clean air

Ekologicznie czyste autobusy w miejskim publicznym transporcie zbiorowym. Przewodnik dla organizatorów transportu i przewoźników

Miejski publiczny transport zbiorowy: nieodzowny dla dobrej jakości powietrza

Miejski publiczny transport zbiorowy odgrywa pod wieloma względami ważną rolę dla miast i gmin oraz ich mieszkańców. Dla wielu posiadaczy samochodów jest on alternatywą dla własnego samochodu i pozwala na samodzielny wybór rodzaju mobilności – także tej cichszej i bezpieczniejszej. Ponadto miejski publiczny transport zbiorowy (ÖPNV) w porównaniu do zmotoryzowanego ruchu indywidualnego (MIV) zapewnia oszczędniejsze korzystanie z zasobów i jest mniej szkodliwy dla klimatu. Ma on niebagatelny wpływ na jakość powietrza, ponieważ pomaga zmniejszyć emisję zanieczyszczeń powietrza powodowaną transportem drogowym. Transport publiczny jest zatem głównym filarem mobilności miejskiej w przyszłości.

Jest to jednak możliwe tylko wtedy, jeżeli pojazdy transportu publicznego w przewozach miejskich są niskoemisyjne. Już dzisiaj duża część taboru miejskiego publicznego transportu zbiorowego (ÖPNV) to pojazdy elektryczne i tym samym ekologicznie czyste. Tramwaje, metro i linie podmiejskie obsługują w Niemczech więcej niż połowę wszystkich przewozów w miejskim publicznym transporcie zbiorowym (ÖPNV) (źródło: roczna statystyka VDV 2012). Jednak w przypadku autobusów pozostaje jeszcze wiele do zrobienia, gdyż powodowana przez nie emisja cząstek stałych i tlenków azotu ma znaczący wpływ na stopień zanieczyszczenia powietrza w miastach.

Niniejszy przewodnik zawiera wiele użytecznych informacji dla gmin i przedsiębiorstw komunikacyjnych, np. na temat możliwości obniżenia emisji substancji szkodliwych wydobywających się z autobusów. Pojazdy ekologicznie czyste są ważne dla atrakcyjności miejskich środków komunikacji i promują równocześnie wizję miasta przyjaznego mieszkańcom i środowisku. Z tego powodu komunikacja miejska powinna nie tylko podtrzymywać, ale także nieustannie rozwijać korzystnie oddziałowujące na środowisko zalety. Jest to jedyna możliwość zintegrowania jej z różnymi innymi środkami transportu ekologicznie zrównoważonej mobilności miejskiej, takimi jak rower, chodzenie pieszo czy car-sharing, aby spełnić oczekiwania i sprostać wyzwaniom przyszłości.

Zdjęcie: cornel_design / shutterstock

Zanieczyszczone powietrze – skutki

Zanieczyszczone powietrze staje się dużym problem nie tylko dla człowieka, ale także dla świata fauny i flory. Wg oceny Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) zanieczyszczenia powietrza wchłaniane w trakcie oddychania są obecnie największym pod względem ekologicznym zagrożeniem zdrowia. Skutki ciągłych negatywnych wpływów na organizm ludzki to udary, choroby wieńcowe, przewlekłe choroby płuc i rak. Szczególną rolę odgrywają tutaj dwie substancje zanieczyszczające powietrze, które powstają przy eksploatacji silników spalinowych: sadza i dwutlenek azotu.

Europejska regulacja – dyrektywa w sprawie jakości powietrza

W europejskiej dyrektywie w sprawie jakości powietrza (2008/50/ WE) określono dla ochrony zdrowia ludzkiego graniczne wartości imisji substancji szkodliwych. W celu ich dotrzymania, wiele gmin opracowało plany zapewnienia czystości powietrza, zawierające różne działania dotyczące zwłaszcza sektora transportu. Określone limity nadal stanowią dla wielu gmin poważny problem.

	Wartość średnia za okres	PM_{10}	NO_2	$PM_{2,5}$
od 1.1.2005	24 h 1 rok	50 µg/m³ (1) 40 µg/m³	- -	- -
od 1.1.2010	24 h 1 h 1 rok	50 µg/m³ (1) 40 µg/m³	- 200 µg/m³ (2) 40 µg/m³	- - -
od 1.1.2015	1 rok	-	-	25 µg/m³
od 1.1.2020	1 rok	-	-	20 µg/m³

(1) Nie więcej niż 35 dni przekroczenia/rok
(2) Nie więcej niż 18 dni przekroczenia/rok

Sadza powstaje głównie podczas spalania oleju napędowego i stanowi jeden ze składników pyłu zawieszonego (PM_{10}). Światowa Organizacja Zdrowia zaklasyfikowała spaliny z silników wysokoprężnych jako rakotwórcze. Pyły zawieszone oraz cząsteczki sadzy przedostają się do organizmu wraz z wdychanym powietrzem. O ile większe cząstki pyłu (PM_{10}) zostają często wychwycone w jamach nosowych, o tyle małe cząstki ($PM_{2,5}$) przenikają aż do oskrzeli i pęcherzyków płucnych. Ultradrobne cząstki ($PM_{0,1}$) przedostają się nawet do krwioobiegu. Wielkość i skład chemiczny wdychanych cząstek ma istotny wpływ na stopień zagrożenia ludzkiego zdrowia. Większe cząstki wywołują choroby układu oddechowego i powodują zaburzenia funkcji płuc, mniejsze natomiast zwiększają ryzyko raka płuca oraz prowadzą do podwyższenia ryzyka zawału serca. Oprócz skutków zdrowotnych sadza z silników wysokoprężnych oddziałuje negatywnie także na klimat: np. sadza osiadająca na powierzchni lodu Arktyki przyspiesza jej topnienie.

Tlenki azotu oddziałują szkodliwie na ludzi, zwierzęta, wegetację roślin i klimat. Dla zdrowia ludzkiego szczególnie groźny jest dwutlenek azotu (NO_2). Jest on wchłaniany wraz z wdychanym powietrzem i przenika głęboko do płuc, powodując zaburzenia ich czynności, podrażnienia błony śluzowej lub infekcje. Długotrwała ekspozycja na nadmierne stężenie dwutlenku azotu może prowadzić do przewlekłego kaszlu, zapalenia oskrzeli i astmy. Zgodnie z badaniami naukowymi istnieje związek między wysokim stężeniem NO_2 a ponadprzeciętną całkowitą śmiertelnością lub zwiększoną liczbą hospitalizacji.

