

Wpływ transportu drogowego na stan zapylenia powietrza atmosferycznego

Janusz Mysłowski

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę ruchu drogowego w Koszalinie, jego natężenie oraz główne kierunki ruchu tranzytowego. Na tle ilości pojazdów przemieszczających się przez miasto w którym brak obwodnicy określono wpływ tych potoków transportowych na stan zapylenia powietrza atmosferycznego.

Słowa kluczowe: transport drogowy, stan zapylenia, powietrze.

Wstęp

Jednym z podstawowych problemów związanych z działalnością komunikacyjną jest sprawa negatywnego oddziaływania środków transportu na skażenie powietrza atmosferycznego i nadmierny hałas wywoływany przez pojazdy poruszające się w gęsto zaludnionym obszarze. Koszalin zgodnie z definicją Ministerstwa Środowiska jest miastem wydzielonym w Województwie Zachodniopomorskim które składa się z trzech stref: aglomeracji szczecińskiej, miasta Koszalin oraz pozostałych obszarów [6]. Pomiar skażenia środowiska są realizowane przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska wg tego podziału. Na terenie Koszalina udział w ruchu drogowym brało udział 50 821 jednostek silnikowych. Z tej liczby po odjęciu motocykli i motorowerów pozostaje 50 292, z tego napędzanych silnikami o zapłonie samoczynnym 9 330 i o zapłonie iskrowym 40 905 [7]. Wyznaczenie natężenia ruchu drogowego pozwala na określenie stopnia udziału poszczególnych

pojazdów w tworzeniu pyłów zawieszonych PM 10, które w znacznym stopniu wpływają na stan zdrowia populacji zamieszkującej oceniane miasto [1, 2]. Poza pyłami zawieszonymi na stan skażenia wpływają też takie substancje jak: tlenki azotu NO₂ (szczególnie w odniesieniu do zdrowia mieszkańców), NO_x (w odniesieniu do skażenia upraw), dwutlenek siarki SO₂, tlenek węgla CO i dwutlenek węgla CO₂.

1. Natężenie ruchu drogowego

Natężenie ruchu drogowego w Koszalinie przedstawiono na rys. 1. Widać wyraźnie dwa kierunki strumieni transportowych. Pierwszy z nich zachodnio-wschodni odpowiadający głównym obszarom ciężenia tj Szczecin-Gdańsk i drugi północ – południe Kołobrzeg – Szczecinek. Pierwszy z nich dotyczy ruchu 25 216 pojazdów, a drugi 25 606 pojazdów na dobę. Charakter przewozów na pierwszym kierunku jest przede wszystkim tranzytowy, podczas gdy na drugim lokalny. Biorąc pod uwagę planowany przez władze wojewódzkie program budowy drogi ekspresowej Szczecin-Kołobrzeg-Słupsk-Lębork-Gdańsk należy domniemywać, że drugi z nich w przyszłości będzie ważniejszy. Wcześniejsze pomiary w roku 2010 wykazały, że suma pojazdów przejeżdżających przez Koszalin wynosiła 48 670, a więc przyrost natężenia ruchu drogowego w ciągu ostatnich dwóch lat wyniósł 4,2%.

2. Określenie zapylenia powietrza przez samochody

Należy wziąć pod uwagę fakt, że głównym źródłem powstawania wymienionych substancji są samochody osobowe, dostawcze i ciężarowe jadące przez Koszalin, skupiono się na określeniu ich udziału w wytwarzaniu opisanych substancji szkodliwych i dokonano oceny ich wpływu na skażenie powietrza atmosferycznego.

Prognozowanie wyników pomiarów starano się oprzeć o stosowaną przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska metodykę opartą o pomiary [1, 5] zakładającą szereg współczynników charakteryzujących stan powietrza w badanej aglomeracji [3].



Rys. 1. Natężenie ruchu drogowego w węźle Koszalin [6]

Obliczenia wykonano dla przeciętnych warunków atmosferycznych panujących w Koszalinie. Dla symulacji emisji liniowej, związanej z transportem samochodowym wykorzystano informacje o strukturze i natężeniu ruchu na podstawie których opracowano zestaw wskaźników zawartych we wzorze:

$$E = \left[k \left(\frac{sL}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1,5} - C \right] \left(1 - \frac{P}{4N} \right) \quad (1)$$

gdzie:

E – wskaźnik emisji pyłu o dowolnym rozmiarze cząstki, g/km,

k – współczynnik zależny od wielkości cząsteczki, g/km/pojazd,

sL – wskaźnik nanosu pyłu na powierzchnię jezdni w g/m²,

W – średnia masa pojazdu w tonach wyznaczona dla dowolnego odcinka drogi,

C – suma wskaźników emisji z rury wydechowej oraz pyłu z tarcia opon, okładzin hamulcowych i jezdni.

