KIELECKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE

OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W SOLCU ZDROJU

Kielce, 2013

Wprowadzenie

Zanieczyszczenia powietrza są to wszelkie substancje (gazy, ciecze, ciała stałe), które znajdują się w powietrzu atmosferycznym, nie będąc ich naturalnymi składnikami lub występując w znacznie zwiększonych ilościach. Generalnie zanieczyszczenia powietrza zostały podzielone na cztery grupy:

1. Gazy i pary związków chemicznych, np. tlenki węgla (CO, CO_2), siarki (SO_2, SO_3) i azotu (NO_x), fluor (F), ozon (O_3), radon (Rn), amoniak (NH_3), węglowodory i ich pochodne chlorowe,fenole
2. Drobne kropelki cieczy, np. kropelki zasad, kwasów, rozpuszczalników
3. Drobne ciała stałe, np. popioły, pyły, związki metali ciężkich, sadze, stałe związki organiczne, azbest, pestycydy
4. Mikroorganizmy, których ilość lub rodzaj nie jest charakterystyczny dla naturalnego składu powietrza, makroorganizmy (np. grzyby) wraz z produktami ich metabolizmu

Ich głównymi emitorami są przemysł paliwowo - energetyczny (ponad 50%), przemysł metalurgiczny (ok.20%) oraz przemysł chemiczny. Największe ilości substancji zanieczyszczających powietrze powstaje w wyniku spalania paliw kopalnych (węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny itp.). Skutkiem tego jest wydzielenie do atmosfery olbrzymich ilości gazów spalinowych (tlenki węgla (CO, CO2), tlenki siarki (SO2, SO3), tlenki azotu (NOx) i inne) oraz pyłów, popiołów, sadz.

Zanieczyszczenia powietrza są ubocznym skutkiem wielu przemysłowych procesów technologicznych. Szkodliwe substancje chemiczne są wydzielane do atmosfery przez gałęzie przemysłu chemicznego. Na zanieczyszczanie atmosfery wpływa również przemysł rolno - spożywczy. Znaczny udział w zanieczyszczaniu powietrza ma komunikacja, głównie transport kołowy. Spaliny pojazdów zawierają m.in. tlenki azotu, siarki, związki ołowiu.

Na stan powietrza atmosferycznego niekorzystnie wpływa również składowanie i utylizacja ścieków i odpadów. Poważnym źródłem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego są gospodarstwa domowe. Emitują one do atmosfery gazy powstałe w wyniku spalania węgla służącego do ogrzewania budynków mieszkalnych, a w

przypadku spalania innych produktów (plastik, odpady komunalne, gumy) także dioksyn.

W miejscowościach uzdrowiskowych udział zanieczyszczeń przemysłowych uzależniony jest od emisji średniego i dalekiego zasięgu uzależnionych od lokalizacji zakładów przemysłowych na kierunku dominujących wiatrów. Obecnie źródłem zanieczyszczeń są przede wszystkim miejscowe źródła energii cieplnej (ogrzewanie piecowe i ogrzewanie z kotłowni lokalnych) oraz komunikacja samochodowa.

Do ważniejszych przyczyn występowania zanieczyszczeń powietrza w miejscowościach uzdrowiskowych zaliczyć należy:

> urbanizacje miejscowości, spowodowaną rozwojem innych funkcji misjcowości

> niewłaściwie poprowadzone szlaki komunikacji drogowej (spaliny, kurz, hałas)

> nieuporządkowaną gospodarkę wodno-ściekową

> nieprawidłowo prowadzoną gospodarkę cieplną.

Uzdrowiska należą do obszarów o zwiększonym zapotrzebowaniu na energię cieplną występującym przez cały rok. Od stanu technicznego urządzeń w dużym stopniu zależy czystość powietrza. Bardzo szkodliwe są kotłownie mające niskie kominy, w których brak urządzeń odpylających, a ze względu na niewielką wysokość komina substancje emitowane są niewystarczająco rozpraszane.

PODSTAWOWE POLSKIE AKTY PRAWNE ZWIĄZANE Z OCHRONĄ POWIETRZA

Do podstawowych aktów prawnych zapewniających ochronę powietrza atmosferycznego należy zaliczyć:

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. - Prawo ochrony środowiska (tj. Dz. U. Nr 25 poz. 150 z późn. zm.) oraz odpowiednie akty wykonawcze, w tym głównie:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji
  w powietrzu (Dz. U. z 2008 r. Nr 47, poz. 281),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2009 r. Nr 5, poz. 31),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. z 2008 r. Nr 52, poz. 310),

- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy ochrony powietrza (Dz. U. z 2008 r. Nr 38, poz. 221)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. z 2011 r. Nr 95, poz. 558),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie przypadków,
  w których wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza z instalacji nie wymaga pozwolenia (Dz. U. z 2010 r. Nr 130, poz. 881),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz. U. Nr 130, poz. 880),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2010 r. Nr 16, poz. 87),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie zakresu i sposobu przekazywania informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza (Dz. U. z 2008 r. Nr 216, poz. 1377),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. Nr 206, poz. 1291),
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 października 2008 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 196, poz. 1217),

2. Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2009 r. Nr 130, poz. 1070 z późn. zm.),
3. Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (Dz. U. z 2011 r. Nr 122, poz.695),
4. Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o substancjach zubożających warstwę ozonową (Dz. U. z 2004 r. Nr 121, poz. 1263 z późn. zm).
5. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie

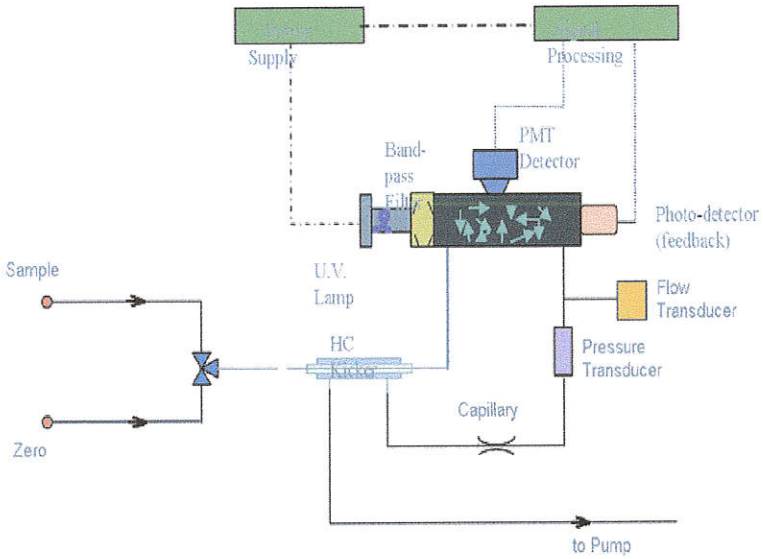
środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.)

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w marcu i kwietniu 2013r.. w dwóch punktach w mieście, tj. na ul. 1-go Maja 10 oraz na ul. Kościelnej 3 (Ryc. 1). Punkty pomiarowe wybrano ze względu na ich reprezentatywność dla badanej miejscowości. Punkt pomiarowy A zlokalizowany na ul. 1-go Maja obok budynku Urzędu gminy ma współrzędne: 50°22'14.41"N i 20°53'21.12"E
i położony jest w obniżeniu terenu, natomiast punkt pomiarowy B zlokalizowany na ul. Kościelnej o współrzędnych [Wpisz cytat z dokumentu albo podsumowanie interesującej kwestii. Pole tekstowe można umieścić w dowolnym miejscu w dokumencie. Użyj karty Narzędzia pól tekstowych, aby zmienić formatowanie pola tekstowego cytatu.]
50°22'02.10"N i 20°52'43.14"E znajduje się na wyniesieniu.