Jakość powietrza w Polsce

Około 45.000 osób w Polsce umiera przedwcześnie z powodu skutków zanieczyszczenia powietrza, a poza tym wiele polskich miast należy do najbardziej obciążonych obszarów w Unii Europejskiej. Zanieczyszczenie powietrza stanowi zatem największe ryzyko środowiskowe. Oprócz pozyskiwania ciepła i energii z węgla, do istotnych zagrożeń ekologicznych należy także ruch drogowy. Jego udział w całkowitej emisji tlenków azotu wyniósł 33% w roku 2011, a w przypadku $PM_{2,5}$ prawie jedną piątą. W przeciwieństwie do innych krajów Unii Europejskiej łączna emisja zanieczyszczeń powietrza pyłem zawieszonym lub tlenkami azotu zmalała w ubiegłych latach tylko nieznacznie. Dodatkowo średnie zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem azotu w punktach pomiarowych usytuowanych w pobliżu ruchu drogowego od roku 2002 nawet lekko wzrosło i jest prawie dwa razy wyższe niż limity dopuszczone przez europejską dyrektywę w sprawie jakości powietrza. Prawie 80% ludności miejskiej w Polsce jest narażanej na stężenie PM_{10}, które przekracza dzienną wartość graniczną, wynoszącą zgod-nie z europejską dyrektywą w sprawie jakości powietrza 50 µg/m³.

Emisja z silników autobusów - niedoceniany problem

Znaczenie autobusów miejskich dla jakości powietrza

Ruch drogowy, obok innych źródeł emisji, takich jak przemysł, rzemiosło czy ogrzewanie domów, jest jednym z głównych sprawców zanieczyszczenia powietrza w miastach. Jednak oprócz samochodów osobowych i ciężarowych, o których wiadomo, że mają duży udział w emisji, niedoceniany jest często wpływ autobusów komunikacji miejskiej (ÖPNV). Pomimo tego, że ich udział w rocznym przebiegu, w porównaniu do samochodów osobowych i ciężarowych, jest niewielki, to jednak wpływają one w bardzo dużym stopniu na jakość powietrza. W Düsseldorfie udział autobusów w roku 2010 wyniósł co prawda tylko 0,4% rocznego prze-biegu, ale były one odpowiedzialne za 5,7% emisji[1] tlenków azotu i 2,4% emisji PM_{10} całego ruchu samochodowego.

Biorąc pod uwagę nie tylko łączną emisję, ale także szczególny wpływ autobusów na intensywnie uczęszczanych ulicach w obrębie miasta, obraz ten staje się bardziej jednoznaczny. W Berlinie w różnych punktach miasta odnotowano[2] dodatkowe zanieczyszczenie tlenkami azotu, spowodowane przez autobusy. Na ulicach o niewielkim natężeniu ruchu autobusowego, np. w rejonie Frankfurter Allee 0,1%, udział dodatkowego obciążenia tlenkami azotu w miejscach ruchu drogowego jest stosunkowo niski. Ale i w tym przypadku 2% udział autobusów w emisji zanieczyszczeń przekracza wartość średnią.

1 Rejencja Düsseldorf: Plany czystego powietrza Düsseldorf 2013
2 Administracja Senatu ds. Rozwoju Miasta i Ochrony Środowiska kraju związkowego Berlin, wykład Martina Lutza w ramach Okrągłego Stołu pt. „Ekologiczne czyste autobusy“ w dniu 26.3.2013 r.

Mierzenie stężenia cząstek w rejonie Alej Jerozolimskich w Warszawie.
Zdjęcie: VCD

Wraz ze wzrostem liczby autobusów zwiększa się również znacząco udział emisji NOx. W dzielnicy Berlina „Alt-Mo-abit“ wynosi on 1,9%, co stanowi 30% dodatkowej emisji uwarunkowanej ruchem pojazdów. A to oznacza, że w tej dzielnicy mniej niż 2% pojazdów odpowiada za prawie jedną trzecią emisji tlenków azotu powstającą w wyniku ruchu.

Jednak przy ocenie powietrza należy uwzględnić także inne składniki pyłów, które nie są objęte dyrektywą w sprawie jakości powietrza. Autobusy bez filtrów cząstek stałych wydzielają ekstremalnie dużo ultradrobnych cząstek ($PM_{0,1}$). O ile wartości od 4.000 do 5.000 cząstek/cm³ są dla obszarów śródmiejskich normalne, o tyle zmierzone stężenie w Warszawie sięgało od 20.000 do 40.000, a w miejscach przejazdów autobusów bez filtra stężenie sięgało nawet do 250.000 P/ cm³.

Redukcja emisji zanieczyszczeń floty autobusowej

Aby obniżyć emisje autobusów miejskich, gminy i przedsiębiorstwa transportowe mają w zasadzie dwie możliwości. Pierwsza możliwość to odnowienie floty poprzez sukcesywną wymianę starych pojazdów na nowe, z reguły na pojazdy o zmniejszonej emisji zanieczyszczeń, a tym samym zwiększenie ich przyjazności dla środowiska. Druga możliwość to doposażenie istniejącego taboru autobusowego pod kątem czystości ekologicznej.

Odnowa flot y

Oprócz cech środowiskowych istnieje jeszcze wiele innych powodów dla zakupu nowych autobusów. Wymagania pasażerów pod względem komfortu, oferowanej przestrzeni oraz dostępności ciągle rosną i stanowią ważne kryteria zachęcające względnie zniechęcające do korzystania z komunikacji miejskiej (ÖPNV). Odpowiednio do tych wymagań wzrasta liczba nowych i nowoczesnych pojazdów, w których pasażerowie mogą korzystać latem z klimatyzacji lub wyposażonych w ekrany wyświetlające i równocześnie przekazujące pasażerom ważne informacje dotyczące trasy w czasie rzeczywistym – reasumując, zwiększających atrakcyjność komunikacji miejskiej.

Europejskie przepisy dotyczące emisji spalin (normy EURO) określają limity szkodliwych substancji, których muszą przestrzegać także autobusy. Najnowsza aktualnie norma emisji spalin to EURO VI. Obowiązuje ona od 01.01.2013 roku dla nowych typów autobusów i od 01.01.2014 roku dla wszystkich nowych autobusów. Istotną zmianą w porównaniu do normy EURO V są o 80% niższe wartości graniczne dla tlenków azotu i zaostrzenie limitów emisji cząstek stałych o 66%. Dodatkowo wprowadzono również limit dla ilości cząstek, ponieważ ultradrobne cząstki są szczególnie szkodliwe dla zdrowia.

Oprócz bardziej rygorystycznych limitów, do rzeczywistych realiów dopasowano także oficjalne procedury badawcze. Nowy cykl testowy uwzględnia w większym stopniu ruch miejski (niskie obciążenie), a także fazę zimnego rozruchu, podczas którego emisja zanieczyszczeń jest znacznie wyższa. Istotną nowością jest również fakt, że zgodnie z oficjalnymi procedurami testowymi emisje zanieczyszczeń muszą być przestrzegane także w przypadku mobilnych pomiarów na ulicy, a to w celu poprawy systemu oczyszczania spalin.