Dla określenia wartości współczynnika zależnego od wielkości cząsteczki pyłu k posłużono się danymi zawartymi w tabeli 1 na podstawie zawartych w WRAP Fugitive Handbook.

Postępując zgodnie z wzorem (1) przyjęto:

- ♦ współczynnik zależny od wielkości cząsteczki, g/km/pojazd – k = 4,6 dla cząstek PM 10, ponieważ w przypadku Koszalina badano zapylenie pyłem PM 10, wartość współczynnika określono z tabeli 1 równą 4,6;
- ♦ wartość wskaźnika sL nanosu na powierzchnię jezdni w g/m², waha się w granicach od 0,02 do 400 g/m² [3], wartość ta waha się w zależności od klasy drogi: autostrady 0,02 g/m², drogi główne (szybkiego ruchu) 0,035 g/m², drogi lokalne 0,32 g/m². Biorąc pod uwagę nie najlepszy stan czystości polskich dróg i ulic miejskich przyjęto do obliczeń sL = 0,16 g/m² [3,4,6], a dla dróg pozamiejskich 0,08 g/m².
- ♦ w oparciu o wyniki wcześniejszych badań przyjęto uśrednioną masę pojazdów W dla dowolnego odcinka drogi:
 - samochody osobowe: 1,3 tony, kategoria M1,
 - samochody dostawcze 3,6 tony, kategoria N2,
 - autobusy i samochody ciężarowe 10 ton, kategoria N3.
- ♦ suma wskaźników emisji z rury wydechowej (PM10, NO₂, SO₂) oraz pyłu z tarcia okładzin hamulcowych i jezdni C = 45,5 w µg/m³ [5],
- ♦ liczba dni z opadem o wysokości co najmniej 25,4 mm, w badanym okresie P = 325,
- ♦ liczba dni w badanym okresie np. 365 dla roku N,

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (2)$$

$$E = \left[4,6 \cdot 0,08^{0,65} \cdot 3,33^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{1460} \right) \quad (3)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 6,0766 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (4)$$

$$E = (5,411 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (5)$$

Tab. 1. Wartości współczynnika k dla poszczególnych wartości cząsteczki pyłu [3]

| Rozmiar cząsteczki pyłu | k [g/km/pojazd] |
|-------------------------|-----------------|
| PM 2,5 | 1,1 |
| PM 10 | 4,6 |
| PM 15 | 5,5 |
| PM 30 | 2,4 |

$$E = 5,366 \cdot 0,777 = 4,169 \text{ g/km}$$

Całkowite zapylenie drogi E dla pojazdów o masie **10 ton wynosi 4,169 g/km.**

W przypadku pojazdów o masie 3,6 tony (dostawcze, ale również w przeważającej części napędzane silnikami o zapłonie samoczynnym) będzie to przedstawiało się tak:

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{3,6}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (6)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 1,3145 - 0,0455) \cdot 0,777 = 0,874 \text{ g/km} \quad (7)$$

Zatem wartość E dla pojazdów o masie **3,6 tony wynosi 0,874 g/km.**

Dla pojazdów osobowych o masie do 1,3 tony wartość współczynnika E będzie następująca:

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{1,3}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (8)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 0,2819 - 0,0455) \cdot 0,777 = 0,159 \text{ g/km} \quad (9)$$

Wartość współczynnika E dla **pojazdów osobowych wynosi 0,159 g/km.**

Przedstawione wyniki wskazują wyraźnie na znaczący wpływ ruchu samochodów ciężarowych o dużej ładowności na powstawanie pyłów zawieszonych w powietrzu. W przytoczonym obliczeniu jest on około 26 razy większy niż samochodów osobowych.

Dla porównania przeprowadzono obliczenia dla innych warunków które mogą zaistnieć w ocenianej miejscowości.

2.1. Droga ekspresowa

W przypadku gdyby były to drogi ekspresowe (np. obwodnica Koszalina) dla których sL = 0,035 g/m² i masy pojazdu 10 ton.