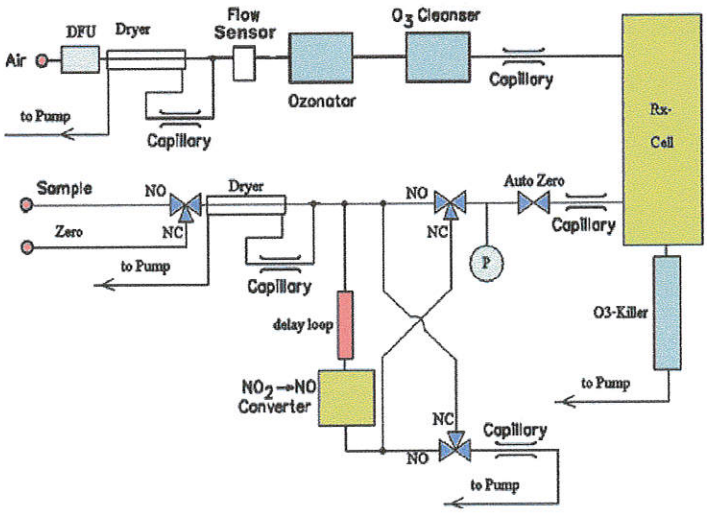
Ryc. 1 Lokalizacja punktów pomiarowych

Badania trwały 32 dni i obejmowały pomiary: SO_2, NOx, NO_2, O_3, pyłu PM 10 i PM2,5 wykonywane przy użyciu automatycznych analizatorów.
Analizator SO_2 zbierał dane według poniższego schematu:



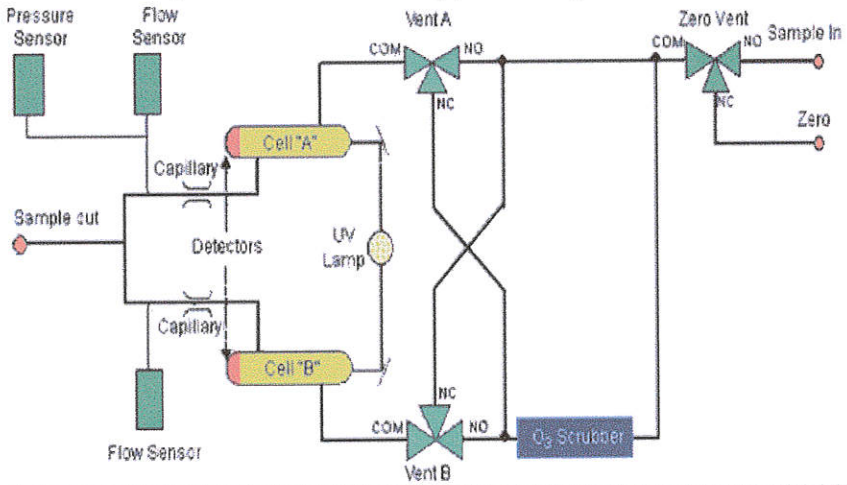
Składnik	SO_2
Dyrektywa UE / Metodyka EPA	Fluorescencji UV (EN 14212) - dla SO_2
Zasada pomiaru	fluorescencji UV
Zakres	Dynamiczny, aż do 10 ppm
Zero hałasu	0,25 ppb
Dolna granica wykrywalności	0.5 ppb
Drift Zero (24 godziny)	<1 ppb
Drift Span (24 godziny)	+ / - 1% wartości> 100 ppb
Czas reakcji	<90 sekund
Precyzja	1% odczytu lub 1 ppb (większa)
Liniowość	+ / - 1% wartości maksymalnej> 100 ppb
Ilość próby	500 ml / min

Analizator NO_2 zbierał dane według poniższego schematu:



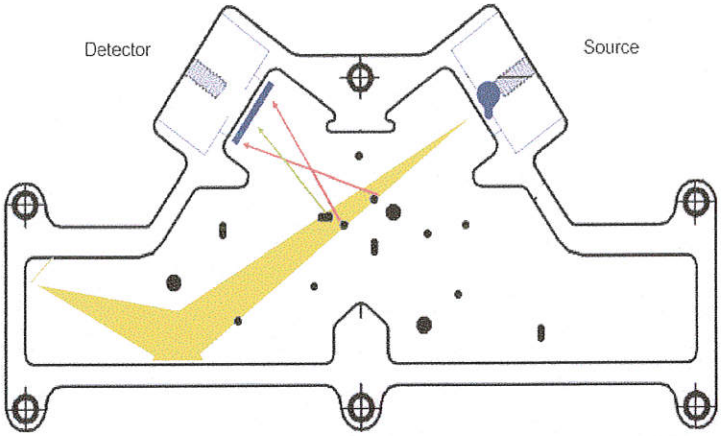
Składnik	NO / NO_2 / NO_x
Dyrektywa UE / Metodyka EPA	Chemiluminescencja (EN 14211)
Zasada pomiaru	Chemiluminescencja
Zakres	Dynamiczny, 20 str. / min
Zero hałasu	0,2 ppb
Dolna granica wykrywalności	0,4 ppb
Drift Zero (24 godziny)	<0,4 ppb
Drift Span (24 godziny)	+ / - 1% wartości> 100 ppb
Czas reakcji	<60 sekund
Precyzja	1% odczytu lub 1 ppb (większa) @ <500 ppb
Liniowość	+ / - 1% wartości> 100 ppm
Ilość próby	1000 ml / min

Analizator O_3 zbierał dane według poniższego schematu:



Składnik	Ozon O_3
Dyrektywa UE / Metodyka EPA	Fotometria Ultraviolet (EN 14625)
Zasada pomiaru	Fotometrii UV
Zakres	Dynamic 20 str. / min
Zero hałasu	0,25 ppb RMS
Dolna granica wykrywalności	0.5 ppb
Drift Zero (24-godzinne)	<1 ppb
Dryft	+ / - 1% odczytu lub 1ppb (jest większa)
Czas reakcji	<30 sekund
Precyzja	1 ppb
Liniowość	+ / - 1% wartości> 100 ppb
Ilość próby	ok. 1000 ml / min

Analizator pyłu PM10 zbierał dane według poniższego schematu:



Składnik	Pył PM
Dyrektywa UE / Metodyka EPA	Filtr pobierania próbek, a następnie analiza grawimetryczna
Zasada pomiaru	Nefelometrii
Zakres	Dynamiczny, do 2500 mg / m ^{3}
Dolna granica wykrywalności	<1 mg / m ^{3}
Drift Zero (24 godziny)	<1 mg / m ^{3}
Drift Span (24 godziny)	+ / - 1% odczytu
Czas reakcji	<60 sekund
Precyzja	1 mg / m ^{3}
Ilość próby	2 l / min

Do interpretacji uzyskanych wyników zanieczyszczenia powietrza wykorzystano dane meteorologiczne (temperaturę powietrza, prędkość i kierunek wiatru, wilgotność względną powietrza , wielkość opadów) oraz analizę trajektorii wstecznych wykreślone za pomocą modelu HYSPLIT.

Ocenę jakości powietrza w Solcu Zdr. sporządzono zgodnie z podstawowymi aktami prawnymi obowiązującymi w Polsce w zakresie sporządzania oceny jakości powietrza.

WYNIKI

Gmina wiejska Solec Zdr. zajmuje powierzchnię 85 km^2. Sieć osadnicza ma charakter wiejski. Pod względem fizyczno-geograficznym gmina leży w południowej części Niecki Nidziańskiej, w obrębie mezoregionów: Niecka Solecka i Garb Pińczowski. Część południowo-wschodnia sięga na obszar Niziny Nadwiślańskiej. Gmina położona jest w regionie bioklimatycznym południowo-wschodnim, najcieplejszym w Polsce, w regionie

o zwiększonej bodźcowości termicznej. Charakterystycznymi cechami mikroklimatu są tu słabe wiatry, duża liczba dni słonecznych i cisz atmosferycznych.

