

TAKING
COOPERATION
FORWARD



Piąte spotkanie Forum Jakości Środowiska
19 listopada 2019 | Łódź, Polska



Budowanie potencjału w zakresie poprawy jakości powietrza wewnętrznego
w salach lekcyjnych w instytucjach związanych ze środowiskiem szkolnym



Instytut Medycyny Pracy im. Prof. Jerzego Nofera,
Anna Kozajda, Karolina Jeżak
Anna.Kozajda@imp.lodz.pl

1. Typy i źródła zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

2. Skutki zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach oraz odpowiednie wartości wytycznych zapobiegawczych

3. Zarządzanie jakością powietrza w pomieszczeniach w szkołach

4. Działania w celu ograniczenia ryzyka zdrowotnego, wynikającego z ekspozycji na chemiczne zanieczyszczenia powietrza



Jakość Powietrza Wewnętrznego (IAQ - Indoor Air Quality)



Przestrzeń wewnątrz pomieszczeń zamkniętych: jakkolwiek zamknięty obszar otoczony elementami granicznymi (w tym przestrzeń wewnątrz pojazdów)

Jakość Powietrza Wewnętrznego odnosi się do jakości powietrza wewnątrz budynków, opisywana jest przez **stężenie zanieczyszczeń** oraz **warunki termiczne** (temperatura i wilgotność względna), które mają wpływ na **zdrowie**, **komfort** jak i **wydajność ludzi** przebywających wewnątrz tych pomieszczeń.

Zanieczyszczenie powietrza wewnętrznego nie obejmuje zanieczyszczenia związanego z technologią prowadzoną/wykorzystywaną w miejscu pracy!



Dlaczego kwestie związane z jakością powietrza wewnętrznego są ważne dla szkół?



- Dzieci spędzają blisko 90% swojego czasu w pomieszczeniach zamkniętych (m.in. sale lekcyjne, domy, sale treningowe).
- Badania wykazały, że powietrze wewnętrzne często zawiera wyższe poziomy zanieczyszczeń niż powietrze na zewnątrz.
- Według danych za rok szkolny 2018/2019 w Polsce jest 14 584 szkół podstawowych, w których uczy się 3 mln uczniów i pracuje 256 800 nauczycieli.
Uczniowie: 7,8% populacji Uczniowie i nauczyciele: 8,4% populacji
- Skupienie się na Zdrowiu Dzieci i kwestiach związanych ze zdrowym środowiskiem ma wysoki priorytet według Europejskiego Procesu Ochrony Środowiska i Zdrowia (WHO/Europa - Światowa Organizacja Zdrowia; UNECE - Europejska Komisja Gospodarcza Organizacji Narodów Zjednoczonych)



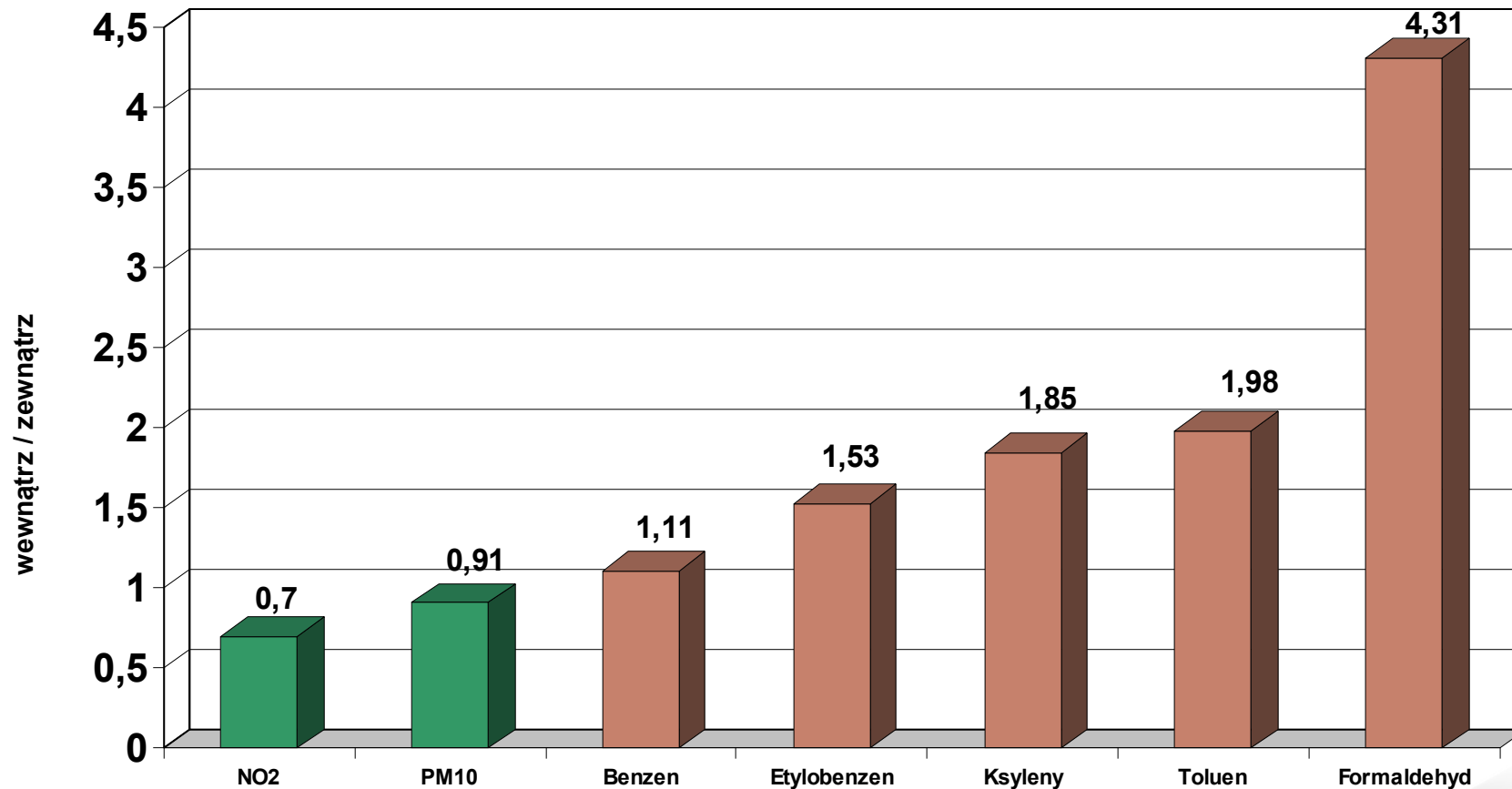
Jakie jest znaczenie jakości powietrza wewnętrznego w szkołach?



- Dorastające dzieci wraz z rozwojem zdolności fizjologicznych są bardzo wrażliwe na niebezpieczne substancje chemiczne.
- Narażenie na niską jakość powietrza wewnętrznego w szkole może zakłócać efektywność nauki (obniżona zdolność do uczenia się).
- Astma, bóle głowy, nudności, senność i zawroty głowy mogą być uciążliwe.
- Toksyczne substancje chemiczne mogą powodować nie tylko ostre objawy, ale także długotrwałe szkodliwe efekty zdrowotne.
- Niski poziom komfortu prowadzi do niezadowolenia.



Stosunek stężeń zanieczyszczeń mierzonych w salach lekcyjnych i na zewnątrz



Badanie w szkołach europejskich w ramach projektu SEARCH



1. Typy i źródła zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

2. Skutki zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach oraz odpowiednie wartości wytycznych zapobiegawczych

3. Zarządzanie jakością powietrza w pomieszczeniach w szkołach

4. Działania w celu ograniczenia ryzyka zdrowotnego, wynikającego z ekspozycji na chemiczne zanieczyszczenia powietrza



Czynniki oddziałujące na jakość powietrza wewnętrznego



- Jakość powietrza zewnętrznego
- Stopień wymiany powietrza
- Zdolność wiązania związków chemicznych przez powierzchnie wewnętrzne
- Źródła zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego (ludzie, zwierzęta, meble, materiały budowlane i wykończeniowe itp.)

Powietrze wewnętrzne = Powietrze zewnętrzne + f (Budynek) + φ (Czynności/Aktywności)



Zewnętrzne źródła zanieczyszczeń

- Ruch drogowy (bliskość ruchliwych ulic, silniki benzynowe vs silniki diesla, samochody osobowe vs samochody ciężarowe)
- Elektrownie
- Inne zakłady przemysłowe
- Zanieczyszczenie związane z pracami budowlanymi
- Składowiska śmieci
- Aktywność rolnicza (np. opryski pestycydami)

Czynniki architektoniczne, wpływające na infiltrację zanieczyszczeń z zewnątrz

- Orientacja budynku
- Poziom kondygnacji
- Klasy z oknami na ulicę bądź podwórko/dziedziniec
- Zielone obszary wokół szkoły (rola roślinności)
- Miejsca parkingowe, miejsca dla ludzi palących blisko okien sal lekcyjnych



Związki powstające podczas procesów spalania:

- Tlenek węgla (CO)
- Dwutlenek azotu (NO₂)
- Dwutlenek siarki (SO₂)
- Tlenki azotu (NO_x)
- Cząstki stałe (PM)
- Związki WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne)

Źródła:

- Otaczające powietrze (ruch uliczny, elektrownie, przemysł)
- Ogrzewanie, piece i kominki
- Środowiskowy dym tytoniowy (ETS)
- Garaże
- Parking w pobliżu okien sal lekcyjnych
- Świece, zimne ognie i kadzidła
- Spirale na komary/owady



Wewnętrzne źródła zanieczyszczeń powietrza w salach lekcyjnych

- Kurz
- Materiały konstrukcyjne i izolacyjne
- Materiały powierzchniowe (pokrycie ścian, dywany, rolety, zasłony)
- Umeblowanie
- Ulatnianie lotnych substancji chemicznych z nowych materiałów
- Farby
- Woski, repelenty
- Kleje i żywice
- Rozpuszczalniki
- Kserokopiarki, atramenty
- Produkty do czyszczenia/dezynfekcji
- Biocydy
- Produkty do pielęgnacji ciała
- Ludzie (wydychane powietrze, palenie?)
- Zwierzęta domowe, gryzonie, owady
- Zagrzybienie (wskutek nadmiernego zawilgocenia)

Emisje wtórne materiałów:

- np. spowodowane wilgocią
- ozon z drukarek laserowych
- z zewnątrz i tlenki azotu reagujące z lotnymi związkami organicznymi (LZO)
- środki czystości reagujące z powierzchniami



Zanieczyszczenia uwalniane wewnątrz pomieszczeń zamkniętych

- Formaldehyd
- Inne Lotne Związki Organiczne
- Ftalany, polibromowane uniepalniacze, per- i polifluorowane związki chemiczne
- Chlorek winylu
- Trichloroetylen (TCE), tetrachloroetylen, amoniak
- Terpeny (limonen, alfa-pinen)
- Fenol
- Naftalen
- Azbest



Zanieczyszczenia, pochodzące z powietrza atmosferycznego i gromadzące się w środowisku wewnętrznym



- Radon
- Trichloroetylen
- Kurz, pył zawieszony
- Wielopierścieniowe Węglowodory Aromatyczne (związki WWA)
- Pyłki roślin



Biologiczne zanieczyszczenia w powietrzu wewnętrznym

- grzyby (pleśnie)
 - bakterie, wirusy
 - pyłki
 - sierść zwierząt domowych, płatki skóry, kał, mocz
 - insekty (odchody karalucha, roztocze, itp.)
- Źródła zewnętrzne: grzyby, pyłki w powietrzu zewnętrznym
- Źródła wewnętrzne - główna przyczyna:
- nawilżacze i wody stojące
 - wilgotne powierzchnie i materiały
 - para z prysznicą
 - klimatyzacja (jeśli jest nieprawidłowo serwisowana)
 - meble tapicerowane i dywany
 - zwierzęta (alergeny mogą występować miesiące po usunięciu źródła)
 - zarażeni ludzie



Rosnąca wilgotność

- Kapilarna absorpcja wody gruntowej do elementów konstrukcyjnych budynku (zła izolacja)

Wnikająca wilgoć

- przecieki, deszcz, topniejący śnieg (przez dach, ściany czy połączenia)

Kondensacja

- Nadmierna produkcja pary lub nieodpowiednia wentylacja
- Nieodpowiednie ogrzewanie
- Zimne powierzchnie



Dwutlenek azotu (NO₂)

I(wewnątrz)/O(zewnątrz) stosunek ~ 0,8

Skutki zdrowotne:

- Zwiększona reaktywność oskrzeli
- Ograniczona funkcja płuc
- Zwiększona zachorowalność dróg oddechowych
- Obniżona ochrona immunologiczna
- Zapalenie ucha środkowego, nosa, ucha, gardła
- Zwiększa działanie alergizujące alergenów (np. alergia pokarmowa)
- Wyprysk
- Zwiększona krzepliwość krwi u osób dorosłych

Szczególnie wrażliwi są astmatycy (!)

Wartości progowe:

WHO: wewnątrz pomieszczeń:

- godzinna: 200 µg/m³
- roczna: 40 µg/m³



Tlenek węgla (CO)

I/O stosunek ~ 1,0

Generowany jest na skutek niepełnego spalania.

Źródła:

- Urządzenia grzewcze i kuchenne
- ETS (środowiskowy dym papierosowy)
- Pracujące silniki samochodów w warsztatach, garażach!
- Ruch samochodowy
- Inne źródła zewnętrzne CO (elektrownia, spalarnia, zanieczyszczenia przemysłowe)

CO wiąże się z hemoglobina 250 razy silniej niż O₂. Hb w życiu płodowym ma również silniejsze powinowactwo do CO. CO powoduje niedotlenienie tkanek.



Zwiększenie
stężenia COHb



Ostre objawy:

- Ból głowy, zawroty głowy, zmęczenie, ciężki oddech
- Nudności, wymioty
- Drażliwość
- Senność, zagubienie, dezorientacja
- Utrata przytomności, śpiączka
- Śmierć

Narażenie chroniczne:

- Choroba niedokrwienna serca, niewydolność mięśnia sercowego, zawał mięśnia sercowego
- Opóźnienie rozwoju płodu, zmniejszona masa urodzeniowa, wrodzone wady rozwojowe
- Zwiększona śmiertelność z przyczyn sercowo-naczyniowych i ogólna
- Astma, zapalenie zatok, zapalenie płuc



Tlenek węgla (CO)

Biorąc pod uwagę podatne populacje(!)

wytyczne WHO:

- 15 min: 100 mg/m³
- 1 godz.: 35 mg/m³ (INDEX project: 30 mg/m³)
- 8 godz.: 10 mg/m³
- 24 godz.: 7 mg/m³

Może powodować problemy w szkołach, w których stosowane są grzejniki gazowe.



Ozon (O₃)

Na poziomie gruntu ozon nie jest emitowany bezpośrednio, ale powstaje on w wyniku reakcji chemicznych między NO_x i LZO w obecności światła słonecznego i ciepła.

- Ozonowanie stosowane do oczyszczania powietrza
- Ozon jest szkodliwy dla zdrowia
 - *Ból w klatce piersiowej, kaszel, podrażnienie gardła, zapalenie dróg oddechowych, uszkodzenie płuc*
- Ozon, stosowany jako oczyszczacz powietrza jest nieskuteczny w stężeniach poniżej wartości granicznych
 - *WHO AQG* dla Europy (2nd ed.) 120 µg/m³ (8 godzin)*

Używany jest w wysokich stężeniach do dezynfekcji, dezodoryzacji lub do chemicznego odkażania przestrzeni nieprzeznaczonych do przebywania przez ludzi.

Wybierz oczyszczacz powietrza wyposażony w filtr HEPA i filtr węglowy!



* Światowa Organizacja Zdrowia Wytyczne Jakości Powietrza

Lotne Związki Organiczne (LZO)

formaldehyd, rozpuszczalniki organiczne (benzen, ksyleny, etylobenzen, toluen, czterochlorek węgla, styren), metylen, perchloroetylen, chlorek winylu, toluen, anilina, terpeny (limonen, alfa-pinen) itp.

Stężenia wielu LZO są stale wyższe w pomieszczeniach (nawet dziesięciokrotnie) niż na zewnątrz.

Źródła:

- farby, produkty do usuwania farb i inne rozpuszczalniki
- produkty drewniane (formaldehyd)
- lakiernictwo
- spraye
- odświeżacze powietrza, dezodoranty, lakiery do włosów
- środki czyszczące i dezynfekujące
- pestycydy
- materiały budowlane i wyposażenie
- wyposażenie biura (drukarki i kopiarki)
- kleje i spoiwa, markery trwałe, zakreślacze, płyny korekcyjne - korektory

Skutki zdrowotne:

- podrażnienie oczu, nosa i gardła
- bóle głowy, zmęczenie, zawroty głowy, nudności
- uszkodzenie wątroby, nerek i ośrodkowego układu nerwowego
- podejrzewa się, że niektóre substancje organiczne mogą powodować lub wiadomo, że powodują raka



Źródła:

- Drewniane produkty
- Meble
- Izolacja (izolatory mocznikowo-formaldehydowe - UFFI)
- Środki dezynfekujące - środki konserwujące (farby, lakiery, parkiety, tapety)
- Laminowane i wytłaczane wyroby z tworzyw sztucznych (żywice mocznikowe i fenolowo-formaldehydowe)
- Polimery (polioctany, żywice melaminowe)
- Ruch drogowy (emisja spalin)
- Dym papierosowy

Emisja zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury i wilgotności!

Ostre skutki zdrowotne narażenia:

- Podrażnienie błon śluzowych (łzawienie, kichanie, ból gardła, zwiększone odkrztuszanie)
- Zahamowana aktywność rzęsek
- Podrażnienie skóry (wysypka, swędzenie)
- Alergeniczny efekt uczulający
- Zapalenie zatok, ból głowy, nudności, bezsenność
- Słabe działanie mutagenne, ale synergizm (UV, RTG)

Przewlekłe skutki zdrowotne narażenia:

- Przewlekły nieżyt nosa, zapalenie oskrzeli
- Astma oskrzelowa
- Alergia
- Czynn timerakotwórczy (IARC Group 1)



Wytyczne WHO:

100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 30 minut

Redukcja ekspozycji:

- Produkty o zmniejszonej emisji formaldehydu
- Kontrola temperatury i wilgotności
- Prawidłowa wentylacja



Źródła:

- Lakiery, farby, kleje
- Dym papierosowy (430-590 μg /papieros)
- Inne źródła spalania, ogrzewanie olejowe
- Ruch drogowy (benzyna)
- Warsztaty samochodowe, garaże
- Przemysł naftowy
- Przemysł chemiczny i farmaceutyczny

Skutki zdrowotne:

- Ostre zatrucie: euforia, nudności, zawroty głowy, utrata przytomności, zatrzymanie oddechu
- Przewlekłe zatrucie: zaburzenia hematologiczne (anaplazja szpiku kostnego, białaczka - czynnik rakotwórczy IARC 1), aberracje chromosomowe, zaburzenia immunologiczne, objawy astmatyczne



Wartości wytyczne: Brak bezpiecznego stężenia (!)

- Zwiększenie ryzyka wystąpienia raka w całym okresie życia wg US EPA*:

$$1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 2,2-7,8 / 1\ 000\ 000$$

- Zwiększone ryzyko wystąpienia raka w całym okresie życia (białaczka) wg. WHO:

$$0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 / 1\ 000\ 000$$

$$1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 6 / 1\ 000\ 000$$

$$1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 / 100\ 000$$

$$17 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 / 10\ 000$$

- Norma Komisji Europejskiej dla powietrza atmosferycznego **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** - **średnia roczna**



Źródło: Przemysł chemiczny (zastępuje benzen!)

Skutki zdrowotne:

uszkodzenie wątroby i nerek, uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego (osoby nałogowo wachające klej!), zaburzenia reprodukcyjne, zaburzenia rozwoju płodu (samoistna aborcja, zaburzenie rozwojowe, wewnątrzmaciczne zahamowanie wzrostu płodu). Nie jest genotoksyczny, nie jest rakotwórczy.

Wartości wytyczne:

Wskazówki WHO:

- 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (średnie stężenie tygodniowe)
- w oparciu o próg wyczuwalności zapachu: 1 mg/m^3 (średnia wartość dla 30 min)



Ksylen

Mniej toksyczny niż benzen.

Ostre skutki zdrowotne: podrażnienie skóry

Przewlekłe skutki zdrowotne: uszkodzenie wątroby i nerek



Źródła: smoła węglowa, przemysł (produkcja ftalanów), spaliny samochodowe, środki przeciw molom, środki dezynfekujące, dezodoranty

Skutki zdrowotne:

- Uszkodzenie dróg oddechowych (zapalenie, rak - u zwierząt)
- Rakotwórczy (IARC 2B) - prawdopodobnie

Wytyczne:

- Wartość wytyczna WHO : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Limonen

Źródło: środki czyszczące

Skutki zdrowotne: podrażnienie oczu



Trichloroetylen (TCE)

Źródła:

- otaczające powietrze (średnio 18 µg/dzień)
- powietrze wewnętrzne (bejce, lakiery, powłoki, smary i kleje, rozpuszczalniki do farb, środki czyszczące)
- woda pitna (średnio 6 µg/dzień)

Skutki zdrowotne:

- **Działanie toksyczne:** - ośrodkowy układ nerwowy (ból głowy, zmęczenie, drażliwość, nietolerancja alkoholu, był stosowany jako znieczulenie ogólne)
 - wątroba
 - nerki
- **Zagrożenie ciąży** (samoistna aborcja (+/-), wady serca)
- **Działanie rakotwórcze:** kategoria IARC 2A (prawdopodobnie rakotwórczy dla człowieka), rak wątroby i przewodu żółciowego (wzrost ryzyka o 90%), chłoniak niezwojnicy (wzrost ryzyka o 50%), białaczka, multipleks szpiczaka, rak szyjki macicy, rak nerki (ryzyko wystąpienia 70%)



Zgodnie z wytycznymi WHO dotyczącymi jakości powietrza dla Europy:

Brak bezpiecznego stężenia (!)

Wartości wskaźnika ELCR (zwiększone ryzyko wystąpienia raka w całym okresie życia):

w przypadku $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 1/1000 000,

w przypadku $23,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 1/100 000,

w przypadku $230,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 1/10 000.



Tetrachloroetylen

Źródło: czyszczenie odzieży (pozostałości po konserwacji i detergentach)

Narażenie: wdychanie

Skutki zdrowotne:

- rakotwórczy (IARC 2A, tzn. prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi)
- efekt nefrotoksyczny (uzyskana wartość wytyczna: 250 µg/m³)



Chlorek winylu (VC)

Źródło: Chlorek winylu jest wytwarzany w wodzie w warunkach beztlenowych z trójchloroetylenu i tetrachloroetylenu, skąd przechodzi do powietrza. Okres półtrwania w powietrzu wynosi około 20 godzin. W organizmie osoby narażonej inhalacyjnie przekształca się w reaktywne i mutagenne metabolity.

Skutki zdrowotne:

- Ostra toksyczność niewielka, ale nawet w niskich stężeniach (krótka lub długa ekspozycja) jest toksyczny dla wątroby.
- Mutagenny, rakotwórczy (IARC 1, naczyniakomięsak wątroby i inne nowotwory: guz wątroby, guz mózgu, rak płuc oraz nowotwory układu limfatycznego i krwiotwórczego. Wątroba jest najbardziej wrażliwa na ekspozycję na VC.



Substancje zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego

- **Ftalany** (plastyfikatory w miękkich plastikowych i gumowych przedmiotach)
- **Polibromowane środki opóźniające palność, BFR (PCB, PBB, PBDE)** (plastik, sprzęt elektryczny i elektroniczny, meble tapicerowane, zasłony, rolety)
- **Per/polifluorowane repelenty, środki odporne na wodę i plamy, PFC (PFOS, PFOA, PFCA)** (dywany, tapicerki, plamy, płyny do pielęgnacji dywanów, impregnowane tkaniny domowe, woski do podłóg)
- **Pestycydy** (następny slajd)
- **Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)** (w otaczającym powietrzu z niepełnego spalania materii organicznej, dym, spaliny z oleju napędowego)

Wyższe stężenia ftalanów, BFR, PFC występują w nowo budowanych lub remontowanych budynkach.

Większość z nich to bardzo stabilne, trwałe i bioakumulujące się chemikalia.

Cząsteczki produktów konsumenckich rozprzestrzeniają się w powietrzu, pyle/kurzu i powierzchniach wewnętrznych.

Skutki zdrowotne (poprzez zakłócanie normalnych funkcji układu hormonalnego):

- obniżona jakość nasienia, a w efekcie obniżona płodność, wady rozwojowe narządów płciowych, rak jąder i prostaty
- wczesne dojrzewanie, torbiele jajników, endometrioza, zmniejszona płodność, powikłania ciąży z wczesnymi poronieniami, rak piersi
- cukrzyca i otyłość
- zaburzenia rozwoju mózgu (ADHD, ASD) i choroby zwyrodnieniowe mózgu (choroba Parkinsona)
- nadczynność i niedoczynność tarczycy oraz guzy tarczycy.



Pestycydy (insektycydy, herbicydy, rodentycydy itp.)

Problemy wynikające ze stosowania pestycydów wewnątrz pomieszczeń:

- Większa koncentracja w pobliżu podłogi
- Pozostają dłużej na niektórych powierzchniach (np. dywany)
- Czasami zbyt często, zbyt obszernie, a w niektórych przypadkach niepotrzebne stosowanie

Typy środków owadobójczych powszechnie stosowane w pomieszczeniach:

- Pyretroidy: alergeny, uszkodzają centralny układ nerwowy (w dużych stężeniach)
- Inhibitory cholinesterazy: neurotoksyny, hamują rozwój neurologiczny
- Hydrametylnon (stosunkowo nowy)
- Środki odstraszające owady
- Spirale na komary

Efekty zdrowotne:

- Ostre zatrucie - zwykle przypadkowe
- Objawy alergiczne i ogólne występują często z powodu inhalacji
- Długotrwałe narażenie na pestycydy ma związek z rozwojem astmy, zaburzeniami ośrodkowego układu nerwowego (deficyt uwagi i nadpobudliwość, ADHD) i chorobami zwyrodnieniowymi (choroba Parkinsona), nowotworami (białaczka, chłoniak nieziarniczy)



Typy: chryzolit (biały azbest) (90-95%)
krokidolit (niebieski azbest)
amozyt – (brązowy azbest) tremolit, aktynolit, antofilit

Niebezpieczny: wymiary włókna $> 5 \mu\text{m}$ długie i $< 3 \mu\text{m}$ szerokie
długość / szerokość > 3

Narażenie:

- Górnictwo, budownictwo, rafinerie ropy naftowej, przemysł motoryzacyjny, produkcja papieru, przemysł gumowy
- Podczas produkcji wyrobów tekstylnych z azbestu (PPE – środki ochrony indywidualnej, uszczelniacze), produkcja podkładek ciernych, uszczelek (przemysł motoryzacyjny), izolacji termicznej, środków zmniejszających palność (budynki, pojazdy, wymienniki ciepła), technologia natryskiwania, instalacja filtrów (przemysł spożywczy, oczyszczanie powietrza), poprzez zastosowanie dodatków (produkcja papieru, przemysł gumowy), zanieczyszczenia (talk).
- Faliste i płaskie blachy dachowe, rury transportujące powietrze, gaz, wodę, ścieki



ZAPOBIEGANIE:

- Ustawodawstwo: **zakaz**
- Wartość graniczna: **BRAK BEZPIECZNEGO STĘŻENIA**
dopuszczalne ryzyko (10^{-5} – 10^{-6}): WHO: 1000 włókien/m³ narażenie w całym okresie życia.

Wbudowany azbest, dopóki jest w dobrym stanie, lepiej zostawić w spokoju.

Usuwanie musi być wykonane przez ekspertów i przy odpowiedniej ochronie!

Po usunięciu musi być traktowany jako odpad niebezpieczny.



ŹRÓDŁA:

- Gleba - znaczące różnice geograficzne
 - piwnice, piwnice odgrywają ważną rolę w zmniejszaniu ekspozycji
- Gaz ziemny
- Rury kanalizacyjne/Wodociągi
- Materiały budowlane (naturalna zawartość materiałów radioaktywnych + dodatki, np. popioły lotne z elektrowni ciepłej, żużel wielkopiecowy)
- Dobra wentylacja może znacząco poprawić sytuację



Skutki zdrowotne:

- rak płuc (IARC grupa 1),

Palenie tytoniu powoduje wzrost ryzyka!

- prawdopodobieństwo wystąpienia białaczki

BRAK BEZPIECZNEGO STĘŻENIA

- Wzrost ryzyka o 16% / 100 Bq/m³
- Ryzyko wystąpienia raka w całym okresie życia (75 lat) (WHO):
0,6 x 10⁻⁵ (osoby niepalące)
oraz 15 x 10⁻⁵ (osoby palące) na r 1 Bq/m³
- Poziom odniesienia WHO: 100 Bq/m³ - ryzyko minimalne
max. 300 Bq/m³ - w zależności od lokalnych warunków



1. Typy i źródła zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

2. Skutki zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach oraz odpowiednie wartości wytycznych zapobiegawczych

3. Zarządzanie jakością powietrza w pomieszczeniach w szkołach

4. Działania w celu ograniczenia ryzyka zdrowotnego, wynikającego z ekspozycji na chemiczne zanieczyszczenia powietrza



Skutki zdrowotne u dzieci wynikające z narażenia na zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego

WPLÝW NA UKŁAD ODDECHOWY

Efekty ostre:

- Podrażnienie błon śluzowych (oczy, górne drogi oddechowe)
- Kaszel (objawy zapalenia oskrzeli)
- Świszczący oddech, ataki duszności (ciężkie oddychanie) (objawy astmatyczne)
- Zwiększona reaktywność dróg oddechowych na alergeny
- Zwiększona ostra zachorowalność na drogi oddechowe (infekcje górnych i dolnych dróg oddechowych)

Efekty przewlekłe:

- Zmniejszona wydajność płuc
- Udział w późniejszych chorobach płuc (POChP, nowotwory złośliwe)

WPLÝW NA UKŁAD SERCOWO-NACZYNIOWY

- Podwyższenie ciśnienia tętniczego i częstości akcji serca
- Zwiększony poziom hormonów stresu



Skutki zdrowotne u dzieci wynikające z narażenia na zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego

WPLÝW NA SYSTEM IMMUNOLOGICZNY

- Zwiększone ryzyko infekcji (m.in. ból gardła, kaszel, infekcje górnych dróg oddechowych, zapalenie płuc, zapalenie ucha środkowego)
- Absencja w szkole z powodu infekcji
- Zwiększony poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego i stanu zapalnego

WPLÝW NA CENTRALNY UKŁAD NERWOWY

Ostre efekty:

- Ból głowy, zmęczenie, zawroty głowy, nudności
- Upośledzona wydajność zadaniowa

Skutki chroniczne:

- Zaburzenia w rozwoju neuropsychologicznym (opóźnienia rozwoju poznawczego i psychomotorycznego, globalne IQ, trudności w uczeniu się, czytanie ze zrozumieniem, funkcje pamięci, problemy z czytaniem i liczeniem, szybkość reakcji, koncentracja uwagi, koordynacja)
- Zmiany w istocie białej mózgu, istocie szarej i w zwojach podstawy mózgu wykazane metodami neuroobrazowania
- Narażenie prenatalne i we wczesnym dzieciństwie może powodować choroby neurorozwojowe (deficyt uwagi/nadpobudliwość, zaburzenia ze spektrum autyzmu itp.)



Skutki zdrowotne u dzieci wynikające z narażenia na zanieczyszczenia obecne w powietrzu wewnętrznym

DZIAŁANIE RAKOTWORCZE

- białaczka dziecięca i niektóre guzy ośrodkowego układu nerwowego
- narażenie z dzieciństwa może przyczyniać się do rozwoju nowotworów w późniejszym życiu

ZABURZENIA FUNKCJI ENDOKRYNNYCH

- Upośledzenie układu rozrodczego
- Zaburzenia w rozwoju mózgu
- Udział w późniejszej cukrzycy i otyłości
- Udział w późniejszej nadczynności lub niedoczynności tarczycy



Skutki zdrowotne zawilgocenia/zagrzybienia budynków

Podwyższone
ryzyko

- objawów oddechowych
- infekcji układu oddechowego
- zaostrzenia astmy
- rozwoju astmy
- alergicznego nieżytu nosa
- alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych
- nadwrażliwego zapalenia płuc

Szczególnie podatne są osoby z atopią i alergiami!

Wytyczne WHO dotyczące jakości powietrza wewnętrznego w zakresie wilgoci i pleśni (2009)

„Ponieważ zależności między wilgotnością, narażeniem na drobnoustroje i skutkami zdrowotnymi nie można precyzyjnie określić ilościowo, nie można też zalecić ilościowych, opartych na zdrowiu wartości ani progów dla akceptowalnych poziomów zanieczyszczeń mikroorganizmami.

Zamiast tego zaleca się zapobieganie problemom związanym z wilgocią i pleśnią. Gdy już wystąpią, należy je wyeliminować, gdyż zwiększają one ryzyko niebezpiecznej ekspozycji na drobnoustroje i chemikalia.”



Zespół Chorego Budynku vs. Choroby Związane z Budynkiem

Zespół Chorego Budynku

niespecyficzne objawy związane z budynkiem:

- Bóle głowy
- Zmęczenie
- Podrażnienie oczu, nosa, gardła i/lub skóry
- Suche błony śluzowe, sucha lub swędząca skóra
- Chrypka i świszczący oddech

Trudno połączyć z konkretnym źródłem.

Objawy ustępują z dala od budynku.

Choroby związane z budynkami

- **Infekcje**
 - Legionelloza
 - Aspergiloza (upośledzona odporność)
 - przeziębienie, grypa
- **Reakcje alergiczna**
 - astma
 - katar

Przyczyna jest jasno powiązana z budynkiem.

Objawy mogą nie ustępować po wyjściu z budynku.



Ogólne skutki niskiej jakości powietrza wewnątrz w salach niedostatecznie wentylowanych lub przeludnionych

- ❑ **CO₂↑** ▶ koncentracja↓, zmniejszona uwaga, wykonalność testów ↓, zmęczenie, ból głowy, zwiększone ryzyko wypadków
- ❑ **Bakterie, wirusy↑** ▶ choroby infekcyjne, absencja
- ❑ **Wilgotność, temperatura↑, zapach** ▶ dyskomfort, ból głowy
- ❑ **Umiarkowanie zwiększone stężenie substancji chemicznych uwalnianych/wydzielanych w pomieszczeniach**
 - ▶ łagodne objawy krótkotrwałe (objawy astmatyczne, ból głowy, zmęczenie, zawroty głowy, nudności)
 - ▶ długoterminowy negatywny wpływ na ośrodkowy układ nerwowy, układ oddechowy, układ sercowo-naczyniowy, układ hormonalny oraz wpływ na późniejszy rozwój nowotworów



Wpływ zwiększenia wentylacji w salach na wykonywanie zadań przez uczniów

Wzrost wentylacji (l/s na osobę)	Wpływ na wyniki	Odniesienie
1,5 → 13,0	o 5% zwiększona szybkość w testach zdolności poznawczych	Coley and Greeves, 2004
3,0 → 8,5 5,2 → 9,6	w 50% testów szybkość rozwiązywania uległa znacznej poprawie	Wargocki and Wyon, 2007
0,5 → 13,0-16,0	zwiększona szybkość uczniów w matematyce o ok. 7%	Bakó-Bíró i inni, 2012
3,0 → 9,5	poprawiona szybkość w testach liczbowych i słownych o 8%	Wargocki and Wyon, 2013
Prospektywne badania dotyczące długoterminowych wyników w nauce:		
0,9 → 7,1	Wyniki standaryzowanych testów wzrosły o 2,9% dla matematyki i 2,7% dla czytania	Haverinen-Shaughnessy i inni, 2010
Każdy wzrost wskaźnika wentylacji o 10% w ciągu ostatnich 30 dni	Zwiększa wyniki testów z języka angielskiego i matematyki o 0,6 punktu	Mendell i inni, 2016



1. Typy i źródła zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

2. Skutki zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach oraz odpowiednie wartości wytycznych zapobiegawczych

3. Zarządzanie jakością powietrza w pomieszczeniach w szkołach

4. Działania w celu ograniczenia ryzyka zdrowotnego, wynikającego z ekspozycji na chemiczne zanieczyszczenia powietrza



Zespół Chorego Budynku

Osoby przebywające w środku budynku odczuwają ostre efekty związane ze zdrowiem i komfortem, które wyraźnie są związane z czasem nauki/nauczania/pracy w danym pomieszczeniu.

Choroby Związane z Budynkiem

Względnie niewielka liczba osób przebywających w środku budynku doświadcza problemów zdrowotnych, którym towarzyszą objawy fizyczne zidentyfikowane przez lekarza i/lub wyniki badań laboratoryjnych, które można przypisać czynnikom środowiskowym obecnym w powietrzu



- Przyczyny mogą wynikać z planowania i budowy lub z eksploatacji, konserwacji i użytkowania budynku.
- Trudno jest znaleźć konkretną przyczynę w poszczególnych przypadkach.
- Problemy można podzielić na 4 kategorie (WHO):
 - czynniki miejscowe
 - materiały budowlane, sprzęt, problemy związane z funkcjonowaniem budynku (chemiczne uwalnianie z materiałów budowlanych i mebli, oświetlenie, ogrzewanie)
 - problemy niezależne od struktury budynku (alergia na kurz, pleśń lub pyłki)
 - problemy psychologiczne (czynniki społeczne, fizyczne i inne)



Częste (nie wyłączone) cechy chorych budynków (WHO)

Nie każdy chory budynek ma je wszystkie i nie każdy budynek jest chory, gdy występują te cechy.

- Budynek został zbudowany po 1960 roku
- Budynek jest klimatyzowany, okien nie można otworzyć
- Występują bardzo jasne i/lub migające światła
- Wentylacja, ogrzewanie, oświetlenie może być niedostatecznie kontrolowane
- Występują dywany lub tapicerki o dużej powierzchni
- Występuje wiele otwartych półek lub schowków
- Nowe meble, dywany lub pomalowane powierzchnie
- Zaniedbana konserwacja, niewystarczające czyszczenie
- Występują wysokie temperatury lub duże wahania temperatur
- Występuje bardzo niska lub bardzo wysoka wilgotność
- Występują zanieczyszczenia chemiczne (dym papierosowy, ozon) lub LZO z materiałów budowlanych, sprzętu
- Występują cząstki stałe i włókna w powietrzu



PLANOWANIE

- czy na terenie budowy są niewidoczne problemy? (np. wysokie wody gruntowe, radon, inne zanieczyszczenia)
- należy wziąć pod uwagę każdy potencjalny czynnik ryzyka (właściwy plan terenu, odpowiednie współczynniki ogrzewania)
- jaka jest jakość powietrza lokalnego otoczenia? Jeśli niska, czy zostało to uwzględnione przy planowaniu wentylacji i izolacji budynku?

DZIAŁANIE

- **Wentylacja:** zła wentylacja (nieodpowiednia wentylacja) jest częstą przyczyną SBS
- **Czyszczenie:** zanieczyszczenie powierzchni jest częstą przyczyną SBS; ukryte zakątki; wilgotne miejsca; sprzęt wentylacyjny, filtry, kratki itp.,
- **Czynniki komfortu:**
 - hałas (z urządzeń/wyposażenia, systemu wentylacji itp.)
 - wysoka temperatura ($> 21^{\circ}\text{C}$), dym, mikroorganizmy, wilgotność względna
 - brak naturalnego oświetlenia



DALY (Disability-Adjusted Life Years)

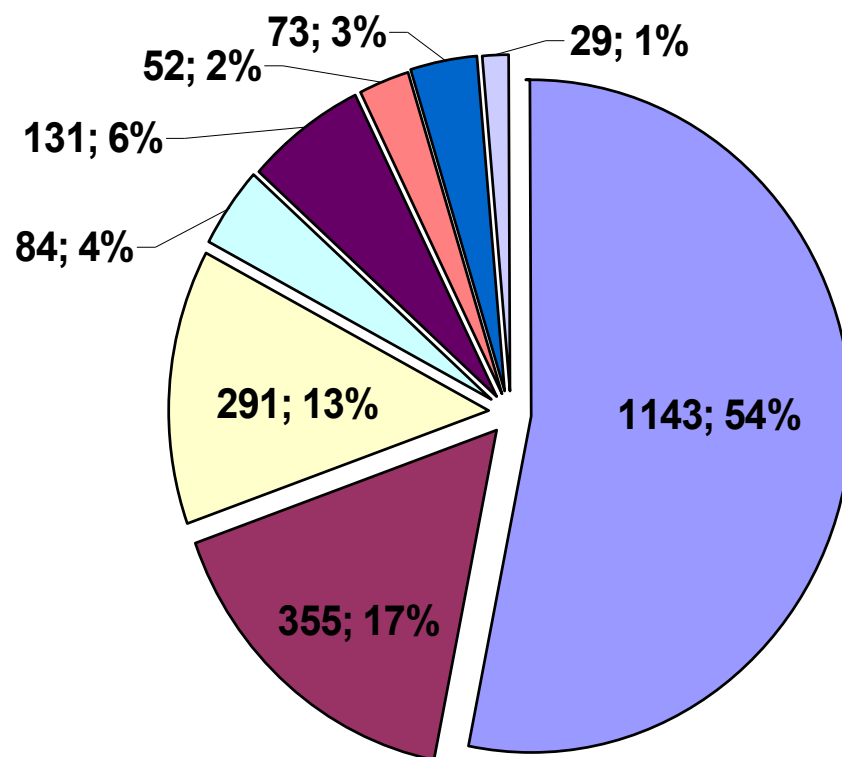
Lata życia skorygowane niepełnosprawnością

WHO:

- wskaźnik stosowany do określenia stanu zdrowia danego społeczeństwa
- DALY to suma utraconych lat życia (YLL) z powodu przedwczesnej śmiertelności oraz lata utracone z uwagi na niepełnosprawność (YLD) dla osób żyjących z chorobą lub jej konsekwencjami.
- Wyraża łącznie lata życia utracone wskutek przedwczesnej śmierci bądź uszczerbku na zdrowiu w wyniku urazu lub choroby. (WHO)



Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego w europejskim obciążeniu objawami i chorobami (x 1000 DALY/rok), nie uwzględniając środowiskowego dymu tytoniowego



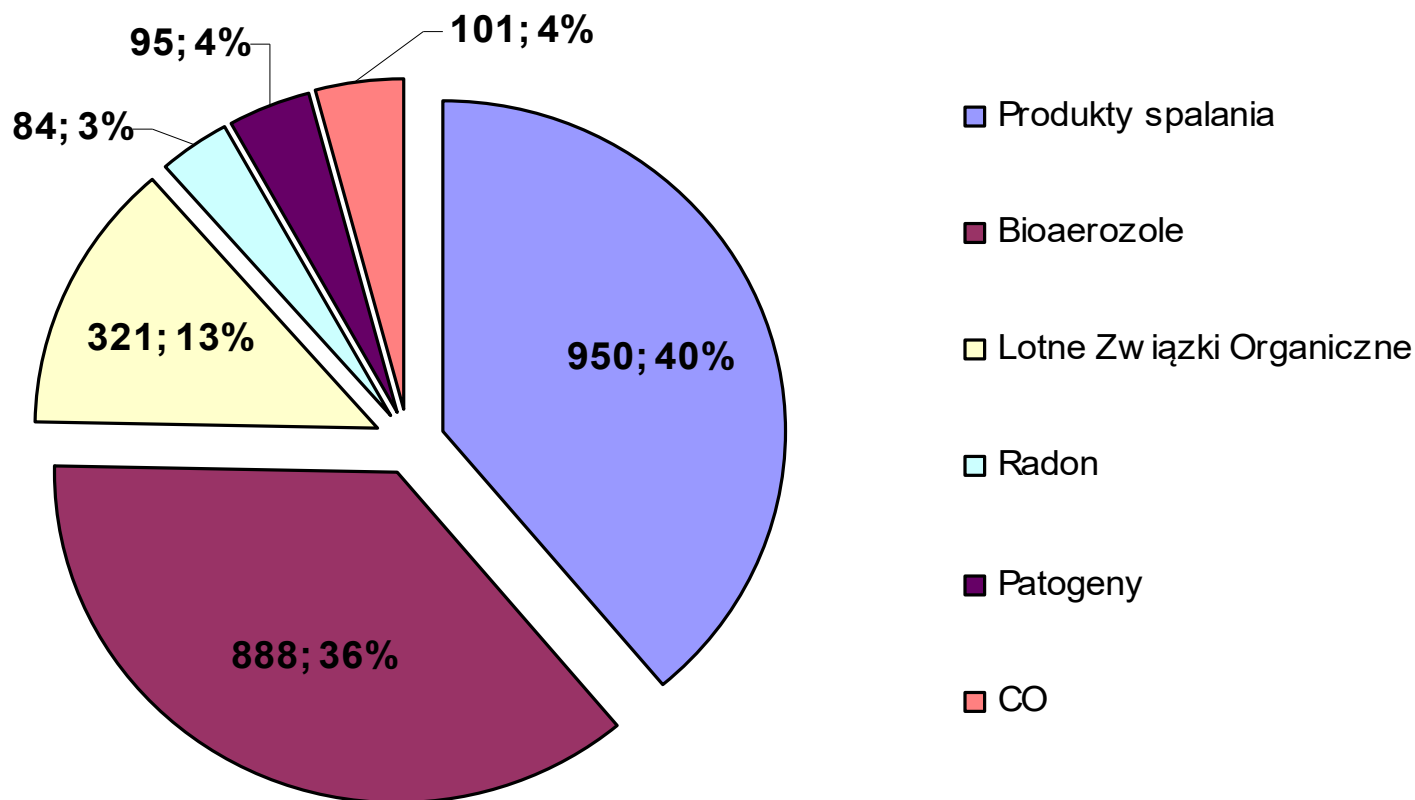
- jakość powietrza w otoczeniu budynku
- system wodny / kanalizacyjny, wilgoć, pleśń
- urządzenia do ogrzewania / spalania
- lokalizacja budynku (radon z ziemi)
- wyposażenie, materiały wykończeniowe, urządzenia elektryczne
- system wentylacji i klimatyzacji
- środki czyszczące i inne produkty gospodarstwa domowego
- materiały budowlane



Źródło: ENVIE Final Report, 2008

DALY: Disability-adjusted life years

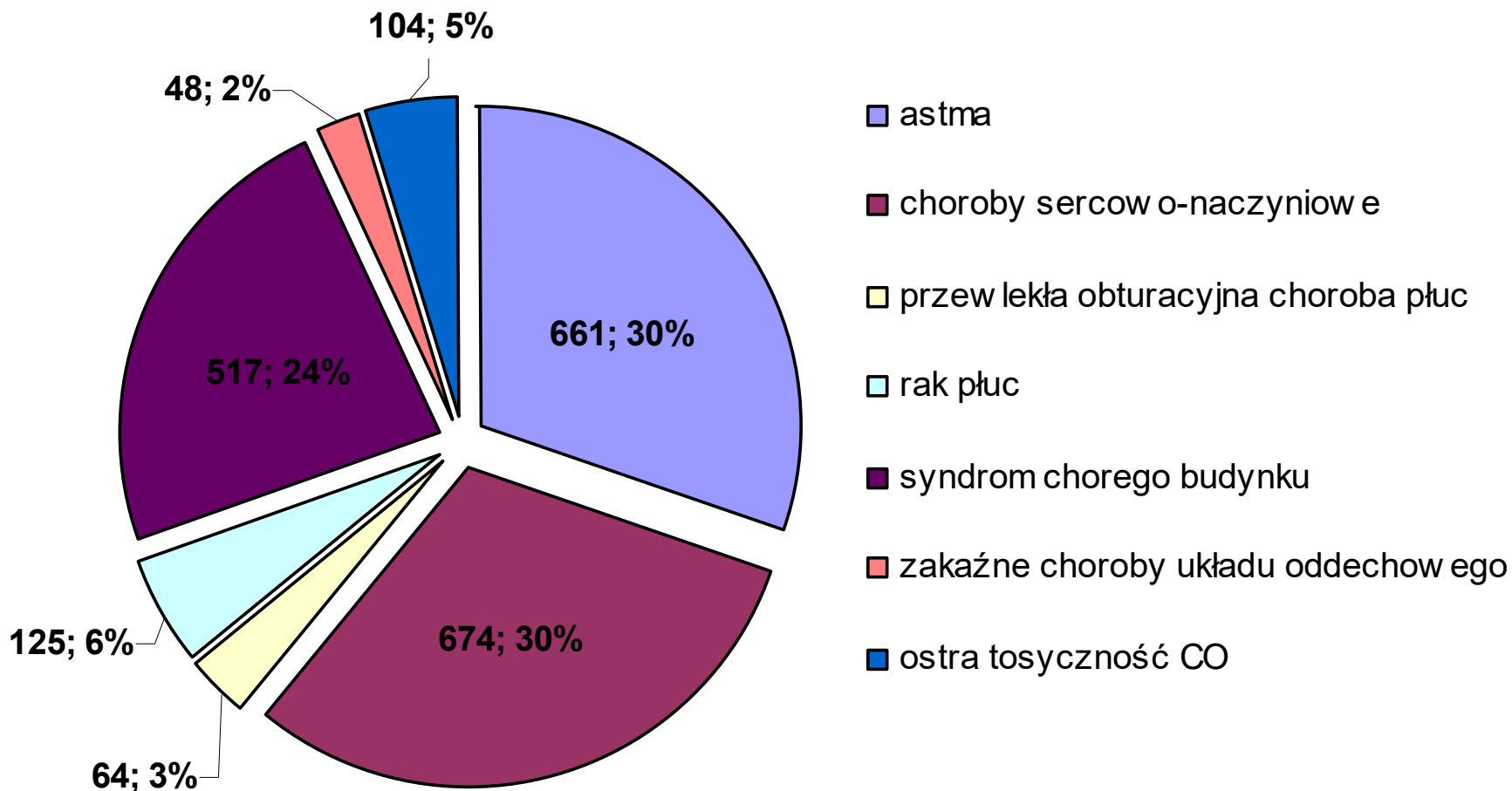
Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego w europejskim obciążeniu objawami i chorobami (x 1000 DALY/rok), nie uwzględniając środowiskowego dymu tytoniowego



Źródło: ENVIE Final Report, 2008

DALY: Disability-adjusted life years

Udział poszczególnych źródeł zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego w europejskim obciążeniu objawami i chorobami (x 1000 DALY/rok), nie uwzględniając środowiskowego dymu tytoniowego



Źródło: ENVIE Final Report, 2008

DALY: Disability-adjusted life years

Fazy badań epidemiologicznych prowadzonych w celu oceny skutków zanieczyszczeń obecnych w salach lekcyjnych

Pobór i dobór prób badanych

- próba reprezentatywna
- losowe pobieranie prób
- próby warstwowe

Ocena narażenia

- Ankieta
- Ankieta i wizyta w badanym miejscu
- Pomiary

Skutki zdrowotne

- Ankieta dotycząca komfortu
- Ankieta dotycząca objawów
- Diagnoza medyczna (zachorowalność, absencja w szkole)
- Pomiary

Analiza statystyczna

- Czynniki korygujące



Biomonitoring w ocenie jakości powietrza wewnętrznego

Pobieranie i analizowanie ludzkich tkanek i prób płynów celem określenia narażenia środowiskowego, niektórych chorób i/lub zaburzeń oraz wrażliwości (genetycznej) i potencjalnych powiązań między nimi.

Często jest to łączone z innymi procesami monitorowania (np. powietrza, wody, gleby, żywności itp.), modelowaniem lub badaniami ankietowymi na temat zdrowia i stylu życia.

(Europejski Plan Działania Na Rzecz Środowiska i Zdrowia na Lata 2004-2010, Komisja Europejska 9 czerwca 2004 r.)

Zalety:

- ujednoczone właściwości związków/produktów/materiałów dostających się do organizmu człowieka różnymi drogami narażenia
- spójne korelacje możliwe do wykazania za pomocą skutków zdrowotnych

Ograniczenia:

- Procesy chwilowe (rozkład, wydalanie) utrudniają interpretację wyników
- Niewiele związków/produktów/materiałów ma wartości dopuszczalne, biologiczne wartości równoważne lub wartości referencyjne



SUBSTANCJA ZANIECZYSZCZAJĄCA	MARKER biologiczny	MATERIAŁ biologiczny
Formaldehyd	Kwas mrówkowy	mocz
Tlenek węgla	COHb	krew
Dym papierosowy	kotynina	mocz, ślina
Benzen	kwas trans, trans-mukonowy (t,t-MA), lub kwas s-fenylomerkapturowy	mocz
etylobenzen	Kwas migdałowy	mocz
ksyleny	Kwas metylofurowy	mocz
toluen	o-krezol	mocz
Trichloroetylen	Kwas trichlorooctowy	mocz
naftalen	1-naftol and 2-naftol	mocz
Związki WWA	1-hydroksypiren	mocz
	Ftalany (mierzone za pomocą HPLC-MS/MS):	
DEHP	Ftalan monoetyloheksylu (MEHP) - farba ścienna mono- (2-etylo-5-hydroksyheksylo)ftalan (MEHHP) mono- (2-etylo-5-oksoheksylo)ftalan (MEOHP)	mocz
BBzP	Ftalan mono-benzylu (MBzP) - podłogi pcv	mocz
DEP	Ftalan mono-etylu (MEP) - kosmetyki	mocz



▪ Fizyczne środowisko w klasach

Meble i wyposażenie są ustawione w taki sposób, by uzyskać jak najlepszy efekt w nauczaniu i uczeniu się oraz aby ułatwić przemieszczanie się uczniów.

Odpowiednia temperatura, zapewniona wentylacja i oświetlenie.

Wszyscy uczniowie siedzą w miejscach, które pozwalają im dobrze widzieć tablicę.

Poziomy hałasu zewnętrznego nie zakłócają nauki.

Uczniowie i nauczyciele mają odpowiednią osobistą przestrzeń do pracy.

▪ Emocjonalne środowisko w klasach

Podnosić wydajność uczniów poprzez prawidłowe relacje.

▪ Poznawcze środowisko w klasach

Sprawiać by uczenie się było aktywnym i kreatywnym procesem.



Główne punkty badania IAQ w szkołach

1. Kontrola źródła
2. Wentylacja
3. Oczyszczanie powietrza



- 1. Kontrola źródła:**
*zgodność z wartościami wytycznymi
i zmniejszenie stężenia u źródła*
2. Wentylacja
3. Oczyszczanie powietrza



Skupienie się na kontroli źródła zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego

- Zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego wnikające do środka
- Źródła ogrzewania
- Emisje z materiałów budowlanych
- Meble (zazwyczaj najwyższe po wytworzeniu i budowie)
- Wykładziny, zasłony, rolety
- Farby, lakiery, kleje itp.
- Wyposażenie biura
- Produkty czyszczące
- Emisja przez człowieka (pocenie się, produkty higieny osobistej)
- Biocydy
- Pleśń; czynniki biologiczne
- Radon



Główne punkty badania IAQ w szkołach /2.

1. Kontrola źródła
2. Wentylacja
~ 50% wszystkich problemów związanych z jakością powietrza wewnętrznego spowodowanych jest niewłaściwą wentylacją!
3. Oczyszczanie powietrza



Rola wymiany/przepływu powietrza w IAQ (wentylacja)

- Zapewnianie świeżego powietrza
- Usuwanie nagromadzonych zanieczyszczeń, rozcieńczanie ich stężenia
- Obniżanie temperatury

Higieniczne aspekty wentylacji:

- Ruch powietrza wspomaga parowanie, a zatem zwykle ma działanie chłodzące na organizm. Brak ruchu powietrza prowadzi do problemów z zawilgoceniem pomieszczenia/budynku oraz ma negatywny wpływ na metabolizm i stan termiczny organizmu (dyskomfort i uczucie zmęczenia).
- Odczucie przeciągu powoduje ograniczenie wentylacji (zamykanie okien): **prędkość powietrza powyżej 0,3-0,5 m/s** postrzegana jest jako przeciąg i może powodować chłodzenie ciała lub jego części.
- Właściwa jakość powietrza powinna być osiągana nie tylko przez poprawę wentylacji, ale przede wszystkim poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń.



Wentylacja na osobę:

Normy dotyczące zapotrzebowania na świeże powietrze w pomieszczeniach na osobę:

zapotrzebowanie na świeże powietrze \approx 15-36 m³/h/osobę

Średnio warunki w sali: 2m³/osobę \rightarrow 6m³/osobę



Powietrze powinno być wymieniane min. 3-6 razy/godzinę

Niewystarczająca wentylacja naturalna powoduje zwiększone zawilgocenie/zagrzybienie, zwiększone stężenie bakterii / wirusów / grzybów i zanieczyszczeń chemicznych w powietrzu, a także nieprzyjemne zapachy.

Metody wentylacji:

- Wentylacja naturalna (okna, drzwi lub otwory wentylacyjne)
- Wentylacja mechaniczna (z wentylatorami)



Główne punkty badania IAQ w szkołach /3. Rola oczyszczania powietrza

1. Kontrola źródła
2. Wentylacja
3. Oczyszczanie powietrza

Z reguły zaleca się oczyszczanie powietrza po wykonaniu starannej kontroli źródła i sprawdzeniu wentylacji.

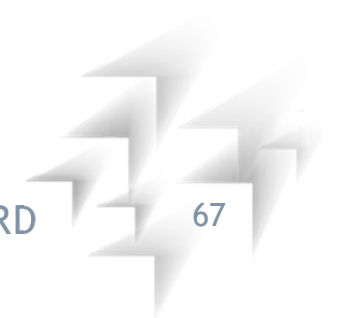


1. Typy i źródła zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

2. Skutki zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach oraz odpowiednie wartości wytycznych zapobiegawczych

3. Zarządzanie jakością powietrza w pomieszczeniach w szkołach

4. Działania w celu ograniczenia ryzyka zdrowotnego, wynikającego z ekspozycji na chemiczne zanieczyszczenia powietrza



- dostosowane do indywidualnych potrzeb szkoły
- bez kosztów / niskokosztowe
- bez wymogu specjalistycznego szkolenia
- dobrowolne
- oparte na zdrowym rozsądku
- dobra jakość powietrza wewnętrznego jest ważna dla procesu uczenia się
- zwiększają produktywność uczniów i nauczycieli
- nakładają odpowiedzialność na zarząd szkoły i instytucje odpowiedzialne za utrzymanie szkoły



Narzędzia dla szkół

W jaki sposób nauczyciele mogą pomóc w IAQ?

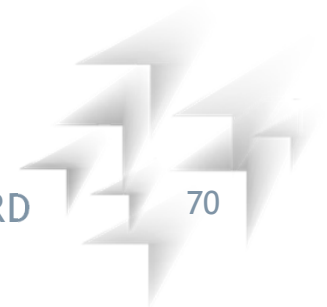
Punkt wyjścia:

zarówno nauczyciele jak i personel szkolny mogą przyczynić się do poprawy jakości powietrza w salach lekcyjnych i szkole.



Korzyści z używania Narzędzi dla szkół

- Większa wydajność/efektywność uczniów i nauczycieli
- Szybsza i bardziej ekonomiczna reakcja na problemy
- Spokojna atmosfera dla personelu, uczniów i rodziców
- Redukcja kosztów utrzymania, wydatków na naprawy i uniknięcie natychmiastowych opłat za interwencje techniczne
- Wsparcie szkoły w zakresie edukacji uczniów



- Zapewniają łączność między personelem szkolnym, rodziną i pracownikami służby zdrowia.
- Zapewniają badania przesiewowe pod kątem warunków zdrowotnych.
- Zapewniają uczniom bezpośrednią opiekę zdrowotną.
- Promują zdrowe środowisko szkolne.
- Promują zdrowie.



Jak radzić sobie z IAQ w szkołach?



Działania poprawiające jakość powietrza wewnętrznego
możliwe do wdrożenia w szkołach



Możliwe sposoby zmniejszenia zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego



Zmniejszenie emisji (certyfikowane materiały budowlane i wykończeniowe, stosowanie czystszej „zielonej” energii i lepszego technologicznie sprzętu)

Poprawa projektowania nowych budynków szkolnych (nowoczesne systemy grzewcze, odpowiednie materiały konstrukcyjne i pokryciowe, itp.)

Poprawianie wentylacji (komin, wyciągi, okna, otwory wentylacyjne, systemy wentylacyjne)

Regulacje prawne

Edukacja personelu (bezpłytowe sprzątanie, odpowiednia wentylacja, wolne od dymu pomieszczenia wewnętrzne, mniejsze zużycie chemikaliów)

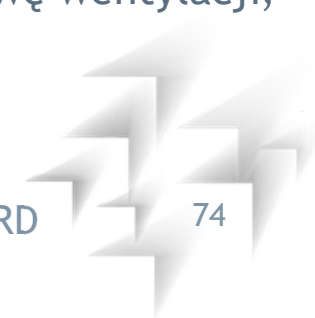


Rola wymiany/przepływu powietrza w IAQ (wentylacja)

- Zapewnianie świeżego powietrza
- Usuwanie nagromadzonych zanieczyszczeń, rozcieńczanie ich stężenia
- Obniżanie temperatury

Higieniczne aspekty wentylacji:

- Ruch powietrza wspomaga parowanie, ma więc działanie chłodzące na organizm. Brak ruchu powietrza prowadzi do problemów z zawilgoceniem pomieszczenia/budynku oraz ma negatywny wpływ na metabolizm i stan termiczny organizmu (dyskomfort i uczucie zmęczenia).
- Odczucie przeciągu powoduje ograniczenie wentylacji (zamykanie okien): **prędkość powietrza powyżej 0,3-0,5 m/s** postrzegana jest jako przeciąg i może powodować chłodzenie ciała lub jego części.
- Właściwa jakość powietrza powinna być osiągnięta nie tylko przez poprawę wentylacji, ale przede wszystkim poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń.



Infiltracja: losowy / zamierzony przepływ powietrza zewnętrznego przez okna, pęknięcia i różne otwory w budynkach.

Eksfiltracja: ruch powietrza z wnętrza na zewnątrz.

Wentylacja naturalna

Przepływ powietrza związany jest z różnic:

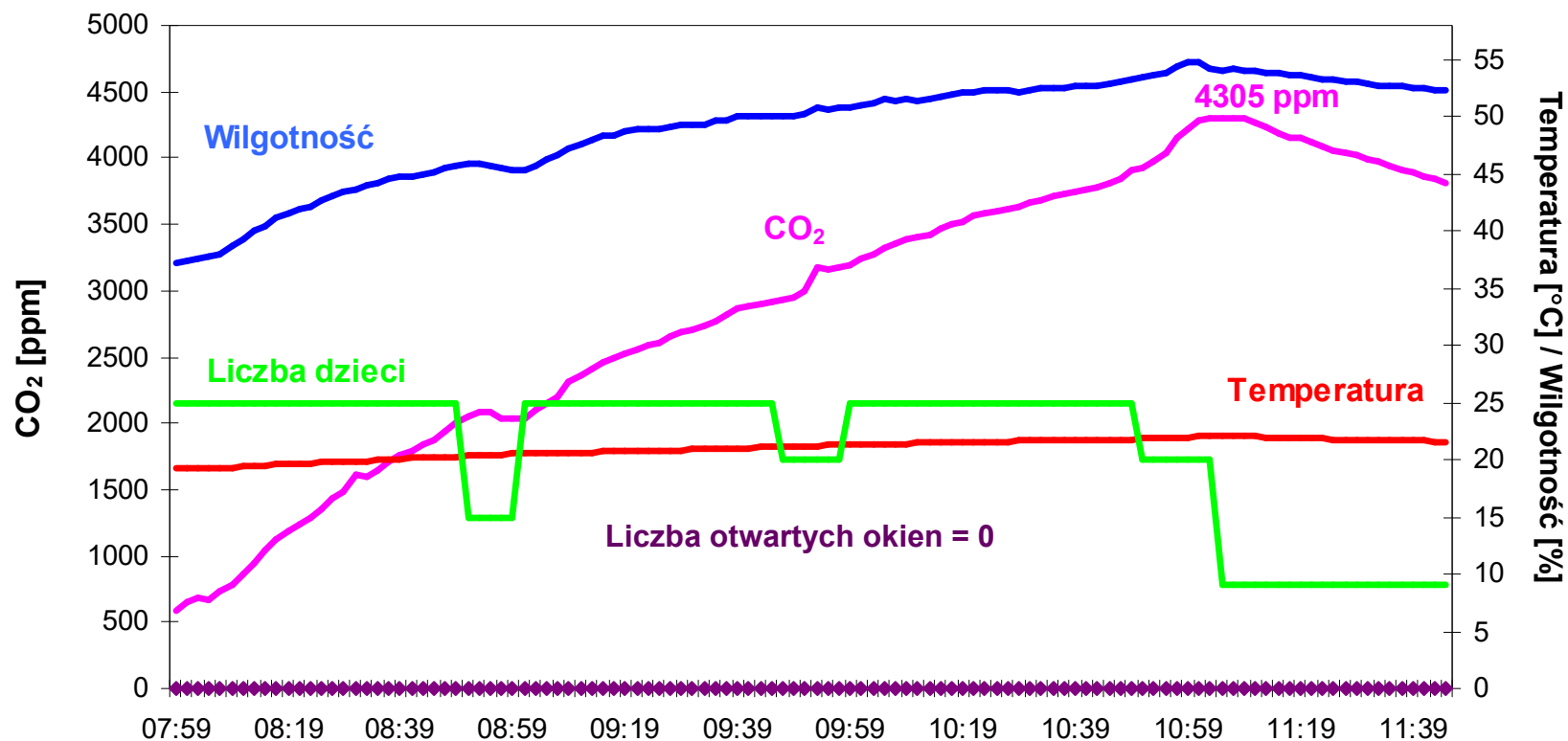
- ciśnienia - różnica między ciśnieniem zewnętrznym i wewnętrznym
- temperatury - gdy temperatura powietrza wewnątrz różni się od temperatury na zewnątrz

Naturalna wentylacja jest zasadniczo nieefektywna, gdyż nie jest równomiernie rozłożona. Powietrze nie krąży równomiernie, w niektórych miejscach zużyte powietrze zalega.

Wentylacja skutkuje przenoszeniem pyłków i innych zanieczyszczeń z otaczającego powietrza.



InAirQ: Monitorowanie jakości powietrza w salach lekcyjnych



Czas zajęć w sali lekcyjnej objętej pomiarami, w dniu 24.01.2018 r.

— CO2 — Temperatura — Wilgotność ◆ Liczba otwartych okien — Liczba dzieci

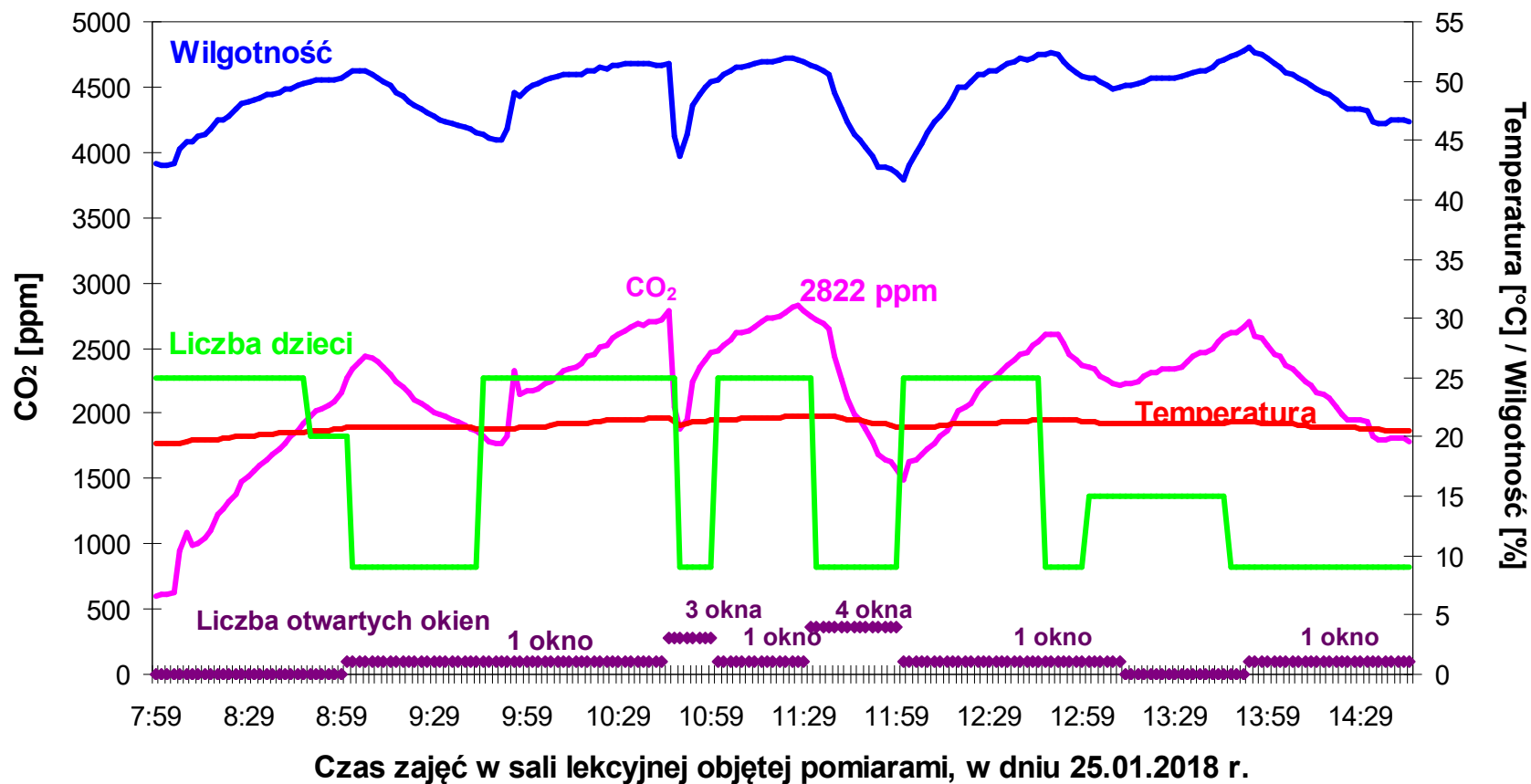
Temp. na zewnątrz: +1,8°C



Badanie w szkole w Łodzi w ramach projektu InAirQ

TAKING COOPERATION FORWARD

InAirQ: Monitorowanie jakości powietrza w salach lekcyjnych



— CO₂
 — Temperatura
 — Wilgotność
 ◆ Liczba otwartych okien
 — Liczba dzieci

Temp. na zewnątrz: +5,6°C



Obejmuje wykorzystanie wentylatorów i / lub urządzeń klimatyzacyjnych.

Główne zadania wentylacji mechanicznej:

- wprowadzenie świeżego powietrza z zewnątrz do wnętrza,
- odprowadzenie zużytego powietrza na zewnątrz,
- kształtuje temperaturę i wilgotność wewnątrz pomieszczenia.

Systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC):

Funkcje:

- Ogrzewanie - chłodzenie
- Wentylacja
- Filtrowanie
- Nawilżanie - osuszanie
- Przepływ powietrza

Parametry:

- Infiltracja powietrza
- Ekstrakcja powietrza
- Recyrkulacja powietrza



- Nie wszystkie oczyszczacze powietrza są skuteczne w przypadku zanieczyszczeń gazowych
- Wydajne w zbieraniu zanieczyszczeń pyłowych (cząsteczki > 0,3 mikrona zatrzymywane przez filtry)
- Najwydajniejsze jest połączenie redukcji źródła i wentylacji
- Odświeżacze powietrza zwykle maskują zapachy i stanowią dodatkowe źródło zanieczyszczeń powietrza



Działania profilaktyczne

Konserwacja zapobiegawcza budynków i urządzeń

Właściwe, dokładne procedury i praktyki w zakresie czyszczenia/sprzątania

Szkolenie kierownictwa i personelu szkoły

Reakcja na problemy

Natychmiastowe zabezpieczenie i likwidacja awarii budynków i urządzeń.

Sprawdzenie wszystkich problemów/skarg w związku z IAQ celem rozwiązania problemów

Przestrzeganie przepisów i zaleceń

Współpraca z interesariuszami i przestrzeganie wszystkich lokalnych, krajowych przepisów i norm dotyczących IAQ w szkołach



Należy zwracać uwagę na:

▪ **Wentylację**

Działaj natychmiast, jeśli zepsuje się jakikolwiek sprzęt wentylacyjny (hałas, nieprzyjemny zapach, kontrola temperatury, problemy z przepływem powietrza, odczuwanie komfortu).

▪ **Potencjalne zanieczyszczenia**

Nie przynoś ani nie używaj odświeżaczy powietrza, świec, pestycydów przyniesionych z domu.

Minimalizuj narażenie na chemikalia.

Znajdź wycieki wody, wilgoć na powierzchni, pleśń czy szkodniki/gryzonie.

▪ **Czystość**

Sprzątanie.

Przechowywanie śmieci w pojemnikach.

Upewnij się, że rozlane płyny (szczególnie na dywany) są natychmiast usuwane.



Zalecany zespół do spraw IAQ w szkole

Nauczyciel przedmiotów ścisłych powinien przejąć inicjatywę odnośnie poprawy IAQ i włączyć te działania do programu nauczania przedmiotów ścisłych.

Uczniowie wyższych klas powinni monitorować IAQ w szkole przy wsparciu i pod kierunkiem nauczyciela.

Mianowanie jednego z nauczycieli na szkolnego koordynatora do spraw IAQ.

Zespół IAQ:

- Koordynator IAQ
- Nauczyciele, dyrekcja
- Uczniowie i rodzice
- Personel administracyjny
- Szkolna pielęgniarka/lekarz



Listy kontrolne dla nauczycieli i opiekunów.
Inspekcja szkoły, ustalenie priorytetów.
Dzielenie się informacjami na temat IAQ z rodzicami i partnerami w zakresie ochrony zdrowia.



Lista kontrolna klasy

- Ogólna czystość
- Nadmierna wilgoć
- Komfort termiczny
- Wentylacja
- Zapachy
- Materiały, przechowywanie materiałów
- Uczniowie mogą nieumyślnie wprowadzić zanieczyszczenia do powietrza w klasie na świeżo upranych ubraniach lub ubraniach zabrudzonych różnymi chemikaliami (ETS) i czynnikami biologicznymi
- Laboratoria, sale do zajęć z plastyki/sztuki, etc.
- Szatnie



Lista kontrolna dla personelu dbającego o szkołę

- Ogólna czystość
- Toaleta
- Magazyn
- Zawilgocenie
- Komfort termiczny
- Wentylacja
- Sprawdzanie źródła niewyjaśnionych zapachów
- Urządzenia do spalania - System grzewczy
- Sprzęt drukarski / ksero
- Naprawy i remonty
- Zwalczanie szkodników
- Gospodarowanie odpadami



Lista kontrolna dla wody, urządzeń sanitarnych i higieny (WASH - Water, Sanitation And Higiene) w szkołach



Codzienne czyszczenie i konserwacja istniejących urządzeń sanitarnych:

- Ocena stanu toalet i urządzeń do mycia rąk.
- Liczba uczniów przypadających na jedną toaletę (określony w wytycznych WHO, 2009).
- Wymagania dotyczące urządzeń do mycia rąk, zapewnienie artykułów higienicznych.
- Urządzenia sanitarne powinny być w dobrym stanie (duża liczba uczniów nie korzysta z urządzeń WASH w swoich szkołach z powodu złego stanu toalet).
- Uznanie / zrozumienie wpływu WASH na zdrowie i wyniki edukacyjne.
- Mapowanie i opis systemu wodno-sanitarnego w szkole.

Kontrola wilgoci w budynku szkolnym i dookoła niego:

- naprawa wycieków i kapania
- odprowadzenie wody z rynien z dala od budynku szkoły



Konkretne działania mające na celu ograniczenie ryzyka dla zdrowia wynikającego z obecnych wewnątrz pomieszczeń zanieczyszczeń chemicznych



Proponowane plany działania mające na celu obniżenie stężenia FORMALDEHYDU



- Wybierz odpowiednie, dedykowane meble i materiały obiciowe, wyposaż sale w materiały i sprzęty, które nie zawierają formaldehydu lub zawierają go w jak najmniejszym stopniu.
- Jeśli planujesz wymieniać meble w salach lekcyjnych, zrób to podczas letnich wakacji.
- Gromadź informacje o meblach (data produkcji, wietrzenie i inne cechy materiałów z których mebel został wykonany).
- Upewnij się, że meble można wietrzyć, utrzymując okna całkowicie otwarte tak długo, jak to możliwe. Wysoka emisja formaldehydu z nowych mebli i pokryć spada po 6-8 tygodniach wentylacji.



Proponowane plany działania mające na celu obniżenie stężenia FORMALDEHYDU



- Zaplanuj stosowanie produktów zawierających formaldehyd w połączeniu z właściwą wentylacją podczas i po ich użyciu.
- Utrzymuj temperaturę i wilgotność względną w środowisku szkolnym na najniższym poziomie komfortu (emisja formaldehydu i stężenie w pomieszczeniach wzrasta wraz ze wzrostem temperatury i wilgotności).
- Zwiększ wiedzę na temat zapobiegania narażeniu na formaldehyd (na przykład kupując artykuły, zawsze sprawdzaj informacje o składzie, zawsze pierz wszystkie nowe ubrania, nie używaj odświeżaczy powietrza).



Proponowane działania mające na celu obniżenie stężenia FORMALDEHYDU

Umieść w klasie odpowiednie rośliny, które pochłaniają formaldehyd (scindapsus, sanseweria, dracena, filodendron, skrzydłokwiat itp.).

Oprócz formaldehydu rośliny te mogą pochłaniać inne lotne związki organiczne tj.: benzen, ksylen, toluen itp.



Proponowane działania mające na celu obniżenie stężenia BENZENU



- „Zapobiegaj” przedostawaniu się benzenu z powietrza zewnętrznego (lokalizacja parkingów, dym papierosowy itp.).
- Utrzymuj ścisłą kontrolę zakazu palenia w pomieszczeniach (toalety!).
- Nie używaj benzenu wewnątrz budynku, chyba że jest wyposażony w dygestorium.
- Wietrz pomieszczenia po użyciu produktów zawierających benzen (np. podczas używania farb/lakierów).
- Postępuj z resztą benzenu zawierającego barwniki jak z odpadami niebezpiecznymi (zgodne z instrukcjami dotyczącymi segregacji/postępowania z odpadami niebezpiecznymi).



Proponowane plany działania mające na celu obniżenie stężenia LZO



- Zapobiegaj przedostawaniu się LZO z powietrza zewnętrznego (np. parkingów).
- Wybieraj produkty, które nie zawierają LZO.
- Nie przechowuj produktów będących źródłem LZO w pomieszczeniach, w których przebywają dzieci.
- Korzystając z produktów będących źródłem LZO (różne środki czyszczące, farby, lakiery), używaj ich zgodnie z instrukcjami producenta.



Proponowane działania mające na celu obniżenie stężenia LZO



- W przypadku stosowania produktów będących źródłem LZO upewnij się, że zapewniasz wystarczającą ilość świeżego powietrza.
- Kupuj i przechowuj produkty będące źródłem LZO w ilościach, które zostaną zużyte natychmiast. Usuń nadmiar zmagazynowanych substancji w zamkniętych lub otwartych pojemnikach (według zaleceń producenta podanych w instrukcji dotyczącej segregacji odpadów).
- Nigdy nie mieszaj produktów, które są źródłem lotnych związków organicznych, chyba że podano to w instrukcji producenta.
- Ograniczaj narażenie na formaldehyd i benzen w środowisku zamieszkania i w szkole.



Proponowane działania mające na celu obniżenie stężenia PM_{10}



- Obserwuj informacje dotyczące stanu jakości powietrza i poziomów zanieczyszczeń wydawane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
- **Planuj aktywność uczniów na powietrzu zgodnie z prognozą / aktualnym stężeniem PM10!**



„Zapobieganie” przedostawaniu się cząstek stałych z powietrza zewnętrznego



- Dokładnie wentyluj sale lekcyjne przed i po lekcjach, a także podczas przerw, gdy ruch drogowy na zewnątrz jest niewielki. Unikaj otwierania okien w czasie korków oraz w czasie, gdy rodzice parkują w pobliżu szkoły. Poproś rodziców, aby nie czekali na dzieci z uruchomionymi silnikami.
- Gdy w otaczającym powietrzu stężenie PM jest podwyższone, a możliwości wentylacyjne są ograniczone, należy unikać czynności zwiększających zapylenie w zamkniętych pomieszczeniach.
- Zapewnij odpowiednią wentylację innych pomieszczeń (korytarze, szafki, sale gimnastyczne), mechaniczną wentylację w kuchni i pomieszczeniach sanitarnych.



Ogólne instrukcje dotyczące użytkowania pomieszczeń



- Sprzątaj sale lekcyjne po zajęciach.
- W przypadku podłogi i mebli stosuj praktyki czyszczenia na mokro. Codziennie odkurzaj pokoje i meble. Najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie mokrych odkurzaczy z filtrami HEPA. Jeśli filtr HEPA jest zbyt zapchany, przestaje działać i nie spełnia już swojej roli. Ważne jest zatem częste ich czyszczenie (mycie filtrów HEPA) lub wymiana.
- Możesz zainstalować odpowiednie urządzenia do oczyszczania powietrza, które pochłaniają cząstki stałe (pył PM) i zanieczyszczenia chemiczne.



Ogólne instrukcje dotyczące użytkowania pomieszczeń



- Jeśli budynek szkoły jest ogrzewany przez piece opalane paliwami stałymi, użyj suchego twardego drewna. Utrzymuj ogólne instrukcje dotyczące opalania.
- Zastąp paliwa stałe paliwami czystszyimi i energią (np. energia słoneczna, energia elektryczna, gaz ziemny) tak szybko, jak to możliwe, biorąc pod uwagę redukcję emisji z tych pieców.
- Regularnie czyść i konserwuj urządzenia grzewcze, wentylacyjne i kominy. W przypadku pieców na paliwa płynne i gazowe przed rozpoczęciem sezonu grzewczego upewnij się, że palniki są odpowiednio wyregulowane.
- Zainstaluj urządzenie monitorujące CO w pomieszczeniach.



Proponowane działania mające na celu obniżenie stężenia CO₂

- Jeśli nie ma mechanicznego systemu wentylacji, otwieraj okna klas podczas każdej przerwy. Dokładnie wietrz sale lekcyjne rano i po południu, przed i po lekcjach.
- Zainstaluj monitor stężenia CO₂ w klasie.



- Unikaj instalowania żaluzji wewnętrznych PCV, które zwykle zawierają ftalany, bisfenole i środki spowalniające palność. Nie wieszaj zasłon o zmniejszonej palności zawierających polibromowane środki spowalniające palność.
- Unikaj podłóg z PCV. Użyj podłogi bez ftalanów.
- Jeśli masz podłogę z PCV, często stosuj praktyki czyszczenia na mokro.
- Nie używaj mebli tapicerowanych o zmniejszonej palności w salach lekcyjnych.
- Jeśli konieczne są dywany, używaj dywanów tkanych zamiast dywanów zawierających kleje, ftalany, bromowane środki spowalniające palność czy inne chemikalia.



Proponowane działania mające na celu utrzymanie optymalnej temperatury i wilgotności

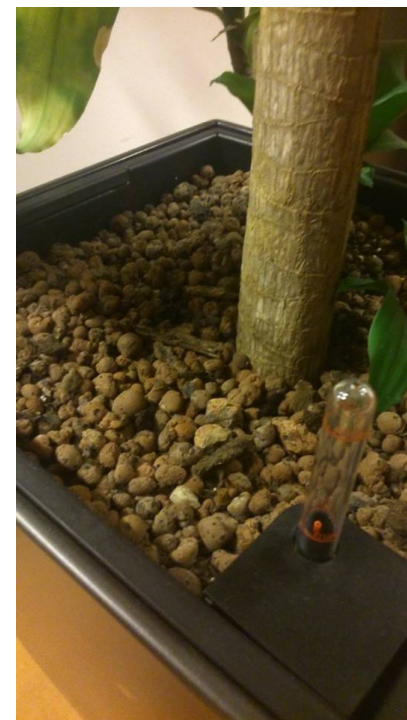


- Umieść termometr w klasie. Zapewnij optymalną temperaturę w zimie, nie przegrzewaj pomieszczeń.
- Bądź świadomy wpływu zmian klimatu, przygotuj się na wysoką temperaturę zewnętrzną późną wiosną i wczesną jesienią.
- Przygotuj się na izolację budynków i zwiększ odporność na ciepło instalując osłony zewnętrzne. Jeśli stosujesz żaluzje wewnętrzne lub zastony, wybierz te, które nie zawierają substancji chemicznych zaburzających funkcjonowanie układu hormonalnego i zapewnij ich odpowiednie czyszczenie.
- Posadź niealergizujące drzewa i krzewy wokół budynku szkoły.
- Monitoruj wilgotność, unikaj suchego powietrza, umieść w salach lekcyjnych rośliny i nawilżacze.
- Wieczorem zapewnij odpowiednią wentylację w pomieszczeniach wewnątrz ocieplonych budynków, aby schłodzić wnętrze.

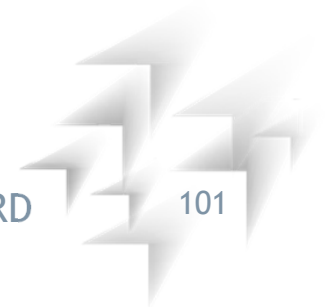


Proponowane działania przeciwko zagrzybieniu

- Unikaj wilgoci.
- Zapewnij odpowiednią wentylację.
- Nie pozostawiaj kątów pomieszczeń bez ruchu powietrza.
- Zapewnij odpowiednie ogrzewanie, zapobiegaj powstawaniu zimnych powierzchni.
- Dbaj o glebę roślin, używając specjalnego materiału, który utrudnia rozwój grzybów.



- Dobra jakość powietrza wewnętrznego (IAQ) to gwarancja komfortu, zdrowia i bezpieczeństwa.
- Dorastające dzieci są bardzo wrażliwe na niebezpieczne substancje chemiczne.
- Narażenie na niskiej jakości powietrze wewnętrzne w szkole może uniemożliwić wykonanie zadania przez ucznia.
- Materiały o niskiej emisji, odpowiednia wentylacja, metody czyszczenia, kontrola temperatury, wilgotności i zagrzybienia wpływają na poprawię warunków środowiska wewnętrznego.
- IAQ jest istotnym elementem zdrowego środowiska szkolnego.



InAirQ Materiały dotyczące jakości powietrza w salach lekcyjnych



<https://pl-pl.facebook.com/InAirQPolska/>

<https://si.lodzkie.pl/projekty-si/perspektywa-2014-2020/inairq/>



InAirQ

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/InAirQ/InAirQ.html>





Anna Kozajda, PhD
Nofer Institute of Occupational Medicine
InAirQ



www.interreg-central.eu/InAirQ



info@InAirQ.com;



Anna.Kozajda@imp.lodz.pl
+48 42 631 46 69



facebook.com/InAirQ



Twitter.com/InAirQ



linkedin.com/InAirQ