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,035}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (10)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,0721 \cdot 6,0848 - 0,0455) \cdot 0,777 = 1,53 \text{ g/km}$$

Dla masy pojazdu 3,6 tony

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,035}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{3,6}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (11)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,0721 \cdot 1,3145 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (12)$$

$$E = (0,4359 - 0,0455) \cdot 0,777 = 0,30 \text{ g/km} \quad (13)$$

Dla masy pojazdu 1,3 tony

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,035}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{1,3}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (14)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,0721 \cdot 0,2819 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (15)$$

$$E = (0,0934 - 0,0455) \cdot 0,777 = 0,04 \text{ g/km} \quad (16)$$

2.2. Droga lokalna

W przypadku gdyby były to drogi lokalne, dla których $sL = 0,32 \text{ g/m}^2$ i masy pojazdu 10 ton

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,32}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (17)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,3038 \cdot 6,0766 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (18)$$

$$E = (8,491 - 0,0455) \cdot 0,777 = 6,56 \text{ g/km} \quad (19)$$

Dla masy pojazdu 3,6 tony

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,32}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{3,6}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (20)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,3038 \cdot 1,3145 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (21)$$

$$E = (1,836 - 0,0455) \cdot 0,777 = 1,39 \text{ g/km} \quad (22)$$

Dla masy pojazdu 1,3 tony

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,32}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{1,3}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{325}{4 \cdot 365} \right) \quad (23)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,3038 \cdot 0,2849 - 0,0455) \cdot 0,777 \quad (24)$$

$$E = (0,3981 - 0,0455) \cdot 0,777 = 0,27 \text{ g/km} \quad (25)$$

2.3. Opady roczne

Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na zapylenie powietrza atmosferycznego jest ilość opadów w roku, której wpływ na opisywaną aglomerację jest następujący:

Dla pojazdów o masie 10 ton i liczbie dni z opadem w roku powyżej 25,4 mm

P = 315 dni

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{315}{4 \cdot 365} \right) \quad (26)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 6,0848 - 0,0455) \cdot 0,784 = 4,019 \text{ g/km} \quad (27)$$

P = 300 dni

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{300}{4 \cdot 365} \right) \quad (28)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 6,0848 - 0,0455) \cdot 0,794 = 4,266 \text{ g/km} \quad (29)$$

P = 270 dni

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{270}{4 \cdot 365} \right) \quad (30)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 6,0848 - 0,0455) \cdot 0,815 = 4,37 \text{ g/km} \quad (31)$$

P = 240 dni

$$E = \left[4,6 \left(\frac{0,16}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{10}{3} \right)^{1,5} - 0,0455 \right] \left(1 - \frac{240}{4 \cdot 365} \right) \quad (32)$$

$$E = (4,6 \cdot 0,1936 \cdot 6,0848 - 0,0455) \cdot 0,835 = 4,48 \text{ g/km} \quad (33)$$

Podsumowanie

Przedstawione wyniki obliczeń wskazują wyraźnie na znaczący wpływ samochodów ciężarowych w tworzeniu pyłów zawieszonych. Jest on prawie 30-krotnie większy niż samochodów osobowych dla przeciętnych dróg w naszym kraju. Wyraźnie korzystnie wpływają na zmniejszenie zapylenia opady deszczu, które na ocenianym obszarze są dość znaczne w porównaniu z resztą kraju. Zapylenie dróg rośnie wraz ze zmniejszającą się ilością dni w roku o opadach mniejszych niż 25,4 mm (1 cal) oraz obniżeniem kategorii drogi. Dlatego wyraźnie widać celowość budowy obwodnic miast przez które prowadzi drogi tranzytowe, pozwalające na zachowanie większej płynności ruchu wpływającej w znacznym stopniu zarówno na pracę silników jak i korzystne warunki zapobiegające tworzeniu się pyłów zawieszonych.

Bibliografia

1. Krasodamski M., Stępień Zb., Mazur-Baduła X., *Badanie emisji cząstek stałych*. Biuletyn ITN Nr 3/2004
2. Łazowska H., Mysłowski J., *Wpływ skażenia powietrza na wybrane wskaźniki zdrowia populacji aglomeracji miejskiej*. Monografia. *Ekologiczne aspekty stosowania nowych technologii w transporcie*. Politechnika Koszalińska. Koszalin, 2012.
3. Model emisji komunikacyjnej Mobile 6.2(EPA). WRAP Fugitive Dust Handbook . Denver 2004.

4. *Poland's Informative Inventory Report 2012*. KOBIZE, Warszawa, 2012.
5. *Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 2010-2011*, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Szczecin, 2012.
6. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2012 roku o zmianie ustawy Prawo Ochrony Środowiska oraz innych ustaw (Dz.U. z 2012, poz. 460).
7. Wyniki generalnego pomiaru ruchu. GDDKiA Warszawa, 2013.

Influence of road transport on state of atmospheric air dustiness

Abstract

This paper presents the characteristics of the traffic in Koszalin, the intensity and the focus of transit traffic. Against the background of the number of vehicles moving through the city without circular road, the effect of these transport streams on state of atmospheric air dustiness is determined.

Key words: road transport, state of dustiness, atmospheric air.

Autor:

prof. dr hab. inż. dr h. c. **Janusz Mysłowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie