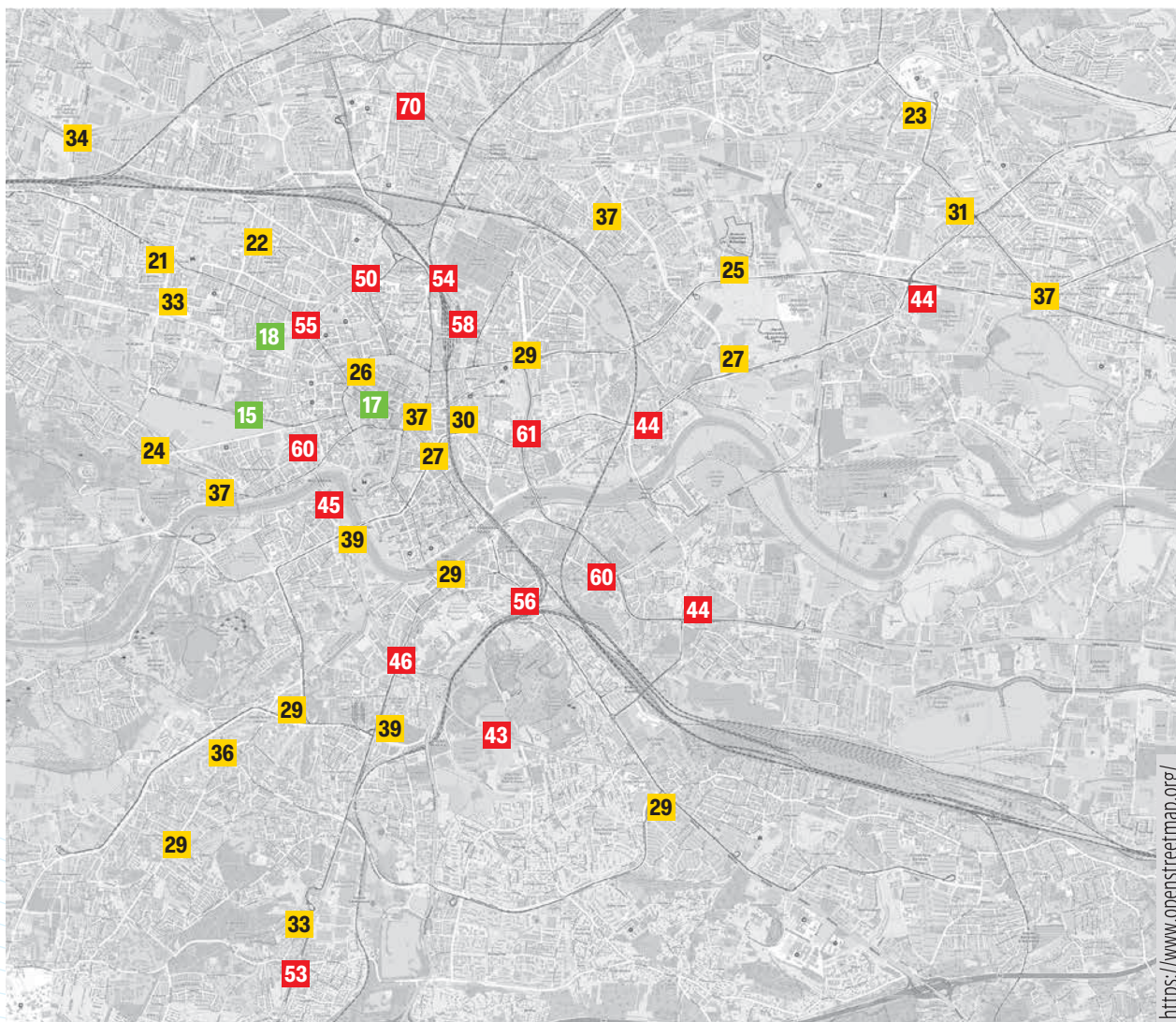
Analiza wartości oraz lokalizacji próbników wskazują jednoznacznie, że **wielkość notowanych stężeń jest powiązana przede wszystkim od z odległością od pasa ruchu**, a nie z rejonem miasta, w którym prowadzony był pomiar. **Wielkość emisji spalin oraz natężenie ruchu mają więc ściśle przełożenie na poziom narażenia na stężenia dwutlenku azotu.** Stężenie dwutlenku azotu spada razem ze wzrostem odległości od źródła emisji (samochody). Obrazuje to zestawienie ze sobą wyników z punktu położonego przy wejściu do parku Jordana, gdzie średniomiesięczne stężenie wyniosło $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zaś na pobliskiej alei Krasińskiego, zanotowana średnia to $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7. W kilku punktach próbniki uległy zniszczeniu podczas pomiarów

Najwyższe stężenia notowane są w wąskich kanionach ulicznych, przy drogach posiadających kilka pasów jazdy w jednym kierunku. W Krakowie najwyższe wartości odnotowano na skrzyżowaniu ulic Opolskiej i Prądnickiej (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), na al. Krasieńskiego (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), czy przy skrzyżowaniu ulic Powstańców Śląskich i Klimczaka (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz na al. Powstania Warszawskiego (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Planowana jest kontynuacja pomiarów w tych samych lokalizacjach, w celu monitorowania trendu zmian – a więc tempa zmian stężeń NO_2 w powietrzu, szczególnie na szlakach transportowych przenoszących ruch międzydzielnicowy. Będzie to jedna z metod szacowania skuteczności wprowadzonej Strefy.

ŚREDNIOMIESIĘCZNE STĘŻENIE	
dwutlenku azotu – NO_2	stężenie w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 
W KRAKOWIE, CZERWIEC – LIPIEC 2023	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – roczny poziom dopuszczalny



Miejsce punktu pomiarowego	Stężenie NO ₂ [µg/m ³]	Zgodność z prawem
Al. 3 Maja (na wysokości wejścia do Parku Jordana)	15	Spełnia nowe normy jakości powietrza [20 µg/m ³]
Rynek Główny na wysokości wylotu ul. Szewskiej	17	
Skrzyżowanie ul. Szymanowskiego i Karłowicza	18	
Skrzyżowanie ul. Bronowickiej i Rydla	21	Spełnia obecne normy jakości powietrza [40 µg/m ³], ale nie spełnia nowych norm [20 µg/m ³]
Skrzyżowanie al. Kijowskiej i ul. Mazowieckiej	22	
Ul. Broniewskiego (w pobliżu ronda Hipokratesa)	23	
Skrzyżowanie ul. Królowej Jadwigi i al. marsz. Focha	24	
Al. Jana Pawła II (skrzyżowanie z ul. Markowskiego)	25	
Skrzyżowanie ul. Karmelickiej i Dunajewskiego	26	
Skrzyżowanie al. Pokoju i ul. Lema	27	
Ul. Dietla (na wysokości stacji WIOŚ)	27	
Ul. Kalwaryjska (przy ul. Legionów Piłsudskiego)	29	
Ul. Kobierzyńska (przy ul. Torfowej)	29	
Ul. Nowosądecka (przy przystanku tramwajowym)	29	
Rondo Mogiłskie (przy punkcie sprzedaży biletów)	29	
Skrzyżowanie ul. Kapelanka i Grota Roweckiego	29	
Ul. Grzegórzecka (przy przystanku tramwajowym)	30	
Al. gen. Andersa (przy rondzie Kocmyrzowskim)	31	
Ul. Zakopiańska (na wysokości pętli autobusowej)	33	
Skrzyżowanie ul. Nawojki i Piastowskiej	33	
Rondo Ofiar Katynia	34	
Ul. Kobierzyńska przy ul. Rostworowskiego	36	
Al. Jana Pawła II (przy Placu Centralnym)	37	
Ul. Pilotów (przy skrzyżowaniu z ul. Wieniawskiego)	37	
Ul. Wielopole (przy przystanku autobusowym)	37	
Ul. Kościuszki (przy pętli tramwajowej)	37	
Ul. Konopnickiej (przed przejściem dla pieszych)	39	
Skrzyżowanie ul. ks. Tischnera i Wadowickiej	39	
Ul. Kamieńskiego (przy przystanku autobusowym)	43	Nie spełnia obecnych norm jakości powietrza [40 µg/m ³]
Ul. Lipska w pobliżu skrzyżowania z ul. Saską	44	
Skrzyżowanie al. Pokoju i al. Jana Pawła II	44	
Skrzyżowanie al. Pokoju i ul. Ofiar Dąbia	44	
Ul. Konopnickiej (przy przystanku autobusowym)	45	
Ul. Konopnickiej w pobliżu ronda Matecznego	46	
Al. Słowackiego (przy przystanku autobusowym)	50	
Ul. Zakopiańska (przy salonie samochodowym)	53	
Skrzyżowanie al. 29 Listopada i ul. Wita Stwosza	54	
Al. Mickiewicza (przy przystanku autobusowym)	55	
Ul. Limanowskiego i al. Powstańców Śląskich	56	
Ul. Wita Stwosza – Dworzec Autobusowy	58	
Al. Krasińskiego – rejon przystanku Jubilat	60	
Al. Powstańców Wielkopolskich i ul. Klimeckiego	60	
Al. Powstania Warszawskiego (za przystankiem)	61	
Skrzyżowanie ul. Opolskiej i Prądnickiej	70	

Jak wspomniano wcześniej, samochody odpowiadają za około 75% stężenia dwutlenku azotu w krakowskim powietrzu. Znaczenie dla wielkości emisji ma nie tylko liczba pojazdów w ruchu, ale także jakość silników. Należy też zwrócić uwagę na charakterystykę liniowych emisji zanieczyszczeń, jakimi są zanieczyszczenia z transportu. Dane oficjalne to ocena powietrza dla całego obszaru miasta na podstawie wyników pochodzących z kilku stacji pomiarowych. Drugie podejście to wiedza o tym, jak emisja ta rozkłada się na obszarze miasta. Jest to szczególnie istotne w przypadku emisji tlenków azotu, których najwyższe stężenia notowane są przy ciągach komunikacyjnych, a więc ekspozycja na zanieczyszczenia jest różna w zależności od miejsca zamieszkania ludzi czy najczęstszych tras przemieszczania się po mieście.

