

Wybrane skutki zdrowotne zanieczyszczenia powietrza.

Jakub Jędrak, Polski Alarm Smogowy

Łukasz Adamkiewicz, Health & Environment Alliance

dr hab. n. med. Ewa Konduracka, kardiolog, specjalista chorób wewnętrznych, Klinika Choroby i Niewydolności Serca z Pododdziałem Intensywnej Terapii Kardiologicznej Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II

prof. dr hab. n. med. Krystyna Pawlas, Polskie Towarzystwo Medycyny Środowiskowej

Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie zależy od czasu ekspozycji, warunków atmosferycznych, wieku, stanu zdrowia i występujących chorób oraz oczywiście od składu zanieczyszczonego powietrza.

Pierwsze, co większości z nas przychodzi na myśl, gdy myślimy o skutkach zdrowotnych oddychania brudnym powietrzem, to dolegliwości ze strony układu oddechowego. Rzeczywiście, wykazano iż ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza prowadzi do wzrostu częstości występowania lub zaostrzenia objawów dolegliwości i schorzeń takich jak przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) [1][2], astma [3][4], zakażenia układu oddechowego [5][6], czy rak płuca [7][8][9]. Odpowiedzialne za te dolegliwości są w zasadzie wszystkie zanieczyszczenia obecne w powietrzu, przede wszystkim pył zawieszony, ale też tlenki azotu, ozon oraz dwutlenek siarki, zaś w przypadku raka płuca - substancje z grupy WWA [10] i inne rakotwórcze związki obecne w powietrzu.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie nie ogranicza się bynajmniej do układu oddechowego. Zanieczyszczone powietrze wywołuje i nasila wiele schorzeń układu krążenia, ale także układu nerwowego. Okazuje się bowiem, że odpowiednio małe cząstki pyłu zawieszonego przenikają z płuc do krwiobiegu i tą drogą są dalej transportowane do różnych narządów.

Udokumentowano wpływ zanieczyszczeń powietrza na występowanie lub pogorszenia przebiegu m. in. nadciśnienia tętniczego [11], choroby niedokrwiennej serca (w tym zawału serca [12]), czy niewydolności serca [13][14][15].

Biorąc pod uwagę wpływ na funkcjonowanie układu oddechowego i układu krążenia, nie powinno być zatem niespodzianką, że poziom zanieczyszczenia powietrza wpływa na śmiertelność [9][16][17][18]. "Smog" zabija mało efektywnie, ale efektywnie - dla dużych polskich aglomeracji są to liczby rzędu kilkuset (w Warszawie być może ponad tysiąc), a w całej Polsce kilkadziesiąt tysięcy przedwczesnych zgonów rocznie. Skrócenie oczekiwanej długości życia związane z zanieczyszczeniem powietrza w zanieczyszczonych aglomeracjach europejskich szacuje się na od kilku miesięcy do ponad roku w przypadku Krakowa [18]. Dodatkowo, zanieczyszczenia powietrza wpływają na rozwój szeregu chorób przewlekłych, w przypadku których pacjenci dodatkowo tracą tzw. lata życia w zdrowiu (ich liczba może nawet sięgać całej dekady).

Oszacowania takie jak przytoczone powyżej powstają na podstawie wielokrotnie obserwowanego odwrotnego efektu: spadek poziomu zanieczyszczeń przekłada się na zmniejszenie śmiertelności [9][16][17][18]. Choć tego typu wyliczenia nie są (i nie mogą być) w pełni precyzyjne, jako że zależą od zastosowanej metodologii, to dają jednak dość wiarygodny obraz sytuacji.

Liczba przedwczesnych zgonów spowodowanych zanieczyszczonym powietrzem w naszym kraju (ok. 45tys. [19]) jest zatrważająca, i wielokrotnie przewyższa liczbę ofiar wypadków

komunikacyjnych, wynoszącą obecnie mniej niż 3,5 tys. osób rocznie.

Zwiększone ryzyko zgonu związane z zanieczyszczeniem powietrza dotyczy w przeważającej mierze osób w podeszłym wieku. Niemniej jednak, wywołane przez zawarte w powietrzu substancje choroby nowotworowe mogą występować już w wieku średnim, a nawet u ludzi młodych. Należy też pamiętać, że zanieczyszczenia powietrza wpływają na zdrowie ludzkie przynajmniej od momentu poczęcia (a nawet jeszcze wcześniej, uwzględniając wpływ wielu substancji na zdrowie rodziców dziecka). Wykazano na przykład istotne statystycznie korelacje między poziomem zanieczyszczenia powietrza, a wagą urodzeniową, liczbą poronień i różnymi patologiami ciąży [20].