Warunki meteorologiczne

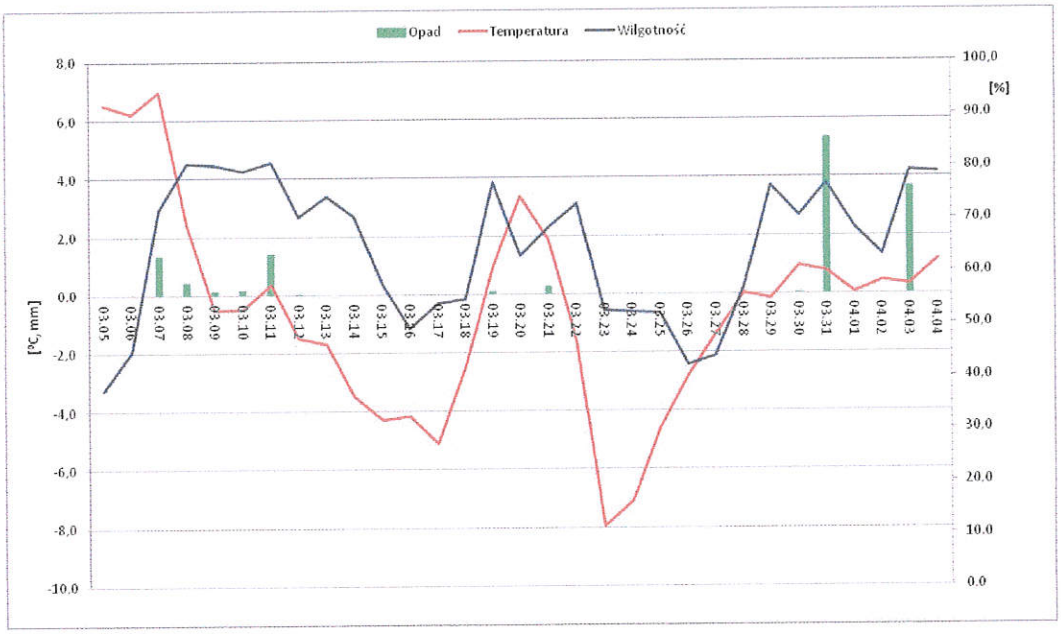
Spośród warunków meteorologicznych w okresie przyjętym do badań mierzono:

- temperaturę powietrza
- wilgotność względną powietrza
- prędkość i kierunek wiatru
- opad atmosferyczny

Temperatura jest jednym z ważniejszych uwarunkowań wpływających na wielkość emisji zanieczyszczeń do powietrza. W okresie prowadzonych badań średnia temperatura powietrza wynosiła -0,33°C z wahaniami od -8,0 °C do 7,0 °C (Ryc. 2). 50% dni zanotowano z temperaturą poniżej 0 °C. Stwierdzono zróżnicowanie temperatury między badanymi punktami. Zaznaczyć należy, że badania w wytypowanych punktach nie były prowadzone jednocześnie. Punkt A charakteryzował się średnią temperaturą 0,0 °C, z maksimum 7,0 °C i minimum -5,1 °C. W punkcie B średnia temperatura wynosiła -1,0 °C, z maksimum 3,3 °C i minimum -8,0 °C.

Wilgotność względna powietrza wpływa na stan zanieczyszczenia. W okresie badań średnia wilgotność względna powietrza wynosiła 64,45% z maksimum 80,90% i minimum 37,40%.

Stwierdzono wyraźną dynamikę temperatury skorelowaną z wilgotnością względną powietrza. Przy temperaturach powyżej 0°C wzrost temperatury wpływał na obniżanie się wilgotności względnej, natomiast przy temperaturach poniżej 0°C wraz z spadkiem temperatury obniżała sie wilgotność względna powietrza (Ryc. 2).



Ryc. 2 Warunki meteorologiczne występujące w okresie przyjętym do badań zanieczyszczenia powietrza

Opad ma istotne znaczenie w ocenie zanieczyszczenia powietrza, bowiem w czasie jedgo wystąpienia następuje usuwanie zarówno cząsteczek pyłu jak i gazów z powietrza. W okresie przyjętym do badań opad wystąpił 9 razy o łącznej sumie 12,90 mm , z maksimum 5,4mm w dniu 31 marca 2013r.

Prędkość i kierunek wiatru to kolejne dwa parametry wpływające na stan sanitarny powietrza. Wśród elementów i zjawisk meteorologicznych, kształtujących dyspersję zanieczyszczeń w atmosferze, najważniejszą rolę odgrywają czynniki dynamiczne, do których należy wiatr. Powodując poziomy transport zanieczyszczeń, wiatr może być skutecznym środkiem naturalnej wentylacji powietrza, ale może także przyczyniać się do wzrostu imisji, wskutek napływu zanieczyszczeń z innych, często bardzo odległych obszarów źródłowych, Stąd wiatr jest jednym z głównych elementów meteorologicznych uwzględnianych, zarówno w statystycznych (klimatycznych), jak i fizycznych (deterministycznych) modelach rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze.

Wiatr jest także ważnym czynnikiem wywołującym ruchy turbulencyjne, decydujące o intensywności i zasięgu mieszania pionowego w atmosferze. Szczegółową, sześciostopniową klasyfikację turbulencji, uwarunkowanej prędkością wiatru, opracował Parczewski (1960).

Do oceny warunków turbulencji zastosowano tę klasyfikację Parczewskiego, której podstawą są następujące prędkości wiatru:

$V < 0{,}3\ m \cdot s^{-1}$ – brak turbulencji (cisza),

$V > 0{,}3\ m \cdot s^{-1} < 4\ m \cdot s^{-1}$ – turbulencja słaba,

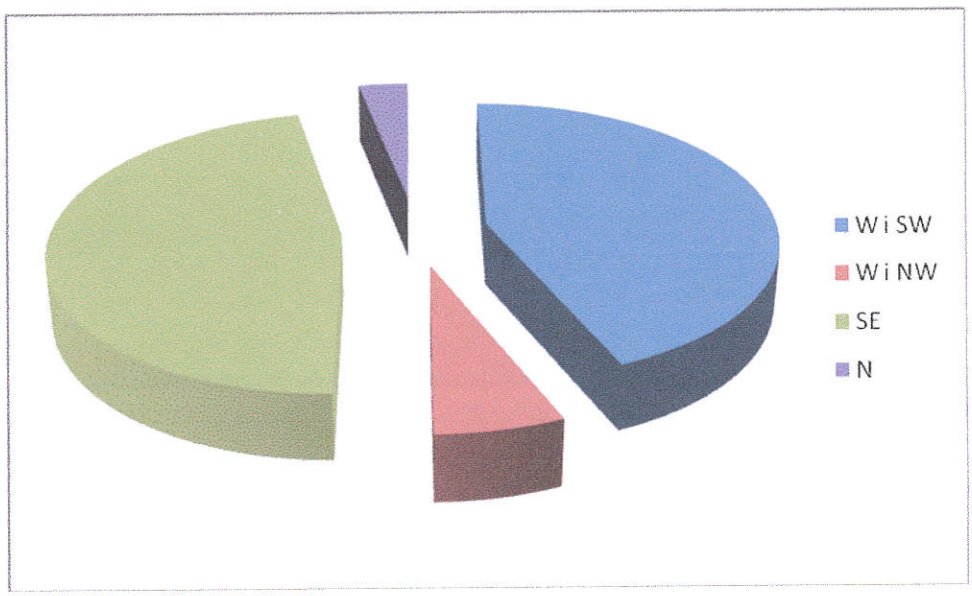
$V > 4\ m \cdot s^{-1} < 10\ m \cdot s^{-1}$ – turbulencja umiarkowana,

$V > 10\ m \cdot s^{-1} < 20\ m \cdot s^{-1}$ – turbulencja silna,

$V > 20\ m \cdot s^{-1}$ – turbulencja bardzo silna.

W okresie przyjętym do badań stwierdzono 1 dzień, w którym wystąpił brak turbulencji oraz 32 dni z turbulencją słabą. Średnia prędkość wiatru wynosiła 1,1 $m \cdot s^{-1}$, z maksimum 2,9 $m \cdot s^{-1}$,które wystąpiło 15 marca i minimum 0,2 , $m \cdot s^{-1}$ 09 marca.