POPZEDNIE POMIARY I OBECNA KAMPANIA

Badanie stężeń NO_2 za pomocą metody pasywnej było w Krakowie prowadzone już trzykrotnie. Za pierwszym razem w listopadzie 2019 r.⁸, a drugi raz na przełomie lutego i marca 2021 r.⁹ Punkty wybrane do pomiarów w 2023 r. pokrywają się z wyborem w poprzednio prowadzonych badaniach, lecz są mniej liczne - jest ich 50 w całym mieście. Planowana jest kontynuacja pomiarów w tych samych lokalizacjach w celu porównania sytuacji i obserwacji trendu zmian. Potrzeba prowadzenia tego rodzaju pomiarów wiąże się z charakterystyką zanieczyszczeń transportowych, a więc i zanieczyszczenia dwutlenkiem azotu – są one mocno zróżnicowane w zależności od lokalizacji. Największe stężenia notowane są przy ciągach transportowych. Jednocześnie to tam przebywa najwięcej mieszkańców miast, którzy przemieszczają się po nich w ciągu dnia. Oficjalnych punktów pomiarowych jest zbyt mało, aby uzyskać pełen obraz rozkładu zanieczyszczeń dwutlenkiem azotu. Pomimo, że w Krakowie odnotowywane są jedne z najwyższych stężeń NO_2 w całej Polsce, to w mieście znajdują się tylko cztery stacje badające stężenia tej substancji, z czego tylko jeden punkt (na al. Krasińskiego) jest klasycznym punktem pomiaru emisji transportowych. Aby móc obserwować potencjalne zmiany związane z wprowadzeniem SCT, konieczne jest zwiększenie liczby punktów pomiarowych, czemu mają służyć prowadzone cyklicznie pomiary stężeń NO_2 metodą pasywną. Kolejne pomiary prowadzone będą pod koniec 2023 r.

METODOLOGIA

Do określenia średniomiesięcznego stężenia NO_2 w Krakowie przeprowadzone zostały - tak jak w poprzednich przypadkach - pomiary przy użyciu próbników pasywnych. Próbniki, a później analiza chemiczna, zostały dostarczone przez laboratorium Passam AG ze Szwajcarii. Wszystkie próbki były rozmieszczone w wybranych punktach w ciągu jednego dnia, a pomiar prowadzony był przez miesiąc na przełomie czerwca i lipca. Dla każdego próbki zanotowano dokładny czas rozpoczęcia i zakończenia ekspozycji, a także sfotografowano miejsce jego umieszczenia. Dodatkowo zarejestrowano dokładne położenie punktu pomiarowego za pomocą urządzenia umożliwiającego lokalizację GPS.

8. <https://polskialarmsmogowy.pl/files/artykuly/2288.pdf>

9. <https://polskialarmsmogowy.pl/wp-content/uploads/2021/10/Raport-pomiary-NO2-LUTY-MARZEC-2021-FINAL-OK.pdf>

Dobór punktów pomiarowych był oparty o przywołane wcześniej pomiary prowadzone tą samą metodą, ale zmniejszono ich liczbę i wprowadzono kilka nowych punktów. Preferowanymi punktami były okolice przystanków autobusowych i tramwajowych oraz miejsca, w przez które codziennie przewijają się podróżujący po Krakowie pieszo lub transportem miejskim. Celem pomiaru było określenie stężenia NO₂ w lokalizacjach, gdzie krakowianie narażeni są najsilniej na ich nadmierne stężenia w powietrzu.

Zastosowana metoda badawcza bazuje na próbnikach pasywnych i jest szeroko stosowana w celu rozpoznania rozkładu zanieczyszczeń z transportu. Pomiar odbywa się poprzez ekspozycję trietanolaminy znajdującej się w próbniku. Dwutlenek azotu na zasadzie dyfuzji transportowany jest do złoża tej substancji. Masa NO₂ zatrzymana w próbniku jest proporcjonalna do stężenia na zewnątrz fiolki oraz czasu ekspozycji. Na czas transportu między punktem ekspozycji i laboratorium próbnik jest zabezpieczony (odpowiednio zamknięty i przechowywany) w celu zatrzymania procesu. Następnie stężenie w próbniku jest mierzone w laboratorium.

Zakres pomiarowy wynosi 1-200 µg/m³. Rozszerzona niepewność względna pomiaru wynosi 20%. Niniejsze opracowanie przyrównuje stężenie średniomiesięczne do poziomu średniorocznego dopuszczalnego przepisami prawa. Tego typu podejście jest uzasadnione ze względu na fakt, że stężenie NO₂ pozostaje na podobnym poziomie przez cały rok. Statystyki pokazują, że średniomiesięczne stężenie dwutlenku azotu jest równe wartości średniorocznej z niepewnością 12,6%¹⁰.

10. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/immissionen/ber_trend/Pfeffer_et_al_NO2-diffusive_2010-corr.pdf