Z kolei wieloletnie badania [21][22] prowadzone w Krakowie przez zespół prof. Jędrychowskiego z Collegium Medicum UJ wykazały bardzo wyraźnie korelacje pomiędzy wyższym poziomem ekspozycji matki na pył zawieszony PM 2.5 i WWA w czasie ciąży, a niższą wagą urodzeniową oraz gorszym ogólnym rozwojem dziecka w wieku późniejszym (podobne badania [23][24][25] były prowadzone w Nowym Jorku przez grupę współpracującą z prof. Jędrychowskim prof. Perery z Columbia University).

Okazuje się między innymi, że u dzieci narażonych w okresie prenatalnym na poziom zanieczyszczeń, z jakim mamy do czynienia w Krakowie, istotnie częściej w wieku późniejszym występuje m. in. astma i infekcje dróg oddechowych. Dzieci takie wykazują też zauważalny deficyt w testach ilorazu inteligencji.

Warto zauważyć, że w badaniach grupy prof. Jędrychowskiego nie mierzono bezpośrednio ekspozycji matek na związki z grupy dioksyn (badania takie są bowiem trudne i bardzo kosztowne). Wiadomo jednak, że w Krakowie w sezonie grzewczym pył zawieszony zawiera znaczne ilości tych niezwykle szkodliwych substancji (głównie na skutek palenia odpadów-tworzyw sztucznych w domowych piecach; latem stężenia dioksyn w krakowskim powietrzu są kilkudziesięciokrotnie niższe niż w zimie)[26] [27]. Wiadomo też, że ekspozycja ciężarnych już na stosunkowo niewielkie ilości związków z grupy dioksyn prowadzi do licznych negatywnych efektów obserwowanych u potomstwa, m. in. niższego ilorazu inteligencji [28].

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ nerwowy nie ogranicza się jednak do okresu prenatalnego [29][30]. Badania wykonywane na zwierzętach laboratoryjnych, ale także badania z użyciem obrazowania metodą rezonansu magnetycznego pokazują, że ekspozycja na najdrobniejsze cząstki pyłu zawieszzonego może prowadzić do różnorodnych zmian o charakterze patologicznym, w tym do zmian charakterystycznych dla przebiegu chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera[31][32][33][34][35][36]. Warto w tym miejscu wspomnieć krótko o dwóch bardzo poważnych problemach.

W przypadku dzieci, badania prowadzone w wielu krajach (m. in. [37][38]) wykazały wyraźną korelację pomiędzy stężeniami zanieczyszczeń powietrza w okolicy szkoły czy też domu badanych, a ich wynikami w nauce i różnego typu testach psychometrycznych.

Z kolei badania prowadzone w USA [39][40] pokazują, że podwyższona długotrwała ekspozycja na pył zawieszony zauważalnie przyspiesza proces starzenia się układu nerwowego, a w konsekwencji nasila i pogłębia upośledzenie zdolności poznawczych i sprawności umysłowej u ludzi w podeszłym wieku. W realiach naszego kraju takie przyspieszenie może sięgać nawet 10 lat!

Warto też zaznaczyć, że informacje na temat wpływu zanieczyszczeń powietrza na układ nerwowy

są stosunkowo nowe i mało znane nawet w środowisku medycznym. Większość opracowań i cytowanych tu artykułów powstało w ciągu kilku ostatnich lat. Przygnębiająca jest też świadomość, że większość z tych badań (i ogólnie, wszystkich badań, które tu przytaczamy) wykonano w miejscach, gdzie poziom zanieczyszczeń jest istotnie niższy niż w Polsce.

Konsekwencje społeczne i ekonomiczne wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie

Bardzo trudno jest oszacować w sposób kompletny koszty związane z negatywnym wpływem zanieczyszczenia powietrza na zdrowie polskiego społeczeństwa. Na przykład, pełne oszacowanie kosztów ekonomicznych i społecznych upośledzenia zdolności poznawczych u dzieci i młodzieży jest mało realne. Są one jednak z pewnością bardzo wysokie.

Zdecydowanie łatwiej jest policzyć koszty absencji w pracy czy koszty hospitalizacji, których można byłoby uniknąć w przypadku życia w czystszej środowisku, czy też wreszcie zwiększone koszty leczenia pacjentów z objawami astmy. Uwzględnienie tego typu czynników daje w przypadku samej tylko Małopolski straty rzędu 2,8 mld zł/rok, ale chcielibyśmy jeszcze raz podkreślić, że szacunki te są prowadzone bez uwzględnienia wielu z wyżej wymienionych aspektów wpływu zanieczyszczeń na zdrowie.

Jak wspominaliśmy, poza dziećmi drugą najbardziej narażoną grupą są osoby starsze. Dodatkowe obniżenie sprawności umysłowej i fizycznej osób w podeszłym wieku spowodowane zanieczyszczeniem powietrza, poza oczywistym aspektem społecznym przekłada się też na dodatkowe, bardzo wysokie koszty ekonomiczne.

Redukcja stężeń zanieczyszczeń powietrza może w zdecydowany sposób zmniejszyć liczbę osób chorych na schorzenia przewlekłe wymagających opieki medycznej, a w konsekwencji ograniczyć koszty ekonomiczne opieki zdrowotnej.

Zanieczyszczenie powietrza i jego skutki zdrowotne to obecnie jeden z głównych problemów społecznych, cywilizacyjnych i ekonomicznych naszego kraju. Od tego, jak i kiedy się z tym problemem uporamy, będą zależały stan zdrowia i jakość życia nie tylko obecnych mieszkańców Polski, ale także przyszłych pokoleń.

Bibliografia

Literatura poświęconą skutkom zdrowotnym zanieczyszczenia powietrza jest bardzo obszerna, ale też łatwa do znalezienia w internecie, choćby tylko po słowach kluczowych.

Poniżej prezentujemy jedynie wybrane, przykładowe pozycje. Bardziej szczegółową listę oryginalnych prac

będziemy publikować w następnych artykułach, dedykowanych poszczególnym grupom schorzeń lub pacjentów.

[1] Zorana J. Andersen et al.: Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Long-Term Exposure to Traffic-related Air Pollution, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol. 183, No. 4 (2011), pp. 455-461.

<http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/rccm.201006-0937OC>

[2] Ko FW, Hui DS.: Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology*. 2012 Apr;17(3):395-401. doi: 10.1111/j.1440-1843.2011.02112.x.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22142380>

[3] Rob McConnell et al.: Childhood Incident Asthma and Traffic-Related Air Pollution at Home and School, *Environ Health Perspect*. 2010 July; 118(7): 1021–1026.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920902/>

[4] Kenneth Donaldson, M Ian Gilmour, William MacNee: Asthma and PM10 *Respir Res*. 2000; 1(1): 12–15.
Published online 2000 Jul 3. doi: 10.1186/rr5
PMCID: PMC59535

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC59535/>

[5] Neupane B, Jerrett M, Burnett RT, Marrie T, Arain A, Loeb M.: Long-term exposure to ambient air pollution and risk of hospitalization with community-acquired pneumonia in older adults, *Am J Respir Crit Care Med*. 2010 Jan 1;181(1):47-53

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19797763?dopt=Abstract>

Zobacz także:

<http://infectious-diseases.jwatch.org/cgi/content/full/2010/113/2>

[6] Hong Qiu et al.: Coarse particulate matter associated with increased risk of emergency hospital admissions for pneumonia in Hong Kong
Thorax doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205429

<http://thorax.bmj.com/content/early/2014/08/27/thoraxjnl-2014-205429.abstract>

[7] Ghassan B. Hamra et al.: Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis *Environ Health Perspect*; DOI:10.1289/ehp.1408092

www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4154221/

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24911630>

[8] Enrico Pira, Pier Giorgio Piolatto:
Outdoor air pollution and lung cancer: what now?

Epidemiology Biostatistics and Public Health - 2013, Volume 10, Number 4

<http://ebph.it/article/viewFile/9444/8633>

[9] Francine Laden, Joel Schwartz, Frank E. Speizer, and Douglas W. Dockery: Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality. Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study, *Am J Respir Crit Care Med* Vol 173. pp 667–672, 2006.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16424447>

[10] Denissenko M. F., Pao A., Tang M., Pfeifer G. P: Preferential formation of benzo[a]pyrene adducts at lung cancer mutational hotspots in P53, *Science* 1996 October 18; 274(5286): 430-215

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8832894>

[11] Kateryna Fuks et al.: Long-term Urban Background Particulate Air Pollution Increases Arterial Blood Pressure, A48. AIR POLLUTION AND CARDIOVASCULAR DISEASE, UPDATE ON MECHANISMS AND EPIDEMIOLOGY.

http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm-conference.2010.181.1_MeetingAbstracts.A1712

[12] Tim S Nawrot, Laura Perez, Nino Künzli, Elke Munters, Benoit Nemery: Public health importance of triggers of myocardial infarction: a comparative risk assessment, *The Lancet*, Volume 377, Issue 9767, Pages 732 - 740, 26 February 2011.

<http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2810%2962296-9/abstract>

[13] Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby DE.: Adverse cardiovascular effects of air pollution, *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2009 Jan;6(1):36-44.

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19029991

[14] Robert D. Brook et al.: Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease. An Update to the Scientific Statement From the American Heart Association.

<http://circ.ahajournals.org/content/121/21/2331.abstract>

[15] Robert D. Brook et al.: Air Pollution and Cardiovascular Disease A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association

<http://circ.ahajournals.org/content/109/21/2655.full>

[16] Luke Clancy, Pat Goodman, Hamish Sinclair, Douglas W Dockery,

Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland:
an intervention study, *Lancet* 2002; 360: 1210–14.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401247>

[17] Heinrich J, Thiering E, Rzehak P, Krämer U, Hochadel M, Rauchfuss KM, Gehring U, Wichmann HE.:

Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women, *Occup Environ Med.* 2013 Mar;70(3):179-86. doi: 10.1136/oemed-2012-100876. Epub 2012 Dec 8.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23220504>

[18] Ferran Ballester, Sylvia Medina, Elena Boldo, Pat Goodman, Manfred Neuberger, Carmen Iniguez, Nino Kunzli, on behalf of the Apheis network: Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality impact assessment for 26 European cities, *J Epidemiol Community Health* 2008; 62: 98–105.

<http://jech.bmj.com/content/62/2/98>

Informacje dotyczące wpływu zanieczyszczenia powietrza na śmiertelność (oraz odnośniki do literatury źródłowej)
można też znaleźć w krótkim przeglądowym artykule:

J. Jędrak: Wpływ zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym na śmiertelność: analiza dla Krakowa.

<http://www.krakowskialarmsmogowy.pl/zdrowie/szczegoly/id/28>

[19] Liczba ok 45 tys. zgonów rocznie w Polsce cytowana za:
CBA for the Clean Air Policy Package
Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package Version 2
Corresponding to IIASA TSAP Report 11, Version 1
Marzec 2014

http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/MitigationofAirPollutionandGreenhousegases/TSAP_CBA_corresponding_to_IIASA11_v2.pdf

[20] Tracey J. Woodruff, Jennifer D. Parker, Kate Adams, Michelle L. Bell, Ulrike Gehring, Svetlana Glinianaia, Eun-Hee Ha, Bin Jalaludin, and Remy Slama: International Collaboration on Air Pollution and Pregnancy Outcomes (ICAPPO), *Int J Environ Res Public Health*, v.7(6); Jun 2010, PMC2905570.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2905570/>

Zobacz też: Payam Dadvand et al.:
Maternal Exposure to Particulate Air Pollution and Term Birth Weight:
A Multi-Country Evaluation of Effect and Heterogeneity,

Environmental Health Perspectives vol. 121, no. 3 (March 2013), p. 367.

<http://ehp.niehs.nih.gov/1205575/>

[21] Wiesław Jędrychowski, Renata Majewska, Elżbieta Mróz, Elżbieta Flak i Agnieszka Kiełtyka: Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza drobnym pyłem zawieszonym i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w okresie prenatalnym na zdrowie dziecka. Badania w Krakowie

http://www.malopolska.pl/Obywatel/EKO-prognozaMalopolski/Krakow/Documents/Zanieczyszczenia%20powietrza%20w%20Krakowie%20a%20zdrowie%20dzieci_final.pdf

[22] Choi H, Jedrychowski W, Spengler J, Camann DE, Whyatt RM, Rauh V, Tsai WY, Perera FP.: International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth, Environ Health Perspect. 2006 Nov;114(11):1744-50.

[23] Frederica P. Perera, Deliang Tang, Shuang Wang, Julia Vishnevetsky, Bingzhi Zhang, Diurka Diaz, David Camann, and Virginia Rauh: Prenatal Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Exposure and Child Behavior at Age 6–7 Years, Environ Health Perspect. 2012 Jun;120(6):921-6

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22440811>

[24] F. P. Perera et al.: Effect of prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children., Environ Health Perspect. 2006 Aug;114(8):1287-92.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16882541>

[25] F. P. Perera et al.: Prenatal airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child IQ at age 5 years, Pediatrics. 2009 Aug;124(2):e195-202.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19620194>

[26] Adam Grochowalski, Jan Koniecznyński: PCDDs/PCDFs, dl-PCBs and HCB in the flue gas from coal fired CFB boilers Chemosphere 73 (2008) 97–103 .

<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-c4b782e7-3b48-31ca-ae82-3b45b5c409d0>

[27] Adam Grochowalski: Ambient air concentration and emission of dioxins in Poland. Proceedings of the JRC Workshop on the "Determination of Dioxins in Industrial Emissions", Brno, Czech Republic, 16-19 April 2002.

http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbookshop.europa.eu%2Fes%2Fjrc-workshop-on-the-determination-of-dioxins-in-industrial-emissions-pbLBNA20538%2Fdownloads%2FLB-NA-20538-EN-C%2FLBNA20538ENC_001.pdf%3Bpgid%3Dy8dIS7GUWmDSR0EAlMEUUsWb0000mx7FNw0k%3Bsid%3DYHeITix_YFqIb9_KfO4W6-5aLRSWPi68HCc%3D%3FFileName%3DLBNA20538ENC_001.pdf%26SKU%3DLBNA20538ENC_PDF%26CatalogueNumber%3DLB-NA-20538-EN-C&ei=zSHmVPOxConaavKSgJAC&usg=AFQjCNFnDi1owmOoGY-qQEHTc8qaSYQ65Q&bvm=bv.85970519,d.d2s

[28] Gavin W. ten Tusscher, Janna G. Koppe:
Perinatal dioxin exposure and later effects-a review
Chemosphere 54 (2004) 1329–1336 .

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653503002546>

[29] Kirsten Weir: Smog in our brains.

<http://www.apa.org/monitor/2012/07-08/smog.aspx>

zobacz też: J. Jędrak; Wpływ zanieczyszczenia powietrza na centralny układ nerwowy

<http://www.krakowskialarmsmogowy.pl/zdrowie/szczegoly/id/30>

[30] S. F. Suglia, A. Gryparis, R. O. Wright, J. Schwartz, and R. J. Wright:
Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study,
Am J Epidemiol. 2008 Feb 1; 167(3):280-6. Epub 2007 Nov 15.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18006900>

[31] Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Kreyling W, Cox C.: Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain,

Inhal Toxicol. 2004 Jun;16(6-7):437-45.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15204759>

[32] L. K. Fonken, X. Xu, Z. M. Weil, G. Chen, Q. Sun, S. Rajagopalan and R. J. Nelson: Air pollution impairs cognition, provokes depressive-like behaviors and alters hippocampal cytokine expression and morphology, *Molecular Psychiatry* (2011) 16, 987–995.

<http://www.nature.com/mp/journal/v16/n10/abs/mp201176a.html>

[33] L. Calderón-Garcidueñas et al.: Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: a pilot study with children and dogs,

Brain Cogn. 2008 Nov;68(2):117-27. doi: 10.1016/j.bandc.2008.04.008.
Epub 2008 Jun 11.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18550243>

[34] Calderón-Garcidueñas L, Azzarelli B, Acuna H, Garcia R, Gambling TM, Osnaya N, Monroy S, DEL Tizapantzi MR, Carson JL, Villarreal-Calderon A, Rewcastle B.: Air pollution and brain damage, *Toxicol Pathol.* 2002 May-Jun;30(3):373-89.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12051555>

[35] A. Campbell et al.: Particulate Matter in Polluted Air May Increase Biomarkers of Inflammation in Mouse Brain, *NeuroToxicology*, Volume 26, Issue 1, January 2005, Pages 133–140.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X04001159>

[36] Beatrice Hauss-Wegrzyniak, Pawel Dobrzanski, James D Stoehr, Gary L Wenk: Chronic neuroinflammation in rats reproduces components of the neurobiology of Alzheimer's disease,

Brain Research, Volume 780, Issue 2, 12 January 1998, Pages 294–303.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899397012158>

[37] Mohai P, Kweon BS, Lee S, Ard K.: Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance, *Health Aff (Millwood)*. 2011 May;30(5):852-62.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21543420>

[38] Shunqin Wang, Jinliang Zhang, Xiaodong Zeng, Yimin Zeng, Shengchun Wang, and Shuyun Chen: Children's Health Association of Traffic-Related Air Pollution with Children's Neurobehavioral Functions in Quanzhou, China, *Environ Health Perspect.* 2009 October; 117(10): 1612–1618.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2790518/>

[39] Melinda C. Power, Marc G. Weiskopf, Stacey E. Alexeeff, Brent A. Coull, Avron Spiro, and Joel Schwartz: Traffic-Related Air Pollution and Cognitive Function in a Cohort of Older Men, *Environ Health Perspect.* 2011 May; 119(5): 682–687.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3094421/>

[40] Weuve J, Puett RC, Schwartz J, Yanosky JD, Laden F, Grodstein F: Exposure to particulate air pollution and cognitive decline in older women, *Arch Intern Med.* 2012 Feb 13;172(3):219-27.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22332151>