Dominującymi kierunkami wiatru był kierunek południowo-wschodni (15 dni - 46,9%) oraz południowo zachodni (14 dni - 43,80%). W pozostałych dniach wiatr wiał z kierunków zachodniego (W), północno-zachodniego (NW) i północnego (N) - Ryc. 3



Ryc. 3 Procentowy udział kierunków wiatru

Zanieczyszczenia gazowe

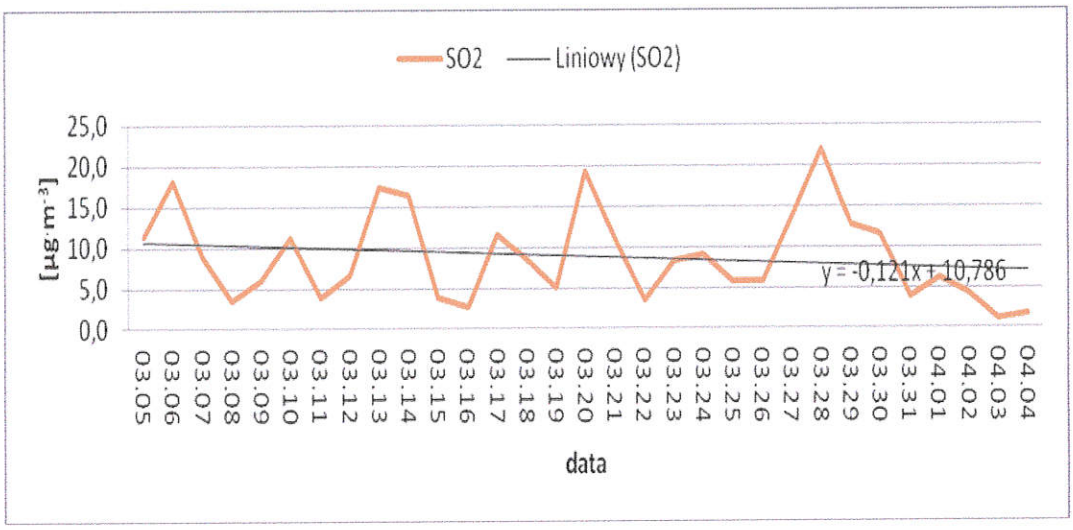
Dwutlenek siarki (SO_2)

Trzy główne źródła emisji SO_2 to źródła domowe związane ze spalaniem węgla i innego opału używanego do ogrzewania mieszkań i gotowania, źródła przemysłowe oraz pojazdy mechaniczne. Źródła domowe oraz samochody emitujące zanieczyszczenia nisko nad gruntem mają istotny wpływ na stężenie zanieczyszczeń w bezpośrednim otoczeniu człowieka.

Główną drogą wchłaniania do ustroju dwutlenku siarki, innych związków siarki i aerozoli jest przewód pokarmowy, jednak najbardziej podatny na działanie związków występujących w powietrzu jest układ oddechowy. Przeprowadzone badania na ludziach wykazały, że narażenie na sam dwutlenek siarki w stężeniu 2.100 $\mu g*m^{-3}$ wykazuje słabe oddziaływanie na czynność układu oddechowego i nie wykazuje żadnego działania w stężeniu 1.100 $\mu g*m^{-3}$. W oparciu o dane WHO przyjęto, że najmniejsze stężenie średniodobowe wywołujące szkodliwe dla zdrowia skutki to 500 $\mu g*m^{-3}$.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2008 r. Nr 47, poz. 281) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2010 r. Nr 16, poz. 87) określa normy stężeń dopuszczalnych SO_2 w powietrzu na terenach uzdrowisk na 350 $\mu g*m^{-3}$ dla 1 godziny i 125 $\mu g*m^{-3}$ dla 24 godzin.

W czasie wykonywanych pomiarów na terenie Solca Zdroju stwierdzono średnie stężenie dobowe na poziomie 8,85 $\mu g*m^{-3}$, z wahaniami od 22 $\mu g*m^{-3}$ do 1,1 $\mu g*m^{-3}$ (Ryc. 4). Liniowy trend wskazuje na obniżanie się wielkości zanieczyszczeń. Nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych norm dla dwutlenku siarki.



Ryc. 4 Średnie dobowe stężenia SO_2 w powietrzu w Solcu Zdr.

Tlenki azotu (NOx, NO, NO2)

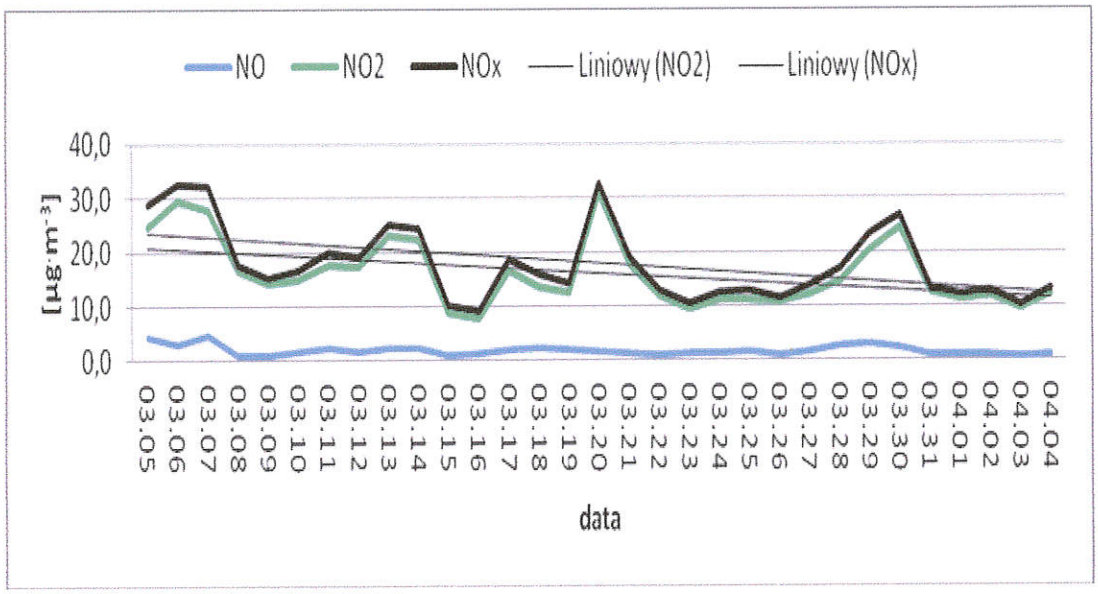
Tlenki azotu w sposób istotny wpływają na jakość powietrza atmosferycznego zarówno jako zanieczyszczenia pierwotne, jak i czynnik powodujący powstawanie zanieczyszczeń wtórnych, m.in. ozonu troposferycznego (O3), azotanu nadtlenku acetylu (PAN), kwasu azotowego (HNO3), które uważa się za bardziej szkodliwe dla zdrowia ludzi i środowiska niż zanieczyszczenia pierwotne. Emitowany jest głównie NO utleniający się do NO2, który podlega obowiązującym normom ze względu na toksyczność.

Z przemianami chemicznymi tlenków azotu w troposferze związane są takie zjawiska, jak smog fotochemiczny i kwaśna depozycja. Na wielkość stężenia tlenków azotu w powietrzu atmosferycznym wpływa wielkość emisji oraz warunki meteorologiczne. Tlenki azotu w znacznym stopniu wpływają na jakość powietrza atmosferycznego, zwłaszcza na obszarach miejskich, co jest związane ze znaczącym udziałem emisji ze źródeł komunikacyjnych oraz systemów grzewczych, jak również obszarów peryferyjnych miast ze względu na formowanie się zjawiska smogu fotochemicznego. Obecnie ze względu na szybki rozwój motoryzacji problem zanieczyszczenia tlenkami azotu staje się coraz bardziej powszechny i jednocześnie jak dotąd nierozwiązany zarówno w Polsce, jak i w krajach wysoko rozwiniętych.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2008 r. Nr 47, poz. 281) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych

substancji w powietrzu (Dz. U. 2010 r. Nr 16, poz. 87) określa normy stężeń dopuszczalnych NO_2 w powietrzu na terenach uzdrowisk na 200 $\mu g*m^{-3}$ dla 1 godziny i 35 $\mu g*m^{-3}$ dla roku.