Zdjęcie: VCD

Obydwa te fakty, zaostrzenia limitów i nowa procedura badawcza powodują, że autobusy z EURO VI wykazują w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych na ulicy znacznie niższą emisję zanieczyszczeń. Tak więc wymiana starszych pojazdów na pojazdy nowej generacji wnosi istotny wkład w poprawę jakości powietrza w miastach. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że wymiana floty autobusowej stanowi długotrwały proces i nie jest środkiem zapewniającym krótkoterminowe osiągnięcie poprawy stanu jakości powietrza. Autobusy komunikacji miejskiej są eksploatowane zazwyczaj od 10 do 12 lat, zanim opuszczą flotę. W niektórych przypadkach okres ich używania może trwać nawet dłużej. A więc zaledwie niewielka część floty jest z reguły zastępowana przez pojazdy o niższej emisji, co powoduje odpowiednio niskie efekty w stosunku do ogólnej emisji floty autobusowej. Jeżeli wymienia się przede wszystkim autobusy jeżdżące po obszarach szczególnie obciążonych, uzyskiwany efekt jest oczywiście znacznie większy.

Rzeczywiste emisje zanieczyszczeń przez autobus

Daleko idące zmiany w normie EURO VI, zwłaszcza dotyczące procedury testowej, wynikają także z problemów poprzednich poziomów emisji spalin. Pomimo tego, że dla EURO IV i EURO V zaostrzono limity zanieczyszczenia powietrza, nie zawsze uzyskiwano pożądane efekty. Pomiar i analizę wartości gazów spalinowych przeprowadzano dla autobusów za pomocą określonej procedury testowej na stanowisku do testowania silników. Problemem była jednak tutaj procedura testowa, ponieważ w niedostatecznym stopniu odzwierciedlała ona typową eksploatację autobusu miejskiego (niska średnia prędkość, wiele okresów oczekiwania

na światłach i przystankach). Temperatura gazów spalinowych w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych jest zazwyczaj znacznie niższa niż w oficjalnej procedurze testowej. Wskutek tego systemy SCR, które służą do obniżenia emisji tlenków azotu, a dla skutecznego działania wymagają określonej temperatury spalin, funkcjonowały częściowo niepoprawnie. Zatem faktyczna emisja tlenków azotu jest znacznie wyższa niż dopuszczalna.

Wyniki licznych badań autobusów przeprowadzonych podczas ruchu ulicznego okazały się częściowo wręcz dramatyczne. Na zlecenie Urzędu Krajowego ds. Przyrody, Środowiska i Ochrony Konsumentów niemieckiego kraju związkowego Nadrenia Północna-Westfalia (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des deutschen Bundeslandes Nordrhein-Westfalen) w miejscowości Hagen zostały przetestowane[3] podczas rzeczywistych kursów liniowych autobusy z różnymi poziomami emisji i technologiami oczyszczania gazów spalinowych. Okazało się, że autobus z normą emisji spalin EEV (wyposażony seryjnie w SCR i filtr cząstek stałych) w połowie sześciu wykonanych kursów emitował 10,34 g/kWh NOx. Oficjalny dopuszczony limit wynosi 2 g/kWh, co oznacza, że przekroczył on tę wartość pięciokrotnie. W trakcie kursów, podczas których musiał wykonać ponadprzeciętną liczbę zatrzymań i mógł przyspieszać tylko w niewielkim stopniu stwierdzono, że emisja NOx ponownie znacznie wzrosła. Jest to jednoznaczna wskazówka, że warunki eksploatacyjne autobusu doprowadziły do ochłodzenia układu gazów spalinowych i tym samym negatywnie wpłynęły na funkcjonowanie systemu SCR.

Alternatywne układy napędowe w miejskim publicznym transporcie zbiorowym (ÖPNV)

Obok autobusów z klasycznym silnikiem diesla stosuje się również autobusy z alternatywnymi napędami. Od wielu lat używane są autobusy napędzane gazem ziemnym (CNG – Compressed Natural Gas). Przy spalaniu paliwa nie powodują one emisji pyłu zawieszonego, są zazwyczaj cichsze niż autobusy z silnikiem diesla, co z punktu widzenia ochrony środowiska stanowi realną alternatywę.

Stosunkowo nowe autobusy hybrydowe posiadają silnik spalinowy wspomagany napędem elektrycznym. Konieczne do tego baterie ładują się np. podczas hamowania (rekuperacja) i wspomagają silnik spalinowy w czasie przyspieszania. To z kolei zmniejsza emisję zanieczyszczeń, hałas i emisję CO_2.

Zmniejszona funkcjonalność systemu SCR może spowodować, że autobusy z normą EURO V pod względem emisji tlenków azotu mogą być nawet gorsze niż autobusy z EURO III. Odpowiednie badanie zostały przeprowadzone między innymi w Berlinie. Mierzono tam na miejskiej linii autobusowej jeden autobus wyposażony seryjnie w EURO III i dwa autobusy z EURO V (z SCR). W rezultacie okazało się, że lepszy autobus z EURO V ma prawie taki sam wysoki poziom emisji tlenków azotu jak starszy pojazd. Drugi autobus z EURO V przekroczył tę wartość nawet o około 20%. Również w tym przypadku przyczyną tego zjawiska była zbyt niska temperatura gazów spalinowych, co uniemożliwiło skuteczne działanie systemu SCR.

3 Poziom emisji autobusów liniowych (Emissionsverhalten von Linienbussen) – część 3; Urząd Krajowy ds. Przyrody, Środowiska i Ochrony Konsumentów kraju związkowego Nadrenia Północna-Westfalia; cvRecklinghausen 2009

Ekologicznie czyste autobusy w praktyce na przykładzie Londynu

W Londynie jeździ jedna z największych na świecie flot autobusowych. Transport for London (TfL) jest odpowiedzialny za ponad 8.000 autobusów, obsługujących 700 linii z ok. 20.000 przystanków i przewozi dziennie ponad 6 milionów osób. Z powodu narastających problemów jakości powietrza, już od lat 90. konsekwentnie pracuje się i wdraża do autobusów technologię redukcji emisji zanieczyszczeń. W związku z tym wszystkie autobusy z EURO II i EURO III, czyli łącznie ponad 6.500 pojazdów, zostały doposażone w **filtry cząstek stałych**. Dla nowych autobusów wprowadzono już stosunkowo wcześnie obowiązek seryjnego filtra cząstek stałych. Dzięki tym środkom emisja PM_{10} londyńskiej floty autobusowej spadła w latach od 1997 do 2013 roku z 200 t/rocznie na 17 t/rocznie.

Dużym problemem jest nadal **dwutlenek azotu**. Aby go aktywnie zwalczać, w 2012 roku rozpoczęto doposażenie 900 autobusów w system SCRT, które zakończono w 2014 roku.

Aby sprawdzić emisję zanieczyszczeń i zużycie paliwa w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, TfL opracował wspólnie z firmą Millbrook własny **cykl testowy**, przeprowadzany na trasie jednego z londyńskich autobusów liniowych. Tę trasę przejeżdża każdy nowy typ autobusu i każdy doposażony autobus. Dzięki temu można było stwierdzić, że w warunkach rzeczywistej eksploatacji autobusy doposażone w system SCRT emitują do 88% mniej tlenków azotu.

Te autobusy, zwłaszcza z EURO V lub EEV będą jeszcze przez wiele lat jeździły po drogach w służbie floty autobusowej. Z tego powodu przedsiębiorstwa transportowe powinny sprawdzać, w jakim stopniu w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych działają seryjne systemy dla redukcji tlenków azotu. Przy prawidłowym funkcjonowaniu układu SCR zużycie środka redukcyjnego (AdBlue) wynosi około 5% zużycia paliwa. Jeśli zużycie AdBlue się zmniejszy, oznacza to, że temperatura gazów spalinowych jest za niska, AdBlue nie jest wtryskiwany, wskutek czego system SCR nie działa prawidłowo.

Niedziałanie wzgl. brak seryjnego układu oczyszczania gazów spalinowych w starszych pojazdach niesie ze sobą daleko idące konsekwencje dla gmin, ponieważ z powodu ciągle wysokiej emisji tlenków azotu i cząstek, obciążenie imisją nie zmniejsza się lub zmniejsza się bardzo powoli. Stwarza to nie tylko stałe zagrożenia dla zdrowia mieszkańców, ale również stanowi wyzwanie dla gmin, którym jest przestrzega-nie limitów zawartych w europejskiej dyrektywie w sprawie jakości powietrza. Dlatego też koniecznym jest wspólne działanie przedsiębiorstw transportowych i gmin. Powinni oni żądać od producentów poprawy w nowych pojazdach problemu niedostatecznego oczyszczania spalin. W przypadku pojazdów, które będą używane przez dłuższy czas na danym terenie, skutecznym sposobem ograniczenia emisji zanieczyszczeń jest doposażenie ich w filtr cząstek stałych względnie w systemy do redukcji emisji tlenków azotu, aby obniżyć emisję zanieczyszczeń floty autobusowej.

Doposażenie autobusów

Od kilku lat w wielu krajach europejskich i pozaeuropejskich realizuje się z powodzeniem doposażanie autobusów miejskich, w celu redukcji emisji zanieczyszczeń. W zależności od rodzaju zanieczyszczeń stosowane są do tego różne technologie. O ile początkowo koncentrowano się przede wszystkim na redukcji sadzy i zawieszonego pyłu z silników wysokoprężnych, o tyle w ostatnich latach instaluje się coraz częściej także systemy doposażenia redukujące emisję tlenków azotu.

4 Pomiary emisji gazów spalinowych doposażonych autobusów za pomocą systemów SCRT w porównaniu do pojazdów seryjnych na wybranej trasie w Berlinie; TÜV NORD, 2011

Doposażenie autobusów jest opłacalne dla przedsiębiorstw transportowych z wielu różnych powodów:

- Ekologicznie czyste autobusy są niezbędne do utrzymania pozytywnego wizerunku ÖPNV jako przyjaznego dla środowiska środka komunikacji. Dzięki temu komunikacja miejska zyskuje na atrakcyjności jako pionier ochrony środowiska, a przedsiębiorstwa transportowe mogą wykorzystywać doposażenie do skutecznego oddziaływania na świadomość i opinię publiczną.

- Bezpieczeństwo planowania: Jeżeli autobusy dzięki doposażeniu będą bardziej ekologiczne i uzyskają lepszą klasę emisji, przedsiębiorstwa autobusowe będą mogły je eksploatować także w przyszłości, pomimo zwiększenia wymogów (np. wprowadzenia stref ekologicznych lub zaostrzenia regulujących je przepisów).

- Doposażenie zwiększa wartość autobusu. Jeśli po zakończeniu okresu eksploatacji będą one przeznaczone do sprzedaży, to doposażenie zwiększy ich wartość. Rosnące w wielu innych krajach perspektywiczne wymagania środowiskowe wobec zbiorowego trans-portu miejskiego stanowią czynnik sprzyjający.

Zdjęcie: mast3r / Fotolia

Instalacja doposażenia i możliwe indywidualne dopasowanie jego systemów do danego obszaru operacyjnego umożliwią maksymalną redukcję emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Ustalenie lokalnych warunków stosowania (np. wysokiej lub niskiej prędkości średniej, topografii obszaru operacyjnego, odległości między przystankami) gwarantują maksymalny współczynnik redukcji.

Z punktu widzenia ochrony środowiska doposażenie autobusów zapewnia istotną korzyść: emisja zanieczyszczeń zostaje natychmiast obniżona, co bezpośrednio zmniejsza zanieczyszczenie powietrza. Dzięki temu można szybko i systematycznie poprawić jakość powietrza, szczególnie w obciążanych obszarach miast. Jest to o tyle ważne, że coraz bardziej rygorystyczne wymagania Unii Europejskiej dotyczące jakości powietrza zmuszają gminy do podejmowania natychmiastowych działań. Natomiast całkowite odnawianie floty w regularnych odstępach czasu co 8-12 lat może poprawić jakość powietrza tylko w średniej i długiej perspektywie czasowej.

Technologie doposażenia autobusów

W zależności od zanieczyszczeń powietrza oferowane są różne rozwiązania doposażenia i różne technologie. Do redukcji liczby cząstek (należą tutaj oprócz sadzy z silników wysokoprężnych także inne substancje, takie jak np. popiół) używane są filtry cząstek stałych. Są one znane pod nazwą filtry CRT (Continuous Regeneration Trap). Do redukcji emisji tlenków azotu w doposażanych instalacjach stosowana jest przede wszystkim technologia SCR (selektywna redukcja katalityczna). Obydwa systemy są dostępne oddzielnie, a ich połączenie nosi nazwę SCRT.

System filtra cząstek-CRT (Continuous Regeneration Trap)

W filtrze cząstek stałych gazy spalinowe oczyszczane są mechanicznie poprzez przepływ przez bardzo cienką membranę. Są one zatrzymywane wewnątrz, włącznie z ultradrobnymi cząstkami. Obecny stan techniki to zamknięte filtry cząstek, ponieważ zatrzymują one do 99% wszystkich cząstek. Systemy filtrów cząstek stałych są od wielu lat z powodzeniem instalowane w autobusach miejskich. Berlin rozpoczął wyposażenie pierwszych autobusów w tę technikę w 1999 roku, ponieważ w kilku punktach pomiarowych miasta stwierdzono ogromne przekroczenie limitu PM_{10}.

Ekologicznie czyste autobusy w praktyce na przykładzie Madrytu

W Madrycie transport autobusowy odgrywa ważną rolę pod względem jakości powietrza. Autobusy powodują prawie 20 % całkowitej emisji tlenków azotu generowanej podczas ruchu. Aby temu zapobiec, do tej pory doposażono w systemy SCRT prawie 500 autobusów. Zmniejsza to emisję cząstek stałych rocznie o 10 ton, a NOx o 500 ton.

Stosunkowo wcześnie postawiono tu także na napędy alternatywne. W międzyczasie Madryt posiada już jedną z największych w Europie flot autobusowych napędzanych gazem ziemnym. Prawie 800 auto-busów (tj. ok. 40 % wszystkich autobusów) zasilanych jest gazem ziemnym, a odpowiedzialna za to firma autobusowa „Empresa Municipal de Transportes“ (EMT) planuje włączanie dalszych takich pojazdów do floty.

Techniczne funkcjonowanie systemu i współczynniki redukcji

System CRT składa się zasadniczo z dwóch modułów. W kierunku przepływu przed właściwym filtrem cząstek stałych zamontowany jest katalizator utleniający. Zapewnia on rozkład węglowodorów w spalinach (HC) i tlenku węgla (CO). Wraz z cząstkami z silników wysokoprężnych redukowane są za pomocą systemu CRT łącznie trzy ustawowo reglamentowane substancje zanieczyszczające powietrze. Ten efekt

można osiągnąć również bez katalizatora utleniającego, jeżeli filtr cząstek stałych jest pokryty warstwą katalityczną. Wpływa to jednak na obniżenie wydajności, ponieważ redukcja HC i CO jak i odfiltrowanie cząstek stałych następuje wówczas poprzez tę samą powierzchnię.

W przypadku filtra zamkniętego cały odprowadzany gaz przepływa przez membranę filtra. System zatrzymuje skutecznie ponad 99% wszystkich cząstek, niezależnie od ich wielkości. W przeciwieństwie do filtra zamkniętego filtr, filtr „otwarty“ filtruje tylko część spalin. Przyczynia się to nie tylko do pogorszenia ogólnej skuteczności, ale także do przepuszczania dużych cząstek. Z punktu widzenia zdrowia i ochrony środowiska nie należy stosować tej techniki.

Regeneracja filtra cząstek stałych

Podczas jazdy cząstki gromadzą się w filtrze cząstek stałych. Aby zapobiec zapychaniu się filtra, musi być on regularnie oczyszczany z nagromadzonych w nim pozostałości. W przeciwnym razie podwyższa się ciśnienie spalin, wzrasta zużycie paliwa i zmniejsza się skuteczność działania filtra. W przypadku filtrów CRT zachodzi regeneracja pasywna, tzw. samooczyszczanie. W wyniku procesów termo-chemicznych podczas jazdy zostają wypalane znaczne części nagromadzonych cząstek. Warunkiem tego wypalania jest osiągnięcie minimalnej temperatury spalin wynoszącej 250° C, bez której regeneracja nie jest możliwa.

Dla porównania oczyszczony i nieoczyszczony filtr cząstek stałych.
Zdjęcie: VCD

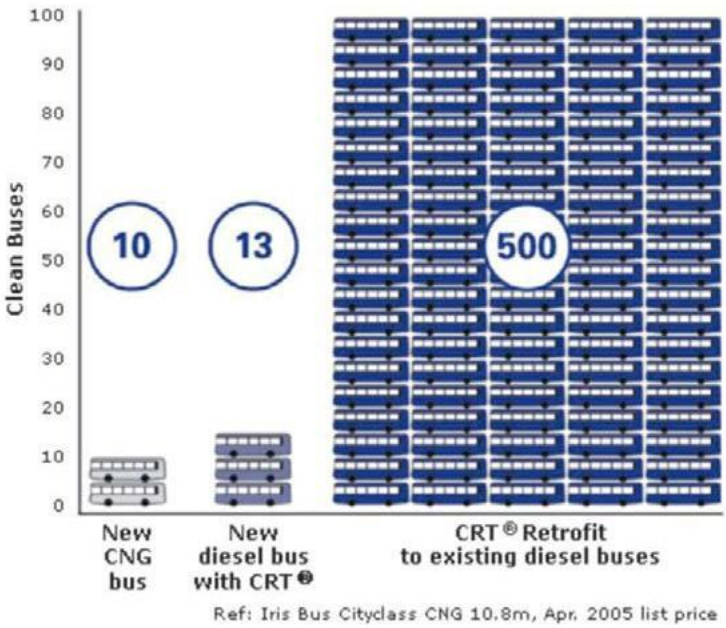
Pomimo tego, że systemy samooczyszczania filtra cząstek stałych wg zasady CRT są dzisiaj najbardziej rozpowszechnione w sektorze autobusowym, istnieją także inne metody usuwania nagromadzonych pozostałości z filtra cząstek stałych. W przypadku regeneracji aktywnej, poprzez oddzielne doprowadzenie energii, temperatura filtra zostaje podwyższona do ok. 600 °C, co pozwala na spalanie cząstek przy udziale tlenu atmosferycznego. Jest to możliwe np. za pomocą grzejników elektrycznych lub palnika paliwa.

Również w przypadku optymalnie funkcjonującej regeneracji pasywnej gromadzą się na filtrze pozostałości, które nie ulegają spaleniu. Z tego powodu filtry muszą być regularnie demontowane i czyszczone. Do tego celu służą całkowicie automatyczne urządzenia czyszczące, które wypalają cząstki jeszcze niespalone i cząstki niepalne, np. popiół z oleju silnikowego, odsysają je lub wydmuchują. Częstotliwość procesów czyszczenia zależy między innymi od stosowanego profilu, stanu silnika lub zawartości popiołu w oleju silnikowym, ale powinny być one wykonywane co 60.000 do 150.000 km.

Koszty doposażenia

W porównaniu z zakupem nowych pojazdów, czyli innymi słowy z wymianą floty, doposażenie jest znacznie tańszym rozwiązaniem redukcji emisji zanieczyszczeń. Za koszt jednego nowego autobusu można doposażyć w filtry cząstek stałych wiele znajdujących się w bieżącej eksploatacji autobusów. Kolejną jego zaletą jest także możliwość szybkiego przestawienia całej floty na nową technologię, podczas gdy średni okres wymiany floty jest znacznie dłuższy i wynosi od 8-12 lat.

Indywidualne koszty za pojazd zależą od typu autobusu i istniejących dla niego opcji doposażenia. Zasadniczo koszty doposażenia za 1 filtr cząstek stałych wynoszą od 5.000-7.500 euro. Jeśli jednak doposażany ma być nietypowy autobus, wymagający ewentualnie specjalnych rozwiązań technologicznych, to koszty mogą być wyższe.



Porównanie kosztów doposażenia/zakupu nowych autobusów. źródło: Eminox

SCR (Selektywna redukcja katalityczna)

Najbardziej rozpowszechnioną technologią redukcji emisji tlenków azotu, którą stosuje się w doposażanych instalacjach jest technologia SCR. Również w nowych pojazdach stosowana jest w większości technologia SCR, ponieważ w międzyczasie stała się ona warunkiem spełnienia coraz bardziej rygorystycznych norm emisji spalin (EURO VI). Jednak wiele autobusów jeździ nadal jeszcze bez lub z niefunkcjonującym systemem redukcji tlenków azotu, dlatego dużo miast cierpi z powodu zbyt wysokiego obciążenia powietrza NOx. A zatem wciąż jeszcze jest wiele do zrobienia. Jeżeli autobus jest wyposażony w filtr cząstek stałych, to zainstalowanie systemu SCR obok filtra cząstek stałych może także znacznie przyczynić się do redukcji emisji tlenków azotu.

Ekologicznie czyste autobusy w praktyce na przykładzie Berlina

Berlińskie Zakłady Komunikacyjne (BVG) obsługują jedną z największych sieci autobusowych nie tylko w Niemczech, ale także i w Europie, liczącą 1.300 własnych i 100 autobusów podwykonawców. Aby wyjść naprzeciw utrzymującym się problemom z jakością powietrza, już w 1998 roku rozpoczęto doposażanie pierwszych pojazdów w filtry cząstek stałych. Dzięki pozytywnym doświadczeniom w latach 1999 do 2008 doposażono dalszych 445 autobusów. W nowych pojazdach filtr cząstek stałych był już wtedy obowiązkowy. Po wprowadzeniu w Berlinie w roku 2008 strefy ekologicznej, obszar ekologiczny obsługiwały wyłącznie autobusy z filtrem. W ten sposób BVG świeciła przykładem i przyczyniła się do akceptacji strefy ekologicznej.

Ponieważ punkty pomiarowe w mieście wykazywały znaczący udział autobusów w zanieczyszczeniu tlenkami azotu, władze miasta Berli-na oraz BVG podjęły odpowiednie kroki. W 2013 roku 91 autobusów otrzymało w ramach doposażenia system SCR , w wyniku czego nastąpiła redukcja emisji tlenków azotu do 76 %. Do realizacji tego celu skorzystano z dotacji unijnych z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego jako formy współfinansowania. Instalacje do doposażenia w system SCR planowane są także dla dalszych pojazdów.

Techniczne funkcjonowanie systemu i współczynniki redukcji

Podczas selektywnej redukcji katalitycznej z gazów spalinowych usuwane są za pomocą środka redukcyjnego tlenki azotu. W tym celu stosuje się wodny roztwór mocznika, w którym związany jest właściwy środek redukcyjny amoniak (NH3) . Jest on dostępny na rynku pod handlową nazwą „AdBlue“.

Zasadniczo moduł SCR składa się z 3 części składowych: w pierwszym etapie wtryskuje się do gazów spalinowych środek redukcyjny „AdBlue“, odpowiednio do zawartej w nim ilości NOx. Na skutek hydrolizy środek redukcyjny „AdBlue“ przekształca się w amoniak i CO_2. W drugim etapie zachodzi w katalizatorze SCR właściwa redukcja NOx, podczas której amoniak reaguje z tlenkami azotu i przekształca je w nietoksyczny azot i wodę. W trzecim i ostatnim etapie katalizator utleniający (zwany często katalizatorem blokującym) zapobiega ulatnianiu się nadmiaru amoniaku.

Za pomocą systemu SCR można zredukować emisję tlenków azotu w spalinach autobusów do 80%. Ponadto ten system nie wymaga żadnej wewnętrznej modyfikacji silnika, dzięki czemu silniki diesla można ustawiać na optymalne zużycie paliwa (które z reguły powoduje wzrost emisji tlenków azotu). W efekcie system SCR nie wpływa negatywnie na zużycie paliwa.

Efektywność w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych

Skuteczność systemu SCR zależy w dużej mierze od temperatury gazów spalinowych. Jeżeli temperatura ta jest niższa niż 200°C, to system nie uaktywnia się. W temp. ok. 240°C i wyższej jest on najbardziej skuteczny, a w przedziale pomiędzy tymi wartościami – w zależności od systemu – należy liczyć się ze zmniejszoną skutecznością. Jeżeli układ nie osiągnie koniecznej temperatury, konwersja „AdBlue“ na amoniak, który pełni tu funkcję czynnika redukującego, nie będzie możliwa. Równocześnie zmniejsza się także skuteczność katalizatora SCR.

Głównymi przyczynami niskiej temperatury gazów spalinowych jest niska średnia prędkość, jak również duża ilość zatrzymań autobusów miejskich na trasie. Dużą zaletą doposażenia w system SCR jest możliwość indywidualnego dopasowania go do lokalnych warunków. Zbyt niskie temperatury można podwyższyć do koniecznego poziomu np. za pomocą dodatkowego

Zdjęcie: Peter Smola / Pixelio

ogrzewania. Także dodatkowy katalizator utleniający może skutecznie uruchamiać system w niższej temperaturze. W efekcie zamontowane systemy SCR mogą pracować bardzo skutecznie nawet w trudnych warunkach. Różne badania w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych to potwierdzają. I tak na przykład w Berlinie zostały przetestowane na linii autobusowej dwa różne autobusy z EURO III wyposażone w system SCRT (kombinacja z CRT i SCR). Wyniki badań jednego z testowanych autobusów wykazały zmniejszenie emisji NOx o 80%, natomiast drugiego prawie o 54%. W Londynie test doposażonego autobusu piętrowego wykazał nawet rzeczywistą redukcję NOx do 88%. Również badania przeprowadzone na linii autobusowej w rzeczywistych warunkach eksploatacji w Brighton & Hove (Wielka Brytania) potwierdziły dobre funkcjonowanie doposażonych instalacji w starszych autobusach w porównaniu do nowych autobusów. Autobus ze standardem EURO III doposażony w SCR i filtr cząstek stałych osiągnął nie tylko mniejszą emisję NOx niż normalny autobus ze standardem EURO V, ale miał nawet niższą wartość emisji tlenków azotu niż autobus hybrydowy z EURO V[5].

Koszty doposażenia

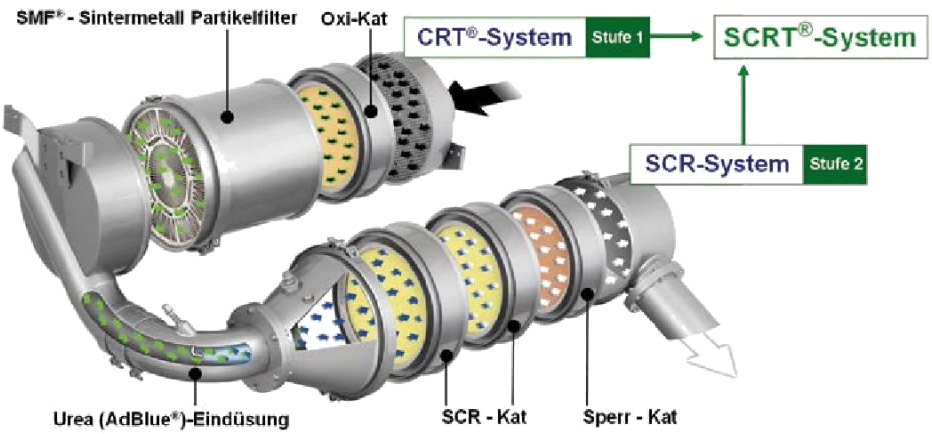
Ceny systemów SCR są różne w zależności od typu pojazdu. W przeciwieństwie do filtrów cząstek stałych, w przypadku instalacji i dopasowania systemu do konkretnych warunków na-leży liczyć się z wyższymi kosztami. Ogólnie przyjmuje się, że całkowity koszt instalacji waha się w przedziale od 8.000 do 12.000 euro za jeden autobus.

SCRT (Selective Catalytic Reduction Technology) = CRT+SCR

Filtr cząstek stałych i system SCR mogą być instalowane kazdorażowo osobno. Jeżeli w autobusie bez układu oczyszczania spalin ma być zainstalowane doposażenie, względnie w ramach tego doposażenia będzie wymieniany filtr cząstek stałych, to korzystnym rozwiązaniem jest wtedy instalacja systemu SCRT. Obydwa systemy zostają połączone w jedną jednostkę oszczędzającą miejsce. Opisane działanie i współczynniki redukcji CRT i SCR pozostają bez zmian. SCRT jest chronionym prawnie znakiem towarowym, który jest używany jednak powszechnie jako synonim dla kombinacji filtra cząstek stałych.

Podobnie jak w przypadku systemu SCR, ceny systemu SCRT są różne w zależności od typu autobusu. Koszt kompletnej instalacji waha się w przedziale od 10.000-16.000 euro.

5 http://www.ricardo.com/en-GB/News--Media/Press-releases/News-releases1/2014/Euro-III-buses-can-be-cleaner-than-Euro-V-hybrids-if-retrofitted-with-new-aftertreatment/



CRT®; źródło: HJS

Działania dodatkowe

Strefy ekologiczne

Wprowadzanie stref ekologicznych ma na celu zamknięcie dostępu do miast pojazdom o wysokiej emisji zanieczyszczeń, a tym samym poprawę jakości powietrza. W 1996 r. w Sztokholmie powstała pierwsza w Europie strefa ekologiczna. Jej śladem poszło wiele innych krajów europejskich. Ten ważny instrument służący czystości powietrza został zastosowany w Niemczech w roku 2008. W międzyczasie powstało w Niemczech ponad 60 takich stref ekologicznych. Obszar strefy ekologicznej w Zagłębiu Ruhry zajmuje powierzchnię 850 km² i obejmuje 12 miast. Jest to nie tylko największa strefa ekologiczna w Niemczech, ale także jedna z największych na świecie. W Polsce, podobnie jaki w innych krajach Europy Wschodniej, do tej pory nie wprowadzono stref ekologicznych (stan: kwiecień 2015 r.).

Aby strefy ekologiczne mogły osiągnąć maksymalny efekt, obok ambitnych ustaleń dotyczących ograniczeń dostępu pojazdom (klas emisji), należy uwzględnić wszystkie źródła emisji. Dla sektora samochodowego są to oprócz samochodów osobowych i ciężarowych także autobusy komunikacji miejskiej. Pomimo tego, że ilościowo nie odgrywają one wielkiej roli, to wpływają jednak w dużym stopniu na jakość miejskiego powietrza ze względu na ich prze-biegi. Dlatego konsekwentne przestrzeganie wobec autobusów komunikacji miejskiej regulacji dotyczących stref ekologicznych stanowi nieodzowny warunek sukcesu tych działań. Z tego powodu należy zasadniczo unikać wydawania nadzwyczajnych zezwoleń. Przyznanie autobusom przywileju zanieczyszczania powietrza utrudni akceptację strefy ekologicznej przez mieszkańców. Wręcz przeciwnie, publiczny transport komunikacji miejskiej jako alternatywa dla ruchu samochodów osobowych, powinien być prekursorem i wzorem w dziedzinie redukcji emisji zanieczyszczeń. Gminy i przedsiębiorstwa transportowe winny zatem bardzo intensywnie i ofensywnie propagować te działania i szeroko o nich informować, aby zwiększyć ogólną akceptację programu oraz chęć i gotowość do korzystania z niego.

Zdjęcie: kamasigns / Fotolia

Osiągnięcie tego celu wymaga ścisłej współpracy pomiędzy gminami i przedsiębiorstwami autobusowymi. Należy do tego również, oprócz wczesnego włączania do planowania przyszłych przepisów dotyczących. stref ekologicznych i przewidywanych wymagań wobec taboru autobusowego, również wsparcie modernizacji. Dalsze informacje dla gmin dotyczące stref ekologicznych i ich tworzenia są dostępne na stronie internetowej http://bit.ly/1FgrKWU (w języku polskim).

Promocja doposażenia

Doposażenie pojazdów w nowoczesną technikę oczyszczania gazów spalinowych jest dla przedsiębiorstw autobusowych dużym finansowym wyzwaniem. Niewiele firm transportowych może zgromadzić na ten cel wszystkie niezbędne środki. Z tego powodu konieczna jest ukierunkowana promocja finansowa doposażenia przez sektor publiczny tak, aby jak najszybciej obniżyć emisję zanieczyszczeń i poprawić jakość powietrza.

Skutecznym środkiem jest ryczałtowe dofinansowanie zainstalowanych filtrów cząstek stałych i systemów SCR. Krajowe lub regionalne programy promocji mogą stworzyć odpowiednie zachęty i przyspieszyć modernizację flot autobusowych. Odpowiednia ilość środków oraz warunki dotowania powinny zostać tak zaplanowane, aby mogło z nich skorzystać jak najwięcej pojazdów. Wysokość dotacji na jeden pojazd powinna wynosić co najmniej 50%, a korzystniej byłoby, jeśli dotacja wynosiłaby nawet 75% kosztów związanych z doposażeniem. Ponieważ konieczne dopasowanie systemów SCR/SCRT do danego zastosowania jest stosunkowo skomplikowane i pracochłonne, powinno być również uwzględniane w planach dotacji. Niemniej jednak dotacją powinny być objęte zarówno filtry cząstek stałych, jak i systemy do redukcji emisji tlenków azotu. W Niemczech zebrano już dobre doświadczenia w zakresie dotowania doposażenia dla sektora samochodowego. Dzięki promocji doposażenia w filtry cząstek stałych, setki tysięcy właścicieli samochodów osobowych mogło zmodernizować swoje pojazdy pod kątem ochrony środowiska. Przyczyniło się to w dużym stopniu do obniżenia emisji sadzy w spalinach z silników wysokoprężnych, a tym samym wpłynęło na poprawę czystości powietrza w miastach. Ponieważ w wielu miastach wprowadzono jednocześnie strefy ekologiczne, albo zaostrzono regulujące je przepisy, wielu właścicieli pojazdów mogło skorzystać z dofinansowania doposażenia, bez którego nie mogliby wjeżdżać swoimi samochodami do stref ekologicznych.

Zdjęcie: Rudolpho Duba / Pixelio

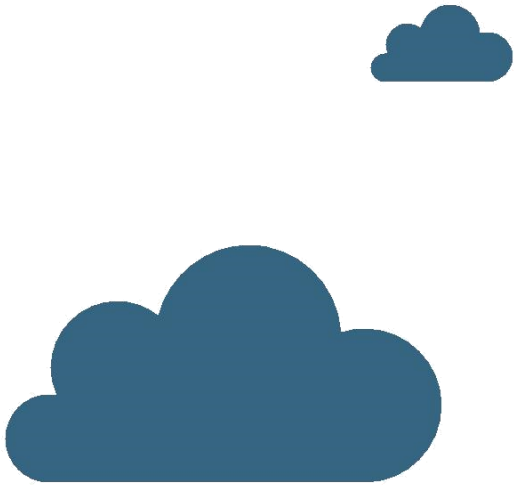
Na poziomie regionalnym były już realizowane dotacje doposażenia dla autobusów. Niemiecki kraj związkowy Badenia-Wirtembergia promował już od wielu lat instalacje filtrów cząstek stałych w autobusach komunikacji miejskiej. Przedsiębiorstwa autobusowe otrzymywały dotacje w wysokości 7.500 euro za pojazd, jeżeli po doposażeniu zostały osiągnięte limity emisji standardu EURO V. Dzięki temu dofinansowaniu zmodernizowano pod względem emisji spalin i zgodnie z najnowszym stanem techniki przede wszystkim starsze pojazdy, które pozostawały w eksploatacji wnioskodawcy przez okres wynoszący co najmniej 3 lata. Szczególnie przedsiębiorstwa autobusowe, które zostały dotknięte skutkami wprowadzenia stref ekologicznych lub zaostrzenia regulujących je przepisów, licznie skorzystali z tej oferty, aby dopasować swoją flotę do standardów wymaganych w przyszłości.

Ekologicznie czyste autobusy na przykładzie Santiago de Chile

W Santiago de Chile modernizację taboru autobusowego połączono z kompletną restrukturyzacją komunikacji autobusowej. Wiele małych przedsiębiorstw autobusowych, które często posiadały tylko jeden lub dwa autobusy, połączono ze sobą, tworząc jedno centralne przedsiębiorstwo transportu publicznego „Transantiago“. Od 2007 roku koordynuje ono cały ruch autobusowy i zawarło umowy z 10 firmami eksploatującymi 5.500 autobusów.

Do 2004 roku autobusy powodowały prawie jedną czwartą emisji pyłu PM_{10}. Władze miasta wychodzą z założenia, że wyłącznie z powodu emisji zanieczyszczeń corocznie przedwcześnie umiera około 800 osób. Dlatego od roku 2005 nowe autobusy muszą posiadać filtr cząstek stałych. Ponadto w 1800 autobusach zostały zainstalowane filtry cząstek stałych. Do roku 2018 oczekuje się, że wszystkie 6.300 eksploatowanych autobusów zostanie wyposażonych w filtry. Transantiago wychodzi z założenia, że dzięki temu roczna emisja pyłu zostanie zmniejszona o 113 ton.

Oprócz pyłu PM_{10} coraz większym problemem stają się również tlen-ki azotu Aby rozwiązać ten problem, rozpoczęto od roku 2015 doposażanie autobusów w system SCRT.



W Berlinie do dofinansowania modernizacji floty autobusowej skorzystano także z jeszcze innego źródła. Program Operacyjny Berlina został przygotowany dla Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRE) w taki sposób, że doposażenie autobusów w systemy SCRT było współfinansowanie ze środków UE. Dzięki temu Unia Europejska przejęła 50% związanych z tym kosztów. W pierwszej fazie prawie 100 autobusów znacznie obniżyło swoją emisję tlenków azotu. Ponadto zaplanowano rozszerzenie tych działań na dalsze autobusy.

W interesie gmin leży obniżenie emisji w ruchu drogowym, ponieważ muszą być przestrzegane coraz bardziej rygorystyczne europejskie wymogi dotyczące jakości powietrza, a ponadto jakość życia w miastach w dużej mierze zależy także od czystości powietrza. Dlatego powinno być ono jak najlepsze. Gminy powinny zatem rozważyć, czy ich środki własne mogą być wykorzystywane do wspierania firm transportowych przy modernizacji pojazdów.

Osoby do kontaktów i więcej informacji

Heiko Balsmeyer
Koordynator projektu LIFE+ Clean Air
Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD)
Telefon: 0049 30 280351-22
heiko.balsmeyer@vcd.org

Więcej informacji na temat stref ekologicznych i czystego powietrza w miastach można znaleźć na naszej stronie internetowej: www.cleanair-europe.org

© 2015, Verkehrsclub Deutschland e.V.

VCD – der ökologische Verkehrsclub - klub transportu ekologicznego
Od 1986 roku prawdziwa alternatywa dla osób dbających o ochronę środowiska.
www.vcd.org/about-us.html

Zdjęcie tytułowe: zettberlin / Photocase

Clean Air

to wspólny projekt dziewięciu europejskich organizacji ekologicznych walczących o czyste powietrze w miastach Europy. Mimo licznych uregulowań prawnych na płaszczyźnie europejskiej, państwowej i regionalnej, mających na celu czystość powietrza, w wielu miastach cele dotyczące czystości powietrza są zaniedbywane. Szkodzi to środowisku, klimatowi i zdrowiu obywateli. Czas zacząć działać.

www.cleanair-europe.org

Już od 2009 roku trwa kampania „Klimat bez sadzy", w której bierze udział dwanaście europejskich organizacji pozarządowych (w Polsce: Zielone Mazowsze). Jej celem jest redukcja emisji sadzy, która prowadzi do zahamowania procesu ocieplania klimatu oraz ochrona środowiska i zdrowia ludzi.

www.russfrei-fuers-klima.de/international
www.zm.org.pl/?t=pm10

a project by

co-financed by the EU`s LIFE financial instrument

Kampania towarzysząca

project coordination