W okresie przyjętym do badań średnie stężenie dobowe NO_2 w powietrzu wynosiło 16,14, z wahaniami od 7,90 $\mu g*m^{-3}$ do 31,10 $\mu g*m^{-3}$ (Ryc. 5). Podobnie jak w przypadku SO_2 trend liniowy wykazuje tendencję spadkową.



Ryc. 5 Średnie dobowe stężenia NO, NO_2 i NOx w powietrzu w Solcu Zdr.

Analiza 30-to minutowych stężeń NO_2 wykazała, że w dniach 06. 03. i 08.03. 2013 roku zostaly przekroczone dopuszczalne normy stężenia tego gazu w powietrzu. W dniu 06 marca o godz. 11.30 stężenie NO_2 osiągnęło wartość 245,53 $\mu g*m^{-3}$, a w dniu 08 marca o godz. 9.00 203,92 $\mu g*m^{-3}$, przy dopuszczalnej normie godzinnej 200 $\mu g*m^{-3}$.

Ozon (O_3)

Występowanie ozonu w atmosferze ma podwójne znaczenie ponieważ jego oddziaływanie na życie biologiczne jest skrajnie różne, zależnie od miejsca występowania.

Warstwa ozonu stratosferycznego stanowi filtr, który pochłania całkowicie promieniowanie nadfioletowe Słońca w paśmie poniżej 280 nm (UV-C), oraz częściowo promieniowanie w paśmie 280-320 nm (UV-B).

Stężenia ozonu w czystym powietrzu, w przyziemnej warstwie atmosfery (troposferze), dochodzą chwilowo do 120 $\mu g*m^{-3}$, natomiast w obecności tlenków

azotu i węglowodorów (tzw. prekursorów ozonu) mogą być znacznie większe. Formowaniu ozonu w dolnej atmosferze sprzyja wysoka temperatura powietrza oraz duże natężenie promieniowania słonecznego.

Wysoka koncentracja fotoutleniaczy w atmosferze określana jest terminem smogu letniego. W Europie najwyższe stężenia średnie godzinne ozonu - do 520 $\mu g*m^{-3}$ - notowane były na Wyspach Brytyjskich, a w Ameryce Północnej - w Kalifornii, gdzie przekraczały poziom 660 $\mu g*m^{-3}$ (smog Los Angeles).

Stężenia ozonu zmieniają się cyklicznie w okresie doby, tygodnia i roku. Na ich poziom największy wpływ mają warunki meteorologiczne (zwłaszcza natężenie promieniowania słonecznego i temperatura powietrza) oraz zmiany natężenia emisji i stężeń tlenków azotu i węglowodorów, zależne przede wszystkim od intensywności ruchu pojazdów.

Ozon troposferyczny oddziałuje szkodliwie zarówno na organizmy roślinne, zwierzęce i człowieka. Rośliny wymieniają parę wodną i gazy z otoczeniem poprzez aparaty szparkowe. Właśnie taką drogą ozon dostaje się do wnętrza rośliny, uszkadzając błony komórkowe, chloroplasty i mitochondria. Ozon powoduje uszkodzenia widoczne, zarówno ostre jak i chroniczne. Uszkodzenia ostre obserwujemy w postaci kropkowania, plamkowania, zbieleń, dwustronnych nekroz. Uszkodzenia ostre związane są zwykle ze śmiercią komórek i pojawiają się z reguły w ciągu kilku godzin po wystąpieniu wysokich stężeń ozonu.

Uszkodzenia chroniczne powstają na skutek długotrwałej ekspozycji na niewielkie stężenia i powstają w ciągu kilku dni i tygodni. Mogą przejawiać się jako chlorozy, punktowe przebarwienia, przedwczesne starzenie się i nekrozy.

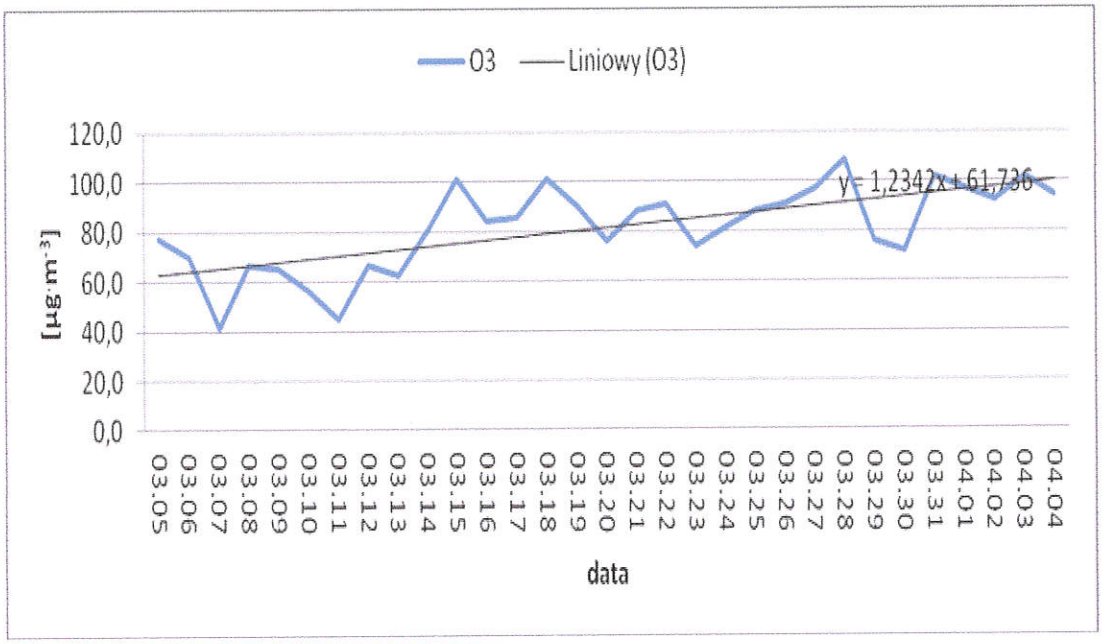
Ozon wraz z dwutlenkiem siarki, tlenkami azotu oraz kwaśnymi deszczami tworzą razem niebezpieczną mieszaninę dla organizmów żywych. Oddziaływanie ozonu na zwierzęta, w małych stężeniach jest orzeźwiające, w większych działa drażniąco na błony śluzowe dróg oddechowych, niekorzystnie wpływa również na centralny system nerwowy, serce i wzrok.

U człowieka podwyższone stężenia ozonu mogą , szczególnie u osób starszych i dzieci, powodować podrażnienie górnych dróg oddechowych i oczu, kaszel i ból głowy. Zwiększa się też prawdopodobieństwo występowania ataków astmy.

Dla ozonu ze względu na ochronę zdrowia ustanowiono dwa rodzaje kryteriów:

poziom docelowy wynoszący 120 $\mu g*m^{-3}$i odnoszony do wartości maksymalnej średniej ośmiogodzinnej w dobie, który nie powinien być przekroczony w ponad 25 dobach w roku kalendarzowym oraz poziom celu długoterminowego, który określa to samo stężenie ozonu, co poziom docelowy, jednak nie powinien być przekroczony w żadnej dobie w roku kalendarzowym.

W Solcu Zdr. w okresie przyjętym do badań średnie dobowe stężenie ozonu wynosiło 81,48 $\mu g*m^{-3}$ i wahało sie od 41,60 $\mu g*m^{-3}$ do 108,50 $\mu g*m^{-3}$ i ma tendencję do wzrostu.(Ryc. 6). Linia trendu liniowego jest dodatnia.



Ryc. 6 Średnie dobowe stężenia O_3 w powietrzu w Solcu Zdr.

Nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych norm ozonu w powietrzu określone Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2008 r. Nr 47, poz. 281) na poziomie 120 $\mu g*m^{-3}$ mierzone w godzinach 10.00 do 18.00.

Pył zawieszony

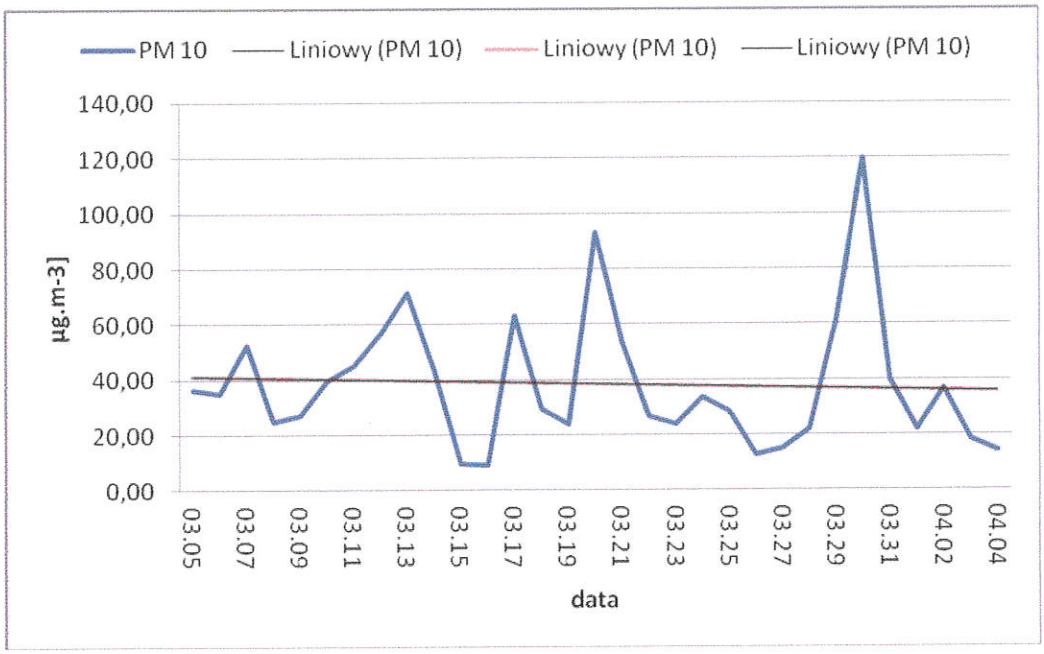
Pył (ang. - Particulate Matter) to termin użyty do określenia zanieczyszczenia powietrza, będącego mieszaniną cząstek stałych i ciekłych zawieszonych w powietrzu. Jego fizyczne
i chemiczne właściwości zależą od miejsca, pory roku i warunków meteorologicznych.

Pochodzenie pyłów można podzielić na 3 kategorie:

- naturalne – powstające w wyniku procesów naturalnych, takich jak: wietrzenie skał, wybuchy wulkanów, burze piaskowe, unoszenie się aerozoli soli morskiej
- pierwotne – emitowane bezpośrednio ze źródeł, powstają w głównie w wyniku procesu niecałkowitego spalania (tworzone są organiczne i nieorganiczne związki grafitowo-węglowe, cząstki popiołów i sadzy). Mogą też zawierać pyłki kwiatowe.
- wtórne – powstające w wyniku przemian chemicznych i fotochemicznych w atmosferze prekursorów pyłów, takich jak: dwutlenek siarki SO_2, tlenki azotu NO_x, lotne związki organiczne, amoniak NH_3.

Cząstki pyłu PM10 mają średnicę aerodynamiczną w granicach 2,5-10 μm; mogą się utrzymywać w atmosferze do kilku godzin oraz być przenoszone przez wiatr na odległości do 1000 km. Pył zawieszony PM10 jest mieszaniną substancji organicznych i nieorganicznych zawierającą substancje toksyczne takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (m.in. benzo(a)piren), metale ciężkie oraz dioksyny i furany. Poziom dopuszczalny stężenia średniodobowego dla pyłu PM10 wynosi 50 $\mu g*m^{-3}$. Poziom dopuszczalny stężenia średniorocznego wynosi 40 $\mu g*m^{-3}$. Poziom alarmowy stężenia średniodobowego pyłu PM10 wynosi 200 $\mu g*m^{-3}$.

W Solcu Zdr. średnie stężenie pyłu zawieszonego PM 10 wynosiło 38,36 $\mu g*m^{-3}$, z wahaniami od 9,36 $\mu g*m^{-3}$ do 119,70 $\mu g*m^{-3}$ (Ryc. 7).



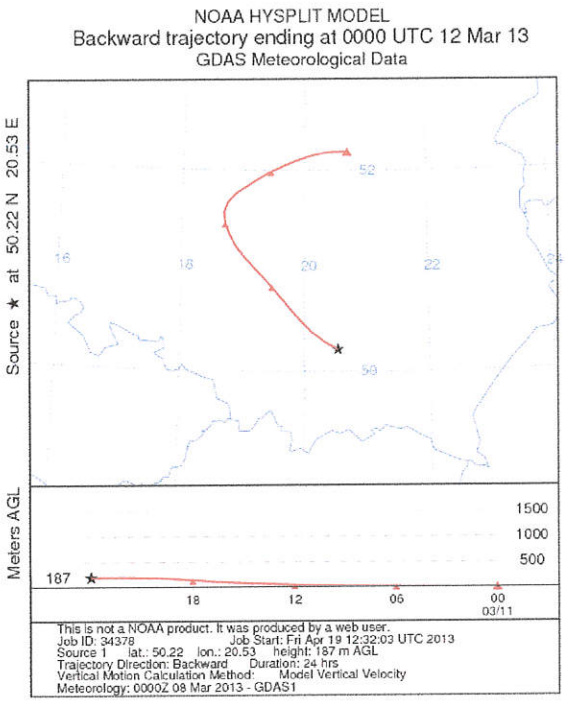
Ryc. 7 Średnie dobowe stężenia pyłu PM 10 w powietrzu w Solcu Zdr.

Analiza wyników pozwoliła na stwierdzenie, że 7 dni wykazało przekroczenie dopuszczalnych 24-godzinnej normy stężenia zanieczyszczenia. Były to:

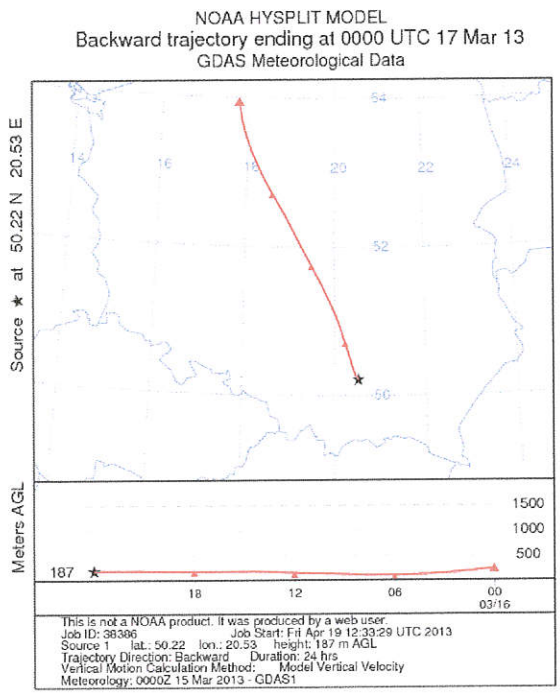
- 12.03. - 56,77 $\mu g*m^{-3}$
- 13.03. - 71,49 $\mu g*m^{-3}$
- 17.03. - 63,29 $\mu g*m^{-3}$
- 20.03. - 93,18 $\mu g*m^{-3}$
- 21.03. - 53,43 $\mu g*m^{-3}$
- 29.03. - 60,60 $\mu g*m^{-3}$
- 30.03. - 119,70 $\mu g*m^{-3}$

Nie stwierdzono przekroczenia progu alarmowego dla 24 godzin, które wynosi 200 $\mu g*m^{-3}$

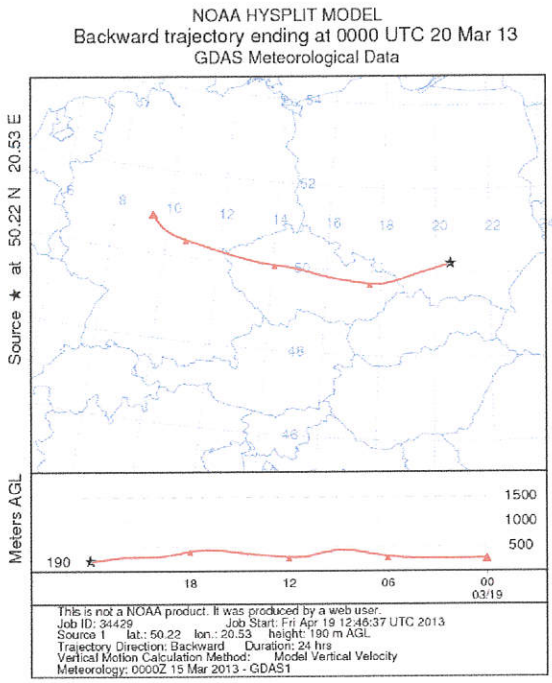
Celem określenia źródeł pochodzenia zanieczyszczeń pyłowych w dniach przekroczeń dopuszczalnych norm wyznaczono trajektorie wsteczne wykorzystując model Hysplit (Ryc. 8-13).



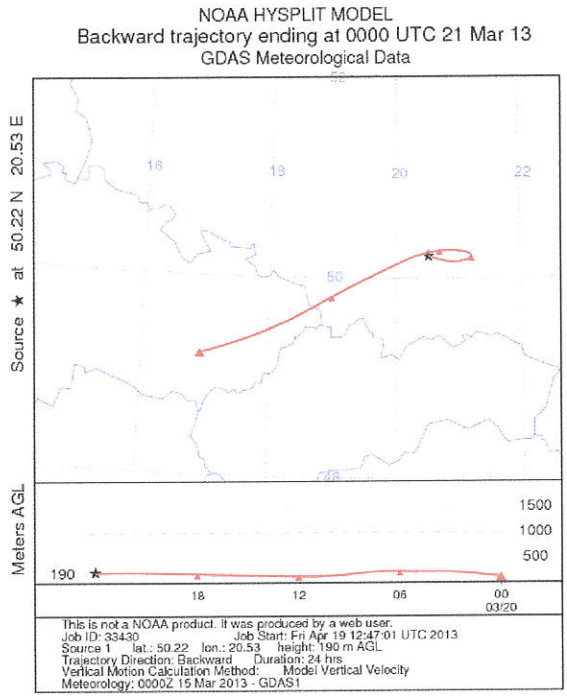
Ryc. 8 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku N i NW w dniu 12.03.2013r.



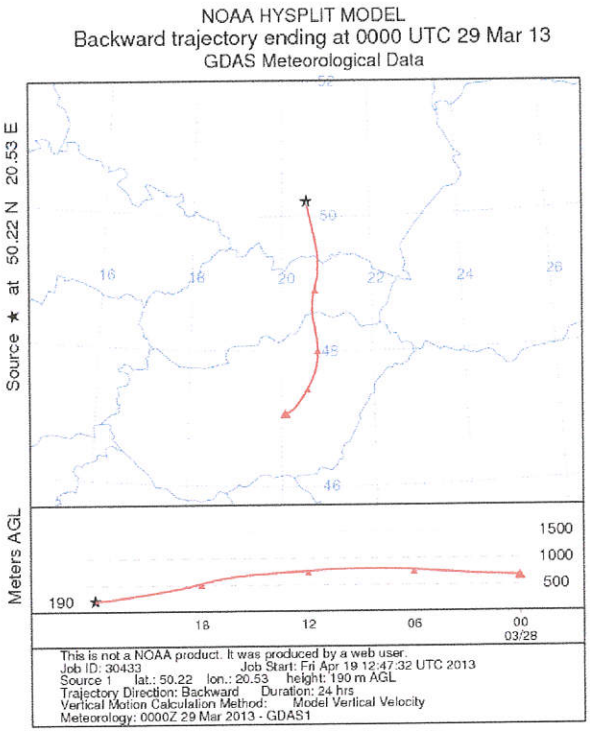
Ryc. 9 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku N w dniu 17.03.2013r.



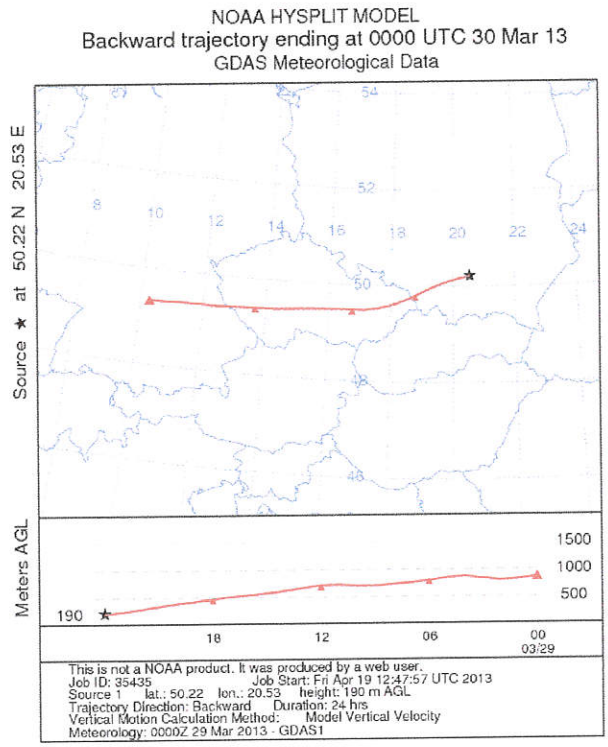
Ryc. 10 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku W w dniu 20.03.2013r.



Ryc. 11 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku SW w dniu 21.03.2013r.



Ryc. 12 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku S w dniu 29.03.2013r.



Ryc. 13 Możliwy transport zanieczyszczeń z kierunku W w dniu 30.03.2013r.

PM 2,5

Opublikowana dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. *w sprawie jakości i czystszego powietrza dla Europy* rozszerza obowiązki
w zakresie monitoringu, oceny i zarządzania jakością powietrza o nowe zanieczyszczenia –
drobny pył respirabilny PM2.5. Dyrektywa ustanawia nowe, jeszcze bardziej ambitne cele
w zakresie jakości powietrza w Europie, między innymi poprzez ustanowienie standardów dla
pyłu drobnego PM2.5.
Nowe normy jakości powietrza dla pyłu PM2.5 można podzielić:
• na normy dotyczące całego kraju (podstawa do rocznych ocen jakości powietrza w strefach i aglomeracjach),
• na normy dotyczące wyłącznie dużych miast i aglomeracji (wskaźnik średniego narażenia - ograniczenie narażenia ludności dużych miast na działanie pyłu PM2.5).
Proces transpozycji dyrektywy do polskiego systemu prawnego został zakończony 11 czerwca 2010 r. Dyrektywa zobowiązuje Państwa Członkowskie do wprowadzenia
w życie przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych.

Pył zawieszony PM2.5 jest substancją o średnicy aerodynamicznej ziaren mniejszej od 2,5 μm. Do atmosfery emitowany jest jako zanieczyszczenie pierwotne powstające w wyniku procesów antropogenicznych i naturalnych oraz jako zanieczyszczenie wtórne, powstające w wyniku przemian jego prekursorów: dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, amoniaku, lotnych związków organicznych i trwałych związków organicznych. Pył PM2.5 jest zanieczyszczeniem transgranicznym, transportowanym na odległość do 2500 km. W powietrzu może pozostawać przez wiele dni lub tygodni, a sedymentacja i opady nie usuwają go z atmosfery. Według Światowej Organizacji Zdrowia nie istnieje próg, poniżej którego negatywne skutki zdrowotne, wynikające z oddziaływania pyłu na zdrowie ludzi nie występują. Cząsteczki pyłu PM2.5 wnikają do płuc, docierają do pęcherzyków płucnych oraz przedostają się do krwioobiegu i zagrażają zdrowiu ludzi

przyczyniając się do wzrostu zgonów w wyniku chorób serca, naczyń krwionośnych, dróg oddechowych oraz raka płuc. Przyczynami przekroczeń stężeń pyłu są:

- emisja powierzchniowa z indywidualnego ogrzewania budynków ze źródeł rozproszonych,
- emisja pochodząca od komunikacji,
- aerozole wtórne pochodzące od emisji pierwotnej zanieczyszczeń gazowych,
- prace remontowe,
- unos pyłu,
- wtórny unos pyłu,
- naturalne źródła emisji lub zjawiska,
- warunki meteo,
- emisja napływowa.

Normy jakości powietrza dla pyłu PM2.5 określone w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. *w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy* odnoszą się do obszaru całego kraju. Ww. dyrektywa definiuje:

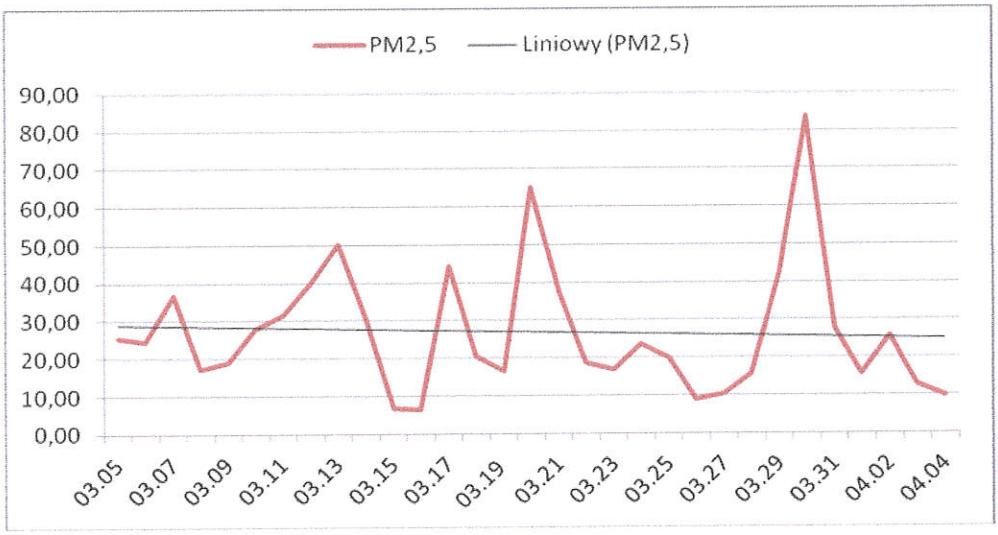
- **poziom docelowy** (target value) – oznacza poziom substancji w powietrzu ustalony w celu unikania, zapobiegania lub ograniczania szkodliwego oddziaływania na zdrowie ludzkie lub środowisko jako całość, który ma być osiągnięty tam gdzie to jest możliwe w określonym czasie.

Poziom docelowy dla pyłu PM2.5 dla wartości średniorocznej wynosi 25 $\mu g*m^{-3}$. Ma on zostać osiągnięty 1 stycznia 2010 r. za pomocą ekonomicznie uzasadnionych działań technicznych i technologicznych,

poziom dopuszczalny (limit value) – oznacza poziom substancji w powietrzu ustalony na podstawie wiedzy naukowej w celu unikania, zapobiegania lub ograniczania szkodliwego oddziaływania na zdrowie ludzkie lub środowisko jako całość, który powinien być osiągnięty w określonym terminie i po tym terminie nie powinien być przekraczany.

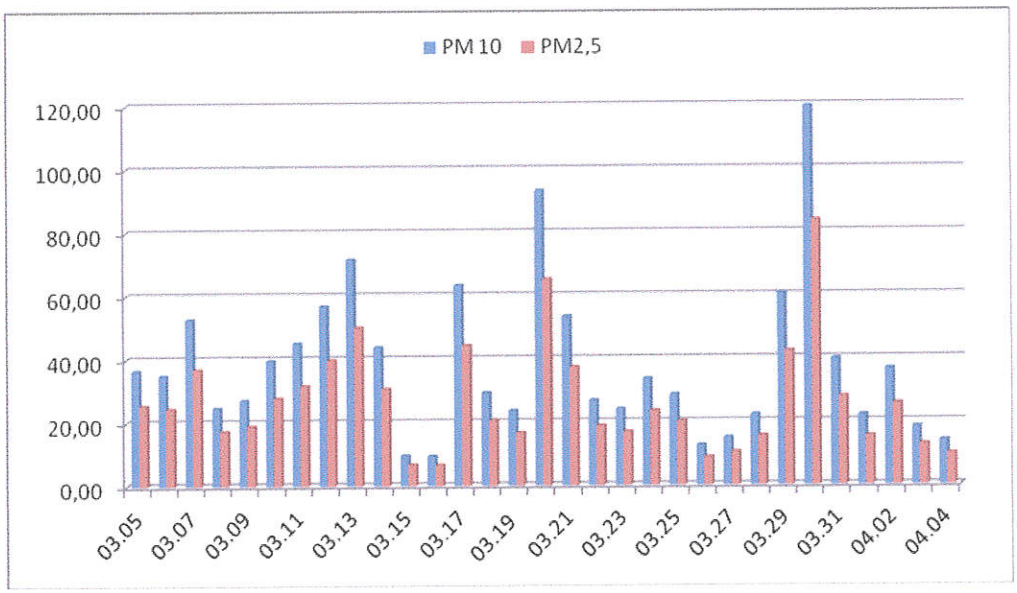
Poziom dopuszczalny dla wartości średniorocznej wynosi $\mu g*m^{-3}$, ma zostać osiągnięty do 01 stycznia 2015 roku.

W Solcu Zdr. średnie stężenie pyłu zawieszonego PM2,5 w okresie przyjętym do badań wynosiło 26,85 $\mu g*m^{-3}$, z wahaniami od 6,55 $\mu g*m^{-3}$ do 83,79 $\mu g*m^{-3}$ (Ryc. 14).



Ryc. 14 Średnie dobowe stężenia pyłu PM 2,5 w powietrzu w Solcu Zdr.

Poniżej przedstawiono zestawienie pyłu o średnicy cząsteczek 10 μm (PM10) i 2,5 μm (PM2,5) - Ryc. 15.



Ryc. 15 Porównanie dobowych stężeń pyłu PM 10 i PM 2,5 w powietrzu w Solcu Zdr.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania zanieczyszczenia powietrza w Solcu Zdroju wykazały, że pod względem zawartości gazów SO_2 i NO_2 nie ma żadnych zagrożeń. Wykreślony trend liniowy jest ujemny, co oznacza tendencję spadkową zanieczyszczenia. W przyadku ozonu stwierdzono stosunkowo wysokie stężenia, ale bez przekroczeń dopuszczalnych norm zanienieczyszczenia tym gazem. Należy jednak pamietać, że pomiary były wykonywane głównie w miesiącu marcu, a wzrost ozonu notowany jest w okresie od maja do sierpnia. Wobec dodatniego trendu liniowego, należy przypuszczać, że w okresach dużego nasłonecznienia stężenie ozonu w mieście będzie znacznie wieksze. Problemem jest pył zawieszony i to zarówno o średnicy cząstek 10 μm (PM10), jak i 2,5 μm (PM2,5). 21,9% uśrednionego do 24 godzin czasu przeznaczonego na badania wykazywało przekroczenia norm dopuszczalnych. Dla pyłu PM 2,5 średni wskaźnik narażenia przyjęty w Polsce dla roku 2011 na poziomie 26,9 w Solcu Zdr. został przekroczony w jedenastu przypadkach na 32, co stanowi 34,4%.

Należy rozważyć możliwość prowadzenia dalszych badań, szczególnie dotyczących stężenia ozonu i pyłu PM10 i PM2,5 w kwartalnym interwale czasowym, tzn. jeden miesiąc w każdym kwartale. Pozwoli to na roczną ocenę zanieczyszczeń w mieście. Ponadto wskazanym byłoby podjęcie badań bioindykacyjnych z wykorzystaniem porostu *Hypogymnia physodes*, które pozwolą na ocenę zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi.